

BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1 Hasil Pengamatan

Tabel 5. Hasil pengamatan

No.	Percobaan Ke	Waktu (seconds)	Bukaan Valve	Th in (°C)	Th out (°C)	Tc in (°C)	Tc out (°C)
1.	I	10	1 putaran	50	38	20	37
2.	II	10	1 putaran	55	37	20	34
3.	III	10	1 putaran	58	44	20	43
4.	IV	10	1 putaran	58	43	25	42
5.	V	10	1 putaran	58	47	30	46

Praktikum tugas akhir pada alat *Heat Exchanger* bertujuan untuk mengetahui nilai efektivitas terhadap alat penukar panas *Heat Exchanger* dengan menggunakan media pemanas dan pendingin berupa air. Pada praktikum ini menggunakan dua variabel yaitu variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap berupa waktu dan bukaan valve. Variabel waktu yang digunakan selama 10 menit untuk tiap variabel untuk pengambilan data dari temperatur output (T out) baik fluida panas (Th out) maupun fluida dingin (Tc out). Sedangkan untuk variabel bukaan valve menggunakan bukaan valve penuh untuk kelima variabel, dimana bukaan valve akan berpengaruh terhadap nilai laju alir dari suatu fluida. Untuk nilai laju alir pada bukaan valve penuh sebesar 99,2 lt/menit.

Variabel bebas yang digunakan dalam praktikum ini adalah variasi temperatur inlet (T in) baik fluida panas (Th in) maupun fluida dingin (Tc in). Dimana untuk variabel I temperatur inlet fluida panas (Th₁) adalah 50°C dan temperatur inlet fluida dingin (tc₁) adalah 20°C dan didapatkan hasil untuk temperatur outlet fluida panas (Th₂) adalah 38°C dan temperatur outlet fluida dingin (tc₂) adalah 37°C. Untuk variabel II temperatur inlet fluida panas (Th₁) adalah 55°C dan temperatur inlet fluida dingin (tc₁) adalah 20°C dan didapatkan hasil untuk

temperatur outlet fluida panas (T_{h2}) adalah 37°C dan temperatur outlet fluida dingin (t_{c2}) adalah 34°C . Untuk variabel III temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 58°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 20°C dan didapatkan hasil untuk temperatur outlet fluida panas (T_{h2}) adalah 44°C dan temperatur outlet fluida dingin (t_{c2}) adalah 43°C . Untuk variabel IV temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 58°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 25°C dan didapatkan hasil untuk temperatur outlet fluida panas (T_{h2}) adalah 43°C dan temperatur outlet fluida dingin (t_{c2}) adalah 42°C . Untuk variabel terakhir yaitu variabel V temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 58°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 30°C dan didapatkan hasil untuk temperatur outlet fluida panas (T_{h2}) adalah 47°C dan temperatur outlet fluida dingin (t_{c2}) adalah 46°C .

6.2 Hasil Perhitungan Pengujian Alat

a. Percobaan Ke-1

1. Menghitung nilai m (massa)

$$m = \frac{\text{Laju alir}}{60 \text{ s}} = \frac{99,2 \text{ liter/menit}}{60 \text{ s}} = 1,6533 \text{ liter/sekon}$$

(Laju alir pada bukaan valve penuh diasumsikan 99,2 liter/menit)

2. Menghitung nilai C_p

Data C_p didapatkan dari Interpolasi tabel C_p di Appendix buku Holman

Tabel A-9 Halaman 593

- $C_p \text{ Th1} = \frac{(54,44-50)}{(54,44-48,89)} \times (4,179 - 4,174) + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}}$

$$= \frac{4,44}{5,53} \times 0,005 + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}}$$

$$= 4,178 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}}$$
- $C_p \text{ Th2} = \frac{(43,83-38)}{(43,33-37,78)} \times (4,174 - 4,174) + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}}$

$$= \frac{4,44}{5,53} \times 0,005 + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}}$$

$$= 4,174 \frac{kJ}{kgC}$$

$$\bullet \text{ Cp Tc1} = \frac{(21,11 - 20)}{(21,11 - 11,56)} \times (4,179 - 4,186) + 4,186 \frac{kJ}{kgC}$$

$$= \frac{1,11}{5,55} \times (-0,007) + 4,186 \frac{kJ}{kgC}$$

$$= (4,1846) \frac{kJ}{kgC} = 1,0001 \frac{kcal}{kgC}$$

$$\bullet \text{ Cp Tc2} = \frac{(37,78 - 37)}{(37,78 - 32,22)} \times (4,174 - 4,174) + 4,174 \frac{kJ}{kgC}$$

$$= \frac{0,78}{5,56} \times 0 + 4,174 \frac{kJ}{kgC}$$

$$= 4,174 \frac{kJ}{kgC}$$

3. Menghitung nilai Q

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$\bullet \text{ Q Th1} = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$= 1,6533 \cdot 0,9986 \cdot (50 - 25)$$

$$= 41,2755 \text{ kkal}$$

$$\bullet \text{ Q Th2} = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$= 1,6533 \cdot 0,9976 \cdot (38 - 25)$$

$$= 21,4415 \text{ kkal}$$

$$\bullet \text{ Q Tc1} = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$= 1,6533 \cdot (4,1846) \cdot (25 - 20)$$

$$= 8,2677 \text{ (mengeluarkan panas)}$$

$$\bullet \text{ Q Tc2} = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$= 1,6533 \cdot 0,9976 \cdot (37 - 25)$$

$$= 19,7919$$

4. Menghitung nilai Qloss

$$Q_{\text{loss}} = (Q_{\text{Th1}} + Q_{\text{Tc1}}) - (Q_{\text{Th2}} + Q_{\text{Tc2}})$$

$$\begin{aligned}
 &= (41,2755 + 8,2677) - (21,4415 + 19,7919) \\
 &= 49,5432 - 41,2334 \\
 &= 8,3098
 \end{aligned}$$

5. Menghitung nilai Efektivitas

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas} &= \frac{Q_{\text{loss}}}{Q \text{ in hot } (Th1)} \times 100\% \\
 &= \frac{8,3098}{41,2755} \times 100\% \\
 &= 20,1325
 \end{aligned}$$

b. Percobaan Ke-2

1. Menghitung nilai m (massa)

$$m = \frac{\text{Laju alir}}{60 \text{ s}} = \frac{99,2 \text{ liter/menit}}{60 \text{ s}} = 1,6533 \text{ liter/sekon}$$

(Laju alir pada bukaan valve penuh diasumsikan 99,2 liter/menit)

2. Menghitung nilai Cp

Data Cp didapatkan dari Interpolasi tabel Cp di Appendix buku Holman

Tabel A-9 Halaman 593

- $$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Cp Th1} &= \frac{(60-55)}{(60-54,44)} \times (4,179 - 4,179) + 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\
 &= \frac{5}{5,56} \times 0 + 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\
 &= 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 0,9988 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}}
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Cp Th2} &= \frac{(37,78-37)}{(37,78-32,22)} \times (4,174 - 4,174) + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\
 &= \frac{0,78}{5,56} \times 0 + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\
 &= 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 0,9976 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}}
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Cp Tc1} &= \frac{(21,11-20)}{(21,11-11,56)} \times (4,179 - 4,186) + 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\
 &= \frac{1,11}{5,55} \times (-0,007) + 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}}
 \end{aligned}$$

$$= (4,1846) \frac{kJ}{kgC} = 1,0001 \frac{kcal}{kgC}$$

- $C_p T_{c2} = \frac{(37,78 - 34)}{(37,78 - 32,22)} \times (4,174 - 4,174) + 4,174 \frac{kJ}{kgC}$

$$= \frac{3,78}{5,56} \times 0 + 4,174 \frac{kJ}{kgC}$$

$$= 4,174 \frac{kJ}{kgC} = 0,9976 \frac{kcal}{kgC}$$

3. Menghitung nilai Q

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

- $Q_{Th1} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$

$$= 1,6533 \cdot 0,9988 \cdot (55 - 25)$$

$$= 49,5394 \text{ kkal}$$
- $Q_{Th2} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$

$$= 1,6533 \cdot 0,9976 \cdot (37 - 25)$$

$$= 19,7919 \text{ kkal}$$
- $Q_{Tc1} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$

$$= 1,6533 \cdot (1,0001) \cdot (25 - 20)$$

$$= 8,2677 \text{ (mengeluarkan panas)}$$
- $Q_{Tc2} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$

$$= 1,6533 \cdot 0,9976 \cdot (34 - 25)$$

$$= 14,8439$$

4. Menghitung nilai Qloss

$$Q_{loss} = (Q_{Th1} + Q_{Tc1}) - (Q_{Th2} + Q_{Tc2})$$

$$= (49,5394 + 8,2677) - (19,7919 + 14,8439)$$

$$= 57,8071 - 34,6359$$

$$= 23,1712$$

5. Menghitung nilai Efektivitas

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas} &= \frac{Q_{\text{loss}}}{Q_{\text{in hot (Th1)}}} \times 100\% \\ &= \frac{23,1712}{49,5394} \times 100\% \\ &= 46,7733 \%\end{aligned}$$

c. Percobaan Ke-3

1. Menghitung nilai m (massa)

$$m = \frac{\text{Laju alir}}{60 \text{ s}} = \frac{99,2 \text{ liter/menit}}{60 \text{ s}} = 1,6533 \text{ liter/sekon}$$

(Laju alir pada bukaan valve penuh diasumsikan 99,2 liter/menit)

2. Menghitung nilai Cp

Data Cp didapatkan dari Interpolasi tabel Cp di Appendix buku Holman

Tabel A-9 Halaman 593

- $$\begin{aligned}\text{Cp Th1} &= \frac{(60-58)}{(60-54,4)} \times (4,179 - 4,179) + 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= \frac{2}{5,6} \times 0 + 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 0,9988 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}}\end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}\text{Cp Th2} &= \frac{(48,89-44)}{(48,89-43,33)} \times (4,174 - 4,174) + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= \frac{4,89}{5,56} \times 0 + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 0,9976 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}}\end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}\text{Cp Tc1} &= \frac{(21,11-20)}{(21,11-11,56)} \times (4,179 - 4,186) + 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= \frac{1,11}{9,55} \times (-0,007) + 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= (4,1846) \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 1,0001 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}}\end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}\text{Cp Tc2} &= \frac{(48,89-43)}{(48,89-43,33)} \times (4,174 - 4,174) + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= \frac{5,89}{5,56} \times 0 + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}}\end{aligned}$$

$$= 4,174 \frac{kJ}{kgC} = 0,9976 \frac{kcal}{kgC}$$

3. Menghitung nilai Q

$$Q = m.Cp.\Delta T$$

- $Q_{Th1} = m.Cp.\Delta T$

$$= 1,6533 \cdot 0,9988 \cdot (58 - 25)$$

$$= 54,4934 \text{ kkal}$$
- $Q_{Th2} = m.Cp.\Delta T$

$$= 1,6533 \cdot 0,9976 \cdot (44 - 25)$$

$$= 31,3373 \text{ kkal}$$
- $Q_{Tc1} = m.Cp.\Delta T$

$$= 1,6533 \cdot (1,0001) \cdot (25 - 20)$$

$$= 8,2677 \text{ (mengeluarkan panas)}$$
- $Q_{Tc2} = m.Cp.\Delta T$

$$= 1,6533 \cdot 0,9976 \cdot (43 - 25)$$

$$= 29,6879$$

4. Menghitung nilai Qloss

$$Q_{loss} = (Q_{Th1} + Q_{Tc1}) - (Q_{Th2} + Q_{Tc2})$$

$$= (54,4934 + 8,2677) - (31,3373 + 29,6879)$$

$$= 62,7611 - 61,0252$$

$$= 1,7359$$

5. Menghitung nilai Efektivitas

$$\text{Efektivitas} = \frac{Q_{loss}}{Q_{in\ hot\ (Th1)}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,7359}{54,4934} \times 100\%$$

$$= 3,1855 \%$$

d. Percobaan Ke-4

1. Menghitung nilai m (massa)

$$m = \frac{\text{Laju alir}}{60 \text{ s}} = \frac{99,2 \text{ liter/menit}}{60 \text{ s}} = 1,6533 \text{ liter/sekon}$$

(Laju alir pada bukaan valve penuh diasumsikan 99,2 liter/menit)

2. Menghitung nilai Cp

Data Cp didapatkan dari Interpolasi tabel Cp di Appendix buku Holman

Tabel A-9 Halaman 593

- $$\begin{aligned} \text{Cp Th1} &= \frac{(60-58)}{(60-54,4)} \times (4,179 - 4,179) + 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= \frac{2}{5,6} \times 0 + 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 0,9988 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \text{Cp Tc2} &= \frac{(48,89 - 43)}{(48,89-43,33)} \times (4,174 - 4,174) + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= \frac{5,89}{5,56} \times 0 + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 0,9976 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \text{Cp Tc1} &= \frac{(26,67 - 25)}{(26,67 - 21,11)} \times (4,179 - 4,179) + 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= \frac{1,67}{5,56} \times 0 + 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= (4,179) \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 0,9988 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \text{Cp Tc2} &= \frac{(43,33 - 42)}{(43,33-57,78)} \times (4,174 - 4,174) + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= \frac{1,33}{-14,45} \times 0 + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 0,9976 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}} \end{aligned}$$

3. Menghitung nilai Q

$$Q = m \cdot \text{Cp} \cdot \Delta T$$

- $Q_{Th1} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$
 $= 1,6533 \cdot 0,9988 \cdot (58 - 25)$
 $= 54,4934 \text{ kkal}$
- $Q_{Th2} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$
 $= 1,6533 \cdot 0,9976 \cdot (43 - 25)$
 $= 29,6879 \text{ kkal}$
- $Q_{Tc1} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$
 $= 1,6533 \cdot 0,9988 \cdot (25 - 25)$
 $= 0$
- $Q_{Tc2} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$
 $= 1,6533 \cdot 0,9976 \cdot (42 - 25)$
 $= 28,0386$

4. Menghitung nilai Q_{loss}

$$\begin{aligned}
 Q_{loss} &= (Q_{Th1} + Q_{Tc1}) - (Q_{Th2} + Q_{Tc2}) \\
 &= (54,4934 + 0) - (29,6879 + 28,0386) \\
 &= 54,4934 - 57,7265 \\
 &= -28,0386
 \end{aligned}$$

5. Menghitung nilai Efektivitas

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas} &= \frac{Q_{loss}}{Q_{in \text{ hot } (Th1)}} \times 100\% \\
 &= \frac{-28,0386}{54,4934} \times 100\% \\
 &= 51,4532 \%
 \end{aligned}$$

e. Percobaan Ke-5

1. Menghitung nilai m (massa)

$$m = \frac{\text{Laju alir}}{60 \text{ s}} = \frac{99,2 \text{ liter/menit}}{60 \text{ s}} = 1,6533 \text{ liter/sekon}$$

(Laju alir pada bukaan valve penuh diasumsikan 99,2 liter/menit)

2. Menghitung nilai Cp

Data Cp didapatkan dari Interpolasi tabel Cp di Appendix buku Holman

Tabel A-9 Halaman 593

- $$\begin{aligned} \bullet \text{ Cp Th1} &= \frac{(60-58)}{(60-54,4)} \times (4,179 - 4,179) + 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= \frac{2}{5,6} \times 0 + 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 0,9988 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \bullet \text{ Cp Tc2} &= \frac{(48,89 - 47)}{(48,89-43,33)} \times (4,174 - 4,174) + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= \frac{1,89}{5,56} \times 0 + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 0,9976 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \bullet \text{ Cp Tc1} &= \frac{(32,22 - 30)}{(32,22 - 26,67)} \times (4,174 - 4,179) + 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= \frac{2,22}{5,55} \times -0,005 + 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= (4,177) \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 0,9983 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \bullet \text{ Cp Tc2} &= \frac{(48,89 - 46)}{(48,89-43,33)} \times (4,174 - 4,174) + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= \frac{2,89}{5,56} \times 0 + 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \\ &= 4,174 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} = 0,9976 \frac{\text{kcal}}{\text{kgC}} \end{aligned}$$

3. Menghitung nilai Q

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

- $$\begin{aligned} \bullet \text{ Q Th1} &= m \cdot Cp \cdot \Delta T \\ &= 1,6533 \cdot 0,9988 \cdot (58 - 25) \\ &= 54,4934 \text{ kkal} \end{aligned}$$

- $Q_{Th2} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$
 $= 1,6533 \cdot 0,9976 \cdot (47 - 25)$
 $= 36,2853 \text{ kkal}$
- $Q_{Tc1} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$
 $= 1,6533 \cdot 0,9983 \cdot (30 - 25)$
 $= 8,2527$
- $Q_{Tc2} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$
 $= 1,6533 \cdot 0,9976 \cdot (46 - 25)$
 $= 34,6359$

4. Menghitung nilai Q_{loss}

$$\begin{aligned}
 Q_{loss} &= (Q_{Th1} + Q_{Tc1}) - (Q_{Th2} + Q_{Tc2}) \\
 &= (54,4934 + 8,2527) - (36,2853 + 34,6359) \\
 &= 62,7461 - 70,9212 \\
 &= -8,1751
 \end{aligned}$$

5. Menghitung nilai Efektivitas

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas} &= \frac{Q_{loss}}{Q_{in \text{ hot } (Th1)}} \times 100\% \\
 &= \frac{-8,1751}{54,4934} \times 100\% \\
 &= 15,0020 \%
 \end{aligned}$$

6.3 Pembahasan

a. Pembahasan hasil pengamatan

Tabel 6. Hasil pengamatan

No.	Percobaan Ke	Waktu (seconds)	Bukaan Valve	Th in (°c)	Th out (°c)	Tc in (°c)	Tc out (°c)
1.	I	10	1 putaran	50	38	20	37
2.	II	10	1 putaran	55	37	20	34
3.	III	10	1 putaran	58	44	20	43
4.	IV	10	1 putaran	58	43	25	42
5.	V	10	1 putaran	58	47	30	46

Untuk variabel I temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 50°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 20°C dan didapatkan hasil untuk temperatur outlet fluida panas (T_{h2}) adalah 38°C dan temperatur outlet fluida dingin (t_{c2}) adalah 37°C lalu dihitung $\Delta TLMTD$ sehingga didapatkan nilainya yaitu $15,3657^{\circ}\text{C}$. Untuk variabel II temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 55°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 20°C dan didapatkan hasil untuk temperatur outlet fluida panas (T_{h2}) adalah 37°C dan temperatur outlet fluida dingin (t_{c2}) adalah 34°C lalu dihitung $\Delta TLMTD$ sehingga didapatkan nilainya yaitu $18,9304^{\circ}\text{C}$. Untuk variabel III temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 58°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 20°C dan didapatkan hasil untuk temperatur outlet fluida panas (T_{h2}) adalah 44°C dan temperatur outlet fluida dingin (t_{c2}) adalah 43°C lalu dihitung $\Delta TLMTD$ sehingga didapatkan nilainya yaitu $14,4942^{\circ}\text{C}$. Untuk variabel IV temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 58°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 25°C dan didapatkan hasil untuk temperatur outlet fluida panas (T_{h2}) adalah 43°C dan temperatur outlet fluida dingin (t_{c2}) adalah 42°C lalu dihitung $\Delta TLMTD$ sehingga didapatkan nilainya yaitu $16,9804^{\circ}\text{C}$. Untuk variabel terakhir yaitu variabel V temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 58°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 30°C dan didapatkan hasil untuk temperatur outlet fluida panas (T_{h2}) adalah 47°C dan temperatur outlet fluida dingin (t_{c2}) adalah 46°C lalu dihitung $\Delta TLMTD$ sehingga didapatkan nilainya yaitu $14,3552^{\circ}\text{C}$.

Prinsip dari *Heat Exchanger* atau alat penukar panas adalah menyamakan atau menyetarakan perbedaan temperatur inlet fluida panas ($T_{h\text{ in}}$) dengan temperatur inlet fluida dingin ($T_{c\text{ in}}$) yang hasilnya dapat dilihat pada temperatur outlet. **Karena menurut teori dari jurnal *Heat Exchanger* merupakan alat yang**

difungsikan untuk mengakomodasikan perpindahan panas dari fluida panas ke fluida dingin dengan adanya perbedaan temperatur. Karena panas yang dipertukarkan terjadi dalam sebuah sistem maka kehilangan panas dari suatu zat akan sama dengan zat yang diterima benda lain. Dalam istilah lain besarnya temperatur outlet fluida panas ($T_{h\ out}$) harus hampir sama dengan besarnya temperatur outlet fluida dingin ($T_{c\ out}$). Dari kelima variabel pada praktikum ini didapatkan perbedaan nilai temperatur outlet fluida panas dengan temperatur outlet fluida dingin yang tidak terlalu jauh dengan beda temperatur sebesar $1\ ^\circ\text{C}$ kecuali pada variabel 2. Pada variabel 2 beda temperatur sebesar $3\ ^\circ\text{C}$ dikarenakan kesalahan dari praktikan, karena pada saat waktu sudah menunjukkan menit ke-10 praktikan terlalu lamban untuk mengamati data temperature outlet fluida panas ($T_{h\ out}$) dan temperatur outlet fluida dingin ($T_{c\ out}$) sehinggal dimungkinkan suhu fluida berubah menyesuaikan suhu lingkungan sekitar.

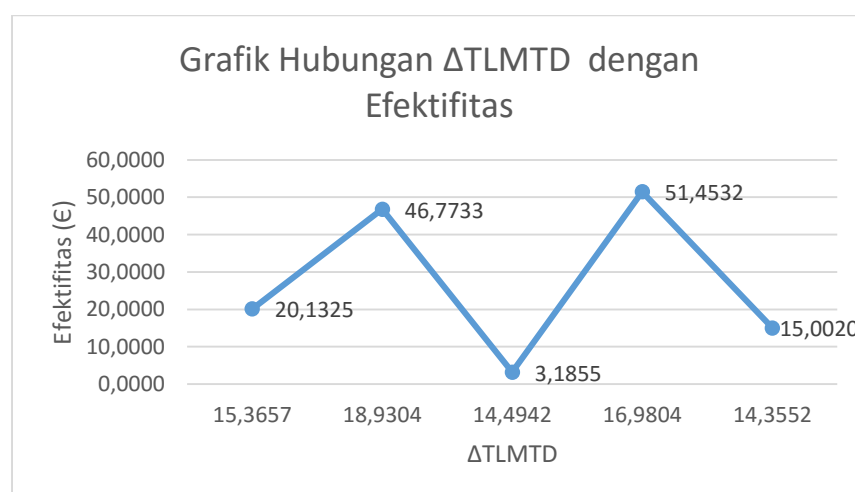
b. Pembahasan pengaruh hubungan suhu inlet fluida dengan efektivitas pada Heat Exchanger

Tabel 7. Temperatur fluida dan efektivitas Heat Exchanger

Percobaan ke	Temperatur fluida panas ($^\circ\text{C}$)		Temperatur fluida dingin ($^\circ\text{C}$)		ϵ (%)
	Inlet (T_{h1})	Output (T_{h2})	Input (t_{c1})	Output (t_{c2})	
I	50	38	20	37	20,1325
II	55	37	20	34	46,7733
III	58	44	20	43	3,1855
IV	58	43	25	42	51,4532
V	58	47	30	46	15,0020

Untuk variabel I temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 50°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 20°C didapatkan nilai efektifitas sebesar 20,1325%, untuk variabel II temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 55°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 20°C didapatkan nilai efektifitas sebesar 46,7733%, untuk variabel III temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 58°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 20°C didapatkan nilai efektifitas sebesar 3,1855%, untuk variabel IV temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 58°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 25°C didapatkan nilai efektifitas sebesar 51,4532% dan untuk variabel V temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 58°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 30°C didapatkan nilai efektifitas sebesar 15,0020%. Dari hasil praktikum dapat ditarik kesimpulan bahwa alat Heat Exchanger yang kita gunakan dapat bekerja paling efektif pada variabel IV yaitu penggunaan temperatur inlet fluida panas (T_{h1}) adalah 58°C dan temperatur inlet fluida dingin (t_{c1}) adalah 25°C dengan didapatkan nilai efektifitas sebesar 51,4532%.

c. Pembahasan grafik hubungan efektifitas dengan ΔT LMTD



Dari grafik hubungan ΔT LMTD dengan nilai efektifitas dari alat Heat Exchanger yang digunakan terlihat untuk variabel I dengan ΔT LMTD sebesar

15,3657°C didapatkan nilai efektifitas sebesar 20,1325%, untuk variabel II dengan $\Delta TLMTD$ sebesar 18,9304°C didapatkan nilai efektifitas sebesar 46,7733%, untuk variabel III dengan $\Delta TLMTD$ sebesar 14,4942°C didapatkan nilai efektifitas sebesar 3,1855%, untuk variabel IV dengan $\Delta TLMTD$ sebesar 16,9804°C didapatkan nilai efektifitas sebesar 51,4532%, untuk variabel V dengan $\Delta TLMTD$ sebesar 14,3552°C didapatkan nilai efektifitas sebesar 15,0020%. Dari grafik ini dapat disimpulkan nilai efektifitas dari Heat Exchanger yang kita gunakan akan menurun jika besar beda temperatur ($\Delta TLMTD$) kurang dari 15°C. Dan akan naik ketika besar beda temperatur ($\Delta TLMTD$) lebih dari 15°C. Pada jurnal secara teoritis menyebutkan **nilai efektifitas yang dihasilkan akan besar apabila perbedaan suhu input dan output semakin besar** yang menandakan banyaknya panas yang berpindah. Jadi, dapat diartikan nilai efektifitas alat *Heat Exchanger* berbanding lurus dengan besarnya beda temperatur ($\Delta TLMTD$). Pada perhitungan nilai efektifitas dan $\Delta TLMTD$ pada praktikum kami terdapat ketidaksesuaian secara teoritis dengan jurnal pada variabel kedua dan ketiga, karena seharusnya nilai $\Delta TLMTD$ pada variabel 2 lebih kecil dari nilai $\Delta TLMTD$ pada variabel 4 dan nilai $\Delta TLMTD$ pada variabel 3 lebih kecil dari nilai $\Delta TLMTD$ pada variabel 5.

d. Perbandingan jurnal dengan efektifitas pada Heat Exchanger

- **Jurnal efektifitas *heat exchanger* tipe *shell and tube* akibat variasi jarak *baffle* dan *baffle cut***

Menurut jurnal tersebut parameter penting yang dapat meningkatkan efektifitas *heat exchanger* adalah jarak *baffle* dan *baffle cut* dengan menggunakan metode eksperimental. Prosedur pengujian dalam penelitian ini adalah tahap penyusunan alat (persiapan penyusunan dan pengecekan alat bahan), tahap pengujian (persiapan data dan pengujian), dan tahap pengambilan data

(pengambilan data hasil pengujian dan memasukkan data ke tabel pengujian). Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan dua kali pengulangan. Data yang diambil pada penelitian ini adalah temperatur, tekanan, dan debit dari kedua fluida panas dan fluida dingin. Pada penelitian ini menggunakan fluida berupa oli sebagai fluida panas pada sisi *tube* dan air sebagai fluida dingin pada sisi *shell* yang dialirkan secara berlawanan. **Sehingga dapat disimpulkan bahwa jarak baffle yang dekat akan meningkatkan efektivitas heat exchanger begitu juga persentase baffle cut yang kecil akan meningkatkan efektivitas heat exchanger.** (Deddy Prihambodo, 2013)

Perbedaan jurnal tersebut dengan praktikum kami yaitu terletak pada variabelnya. Pada jurnal variabel bebas terdapat pada penyusunan alat yaitu dengan variasi jarak *baffle*, sedangkan pada praktikum variabel bebas terdapat pada variasi nilai temperatur fluida inlet baik fluida panas ($T_{h\ in}$) dan fluida dingin ($T_{c\ in}$). Dapat disimpulkan bahwa pada jurnal untuk mengetahui nilai efektivitas yang terbaik didapat dari mengatur variasi jarak *baffle* sedangkan pada praktikum untuk mengetahui nilai efektivitas terbaik didapat dari mengatur variasi temperatur fluida *inlet* maupun *outlet*.

- **Jurnal Efektivitas *shell-and-tube heat exchanger* lebih tinggi jika udara panas mengalir di *tube* dan udara dingin mengalir di *shell*.**

Secara teoritis kenaikan kecepatan aliran akan menaikkan efektivitas. Namun, hal ini membuat waktu kontak menjadi singkat. Dari fenomena ini, ingin diteliti bagaimana pengaruh kecepatan terhadap efektivitas suatu *Shell-and-Tube Heat Exchanger* dengan udara sebagai fluida kerja. Efektivitas *Shell-and-Tube Heat Exchanger* lebih tinggi jika udara panas mengalir dengan kecepatan tinggi (di sisi *tube*) dan udara dingin mengalir dengan kecepatan rendah (di sisi *shell*).

Perbedaan praktikum dengan jurnal tersebut adalah pada jurnal variabel bebas terdapat pada kecepatan aliran, karena kecepatan aliran fluida yang berasal dari bukaan valve tersebut berpengaruh pada nilai efektivitas. Sedangkan pada praktikum variabel bebas terdapat pada variasi nilai temperatur fluida inlet baik fluida panas ($T_{h\ in}$) dan fluida dingin ($T_{c\ in}$). Pada jurnal efektivitas suatu *heat exchanger* merupakan sebagai perbandingan antara perpindahan panas yang diharapkan (nyata) dengan perpindahan panas maksimum yang mungkin terjadi dalam *heat exchanger* tersebut. Sedangkan pada praktikum efektivitas suatu *heat exchanger* merupakan sebagai perbandingan antara perpindahan panas yang hilang (Q_{loss}) dengan perpindahan panas maksimum yang masuk dalam *heat exchanger* tersebut. (Ekadewi Anggraini Handoyo, 2000)

- **Jurnal hubungan efektivitas *heat exchanger* tipe *shell and tube* dengan ΔT_{LMTD}**

Untuk menentukan efektivitas dari penukar panas kita perlu menemukan nilai perbedaan suhu maksimum yang mungkin, yang merupakan perbedaan suhu antara suhu masuk dari arus panas dan suhu input aliran dingin. Terlihat bahwa dengan suhu fluida input yang berbeda maka dihasilkan perbedaan suhu input dan output yang berbeda pula.

Nilai efektivitas yang dihasilkan akan besar apabila perbedaan suhu input dan output semakin besar yang menandakan banyaknya panas yang berpindah. Selain itu faktor lain yang mempengaruhi nilai efektivitas alat penukar panas adalah jumlah dan jarak baffle pada spesifikasi alat penukar panas. (Budi Susanto, 2011)

- **Jurnal perancangan *Heat Exchanger* “komponen dasar penyusun *heat Exchanger*”**

Komponen penyusun dasar “*Heat Exchanger*” :

a. Tube

- Merupakan pipa kecil yang tersusun di dalam shell
- Aliran di dalam tube sering dibuat melintas lebih dari 1 kali dengan tujuan untuk memeperbesar koefisisen perpindahan panas lapisan film fluida dalam tube.

b. Tube pitch

- Lubang yang tidak dapat dibor dengan jarak yang sangat dekat, karena jarak tube yang terlalu dekat akan melemahkan struktur penyangga tube.

c. Baffle

Sekat-sekat yang digunakan untuk :

- Mengatur aliran lewat shell sehingga turbulensi yang tinggi akan diperoleh
- Menahan struktur tube bundle
- Menahan atau mencegah terjadinya getaran pada tube

d. Shell

- Merupakan bagian tengah alat penukar panas
- Merupakan tempat untuk tube bundle

e. Channel cover

Merupakan tutup yang dapat dibuka saat pemeriksaan dan pembersihan

f. Tube Side Channel dan Nozzle

Berfungsi untuk mengatur aliran fluida di tube

Pada tahap perancangan alat *Heat Exchanger* yang penulis lakukan sudah memperhitungkan dengan seksama poin-poin penting yang digunakan sebagai komponen dasar penyusunan alat *Heat Exchanger* sesuai jurnal tersebut. Poin-poin penting yang digunakan sebagai komponen dasar penyusunan alat *Heat Exchanger* tersebut yaitu tube, tube pitch, baffle, shell, channel cover, tube side channel dan nozzle. (Indra Wibawa, 2012)