

ANALISIS LAJU PERPINDAHAN PANAS AIR DAN GAS FREON PADA *SYSTEM HEAT EXCHANGER DOUBLE TUBE* AC SEBAGAI PEMANAS AIR

Yan Chris Handoko¹, Nailul Atifah²

¹Program Studi Teknik Mesin Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail: ¹yanchrish@gmail.com, ²dosen00410@unpam.ac.id

Masuk : 25 Februari 2025

Direvisi : 18 Maret 2025

Disetujui : 30 Maret 2025

Abstrak: Penelitian ini mencoba memanfaatkan energi panas yang diproduksi oleh sistem pendingin AC. Dalam hal ini, AC split dapat dimanfaatkan untuk keperluan tersebut dengan merancang alat penukar panas, AC split dipasangkan *heat exchanger* tipe *double tube* sebagai alat penukar panas. Alat penukar ini nantinya akan digunakan untuk memanaskan air tanpa memerlukan kekuatan atau energi ekstra karena hanya menggunakan tambahan penukar panas yang berfungsi sebagai pemanas air pada sistem pendingin udara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai dari perpindahan panas pada *heat exchanger* yang dialami oleh air dengan memanfaatkan *discharge* pada kompresor pada *air conditioner* 1 pk dengan menggunakan variasi dari *heat exchanger* 5 laluan dan 3 laluan yang digunakan sebagai alat penukar kalor. Penelitian dilakukan dengan 10 kali pengambilan data dengan waktu per-5 menit. Berdasarkan data hasil pengujian yang telah diperoleh, *heat exchanger* yang berbeda sebagai media penghantar panasnya, maka dapat mempengaruhi besarnya selisih kenaikan temperatur air keluar (Two) yang dihasilkan. Nilai rata rata selisih kenaikan temperatur air keluar (Two) pada *heat exchanger* 5 laluan adalah sebesar 3,1°C, sedangkan *heat exchanger* 3 laluan sebesar 3,6°C. Temperatur air keluar (Two) *heat exchanger* 5 laluan mendapatkan suhu sebesar 59°C pada menit ke-50, sedangkan temperatur air keluar (Two) *heat exchanger* 3 laluan adalah sebesar 64°C pada menit ke-50. Hal tersebut dipengaruhi dari besarnya kalor yang dilepaskan oleh *heat exchanger* 3 laluan lebih besar dibandingkan *heat exchanger* 5 laluan. Pada *heat exchanger* 3 laluan didapatkan 2.103 Watt sampai dengan 13.868 Watt, sedangkan pada *heat exchanger* 5 laluan 4.416 Watt sampai dengan 10.291 Watt. Semakin besar kalor yang didapatkan semakin tinggi panas temperatur *discharge*, dan semakin tinggi temperatur *discharge* semakin cepat panas yang dituju. Hal tersebut membuktikan harapan untuk semakin panjangnya pipa (banyaknya laluan) dan banyaknya air yang masuk tidak bisa menjadikan air panas yang semakin cepat karena adanya pembuktian Analisis tersebut.

Kata kunci: Perpindahan panas, variasi *heat exchanger double tube*, *air conditioner water heater*, pemanfaatan *discharge* kompresor

Abstract: This research tries to utilize the heat energy produced by the air conditioning system. In this case, split air conditioners can be used for this purpose by designing a heat exchanger, split air conditioners are paired with a double tube type heat exchanger as a heat exchanger. This exchanger will later be used to heat water without incurring extra power or energy because it only uses an additional heat exchanger that functions as a water heater in the air conditioning system. This study aims to determine the value of heat transfer in the heat exchanger experienced by water by utilizing the discharge at the compressor in a 1 pk air conditioner using variations of 5-way and 3-path heat exchangers used as heat exchangers. The research was carried out with 10 data collections per 5 minutes. Based on the data from the test results that have been obtained, different heat exchangers as the heat transfer medium, can affect the magnitude of the difference in the temperature increase of the outlet water (Two) produced. The average difference in the temperature increase of the outlet water (Two) in the 5-way heat exchanger is 3.1°C, while the 3-way heat exchanger is 3.6°C. The temperature of the outlet water (Two) of the 5-pass heat exchanger is 59°C at the 50th minute, while the temperature of the outlet water (Two) of the 3-pass heat exchanger is 64°C at the 50th minute. This is influenced by the amount of heat released by a 3-way heat exchanger that is larger than a 5-path heat exchanger. In a 3-way heat exchanger, 2,103 Watts are obtained to 13,868 Watts, while in a 5-way heat exchanger 4,416 Watts to 10,291 Watts. The greater the heat obtained, the higher the heat discharge temperature, and the higher

the discharge temperature, the faster the heat is directed. This proves that the hope for the longer pipe (the number of passages) and the amount of water entering cannot make the hot water faster because of the proof of the analysis.

Keywords: Heat transfer, double tube heat exchanger variation, air conditioner water heater, compressor discharge utilization

PENDAHULUAN

Air hangat diperlukan untuk membersihkan dan mensanitasi dengan baik. Mandi dengan air hangat dapat meredakan ketegangan otot dan meningkatkan relaksasi. Hal ini sangat penting untuk mendukung kehidupan sehari-hari, terutama di fasilitas medis dan di rumah. Konsep pemanfaatan panas terbuang atau limbah energi menjadi semakin penting di zaman modern ini. Pada *air conditioner* Panas yang dibuang di sisi kondensor suhu tinggi biasanya tidak dipergunakan dan terbuang sia-sia [1]. Apabila dimanfaatkan kalor tersebut dapat memanaskan air dengan cara menyerap kalor panas sebelum masuk kondensor, sehingga air panas dapat dihasilkan secara bebas tanpa perlu menggunakan pemanas listrik. Memanfaatkan buangan panas di kondensor menghemat listrik untuk air panas [2]. Bentuk terbaik pemanfaatan kembali panas terbuang (*heat Recovery*) tersebut adalah untuk memanaskan air. Refrigeratnt *heat recovery water heater* merupakan teknologi tepat guna dengan memanfaatkan panas terbuang dari mesin refrigerasi untuk memanaskan air. Sebuah penukar panas (*heat exchanger*) ditambahkan ke mesin pendingin untuk mengambil panas ini [3].

Manusia yang tinggal di kota-kota tropis dengan udara panas dan lembab, seperti di Indonesia, sangat membutuhkan sistem pengkondisian udara. Sistem pendingin udara akan membaik seiring dengan meningkatnya suhu dan tingkat paparan panas akibat perubahan iklim global [4]. Mesin refrigerasi atau mesin pendingin merupakan sebuah mesin yang secara termodinamika dapat memindahkan energi dari tempat bertemperatur rendah (media yang akan didinginkan) ke tempat bertemperatur tinggi (temperatur sekitar atau temperatur lingkungan) dengan bantuan energi masukan berupa kerja kompresor. Kebanyakan mesin refrigerasi untuk keperluan penyejuk ruangan beroperasi menggunakan (SKU) siklus refrigerasi kompresi uap [5]. Sistem pendinginan, juga dikenal sebagai "pendinginan" adalah proses pelepasan panas dari suatu zat dengan menurunkan suhunya dan memindahkan panas tersebut ke zat lain [6].

Heat exchanger double tube type Counter current banyak digunakan untuk keperluan industri. Keuntungan utama dari *heat exchanger double tube* yang dioperasikan dalam pola berlawanan arah (*counter current*), merupakan pola aliran dengan koefisien perpindahan panas tertinggi dan memaksimalkan penggunaan energi [7]. memanfaatkan panas buangan agar tidak terbuang sia-sia dan tidak berkontribusi pada pemanasan global. Dengan menambah *heat exchanger* ke AC berfungsi sebagai pemanas air dan dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari dengan panas yang bermanfaat [8].

Penelitian ini mencoba memanfaatkan energi panas yang diproduksi oleh sistem pendingin AC. Dalam hal ini, AC split dapat dimanfaatkan untuk keperluan tersebut dengan merancang alat penukar panas, AC split dipasangkan *heat exchanger tipe double tube* sebagai alat penukar panas. Alat penukar ini nantinya akan digunakan untuk memanaskan air tanpa memerlukan kekuatan atau energi ekstra karena hanya menggunakan tambahan penukar panas yang berfungsi sebagai pemanas air pada sistem pendingin udara. Prinsip kerja pemanas air, memanfaatkan panas dari refrigerant kompresor digunakan untuk memanaskan air pada pemanas air (*heat exchanger*) sebelum masuk ke kondensor. Dapat diartikan dari uraian diatas tujuan penelitian ini adalah mengetahui perubahan panas terhadap waktu di sepanjang *Heat Exchanger* 5 luan dan 3 luan yang terpasang di AC split dengan memanfaatkan energi panas pada *discharge* kompresor dan mengetahui laju perpindahan panas pada *heat exchanger double tube* 5 luan dan 3 luan yang terpasang pada AC split dengan memanfaatkan energi panas pada *discharge* kompresor.

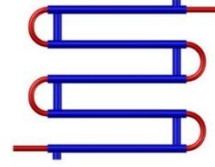
METODOLOGI

Peralatan dan Bahan

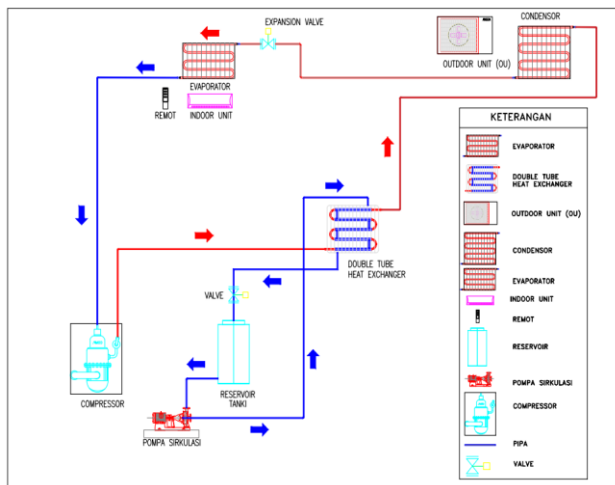
Untuk melakukan penelitian ini, maka diperlukan alat-alat sebagai berikut:



Gambar 1. *Heat Exchanger 3 Lajuan*



Gambar 2. *Heat Exchanger 5 Lajuan*

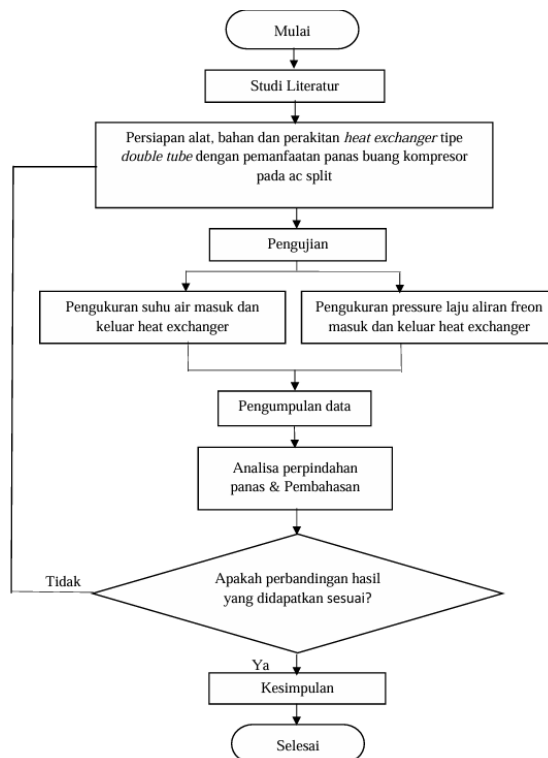


Gambar 3. *Skema air conditioner water heater*



Gambar 4. *Alat Air Conditioner Water Heater*

Diagram Alir Penelitian



Gambar 5. *Diagram alir penelitian*

Tahapan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen dengan melakukan uji coba langsung pada alat yang telah dirancang agar tujuan penelitiannya dapat tercapai. Tahap pertama adalah tahap persiapan. Persiapan dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk melakukan rancang bangun alat *air conditioner water heater*, dan juga menyiapkan *heat exchanger double tube* 3 luan dan 5 luan. Setelah itu, masing-masing *heat exchanger double tube* akan dipasang secara *counter current* dengan memanfaatkan *discharge* kompresor. Tahap kedua adalah tahap pengujian. Pengujian dilakukan dengan menyalakan alat *air conditioner* yang bertujuan untuk mengetahui kemungkinan terjadinya kebocoran pipa pada alat *air conditioner water heater*.

Tahap ketiga adalah tahap pengambilan data dari masing-masing variasi *heat exchanger double tube*. Dimulai dengan memasukkan refrigeran dengan tekanan standar pada *freon* R22 maksimal 80 psi. Pengambilan data dengan *heat exchanger* 5 dan 3 luan di lakukan 10 pengambilan data selama 50 menit. Tahap keempat adalah tahap menganalisa data yang telah diambil sebelumnya. Analisis dilakukan dengan membandingkan temperatur air keluar (Two) dan kalor yang di lepaskan/diterima.

Kalor yang di lepaskan/diterima (Q)

Kalor yang di lepaskan/diterima dapat dihitung dengan rumus[9]:

$$Q = U \cdot A_f \cdot LMTD \quad (1)$$

Dimana:

Q : Kalor yang dilepaskan/diterima (W)
 U : Koefisien perpindahan panas (W/m².°C)
 A_f : Luas permukaan perpindahan panas (m²)
 LMTD : *Log mean temperature difference* (°C)

Bilangan Reynolds dapat dihitung dengan rumus berikut [9]:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_H}{\mu} \quad (2)$$

Dimana:

ρ : Massa jenis air (kg/m³)
 v : Kecepatan aliran air (m/s)
 D_H : Diameter hidraulic (m)
 μ : viskositas dinamis kg/m.s

Bilangan Nusselt merupakan bilangan yang tergantung pada bilangan Reynolds dan Prandtl[9]:

$$N_u = 0,023 (Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}) \quad (3)$$

Dimana:

N_u : Bilangan Nusselt
 Re : Bilangan Reynold
 Pr : Prandtl number

$$U = h_{konveksi} = \frac{N_u \cdot k}{D_H}$$

Dimana:

U : Koefisien perpindahan panas (W/m².°C)
 N_u : Bilangan nusselt
 D_H : Diameter hidraulic (m)
 k : Konduktivitas termal (W/m°C)

Log Mean Temperature Difference (LMTD) pada perpindahan panas yang terjadi dapat dihitung dengan rumus berikut [10]:

$$LMTD = \frac{(T_{fo}-T_{wo})-(T_{fi}-T_{wi})}{\ln \left| \frac{T_{fo}-T_{wi}}{T_{fi}-T_{wo}} \right|} \quad (4)$$

Dimana:

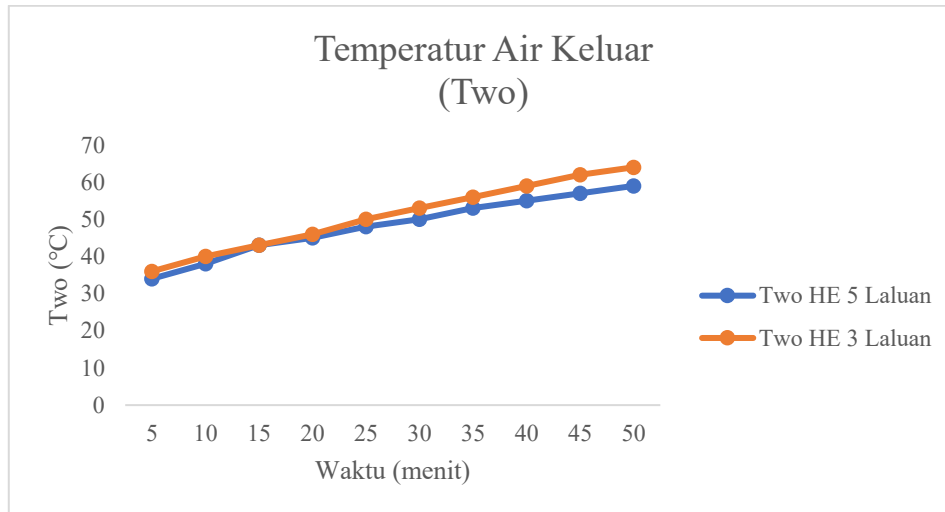
T_{fi} : Suhu fluida panas masuk ($^{\circ}\text{C}$)

T_{fo} : Suhu fluida panas keluar ($^{\circ}\text{C}$)

T_{wi} : Suhu fluida dingin masuk ($^{\circ}\text{C}$)

T_{wo} : Suhu fluida dingin keluar ($^{\circ}\text{C}$)

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 6. Grafik Temperatur air keluar (Two)

Berdasarkan grafik diatas maka dapat diketahui bahwa dengan menggunakan *heat exchanger* yang berbeda sebagai media penghantar panasnya, maka dapat mempengaruhi besarnya selisih kenaikan temperatur air keluar (Two) yang dihasilkan. Nilai rata rata selisih kenaikan temperatur air keluar (Two) pada *heat exchanger* 5 laluan adalah sebesar $3,1^{\circ}\text{C}$, sedangkan *heat exchanger* 3 laluan sebesar $3,6^{\circ}\text{C}$. Temperatur air keluar (Two) *heat exchanger* 5 laluan mendapatkan suhu sebesar 59°C pada menit ke-50, sedangkan temperatur air keluar (Two) *heat exchanger* 3 laluan adalah sebesar 64°C pada menit ke-50.

Menghitung Kalor yang dilepaskan/diterima (Q)

Perhitungan kalor yang di lepaskan/diterima berikut menggunakan data dari variasi *heat exchanger* 5 laluan pada menit ke-50:

$$Q = U \cdot A_f \cdot \Delta T_{LMTD}$$

$$Q = 9.436,081217 \text{ W/m}^2\text{C} \cdot 0,05984734 \text{ m}^2 \cdot 18,22348626 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 10.291,24664 \text{ Watt}$$

Menghitung Reynold:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_H}{\mu}$$

$$Re = \frac{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,401992331 \text{ m/s} \cdot 0,00635 \text{ m}}{0,000502742 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}}$$

$$Re = 17.655,07127$$

Menghitung Nusselt:

$$N_u = 0,023 (Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4})$$

$$N_u = 0,023 (17655,07127^{0,8} \cdot 3,3275984^{0,4})$$

$$N_u = 92,91284934$$

$$\begin{aligned} U &= h_{\text{konveksi}} = \frac{N_u \cdot k}{D_H} \\ &= \frac{92,91284934 \cdot 0,644895901 \text{ W/m}^\circ\text{C}}{0,00635 \text{ m}} \\ &= 9.436,081217 \text{ W/m}^2\text{C} \end{aligned}$$

Menghitung LMTD:

$$LMTD = \frac{(T_{fo} - T_{wo}) - (T_{fi} - T_{wi})}{\ln \left| \frac{T_{fo} - T_{wi}}{T_{fi} - T_{wo}} \right|}$$

$$LMTD = \frac{(54^\circ\text{C} - 59^\circ\text{C}) - (79^\circ\text{C} - 57^\circ\text{C})}{\ln \left| \frac{54^\circ\text{C} - 59^\circ\text{C}}{79^\circ\text{C} - 57^\circ\text{C}} \right|}$$

$$LMTD = 18,22348626^\circ\text{C}$$

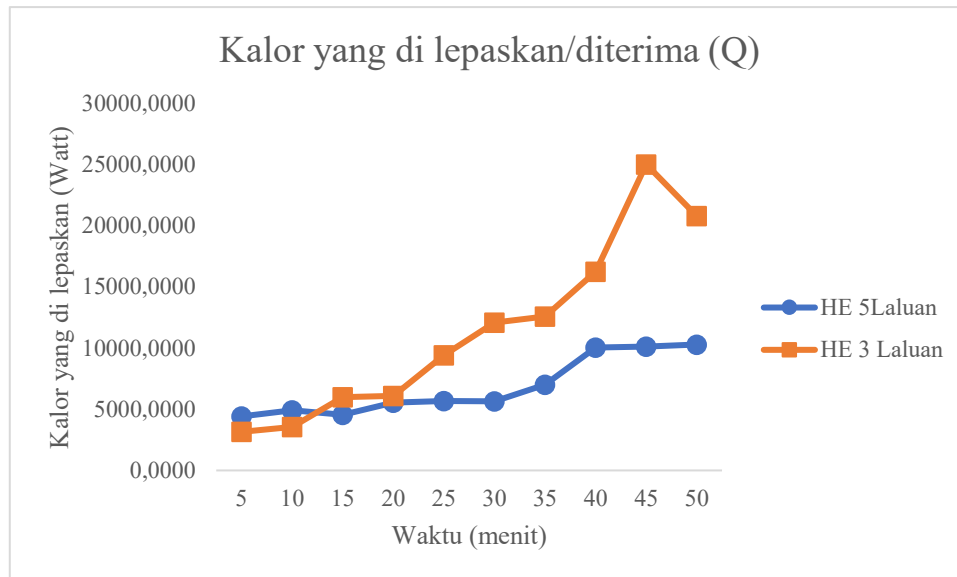
Untuk menghitung *heat exchanger* 3 laluan, metode perhitungan yang sama dengan di atas digunakan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut:

Tabel 1. *Heat exchanger* 5 laluan

Waktu	Heat Exchanger 5 laluan								
	T_{fi}	T_{fo}	T_{wi}	T_{wo}	Air Dalam Tangki	Re	Nu	LMTD	Q
Menit	°C	°C	°C	°C	°C	-	-	°C	Watt
5	48	38	30	34	33	11953.49	80.9666	9.3080	4416.8841
10	59	41	35	38	38	12788.20	82.3221	10.0989	4903.1769
15	65	42	40	43	42	13681.21	84.0308	9.1063	4541.5517
20	69	43	43	45	45	14310.92	85.3475	10.9164	5552.8814
25	72	46	46	48	48	14969.62	86.7897	10.9164	5670.4815
30	74	48	49	50	51	15541.64	88.0764	10.6900	5654.9579
35	75	50	51	53	54	16135.52	89.4310	12.9843	6998.7031
40	76	50	53	55	56	16626.92	90.5579	18.3479	10042.5156
45	77	52	55	57	58	17133.29	91.7195	18.2235	10130.6586
50	79	54	57	59	60	17655.07	92.9128	18.2235	10291.2466
Rata-Rata	69.4	46.4	45.9	48.2	48.5	15079.59	87.21542	12.8815	6820.30573

Tabel 2. *Heat exchanger* 3 laluan

Waktu	Heat Exchanger 3 laluan								
	T_{fi}	T_{fo}	T_{wi}	T_{wo}	Air Dalam Tangki	Re	Nu	LMTD	Q
Menit	°C	°C	°C	°C	°C	-	-	°C	Watt
5	54	37	33	36	36	12410.25	81.6743	6.5692	2103.6683
10	58	39	37	40	40	13177.66	83.0399	7.2261	2365.9400
15	60	40	41	43	43	13887.97	84.4548	11.9188	3988.3891
20	62	43	43	46	46	14418.66	85.5795	11.9188	4055.6727
25	65	45	47	50	50	15310.26	87.5531	17.9557	6285.8797
30	67	47	51	53	54	16135.52	89.4310	22.4300	8060.0648
35	68	50	53	56	57	16752.09	90.8452	22.9185	8395.1660
40	71	52	56	59	60	17523.15	92.6116	28.8661	10824.7761
45	73	54	60	62	62	18467.70	94.7591	43.2537	16677.7610
50	75	57	63	64	64	19173.38	96.3495	35.2507	13868.5343
Rata-Rata	65.3	46.4	48.4	50.9	51.2	15725.66	88.6298	20.8307	7662.5852



Gambar 7. Perbandingan kalor yang di lepaskan/diterima

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan kalor yang di lepaskan *heat exchanger* 3 laluan lebih tinggi di bandingkan dengan *heat exchanger* 5 laluan, hal ini menyimpulkan Pada *heat exchanger* 3 laluan didapatkan 2.103 Watt sampai dengan 13.868 Watt, sedangkan pada *heat exchanger* 5 laluan 4.416 Watt sampai dengan 10.291 Watt. Semakin besar kalor yang didapatkan semakin tinggi panas temperatur *discharge*, dan semakin tinggi temperature *discharge* semakin cepat panas yang dituju. Hal tersebut membuktikan harapan untuk semakin panjangnya pipa (banyaknya laluan) dan banyaknya air yang masuk tidak bisa menjadikan air panas yang semakin cepat karena adanya pembuktian Analisis tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah diperoleh, *heat exchanger double tube* 3 laluan lebih baik memanaskan dibandingkan dengan penambahan *heat exchanger double tube* 5 laluan. *Heat exchanger* 3 laluan dengan panjang pipa 1,5 m terukur panas air pada Temperatur air keluar (Two) pada *heat exchanger* didapatkan temperatur 64°C pada menit ke-50, sedangkan *heat exchanger double tube* 5 laluan dengan panjang pipa 2 m terukur panas air pada temperatur air keluar (Two) *heat exchanger* didapatkan temperatur 59°C pada menit ke-50. Hal tersebut dipengaruhi dari besarnya kalor yang dilepaskan oleh *heat exchanger* 3 laluan lebih besar dibandingkan *heat exchanger* 5 laluan. Pada *heat exchanger* 3 laluan didapatkan 2.103 Watt sampai dengan 13.868 Watt, sedangkan pada *heat exchanger* 5 laluan 4.416 Watt sampai dengan 10.291 Watt. Semakin besar kalor yang didapatkan semakin tinggi panas temperatur *discharge*, dan semakin tinggi temperatur *discharge* semakin cepat panas yang dituju. Hal tersebut membuktikan harapan untuk semakin panjangnya pipa (banyaknya laluan) dan banyaknya air yang masuk tidak bisa menjadikan air panas yang semakin cepat karena adanya pembuktian Analisis tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. Rabbani and M. Habibuddin, "Rancang Bangun Pemanas Air Dengan Proses Pemanfaatan Panas Refrigeran Ac Menggunakan Horizontal Tube," pp. 1–89, 2021.
- [2] A. Aziz, "Peningkatan Efisiensi Energi Pada Residential Air Conditioning Hibrida Dengan Thermal Energy Storage Sebagai Penyejuk Udara Ruangan Dan Pemanas Air," no. November 2013, 2016, doi: 10.13140/RG.2.1.3903.9120.
- [3] P. Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, "Pemanfaatan Energi Panas Terbuang pada Kondensor AC Sentral Jenis Water Chiller untuk Pemanas Air Hemat Energi I Made Rasta," *J. Ilm. Tek. Mesin CakraM*, vol. 3, no. 2, pp. 114–120, 2009.
- [4] H. Gunawan, A. Soewono, P. Wirahadi, and T. Hadiyatno, "Kaji Eksperimen Pemanfaatan Kalor Terbuang Pada

- Air Conditioner (Ac) Tipe Split Untuk Memanaskan Air,” vol. 08, no. 01, pp. 14–19, 2022.
- [5] A. Aziz, J. Harianto, and A. Kurniawan Mainil, “Potensi Pemanfaatan Energi Panas Terbuang Pada Kondensor Ac Sentral Untuk Pemanas Air Hemat Energi,” *J. Mek.*, vol. 6, no. 2, pp. 569–576, 2015.
- [6] B. K. Bagja and D. Ichsani, “Rancang Bangun dan Studi Eksperimen Alat Penukar Panas untuk Memanfaatkan Energi Referigerant Keluar Kompresor AC sebagai Pemanas Air pada ST/D=4 dengan Variasi Volume Air,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.20497.
- [7] S. P. Sari, S. Suryady, and Astuti, “Koefisien Perpindahan Panas Konveksi dan Simulasi Distribusi Temperatur Aliran Fluida pada Penukar Kalor Pipa Ganda dengan Pipa Spiral,” *Semin. Nasional-XVII Rekayasa dan Apl. Tek. Mesin di Ind.*, vol. XVII, no. November, pp. 21–22, 2018.
- [8] E. Koswara, A. Rachmat, and S. Mahmud, “Kaji Eksperimen Performa AC ½ PK Menggunakan Water Heater,” *Pros. Semnastek*, pp. 1–5, 2019.
- [9] N. Atifah, B. Herlambang, E. T. Astuti, Y. Mulyana, and P. Sebayang, “Analisis Perpindahan Panas Pada Water Jacket Di Ruang Bakar Primer Incinerator Sampah Kota,” *J. Tek. Mesin Cakram*, vol. 3, no. 2, p. 63, 2020, doi: 10.32493/jtc.v3i2.7519.
- [10] F. G. Tumbade, F. P. Sappu, and R. C. A. Lumintang, “Revitalisasi Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube Pada Laboratorium Teknik Mesin Unsrat,” *J. Poros Tek. Mesin Unsrat*, vol. 11, no. 1, pp. 35–48, 2022.