

Revitalisasi Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube* Pada Laboratorium Teknik Mesin Unsrat

¹⁾Fandry Gresta Tumbade, ²⁾Frans P. Sappu, ³⁾Romels C. A. Lumintang

¹⁾Prodi Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi

^{2),3)}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus Unsrat Bahu, Manado

ABSTRAK

Heat Exchanger adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan proses penukaran kalor karena adanya perbedaan temperatur dari dua jenis fluida yang saling mengalir tetapi tidak tercampur. Pada laboratorium Teknik Mesin Unsrat terdapat sebuah alat penukar kalor tipe *Shell and Tube* yang lama tidak difungsikan dalam kegiatan praktikum akibat sudah rusak. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan revitalisasi dan menghitung efisiensi alat penukar kalor tersebut agar dapat digunakan pada kegiatan praktikum pada laboratorium Teknik Mesin Unsrat.

Awal kegiatan penelitian ini ditemukan beberapa komponen yang mengalami kerusakan seperti pompa sirkulasi air panas yang tidak berfungsi, komponen kapasitor dan dioda pada panel *power supply* yang mengalami korsleting arus pendek dan termometer yang tidak lengkap. Kemudian dilakukan perbaikan dan modifikasi serta penggantian beberapa komponen.

Setelah alat penukar kalor dipandang berfungsi dengan baik, maka selanjutnya dilakukan pengujian untuk menentukan nilai efisiensi. Hasil perhitungan dan pengolahan data diperoleh efisiensi sebesar 74,38 %. Hal ini memberi informasi bahwa revitalisasi terhadap alat penukar kalor tersebut berhasil baik dan dapat digunakan sebagai alat uji pada kegiatan praktikum di laboratorium Teknik Mesin Unsrat.

Kata Kunci: *Heat exchanger*, Revitalisasi, *Shell and Tube*

ABSTRACT

Heat Exchanger is equipment used to carry out the heat exchange process due to the difference in temperature of two types of fluids that flow but do not mix. In the Unsrat Mechanical Engineering laboratory there is a Shell and Tube type heat exchanger that has not been used for practical activities for a long time because it has been damaged. This study aims to revitalize and calculate the efficiency of the heat exchanger so that it can be used in practical activities in the Mechanical Engineering laboratory of Unsrat.

At the beginning of this research activity, it was found that several components were damaged, such as a malfunctioning hot water circulation pump, capacitor components and diodes on the power supply panel that experienced a short circuit and an incomplete thermometer. Then made repairs and modifications and replacement of several components.

After the heat exchanger is deemed to be functioning properly, then further testing is carried out to determine the efficiency value. The results of calculations and data processing obtained efficiency of 74.38%. This provides information that the revitalization of the heat

exchanger is successful and can be used as a test tool in practical activities in the Mechanical Engineering laboratory of Unsrat.

Keywords: Heat exchanger, Revitalization, Shell and Tube

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Heat exchanger adalah merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menukarkan energi yang berbeda temperatur yang dapat terjadi melalui kontak langsung maupun tidak langsung. Fluida yang bertukar energi dapat berupa fluida yang sama fasanya (cair ke cair atau gas ke gas) atau dua fluida yang berbeda fasanya. Ada beberapa jenis alat penukar kalor berdasarkan bentuknya antara lain penukar kalor tipe *coil and box, double and pipe, plate, dan shell and tube*.

Pada laboratorium Teknik Mesin Unsrat terdapat alat penukar kalor tipe *shell and tube* yang sudah beberapa tahun terakhir ini tidak difungsikan lagi sebagai sarana praktikum karena rusak akibat beberapa komponen yang tidak dapat berfungsi secara baik. Alat penukar kalor ini merupakan peralatan vital yang digunakan untuk melakukan praktikum perpindahan panas pada salah satu mata kuliah di jurusan Teknik Mesin Unsrat.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini akan mengangkat permasalahan rusaknya alat praktikum ini sehingga dapat difungsikan kembali menjadi peralatan

utama untuk praktikum dengan cara melakukan revitalisasi terhadap alat penukar kalor tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Pertama bagaimana revitalisasi alat penukar kalor *shell and tube* pada laboratorium Teknik Mesin Unsrat. Kedua bagaimana menghitung efisiensi pada penukar kalor *shell and tube* yang ada pada laboratorium Teknik Mesin Unsrat setelah dilakukan proses revitalisasi

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini, revitalisasi khusus komponen yang mengalami kerusakan yaitu pompa sirkulasi air panas dan *power supply*. Spesifikasi komponen untuk revitalisasi tidak menggunakan spesifikasi asli alat. Pompa sirkulasi air panas tidak dilakukan perhitungan untuk pemilihan, tetapi berdasarkan kebutuhan debit aliran air.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah merevitalisasi alat penukar kalor pada laboratorium Teknik Mesin Unsrat dan mengetahui efisiensi yang dihasilkan

setelah dilakukan revitalisasi. Hasil dari revitalisasi alat tersebut dapat digunakan untuk praktikum pada laboratorium Teknik Mesin Unsrat.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Revitalisasi

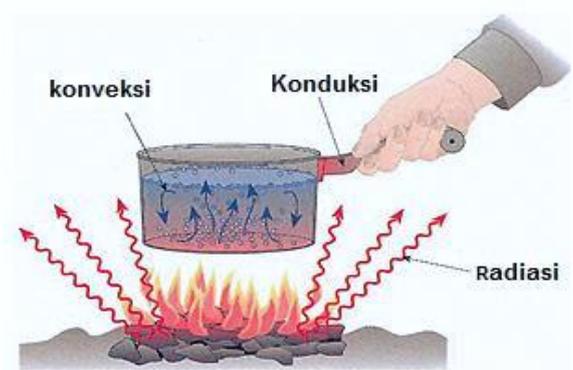
Definisi kata “Revitalisasi” dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah proses, cara, perbuatan menghidupkan kembali atau menggiatkan kembali. Revitalisasi juga dikatakan dari suatu kegiatan untuk mengaktifkan kembali.

Revitalisasi adalah suatu proses atau cara perbuatan untuk menghidupkan kembali suatu hal yang sebelumnya terberdaya sehingga revitalisasi berarti menjadikan sesuatu atau perbuatan untuk menjadi vital, sedangkan kata vital mempunyai arti sangat penting atau sangat diperlukan sekali untuk kehidupan dan sebagainya.

2.2 Perpindahan Kalor

Perpindahan panas adalah perpindahan energi panas atau kalor sebagai akibat adanya perbedaan temperatur. Jadi berdasarkan definisi tersebut jika ada perbedaan temperatur antara dua media, perpindahan panas pasti terjadi.

Perpindahan kalor dapat berlangsung dengan tiga cara, yaitu perpindahan kalor konduksi, konveksi (alami dan paksa), dan perpindahan kalor radiasi. Gambar 2.1 menunjukkan cara-cara perpindahan kalor.

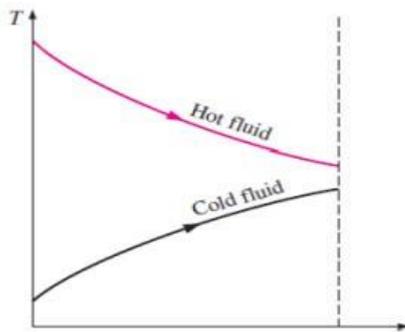


Gambar 2. 1 Cara-cara perpindahan kalor (kependidikan.com)

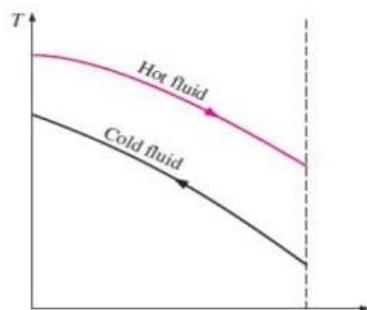
2.3 Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*)

Alat penukar kalor (*heat exchanger*) merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menurunkan dan atau meningkatkan temperatur sebuah sistem dengan memanfaatkan suatu media pendingin atau pemanas sehingga kalor dapat berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur rendah. Alat penukar kalor memiliki tujuan untuk mengontrol suatu sistem (temperatur) dengan menambahkan atau menghilangkan energi termal dari suatu fluida ke fluida lainnya.

Terdapat dua aliran penukaran panas yaitu penukaran panas dengan aliran searah (*co-current*) dan penukaran panas dengan aliran berlawanan arah (*counter-current*) (Cengel & A, 2003) dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Profil temperatur aliran *co-current* (Cengel & A, 2003)

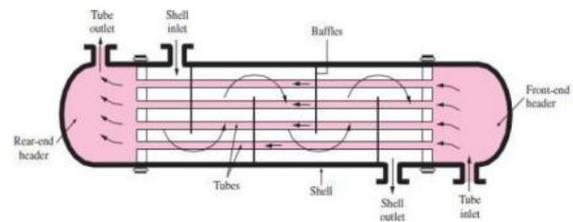


Gambar 2.3 Profil temperatur aliran *counter-current* (Cengel & A, 2003)

2.4 Alat Penukar Kalor Tipe “Shell and Tube”

Alat penukar kalor tipe ini adalah salah satu jenis alat penukar kalor yang menurut konstruksinya dicirikan adanya sekumpulan “tube” yang dipasangkan di dalam “shell” berbentuk silinder di mana

dua jenis fluida yang saling bertukar kalor mengalir secara terpisah, masing–masing melalui sisi “tube” dan sisi “shell”.



Gambar 2. 2 Alat penukar kalor tipe *shell and tube* (Bizzi I, Setiadi R,2013)

2.7 Analisa Efektivitas Alat Penukar Kalor Dengan Pendekatan LMTD

Analisis penukar kalor dengan menggunakan metode LMTD dilakukan jika temperatur masuk dan keluar fluida diketahui sehingga pendekatan dengan menggunakan LMTD dapat dihitung dengan mudah (J.P Holman, 1988).

Sehingga untuk aliran searah menggunakan rumus:

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{\ln(T_1 - t_1) / (T_2 - t_2)}$$

Untuk aliran berlawanan,

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln(T_1 - t_2) / (T_2 - t_1)}$$

2.8 Variabel Yang Mempengaruhi Laju Perpindahan Panas

Laju perpindahan suatu alat penukar kalor bisa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = U.A.\Delta T_m$$

Nilai koefisien perpindahan panas pada suatu sisi fluida yang bekerja dapat dihitung,

$$U = P_c / (A \times \text{LMTD})$$

Laju perpindahan panas yang dilepaskan oleh aliran fluida panas adalah:

$$Ph = Qh \times \rho_h \times Cph \times (Thi - Tho)$$

Sementara itu panas yang diserap oleh fluida dingin adalah:

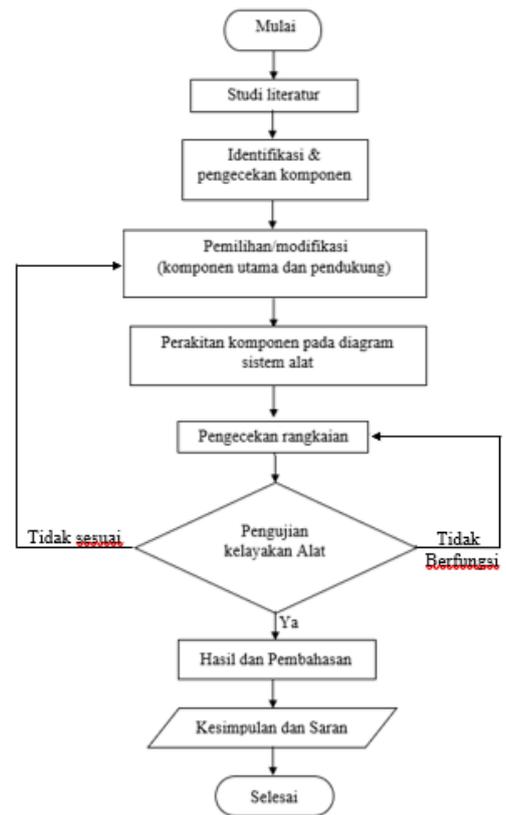
$$Pc = Qc \times \rho_c \times Cpc \times (Tco - Tci)$$

Dengan demikian efisiensi penukar panas dapat dihitung sebagai:

$$\eta = (Pc / Ph) \times 100 \%$$

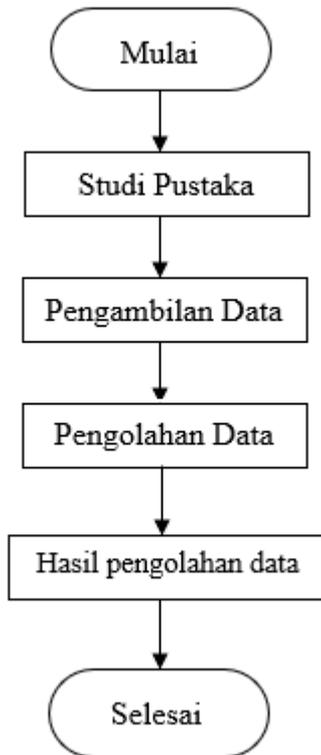
III. METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur pada penelitian dilakukan seperti pada Gambar 3.1 dalam beberapa langkah. Langkah pertama adalah studi literatur. Langkah kedua adalah identifikasi dan perumusan masalah. Langkah ketiga adalah pemilihan komponen dan modifikasi. Langkah keempat adalah perakitan komponen pada alat. Langkah kelima adalah pengujian kelayakan alat. Langkah keenam adalah pengambilan data.



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

Setelah hasil revitalisasi telah dilakukan pada alat dan sudah memenuhi standar kelayakan alat maka dilakukan perhitungan untuk mengetahui efisiensi penukaran panas setelah dilakukan revitalisasi dengan pengambilan data. Data yang diperlukan adalah data temperatur air fluida (panas dan dingin) pada saat masuk, tengah, dan keluar setelah proses penukaran panas seperti pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Diagram alir pengambilan data

IV. PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Spesifikasi Alat *Heat Exchanger*

Dalam penelitian proses revitalisasi alat penukar kalor tipe *shell and Tube* pada laboratorium Teknik Mesin Unsrat, akan dilakukan terlebih dahulu penentuan spesifikasi dan permasalahan pada komponen-komponen peralatan agar dapat dilakukan perhitungan pada alat setelah dilakukan revitalisasi. Alat penukar kalor yang akan direvitalisasi dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Alat penukar kalor yang akan direvitalisasi

Pada Tabel 4.1 menunjukan bagian-bagian dari spesifikasi dan nilai dari alat penukar kalor.

Tabel 4.1 *Heat exchanger apparatus system diagram*

Spesifikasi	Nilai
<i>Tube Outer Diameter</i>	15 x 0,7 mm Wall
<i>Shell Outer Diameter</i>	22 x 0,9 mm Wall
<i>Insulation Thickness</i>	20 mm Wall
<i>Heat Transmission Length</i>	1,5 m
<i>Heat Transmission Area</i>	0,067 m ²

4.2 Identifikasi dan Pengecekan Komponen Yang Mengalami Kerusakan

Komponen yang mengalami kerusakan pada alat penukar kalor sebagai berikut.

1. Pompa sirkulasi air panas yang merupakan salah satu komponen alat penukar kalor utama yang mengalami kerusakan.



Gambar 4.2 Pompa sirkulasi yang mengalami kerusakan

2. *Power supply* yang berfungsi sebagai pemasok kebutuhan listrik yang mengatur arus aliran listrik ke pemanas air. Pengecekan menggunakan multimeter diketahui kerusakan yang terjadi pada *power supply* adalah pada bagian kapasitor dan dioda diakibatkan oleh terputusnya tegangan listrik akibat korsleting



Gambar 4.3 *Power Supply* alat Penukar Kalor

4.3 Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen yang mengalami kerusakan.

1. Pompa sirkulasi dengan mengacu pada ketersediaan di pasaran dan juga untuk memenuhi kapasitas maksimum debit 4000 cc/min maka didapat untuk pompa dengan daya pompa yang memenuhi spesifikasi alat. Pompa sirkulasi air panas yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.4 Pompa sirkulasi air panas yang digunakan

Pompa jenis ini merupakan pompa membran *hot water pump* dengan

menggunakan adaptor, pemasangan dan penggunaan yang mudah, serta kemampuan untuk pengadaan mendasari penggunaan pompa tersebut untuk alat penukar kalor. Berikut adalah spesifikasi dari pompa sirkulasi air panas yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Spesifikasi pompa yang akan digunakan

No	Spesifikasi	Nilai
1	Daya	10 Watt, DC 12 volt
2	Bahan utama	Besi/plastic
3	Maksimum aliran	11 liter/menit
4	Maksimum temperatur	100°C
5	Maksimum <i>current</i>	0,85 ampere
6	Inlet/outlet male	½ BSP (20 mm)

2. *Power supply* yang mengalami kerusakan adalah kapasitor dan dioda. Untuk dioda menggunakan dioda dengan kapasitas satu ampere dan kapasitor kotak MKM 0,22uf 275volt yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.6 dan gambar 4.7.



Gambar 4.5 Kapasitor yang digunakan



Gambar 4.6 Dioda yang digunakan

Komponen-komponen elektrik yang berada pada panel *control power supply* jenis NEWTRONIC BROADHEATH series-96 yang termasuk yaitu dioda dan kapasitor mengalami kerusakan dan dilakukan revitalisasi disajikan pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Komponen *power supply* yang mengalami kerusakan

No	Nama Komponen	Kode	Spesifikasi Teknik	Gambar	Ket
1	Kapasitor RIFA PME 271M	Dc	Merk: Rifa Tipe: PME 271M, 150 nF, 0,15uF		Hangus
2	Dioda	Dc	1 ampere		Hangus

4.4 Perakitan Komponen

Perakitan komponen pada alat penukar kalor, berikut adalah proses perakitan pompa dengan pemasangan instalasi untuk sirkuit pada *power supply*.

1. Pemasangan pompa

Pemasangan pompa dilakukan untuk memompa aliran air panas ke *flow meter*. Untuk pemasangan pompa digunakan pipa sebagai penyambung, jenis pipa yang digunakan merupakan jenis HDPE juga beberapa sambungan pipa seperti elbow 90 dan *socket* pipa ukuran ½ *inch*. Penyambungan pipa juga digunakan untuk mengalirkan air panas dari bak penampung menuju *flow meter*.



Gambar 4.7 Pemasangan pompa dan perakitan instalasi

2. Instalasi listrik pada *power supply*

Setelah proses perbaikan telah dilakukan pada *power supply* dengan mengganti komponen-komponen yang mengalami kerusakan, selanjutnya akan dilakukan pemasangan dan mencocokkan untuk sistem listrik yang ada yaitu dengan menyambung antara kutub positif, negatif, dan *ground* seperti pada gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.8 Skema aliran instalasi listrik *power supply*



Gambar 4.9 Skema aliran instalasi listrik *power supply*

Hasil dari revitalisasi ialah pompa sirkulasi, *power supply* dan komponen lainnya dan diajikan pada Tabel 4.4 berikut

Tabel 4.4 Hasil revitalisasi

No	Komponen	Sebelum di revitalisasi	Sesudah di revitalisasi
1.	Pompa dan Instalasi pipa		
2.	<i>Power Supply</i>		
3.	<i>Flow meter</i>		

4.5 Pengujian Kelayakan Alat

Tolak ukur untuk mengetahui kelayakan adalah saat alat dapat berfungsi

kembali, pompa sirkulasi air panas dapat bekerja dengan baik untuk memenuhi maksimal aliran fluida panas, serta *power supply* dapat menghidupkan *water heater*. Pengujian juga dilakukan dengan *running* alat untuk pengambilan data.



Gambar 4.10 Pengujian kelayakan alat

4.6 Anggaran Revitalisasi Alat

Dalam penelitian mengenai revitalisasi alat penukar kalor diperlukan biaya untuk pengadaan beberapa komponen yang sudah tidak berfungsi dan modifikasi. biaya revitalisasi dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Anggaran revitalisasi

No	Komponen	Jumlah	Harga
1	Pompa sirkulasi	1 buah	Rp.350.000,00
2	Kapasitor	1 buah	Rp. 5.000,00
3	Dioda	2 buah	Rp. 4.000,00
4	Elbow 90 (1/2 Inch)	1 buah	Rp. 8.000,00
5	Sambungan pipa (1/2 Inch)	3 buah	Rp. 6.000,00
6	Selang air	3meter	Rp. 8.000,00

Pengambilan Data

1. Data aliran searah

Tabel 4.6 Data pengamatan aliran searah

Setting suhu (°C)	Q _h (cc/min)	Th _{in} (°C)	Th _o (°C)	Th _{mid} (°C)	Tc _{in} (°C)	Tc _o (°C)	Tc _{mid} (°C)	Q _e (cc/min)
55°	4000	54,0	50,0	52,5	29,1	39,0	35,5	2000
	3000	54,1	49,5	52,2	29,0	37,9	33,0	2000
	2000	54,2	48,1	51,0	29,0	37,0	32,0	2000
	1000	56,0	46,5	50,0	29,5	35,7	31,5	2000
60°	4000	59,1	54,4	57,1	29,2	42,0	37,5	2000
	3000	59,2	53,0	56,0	29,3	40,9	36,5	2000
	2000	59,1	51,9	55,7	29,1	38,1	35,0	2000
	1000	59	49,5	55,0	29,5	36,5	34,0	2000
65°	4000	63,9	57,6	59,7	28,8	45,1	39,0	2000
	3000	64,1	55,9	58,1	29,1	44,5	38,0	2000
	2000	64,4	54,8	57,3	29,1	41,0	36,0	2000
	1000	64,1	53,3	56,3	29,5	37,5	34,4	2000
70°	4000	68,0	61,5	65,1	29,1	46,9	43,0	2000
	3000	69,2	60,5	64,5	29,0	45,6	42,5	2000
	2000	69,1	59,1	64,1	29,1	42,0	42,3	2000
	1000	69,2	56,8	63,6	29,2	37,5	41,0	2000

2. Data aliran berlawanan

Tabel 4.7 Data pengamatan aliran berlawanan

Setting Suhu (°C)	Q _e (cc/min)	Th _{in} (°C)	Th _o (°C)	Th _{mid} (°C)	Tc _{in} (°C)	Tc _o (°C)	Tc _{mid} (°C)	Q _h (cc/min)
55°	4000	54,5	48,5	53,1	29,8	37,9	35,1	2000
	3000	54,5	47,9	52,9	29,7	37,1	34,7	2000
	2000	55,0	46,9	52,6	29,5	36,0	34,5	2000
	1000	55,0	46,0	50,8	29,6	33,0	32,6	2000
60°	4000	59,9	53,5	57,2	29,6	38,7	36,1	2000
	3000	59,7	52,4	56,4	29,8	37,7	35,5	2000
	2000	59,7	50,5	55,5	29,9	36,4	34,0	2000
	1000	59,8	48,1	52,4	29,9	34,1	33,0	2000
65°	4000	64,7	57,0	61,0	29,9	41,2	37,4	2000
	3000	64,8	55,4	58,8	29,6	40,3	36,3	2000
	2000	64,7	54,2	59,0	29,9	37,1	35,0	2000
	1000	64,9	51,1	55,9	30,0	35,2	33,2	2000
70°	4000	69,4	61,2	64,4	29,9	42,0	39,1	2000
	3000	69,3	59,0	62,5	29,7	41,1	38,3	2000
	2000	69,6	56,2	61,3	29,9	39,0	37,6	2000
	1000	69,8	54,0	58,5	30,0	36,0	34,1	2000

4.7 Perhitungan Data Pada Aliran Searah dan Aliran Berlawanan

1. Menghitung efisiensi aliran searah

Menghitung efisiensi pada aliran searah didapat yaitu dengan membagi nilai panas yang dilepas oleh fluida panas dengan nilai panas yang diserap oleh fluida dingin persamaan, maka perhitungan efisiensi sebagai berikut

$$\eta = (Ph / Pc) \times 100 \%$$

$$= (654,9 \text{ Watt} / 913,77 \text{ Watt}) \times 100 \%$$

$$= 71,59 \%$$

2. Menghitung efisiensi aliran searah

Menghitung efisiensi pada aliran dapat yaitu dengan membagi nilai panas yang diserap oleh fluida dingin dengan nilai panas yang dilepas oleh fluida panas

persamaan, maka perhitungan efisiensi pada aliran berlawanan dapat dihitung sebagai berikut

$$\eta = (P_c / P_h) \times 100 \%$$

$$= (470,61 \text{ Watt} / 619,52 \text{ Watt}) \times 100 \%$$

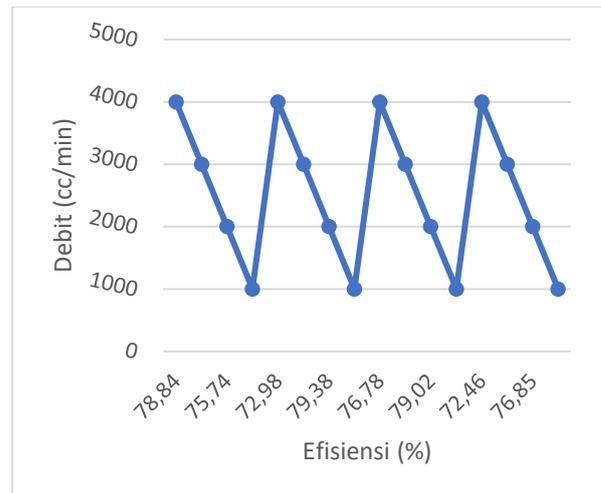
$$= 75,96 \%$$

4.8 Data Hasil Perhitungan

1. Hasil perhitungan aliran searah

Tabel 4.8 Hasil perhitungan aliran searah

Suhu	Thi (°C)	Tho (°C)	Tci (°C)	Tco (°C)	Ph (Watt)	Pc (Watt)	LMT D (°C)	U (W/°C)	D (%)
	53,9	50,0	29,1	39,0	1183,95	1230,68	16,63	1104,53	78,84
	54,1	49,5	29,0	37,9	1073	1231,74	17,49	912,65	72,35
55	54,5	47,9	29,0	37,0	907,68	1107,55	16,83	939,79	75,74
	56,0	46,5	29,5	35,7	654,19	913,77	16,37	795,70	71,59
	59,1	54,4	29,2	42,0	1290,95	1768,68	19,18	1376,34	72,98
60	59,2	53,0	29,3	40,9	1277,48	1603,46	19,67	1216,68	79,67
	59,1	51,9	29,1	38,1	988,17	1244,73	20,46	981,24	79,38
	59,0	49,5	29,5	36,5	650,28	968,46	20,13	710,19	67,14
	63,9	57,6	28,8	45,1	1728,90	2251,60	21,88	2534,49	76,78
	64,1	55,9	29,1	44,5	1688,18	2127,56	21,03	1198,13	79,34
65	64,4	54,8	29,1	41,0	1316,60	1645,32	22,96	1069,49	79,02
	64,1	53,3	29,5	37,5	741,80	1106,66	23,98	461,70	67,03
	68,0	61,5	29,1	46,9	1778,91	2454,89	24,79	1071,03	72,46
70	69,2	60,5	29,0	45,6	1786,22	2289,87	25,49	1340,80	78,03
	69,1	59,1	29,1	42,0	1367,69	1779,62	26,94	757,73	76,85
	69,2	56,8	29,2	37,5	857,98	1145,03	28,40	450,86	74,93

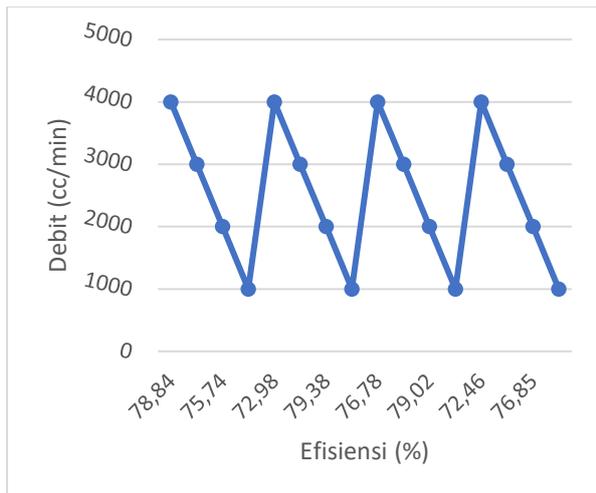


Gambar 4.13 Grafik hubungan debit aliran air panas terhadap efisiensi aliran searah

2. Hasil perhitungan aliran berlawanan

Tabel 4.9 Hasil perhitungan data aliran berlawanan

Suhu	Thi (°C)	Tho (°C)	Tci (°C)	Tco (°C)	Ph (Watt)	Pc (Watt)	LMTD (°C)	U (W/°C)	D (%)
	54,5	48,5	29,8	37,9	1650,41	1120,63	18,04	1380,77	67,90
	54,5	47,9	29,7	37,1	1361,65	1023,77	17,79	858,91	75,18
55	55,0	46,9	29,5	36,0	1112,89	899,27	18,18	738,28	79,80
	55,0	46,0	29,6	33,0	619,52	470,61	19,06	368,52	75,96
	59,9	53,5	29,6	38,7	1756,52	1258,07	22,52	833,79	71,62
60	59,7	52,4	29,8	37,7	1503,83	1092,57	22,29	731,58	72,65
	59,7	50,5	29,9	36,4	1262,79	898,52	21,92	611,80	71,15
	59,8	48,1	29,9	34,1	804,96	581,27	21,73	399,24	72,21
	64,7	57,0	29,9	41,2	2028,77	1562,04	25,25	923,32	76,99
	64,8	55,4	29,6	40,3	1934,50	1479,16	25,14	1148,49	76,46
65	64,7	54,2	29,9	37,1	1439,00	995,43	29,27	507,59	69,17
	64,9	51,1	30,0	35,2	948,04	719,42	24,27	442,42	75,06
	69,4	61,2	29,9	42,0	2245,01	1671,36	30,77	881,78	74,44
70	69,3	59,0	29,7	41,1	2116,55	1574,87	28,74	817,86	74,40
	69,6	56,2	29,9	39,0	1834,77	1257,37	28,39	661,03	68,55
	69,8	54,0	30,0	36,0	1084,26	829,78	28,62	432,73	76,53



Gambar 4.14 Grafik hubungan debit aliran air panas terhadap efisiensi aliran berlawanan

4.9 Pembahasan

Perhitungan nilai-nilai penukaran panas, seperti panas dilepas oleh aliran fluida panas, panas diserap oleh aliran fluida dingin, beda suhu rata-rata logaritmik dan koefisien perpindahan panas menyeluruh pada aliran searah dan berlawanan. Nilai-nilai penukaran panas tersebut akan digunakan untuk memperoleh nilai rata-rata efisiensi penukar panas pada alat penukar kalor setelah direvitalisasi.

Dari hasil perhitungan dengan mengambil nilai rata-rata, maka didapat nilai efisiensi penukaran panas untuk dua jenis aliran pada alat penukar kalor setelah direvitalisasi yaitu 75,13 % dan 73,62 %.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Bahwa revitalisasi pada alat penukar kalor tipe *shell and tube* merk “Armfield Limited Ringwood Hampshire England” berhasil dilakukan. Kegagalan operasi di akibatkan adanya komponen yang tidak dapat berfungsi dan sudah dilakukan revitalisasi dengan cara mengganti/memodifikasi.

Hasil perhitungan data untuk nilai efisiensi penukaran panas yang dihasilkan alat pada aliran searah dan berlawanan arah yaitu 75,13 % dan 73,62 %

5.2 Saran

Pertama Penambahan kontrol temperatur dan bak penampung untuk air pendingin. Kedua perlu diperhatikan untuk perawatan dan pengecekan bertahap pada komponen-komponen alat setelah digunakan pada kegiatan praktikum.

Daftar Pustaka

Armfield Technical Education General Catalog “Heat exchanger”

Dewi, Avrilia Ika Swastika (2016) “*Analisa Pengaruh Laju Alir Fluida Terhadap Nilai Efektivitas Untuk Menguji Kinerja Alat Penukar Panas Jenis Shell and Tube (Analysis of Fluid Flow Rate Effect on the Effectivity Value for Performance Test of Shell and Tube Heat*”

- Exchanger*). Undergraduate thesis, UNDIP.
- E.A.D. Saunders “*Heat exchanger Selection, Design, and Construction*” Holman, J P. “Perpindahan Kalor” Terjemahan Ir. E Jasjfi, Msc, Jakarta, Erlangga, 1984.
- I. Bizzy, R.Setiadi. 2013. “Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube* dengan Program *Heat Transfer Research Inc* (HTRI). JURNAL REKAYASA MESIN Vol. 13 No. 1. Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
- Kern.D., and Professorial Lecturer. 1950 “*Procces Heat Transfer*”. In *Chemical Engginering case Institute of Technology. Mcgraw Hill Book Company*
- Saud Maruli Tua, Tonny Siahaan, Asep Fathudin, Yoskasih Okdayani. (2016). Revitalisasi panel Kompresor udara instalasi radiometalurgi.
- S Kakac, HT Liu (1997). *Heat exchanger Selection, Rating, and Thermal Design*. Edisi ke-IV.
- Septiani. 2012. *Heat Exchanger*. Analisis alat pennukar kalor *shell and tube* dengan perhitungan dengan Microsoft visual basic 6.0 Program Studi Teknik Mesin Universitas Gunadarma. Jakarta
- Buchori. 2009. Buku Ajar Perpindahan Panas. Semarang
- Teguh Hady Ariwibowo, Prima Dewi Permatasari, Novan Ardhiyangga, Sugit Triyono (2016)” Studi Eksperimen Karakteristik *Shell and Tube Heat Exchanger* Dengan Variasi Jenis *Baffle* dan Jarak Antara *Baffle*” Program Studi Sistem Pembangkit Energi, DTME Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Kampus PENS, Sukolilo, Surabaya 60111
- Tubular Exchanger Manufacturers Association* (TEMA), *Standard of Tubular Exchanger Manufacturers Association*, 8th Ed., New York: TEMA, Inc., 1999.
- Yunus A. Cengel (2003) “*Second edition Heat Transfer A Practical Approach*”