

ANALISA LAJU PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI PADA *HEAT EXCHANGER* ALIRAN BERLAWANAN

Thomas Kbarek¹⁾, Herman Hi. Tjolleng Taba²⁾,
Marthen Safkaur³⁾

^{1,2)} Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan

³⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

ABSTRAK

Heat exchanger Tipe T147D yang dimiliki program studi teknik mesin universitas sains dan teknologi jayapura merupakan peralatan yang digunakan untuk perpindahan panas antara dua fluida, baik berupa cairan panas atau dingin maupun gas dimana fluida-fluida ini mempunyai temperatur yang berbeda. Penelitian eksperimental pengaruh konduktivitas thermal terhadap suhu profil sirip.

Penelitian dilakukan secara eksperimental, data yang diamati adalah temperatur fluida panas masuk (T1), temperatur fluida panas keluar (T3), temperatur fluida dingin masuk (T6), temperatur fluida dingin keluar (T4), debit fluida panas (Qh), dan debit fluida dingin (Qc). Sedangkan untuk memperoleh distribusi temperatur digunakan infrared thermograph FLIR-E4, dengan interval penurunan temperatur tiap 5 °C. Dimulai dari temperatur tertinggi reservoir 70 °C sampai temperatur terendah 45 °C,

Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa temperatur fluida dingin masuk kecil dan semakin lama semakin meningkat pada temperature 45 °C 34.80 °C dan menurun kembali pada temperatur 58.00 °C. Untuk pada temperatur fluida panas masuk lebih tinggi pada temperatur 51°C 37.13 °C dan keluar pada temprature 45 °C 36.27 °C fluida panas keluar, karena telah terjadi perpindahan panas dari fluida panas ke fluida dingin, saat temperatur fluida panas sama dengan temperatur fluida dingin maka sudah tidak terjadi lagi proses perpindahan panas pada Heat exchanger.

Kata Kunci : Heat exchanger, Infrared thermograph, Sirip kerucut, dan Distribusi temperatur.

1. PENDAHULUAN

Peristiwa perpindahan kalor banyak dijumpai dalam industri-industri kimia, misalnya pada proses pendinginan atau pemanasan serta pembuangan panas dari suatu pembangkit tenaga dan lain-lain, perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan suhu panas yang akan mengalir dari tempat yang bersuhu tinggi ketempat yang bersuhu rendah. Mekanisme perpindahan panas dapat terjadi secara radiasi, konduksi, dan konveksi.

*Heat exchanger Tipe T147D yang dimiliki program studi teknik mesin universitas sains dan teknologi jayapura merupakan peralatan yang digunakan untuk perpindahan panas antara dua fluida, baik berupa cairan panas atau dingin maupun gas dimana fluida-fluida ini mempunyai temperatur yang berbeda. Berdasarkan aliran fluida dapat didefinisikan menjadi *parallel flow*, *counter flow*, *heat exchanger* mengalir secara searah, sedangkan *counter flow* atau biasa juga disebut aliran berlawanan.*

Mekanisme perpindahan panas secara konveksi bisa berlangsung dengan media cair atau gas. *heat exchanger* mempunyai koefisien perpindahan kalor menyeluruh yang tinggi sehingga mampu mentransfer kalor dengan baik, dan mempunyai penurunan tekanan yang rendah, untuk memperkecil penurunan tekanan tetapi koefisien perpindahan kalor masih tetap tinggi.

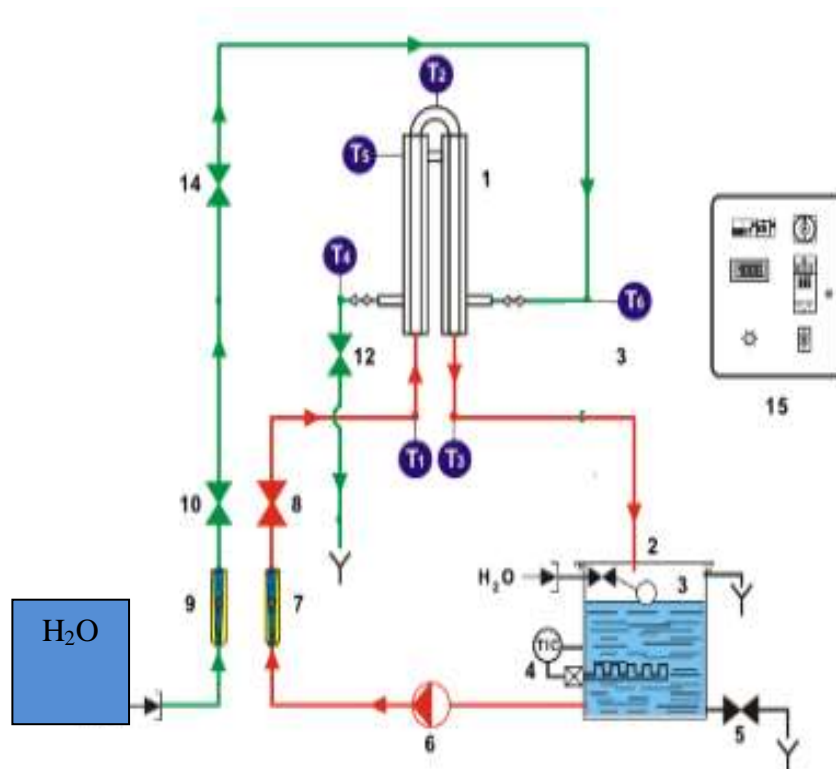
Corresponding Author : Thomas Kbarek, Herman Hi. Tjolleng Taba Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Sains dan Teknologi Jayapura Jln. Raya Sentani Padang Bulan Abepura Jayapura – Papua, Email : thomaskbarek@gmail.com, htjolleng76@gmail.com

2. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mendapatkan koefisien perpindahan kalor menyeluruh maka penelitian ini dapat direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk pengambilan data yang diperlukan. Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat penukar kalor *heat exchanger tipe T147D*. Dan dilengkapi dengan peralatan atau instrument-instrumen penunjang lainnya.

Pelaksanaan penelitian di lab teknik mesin mekanika fluida Universitas Sains dan Teknologi Jayapura. Penelitian ini berlangsung selama kurang lebih enam bulan.

2.1. Peralatan Penelitian.



Gambar 2.1 Skematik Alat Uji
(Sumber: Jurnal teknik mesin USTJ)

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pipa penukar kalor konsentrik
 2. Tangki re-siklus dan penyuplai
 3. Pelampung
 4. Pemanas air
 5. Keran pada sisi pembuangan tangki
 6. Pompa resiklus dengan debit 0,3 s/d 4,8 m³/jam
 7. Flowmeter 0 s/d 300 liter/jam pada sirkuit utama
 8. Keran pengaturan laju alir pada sirkuit utama
 9. Flowmeter 0 s/d 300 liter/jam pada sirkuit sekunder
 10. Keran pengaturan laju alir pada sirkuit sekunder
 11. - 14. Keran-keran untuk membuat aliran bolak-balik dan searah pada sirkuit sekunder
 15. Papan elektrik
- TIC. Termostat digital untuk mengontrol termoresistan
T1. Temperatur air panas di sisi masuk pada sirkuit utama

T2. Temperatur pertengahan air panas pada sirkuit utama
 T3. Temperatur air panas di sisi keluar pada sirkuit utama
 T4. Temperatur air dingin di sisi masuk pada sirkuit sekunder
 T5. Temperatur pertengahan air dingin pada sirkuit sekunder
 T6. Temperatur air dingin di sisi keluar pada sirkuit sekunder
 Secara Ringkasan dan komponen-komponen utama muda untuk ditemukan dari unit T147D.

1. Pipa penukar kalor konsentrik;
2. Sirkuit utama flow meter (air panas)
3. Sirkuit sekunder flow meter (air dingin)
4. Tangki pemulihan air panas
5. Pemanas listrik
6. Pompa untuk resikulasi aliran
7. Sirip kerucut

Untuk dibuat dari komponen-komponen yang bersifat komersial, pada dasarnya digunakan untuk aplikasi-aplikasi teknik, pengguna unit ini mudah untuk memahami makna dari pengukuran pada uji coba yang di jalani.



Gambar 2.2 Heat Exchanger tipe T147D infrared thermograph
 (Sumber: Lab mekanika fluida Teknik Mesin)



Gambar 3.3 Sirip Kerucut dan elemen pemanas
 (Sumber: Lab mekanika fluida Teknik Mesin)

2.2. Prosedur Pengambilan data

Untuk mendapatkan data penelitian maka dilakukan langkah – langkah sebagai berikut:

Alat penukar kalor yang diuji adalah alat penukar panas jenis aliran searah. Dalam pengujian ini fluida yang digunakan adalah laju aliran massa kedua fluida yang merupakan variable yang divariasikan sehingga akan diperoleh temperatur kedua fluida. Pada posisi masuk dan keluar penukar panas pada berbagai kondisi laju aliran massa yang ditetapkan. Dari kedua fluida tersebut dapat diketahui karakteristik performa dari alat penukar panas.

1. Elemen pemanas heat dinyalakan sehingga fluida yang berada didalam reservoir tank menjadi panas dengan temperatur fluida maksimal 70°C.
2. Pemanas dimatikan, bersamaan pompa fluida panas dan dingin dihidupkan.
3. Fluida tersebut mengalir dengan menggunakan pompa melewati flow meter dan memasuki T1 (inlet) pintu masuk fluida panas (T1, Q1 fluida dicatat).
4. Selanjutnya fluida mengalir ke sirkuit primer temperatur intermedia atau fluida panas T2.
5. Dari T2 fluida mengalir ke T3 yang adalah saluran keluar fluida panas dan kembali ke reservoir tank (T3, Q3 fluida dicatat).
6. Dengan menggunakan pompa, fluida dingin dialirkan melewati flow meter kemudian fluida melewati klep valve dan mengalir ke pintu masuk air dingin temperature T4 (T4,F4 fluida di catat).
7. Aliran fluida dingin melewati T4 masuk dan bercampur dengan fluida panas T5 kemudian keluar melewati T6 atau pintu keluar air dingin dan kembali ke reservoir tank penampung fluida. Untuk mengetahui fluida yang masuk dan keluar digunakan thermocouple digital. Dan untuk mengetahui debit aliran yang masuk didalam pipa aliran digunakan flow meter, sehingga akan didapatkan data-data yang di perlukan, Percobaan ini di ulang sampai tiga kali kemudian hasilnya di rata-rata sehingga didapatkan hasil yang maksimal.

Heat exchanger alat penukar kalor ini bertujuan untuk memanfaatkan panas suatu aliran fluida yang lain. Maka akan terjadi dua fungsi sekaligus yaitu :

1. Memanaskan fluida.
2. Mendinginkan fluida yang panas.

Pertukaran kalor untuk aliran searah, tujuannya adalah mengetahui temperatur air panas dan air dingin di beberapa titik pada alat penukar. Sedangkan penukar kalor untuk aliran bolak balik, sasarannya adalah mengetahui temperature air dingin dan air panas di beberapa titik pada alat penukar. Pertukaran kalor untuk aliran searah dan aliran bolak balik sasarannya adalah menghitung perubahan daya termal yang terjadi.

Dimensi dan Persediaan Pemakaian Tenaga

Electrical supply	: 220-240V fase tunggal 150/60,1.5KW
Fluida air/ laju aliran	: 300 Lt/h
Berat beban	: 110 kg
Dimensi	: 110 x 600 x1700 mm
Ketahanan terhadap panas	: 3 Kw /70°C
Operasional maksimal	: 70 °C

2.3. Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 3 (tiga) tahapan penelitian yaitu :

1. Variabel bebas (*independent variable*): variable yang besarnya ditentukan nilainya oleh peneliti sebelumnya melakukan penelitian. Variabel bebas yang digunakan adalah temperatur reservoir dari 70 °C – 45 °C.
2. Variabel terikat (*dependent variable*): variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan oleh peneliti, nilai dari variabel ini tergantung pada nilai dari variabel bebasnya. Variabel yang digunakan adalah temperatur fluida panas masuk (T1), fluida panas keluar (T3), temperatur fluida dingin masuk (T4), fluida dingin keluar (T6), debit fluida panas (Qh) dan debit fluida dingin (Qc).
3. Variabel terkontrol: variabel yang ditentukan oleh peneliti, dan nilainya selalu dibuat konstan. Variabel terkontrol adalah volume air (38 L).



3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Pengujian

Data dari hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Data *heat exchanger* sirip kerucut

Temperatur reservoir (°C)	Debit fluida Q		Temperatur (°C)			
	Lt/h		fluida panas		fluida dingin	
	Qdingin	Qpanas	T1 (in)	T3 (out)	T6 (in)	T4 (out)
70	90.00	200.00	48.27	41.67	30.2	31.77
69	90.00	200.00	49.10	42.53	30.2	31.77
68	93.33	200.00	49.67	43.27	30.3	31.80
67	93.33	200.00	50.37	44.00	30.2	31.77
66	93.33	200.00	51.30	44.90	30.3	32.03
65	93.33	200.00	52.20	45.43	30.3	32.13
64	93.33	200.00	52.93	46.13	30.3	32.30
63	93.33	200.00	53.73	46.83	30.3	32.47
62	93.33	198.33	54.27	47.43	30.3	32.60
61	93.33	198.33	55.00	48.10	30.3	32.80
60	93.33	198.33	55.05	48.97	30.5	33.00
59	93.33	198.33	55.87	49.53	30.8	33.27
58	95.00	196.67	55.47	49.60	30.9	33.83
57	95.00	196.67	55.07	49.43	31.2	34.63
56	95.00	196.67	54.63	49.00	31.4	35.30
55	95.00	196.67	53.67	48.13	31.5	36.27
54	95.00	198.33	52.90	47.40	31.7	36.63
53	95.00	200.00	52.10	46.70	32	36.93
52	95.00	200.00	51.00	45.93	32.4	37.07
51	95.00	200.00	50.17	45.33	32.7	37.13
50	95.00	200.00	49.10	44.67	33.1	37.03
49	95.00	200.00	48.17	44.03	33.4	36.87
48	95.00	200.00	47.23	43.23	33.8	36.63
47	95.00	201.67	46.30	42.67	34.3	36.37
46	95.00	201.67	45.30	42.33	34.8	36.30
45	95.00	201.67	44.50	42.00	35	36.27
Rata-rata	90.93	199.36	51.28	45.74	31.62	34.42

3.2. Pengolahan Data

Untuk pengolahan data selanjutnya adalah sebagai berikut :

Diketahui data untuk sirip kerucut sebagai berikut :

Debit fluida teoritis	= 300 lt/h = 0,0000833 m ³ /s
ρ_{air}	= 1000 kg/m ³
Δh	= 0,012 m
ρ_{Hg}	= 13570 kg/m ³
Suhu fluida panas masuk, T ₁	= 51.28 °C
Suhu fluida panas keluar, T ₃	= 45.74 °C
Suhu fluida dingin masuk, T ₆	= 31.62 °C
Suhu fluida dingin keluar, T ₄	= 34.42 °C
Debit panas, Q _h	= 155,45 lt/hr = 0,000043180 m ³ /s
Debit dingin, Q _c	= 72,95 lr/hr = 0,000020263 m ³ /s
Diameter pipa dalam, Di	= 2,22 cm = 0,0222 m
Dimeter pipa luar, Do	= 2,97 cm = 0,0297 m
Panjang tube (l)	= 0,3 m
Diameter sirip dingin (d _{co})	= 1 cm = 0,01 m
Tinggi sirip kerucut dingin (T)	= 2,03 cm = 0,0203 m



Diameter sirip dingin (t)	= 4,35 mm = 0,00435 m
Panjang sirip dingin (Lc)	= 1,87 cm = 0,0187 m
Diameter sirip panas (d_{ho})	= 1 cm = 0,01 m
Tinggi sirip kerucut panas (T)	= 2,03 cm = 0,0203 m
Diameter sirip panas (t)	= 4,35 cm = 0,00435 m
Panjang sirip panas (Lh)	= 1,91 cm = 0,0191 m

3.3 Perhitungan dan analisa data.

a) Berat jenis fluida, γ

$$\begin{aligned}\gamma_{Air} &= \rho_{Air} \times g \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 9810 \text{ N/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\gamma_{Hg} &= \rho_{Hg} \times g \\ &= 13570 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 133121,7 \text{ N/m}^3\end{aligned}$$

b) Beda tekanan, ΔP

$$\begin{aligned}\Delta P &= (\gamma_{Hg} - \gamma_{Air}) \Delta h \\ &= (133121,7 \text{ N/m}^3 - 9810 \text{ N/m}^3) 0,012 \text{ m} \\ &= 1479,74 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

c) Temperatur rata-rata fluida panas, \bar{T}_h

$$\bar{T}_h = \frac{\bar{T}_1 + \bar{T}_3}{2} = \frac{51,28 + 45,73}{2} = 47,50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

d) Temperatur rata-rata fluida dingin, \bar{T}_c

$$\bar{T}_c = \frac{\bar{T}_4 + \bar{T}_6}{2} = \frac{34,42 + 31,62}{2} = 33,02 \text{ } ^\circ\text{C}$$

e) Luas penampang, A

$$\begin{aligned}A &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} 3,14 (0,0222)^2 \\ &= 0,00039 \text{ m}^2\end{aligned}$$

f) Kecepatan aliran fluida, u_m

$$\begin{aligned}u_m &= \frac{Q_{aktual}}{A} \quad \Rightarrow \quad Q_{aktual} = \frac{Q_{panas} + Q_{dingin}}{2} \\ Q_{aktual} &= \frac{0,0000554 \text{ m}^3/\text{s} + 0,0000261 \text{ m}^3/\text{s}}{2} = 0,0000407 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Sehingga,

$$u_m = \frac{0,0000407 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000386 \text{ m}^2} = 1,5306 \text{ m/s}$$

g) Temperatur aktual

$$\bar{T}_a = \frac{\bar{T}_c + \bar{T}_h}{2} = \frac{33,02 + 47,50}{2} = 40,26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dari lampiran 1, sifat-sifat air pada kondisi aktual 40.26 °C diperoleh data :

$$\begin{aligned}\rho &= 991,928 \text{ kg/m}^3 \\ \mu &= 0,000652 \text{ kg/m}\cdot\text{s} \\ k &= 0,6336 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C} \\ Pr &= 4,31105\end{aligned}$$

Maka Reynolds numbernya adalah :

$$Re_d = \frac{\rho \times u_m \times D}{\mu}$$

$$= \frac{991,928 \text{ kg/m}^3 \times 1,5306 \text{ m/s} \times 0,0222 \text{ m}}{0,000652 \text{ kg/ms}}$$

$$= 51694.84 \Rightarrow (\text{turbulen})$$

h) Sehingga bilangan Nusselt untuk aliran turbulen yang berkembang penuh dalam tabung licin adalah :

$$Nu_d = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4}$$

$$Nu_d = 0,023 \times (35871,33)^{0,8} \times (4,276)^{0,4}$$

$$= 520.44$$

i) Luas permukaan total penampang bagian luar (A_o)

$$A_o = \pi \cdot D_o \cdot L = 3,14 \times 0,0297 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,0279 \text{ m}^2$$

j) Luas permukaan total penampang bagian dalam (A_i)

$$A_i = \pi \cdot d_i \cdot L = 3,14 \times 0,0222 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,0209 \text{ m}^2$$

k) Koefisien perpindahan kalor bagian luar (h_o) :

$$h_o = \frac{Nu_d \cdot k}{D_o} = \frac{23,26 \times 0,633 \text{ W/m}^0\text{C}}{0,0297 \text{ m}} = 3863,90 \text{ W/m}^2\text{ }^0\text{C}$$

l) Koefisien perpindahan kalor bagian dalam (h_i) :

$$h_i = \frac{Nu_d \cdot k}{d_i} = \frac{23,26 \times 0,633 \text{ W/m}^0\text{C}}{0,0222 \text{ m}} = 5169,27 \text{ W/m}^2\text{ }^0\text{C}$$

m) Koefisien perpindahan panas menyeluruh (U_o)

$$U = \frac{1}{\frac{A_o}{A_i} \frac{1}{h_i} + \frac{A_o \ln(r_o/r_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_o}}$$

$$= \frac{1}{\frac{0,0279 \text{ m}^2}{0,0209 \text{ m}^2} \times \frac{1}{5169,27 \frac{\text{W}}{\text{m}} \text{ }^0\text{C}} + \frac{0,0279 \text{ m}^2 \ln(0,0148/0,0111)}{2 \times 3,14 \times 0,633 \frac{\text{W}}{\text{m}} \text{ }^0\text{C} \times 0,3 \text{ m}} + \frac{1}{3863,90 \frac{\text{W}}{\text{m}} \text{ }^0\text{C}}}$$

$$= 0,000266 \text{ W/m}^0\text{C}$$

n) Log mean Temperature Difference (LMTD)

$$LMTD = \frac{(Th_3 - Tc_4) - (Th_1 - Tc_6)}{\ln \left[\frac{(Th_3 - Tc_4)}{(Th_1 - Tc_6)} \right]}$$

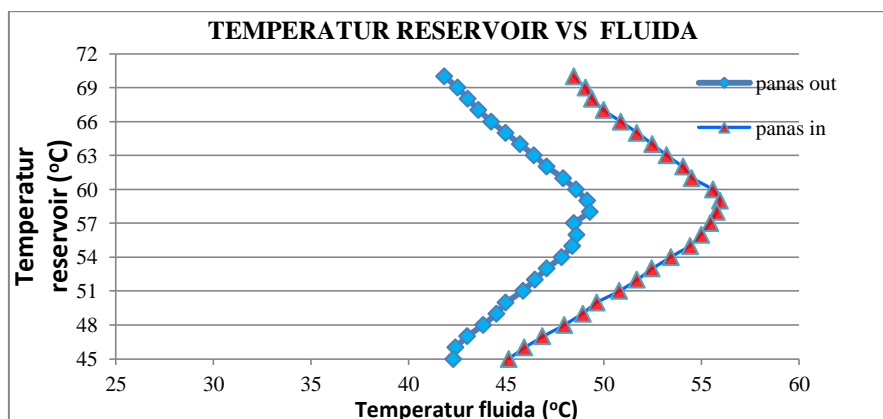
$$= \frac{(45.74 - 34.42) - (51.28 - 31.62)}{\ln \left[\frac{(45.74 - 34.42)}{(51.28 - 31.62)} \right]} = 11.944$$

Tabel 3.2 Data hasil perhitungan

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan
Debit fluida panas	Q_h	0,0000554	m^3/s
Debit fluida dingin	Q_c	0,0000261	m^3/s
Kecepatan fluida	u_m	1,05546	m/s
Temperatur rata-rata logaritmik	$LMTD$	11.944	$^{\circ}\text{C}$
Reynolds number	Re_d	51694.84	
Bilangan Nusselt	Nu_d	520.44	
Koef. kalor bagian dalam	h_i	5169,27	$\text{W/m}^2\text{ }^0\text{C}$
Koef. kalor bagian luar	h_o	3863,90	$\text{W/m}^2\text{ }^0\text{C}$
Koef perpindahan panas menyeluruh	U	0,000266	$\text{W/m}^0\text{C}$

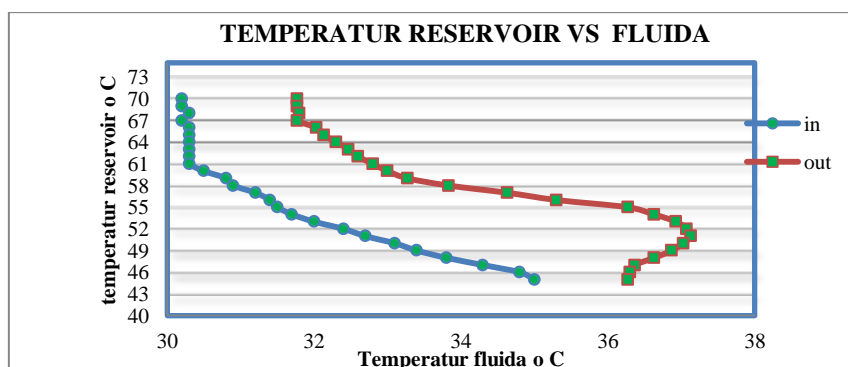
Tabel 3.3 Perbandingan aliran searah dan berlawanan

Uraian	Simbol	Nilai		Satuan
		Searah	Berlawanan	
Debit fluida panas	Q_h	0,0000431	0,0000554	m^3/s
Debit fluida dingin	Q_c	0,0000202	0,0000261	m^3/s
Kecepatan fluida	u_m	0,08199	1,05546	m/s
Temperatur rata-rata logaritmik	$LMTD$	8,6907	11,944	$^{\circ}C$
Temperatur fluida panas	T_h	44,07	48,59	$^{\circ}C$
Temperatur fluida dingin	T_c	34,29	34,35	$^{\circ}C$
Reynolds number	Re_d	2716,524	51694.84	
Bilangan Nusselt	Nu_d	23,2575	520,44	
Koef. kalor bagian dalam	h_i	661,8622	5169,27	W/m^2C
Koef. kalor bagian luar	h_o	494,7254	3863,90	W/m^2C
Koef perpindahan panas menyeluruh	U	91,877	0,000266	W/m^0C



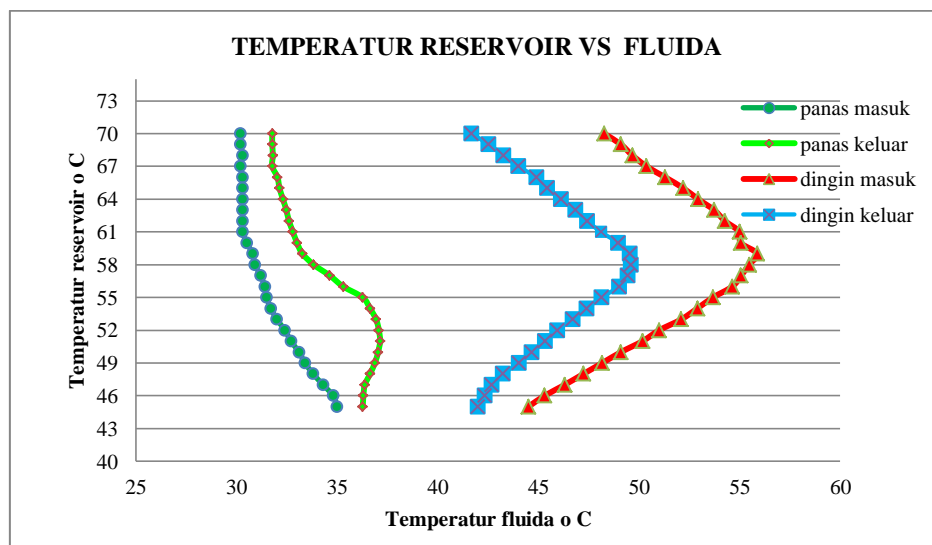
Gambar 3.1 Grafik temperatur reservoir vs fluida panas

Dari gambar 3.1 grafik T reservoir vs fluida panas dapat dijelaskan bahwa pada saat T reservoir berada pada 70 °C kemudian T fluida panas masuk (T_1) = 48,27 dan T fluida panas keluar (T_3) = 41,67. maka dengan seiring berjalannya waktu terjadi penurunan T reservoir, namun T_3 makin meningkat dan puncaknya pada T reservoir 58 °C saat T fluida panas keluar T_3 =49,60 dan kemudian T_3 akan semakin menurun, sedangkan T_1 mencapai titik puncak T reservoir 59 °C saat T fluida panas masuk T_1 = 55,87 dan kemudian akan semakin menurun. Dan pada temperature tertentu terjadi perpindahan panas pada titik yang tinggi kemudian dan kemudian temperaturnya akan menurun kembali. Pada grafik terlihat jelas terjadi perpindahan panas dari panas ke dingin.



Gambar 3.2. Grafik temperatur reservoir vs fluida dingin

Dari gambar 3.2 grafik temperatur reservoir vs fluida dingin terlihat jelas bahwa pada saat temperatur reservoir berada 70°C kemudian temperatur fluida dingin masuk (T_6) = $30,20$ dan T fluida dingin keluar (T_4) = $31,77$ maka seiring berjalannya waktu terjadi penurunan temperatur reservoir karena elemen pemanas telah dimatikan, namun T_6 makin meningkat dan puncaknya pada temperatur reservoir 51°C saat T fluida dingin keluar $T_4 = 37,13^{\circ}\text{C}$ dan kemudian T_6 akan semakin menurun, sedangkan T_4 semakin meningkat kemudian temperatur reservoir semakin menurun. Temperature fluida dingin masuk (T_6) semakin lama semakin meningkat, sementara sementara temperatur fluida dingin keluar (T_4) meningkat dari $31,77^{\circ}\text{C}$ (temperature reservoir 70°C) menjadi $37,12^{\circ}\text{C}$ (temperature reservoir 70°C). Pada grafik terlihat bahwa terjadi perpindahan panas yang mengakibatkan gambar pada grafik tidak sejajar pada setiap temperature fluida an temperature reservoir.



Gambar 4.3 Grafik temperatur reservoir vs temperatur fluida

Dari gambar 4.3 grafik temperatur reservoir vs temperatur fluida diatas merupakan hasil gabungan grafik antara temperatur reservoir $^{\circ}\text{C}$, temperatur fluida dingin masuk (T_6) temperatur fluida dingin keluar (T_4), temperatur panas masuk (T_1), dan temperatur panas keluar (T_3). Dari keterangan diatas hasil gabungan grafik ini keduanya memiliki kecenderungan untuk bertemu pada saat mencapai titik normal dimana tidak terjadi proses perpindahan panas.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pengolahan data dapat disimpulkan sebagai berikut :

Temperature fluida dingin masuk (T_6) semakin lama semakin meningkat dari $30,90^{\circ}\text{C}$ sampai $34,80^{\circ}\text{C}$, sementara temperature fluida dingin keluar (T_4) meningkat pada $37,13^{\circ}\text{C}$ dan cenderung kembali pada $36,27^{\circ}\text{C}$. untuk temperature fluida panas masuk (T_1) lebih tinggi dari temperature fluida panas keluar (T_3), karena telah terjadi perpindahan panas dari fluida panas ke fluida dingin, dan saat temperature fluida panas sama dengan temperature fluida dingin berarti tidak ada lagi proses perpindahan panas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ary Bachtiar Krishna, 2004. *Studi Pengaruh Beban Panas Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas pada Heat Exchanger Vertikal Chanel*. Institut Teknologi Sepuluh November. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin.
- Ekadewi Anggraini Handoyo, 2000. *Pengaruh kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas Shell and Tube Heat Exchanger*. Universitas Kristen Petra. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin.

- Holman, J.P 1997. *Perpindahan Kalor. Edisi Ke Enam*. Diterjemahkan oleh Ir. E. Jasjfi, M.Sc. Jakarta: Erlangga.
- Hendry Y. Nanlohy, Awia Conang, Idris Subuh T. Ara, 2013. *Experimental Pengaruh Konduktifitas Thermal Terhadap Suhu Profil Sirip-Sirip Pendingin pada Heat Exchanger Tipe T147D*. Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Dan Kebumihan, Universitas Sains Dan Teknologi Jayapura. Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) USTJ
- Ilham Al Fikar M, 2008. *Pengaruh variasi Flow*. Dasar Teori Perpindahan Panas Fakultas Teknik Universitas Indonesia . Diakses pada tanggal 10 November 2012.
- Incropera, F.P. dan Dewitt, D.P. 1990. *Introduction to heat transfer. Edisi Ke Dua* dan New York, John Wiley dan sons.
- Muhammad Awwaluddin, 2007. *Analisa Perpindahan Kalor Pada Heat Exchanger Pipa Ganda*. Tugas Akhir S1
- Ridwan Fahrudin, 2010. *Perancangan Pengendalian*. Dasar Teori Heat Exchanger. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Diakses pada tanggal 9 November 2012.
- Rudi Sutanto, 2007. *Karakteristik Perpindahan Panas dan Perubahan Tekanan Pada Heat Exchanger Dengan Variasi Perubahan Propil Sirip Pendingin*. Universitas Mataram. Jurusan Teknik Mesin.
- S.P. Garnaik, 2002. *Infrared Thermography : A versatile Technology for condition monitoring and Energy Conservation*. National Productivity Council, Kanpur, India
- Teguh Sunyoto, 2011. *Analisa Kerusakan Bantalan Motor pada Kompresor Sekrup Dengan Metode Termografi di PT. PJB UP Gresik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Tugas Akhir Program Studi Diploma 3 Teknik Mesin Bidang Konversi Energi.
- Welhelmus Reniban, 2010. *Studi Eksperimental Tentang Unjuk Kerja Heat Exchanger Tipe T147D*. Universitas Sains dan Teknologi Jayapura. Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Mesin. <http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/105/jtptunimus-gdl-syamsudinr-5219-2-bab2.pdf>. Diakses pada tanggal 10 November 2013.
- https://www.google.co.id/?gws_rd=ssl#q=pengertian+konveksi+alami
- <http://seputarpendidikan003.blogspot.com/2015/02/perpindahan-kalor-secara-konveksi.html>
- Sumber: <http://tutoriaalkuliah.blogspot.com/2009/aliran-fluida-pada-heat-exchanger.html>
- Sumber: <http://tutoriaalkuliah.blogspot.com/2009/aliran-fluida-pada-heat-exchanger.html>