



ANALISIS PERPINDAHAN PANAS WATER HEATER DENGAN VARIASI PANJANG PADA PIPA BENTUK HELICAL MEMANFAATKAN PANAS DARI PIPA KOMPRESOR AC SPLIT 1 PK

Baihaqi Maulana Ali¹, Nailul Atifah²

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

E-mail : : ¹baihaqimaulanaali29@gmail.com, ²dosen00410@unpam.ac.id

Masuk : 26 Julii 2024

Direvisi : 18 September 2024

Disetujui : 29 September 2024

Abstrak: Sumber energi utama dari *air conditioner* (AC) dan *water heater* adalah energi listrik. Menurut Badan Pusat Statistik, dari tahun 2018 sampai tahun 2022 sebesar 65% listrik yang dihasilkan di Indonesia berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap berbahan bakar batu bara.. Batu bara merupakan sumber energi yang tidak terbarukan dan penggunaannya dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Solusi alternatif dari permasalahan ini adalah peralihan sumber energi bagi *water heater* dari energi listrik ke energi panas yang berasal dari pipa kompresor AC. Pada penelitian ini dilakukan analisis perpindahan panas sensibel dari pipa kompresor AC ke air pada tangki *water heater* menggunakan pipa helical. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang pipa helical terhadap lama operasi sistem, daya input, daya output dan efisiensi sistem.. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan panjang pipa helical sebesar 6 m, 9 m, dan 12 m sebagai alat penukar panas di dalam tangki *water heater*. Penelitian dilakukan sampai suhu air di dalam tangki mencapai 60°C. Dari penelitian yang dilakukan dapat diketahui bahwa semakin panjang pipa helical yang digunakan maka waktu operasi sistem semakin pendek. Pada variasi panjang pipa 12 m memerlukan waktu operasi 59 menit, variasi panjang pipa 9 m memerlukan waktu operasi 62 menit, dan variasi panjang pipa 6 m memerlukan waktu operasi 89 menit. Nilai rata-rata daya input pada variasi panjang pipa 12 m adalah 0,779 kW, pada variasi panjang pipa 9 m adalah 0,785 kW, dan pada variasi panjang pipa 6 m adalah 0,809 kW. Nilai rata-rata daya output pada variasi panjang pipa 12 m adalah 0,226 kW, pada variasi panjang pipa 9 m adalah 0,183 kW, dan pada variasi panjang pipa 6 m adalah 0,122 kW. Nilai rata-rata efisiensi termal pada variasi panjang pipa 12 m adalah sebesar 32,15%, pada variasi panjang pipa 9 m adalah sebesar 25,16%, dan variasi panjang pipa 6 m adalah sebesar 15,44%.

Kata kunci: perpindahan panas, variasi panjang pipa, *air conditioner water heater*, efisiensi

Abstract: The main energy source for air conditioners (AC) and water heaters is electrical energy. According to the Central Bureau of Statistics, from 2018 to 2022, 65% of electricity generated in Indonesia comes from coal-fired Steam Power Plants. Coal is a non-renewable energy source and its use can cause environmental pollution. An alternative solution to this problem is to switch the energy source for water heaters from electrical energy to heat energy from the AC compressor pipe. In this study, an analysis of sensible heat transfer from the AC compressor

pipe to the water in the water heater tank using a helical pipe was carried out. This study aims to determine the effect of variations in the length of the helical pipe on the system's operating time, input power, output power and system efficiency. The study was conducted by varying the length of the helical pipe by 6 m, 9 m, and 12 m as a heat exchanger in the water heater tank. The study was carried out until the water temperature in the tank reached 60 ° C. From the research conducted, it can be seen that the longer the helical pipe used, the shorter the system's operating time. The variation of pipe length 12 m requires 59 minutes of operation time, the variation of pipe length 9 m requires 62 minutes of operation time, and the variation of pipe length 6 m requires 89 minutes of operation time. The average value of input power in the variation of pipe length 12 m is 0.779 kW, in the variation of pipe length 9 m is 0.785 kW, and in the variation of pipe length 6 m is 0.809 kW. The average value of output power in the variation of pipe length 12 m is 0.226 kW, in the variation of pipe length 9 m is 0.183 kW, and in the variation of pipe length 6 m is 0.122 kW. The average value of thermal efficiency in the variation of pipe length 12 m is 32.15%, in the variation of pipe length 9 m is 25.16%, and in the variation of pipe length 6 m is 15.44%.

Keywords: heat transfer, pipe length variation, air conditioner water heater, thermal efficiency

PENDAHULUAN

Air conditioner (AC) dan water heater memiliki kesamaan yang terletak pada energi yang digunakan, yakni listrik. Menurut Badan Pusat Statistik, dari tahun 2018 sampai tahun 2022 sebesar 65% listrik yang dihasilkan di Indonesia berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap[1]. Bahan utama yang digunakan dalam proses pembangkitan listrik tenaga uap adalah batu bara yang termasuk dalam sumber energi yang tidak terbarukan, penggunaannya secara terus menerus akan menimbulkan krisis energi. Disisi lain, batu bara akan mengakibatkan masalah pencemaran lingkungan. Solusi dari permasalahan ini adalah peralihan sumber bahan baku yang digunakan untuk membangkitkan listrik[2].

Terkait dampak dari penggunaan listrik, water heater yang bersumber pada energi listrik dapat menggunakan sumber energi alternatif pengganti listrik. Sumber energi alternatif tersebut adalah dengan menggunakan energi panas dari sinar matahari atau dengan memanfaatkan panas dari pipa kompresor pada air conditioner. Namun, untuk mengaplikasikan water heater dengan memanfaatkan energi matahari biayanya cukup mahal[3,4]. Air conditioner water heater merupakan gabungan dari alat air conditioner (AC) dan water heater. Air conditioner bekerja dengan menggunakan siklus dari refrigerasi kompresi uap. Komponen yang terlibat pada siklus ini diantaranya; kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator. Dalam siklus refrigerasi kompresi uap, refrigeran akan mengalami kenaikan suhu dan tekanan setelah melewati kompresor, kemudian refrigeran akan mengalami penurunan suhu setelah melewati kondensor. Pada alat air conditioner water heater, tangki water heater akan ditambahkan ke dalam siklus refrigerasi kompresi uap. Penempatan tangki water heater ini adalah setelah refrigeran melewati kompresor. Suhu dan tekanan tinggi refrigeran akan diserap oleh air di dalam tangki water heater sehingga refrigeran akan mengalami penurunan suhu sebelum masuk ke kondensor untuk lebih didinginkan kembali[5].

Penelitian dengan memanfaatkan air conditioner untuk memanaskan air pada water heater sudah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian [6] memvariasikan bentuk dari pipa pada water heater dengan bentuk helical, spiral, dan serpentine. Penelitian ini juga memvariasikan panjang dari pipa yang digunakan pada masing-masing bentuk pipa yang divariasikan dengan panjang 1 m, 2 m, dan 3 m pada tangki bervolume 50 liter. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh nilai perpindahan panas yang didapat dari masing-masing bentuk dan panjang pipa yang divariasikan. Nilai perpindahan panas tertinggi terjadi pada pipa dengan bentuk helical dan dengan panjang 3 meter, nilai perpindahan panas tersebut adalah 4047,63 Watt dalam waktu 10 menit.

Penelitian lainnya dilakukan oleh [7] dengan menggunakan AC window berkapasitas ¾ PK dan panjang pipa 6 m sebagai media penghantar panas pada air dengan volume 10 liter dapat memanaskan air hingga 46°C selama 240 menit. Penelitian lainnya dilakukan oleh [8], dengan memvariasikan besarnya suhu evaporator 16°C, 18°C, dan

20°C, dan juga panjang pipa sebesar 8 m dengan 15 lilitan, dan 16 m dengan 30 lilitan. Suhu air tertinggi pada *water heater* didapat pada pipa dengan panjang 16 m yaitu sebesar 53,81 °C dengan menggunakan suhu evaporator sebesar 16°C selama 60 menit.

Pada penelitian ini, pipa yang digunakan didalam tangki *water heater* adalah pipa dengan bahan tembaga berdiameter $\frac{1}{4}$ inch yang dibentuk helical dan dengan panjang pipa yang divariasikan. Dengan memvariasikan panjang pipa didalam tangki water heater akan mempengaruhi besarnya perpindahan panas yang terjadi pada air didalam tangki. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang pipa helical terhadap lama operasi sistem, daya input, daya output dan efisiensi sistem.

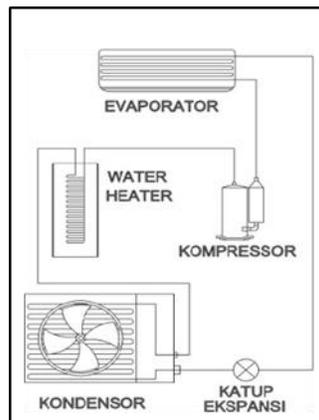
METODOLOGI

2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu AC berkapasitas 1 PK, tangki air berkapasitas 30 liter, termometer digital, pressure gauge, air, pipa helical dengan panjang 6 m, 9 m, dan 12 m. Diameter pipa helical sebesar 17 cm. Pipa dengan panjang 6 m memiliki 10 lilitan, sedangkan pipa dengan panjang 9 m memiliki 16 lilitan, dan pipa dengan panjang 12 m memiliki 22 lilitan.



Gambar 1. Alat Air Conditioner Water Heater



Gambar 2. Skema Alat Air Conditioner Water Heater



Gambar 3. Pipa Helical Panjang 6 m, 9 m, dan 12 m

2.2 Tahapan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Persiapan

Persiapan dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk melakukan rancang bangun alat *air conditioner water heater*, dan juga menyiapkan pipa tembaga dengan variasi panjang pipa 6 m, 9 m, dan 12 m yang akan dibentuk helical. Setelah itu, masing-masing pipa tembaga yang telah dibentuk helical akan dipasang secara bergantian didalam tangki *water heater*.

2. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menyalakan AC yang bertujuan untuk mengetahui kemungkinan terjadinya kebocoran pipa pada alat air conditioner water heater.

3. Pengambilan Data

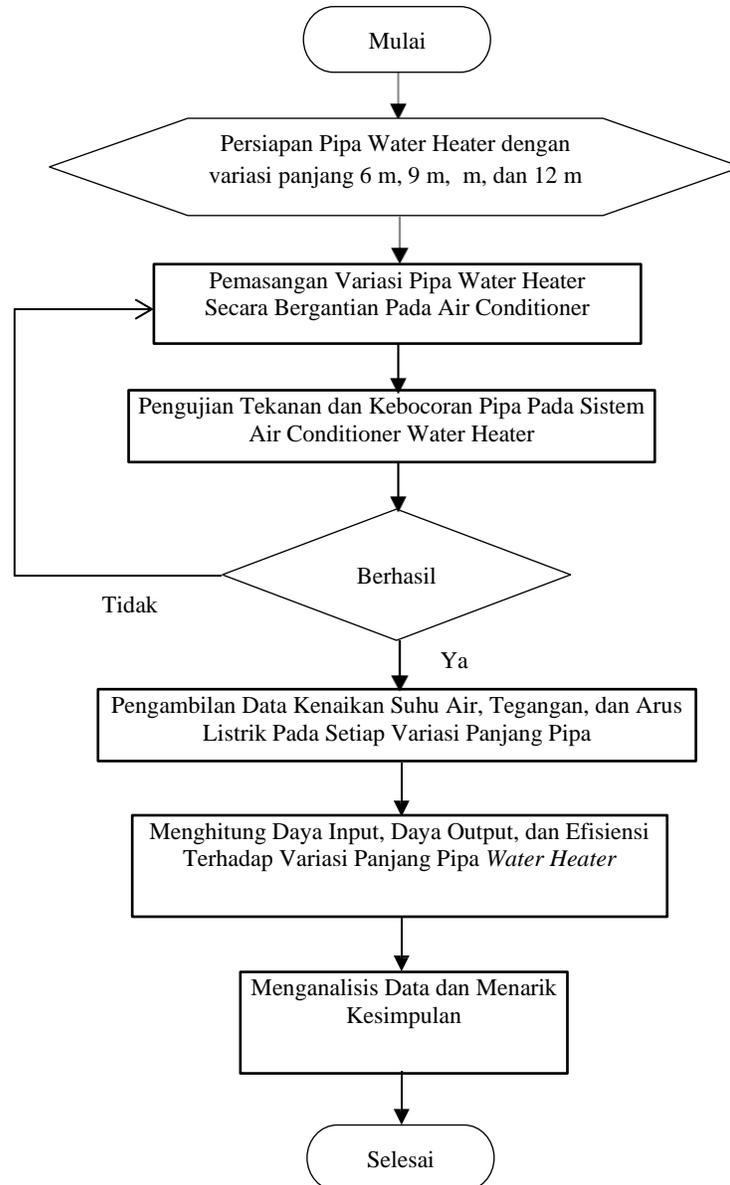
Pengambilan data dilakukan pada ketiga variasi panjang pipa helical. Adapun data yang diambil adalah nilai dari amperemeter, voltmeter, dan suhu air sampai suhu air didalam tangki mencapai 60°C . Pengambilan data dimulai dengan memasang pipa helical dengan panjang 6 meter pada tangki. Selanjutnya memasukkan refrigeran dengan tekanan standar pada freon R22 maksimal 80 psi. Setelah itu memasukkan air kedalam tangki dengan suhu awal air sebesar $30,7^{\circ}\text{C}$. Sistem dinyalakan dan pengambilan data variasi panjang pipa 6 m dilakukan sampai suhu air mencapai 60°C . Pengambilan data selanjutnya adalah dengan menggunakan variasi panjang pipa helical 9 m. Sebelum mengganti pipa helical, terlebih dahulu melakukan pump down refrigerant dengan tujuan untuk menyimpan refrigeran yang berada didalam pipa pada sistem *air conditioner water heater* ke bagian outdoor AC. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir terjadinya pelepasan refrigeran ke lingkungan akibat dari pergantian pipa helical. Selanjutnya, menambahkan refrigeran pada sistem dengan menyesuaikan nilai standar tekanan freon R22 maksimal 80 psi. Setelah itu mengganti air yang ada didalam tangki dengan menggunakan air sumur dan diperoleh suhu awal air sebesar $31,8^{\circ}\text{C}$. Sistem dinyalakan dan pengambilan data variasi panjang pipa 9 m dilakukan sampai suhu air mencapai 60°C . Pengambilan data selanjutnya adalah dengan menggunakan variasi panjang pipa 12 m. Sama seperti sebelumnya, sebelum mengganti pipa helical perlu dilakukan pump down refrigerant dengan tujuan untuk menyimpan refrigeran yang berada didalam pipa pada sistem *air conditioner water heater* ke bagian outdoor AC. Selanjutnya menambahkan refrigeran pada sistem dengan menyesuaikan nilai standar tekanan freon R22 sebesar 80 psi. Setelah itu mengganti air pada tangki dengan menggunakan air sumur dan diperoleh suhu awal air sebesar $30,4^{\circ}\text{C}$. Sistem dinyalakan dan pengambilan data pada variasi panjang pipa 12 m dilakukan sampai suhu air mencapai 60°C .

4. Analisis Data

Analisis dilakukan dengan membandingkan daya input, daya output, dan efisiensi sistem terhadap variasi panjang pada pipa *water heater*,

2.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

2.4 Perhitungan Daya Input

Energi input dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P = V \cdot I \tag{1}$$

dengan:

P : Daya Listrik (Watt)

V : Tegangan Listrik (Volt)

I : Kuat Arus Listrik (Ampere)

2.5 Perhitungan Daya Output

Energi kalor output dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kalor sensibel:

$$Q_{out} = \frac{m \cdot c_p \cdot \Delta T}{t} \tag{2}$$

dengan:

Q_{out} : Daya kalor output (kW)

m : Massa air pada tangki(kg)

c_p : Kalor spesifik air (kJ/kg.°C)

ΔT : Selisih suhu air (°C)

t : Waktu pengambilan data (detik)

2.6 Perhitungan Efisiensi Termal

$$\eta = \frac{Q_{out}}{P} \cdot 100\% \tag{3}$$

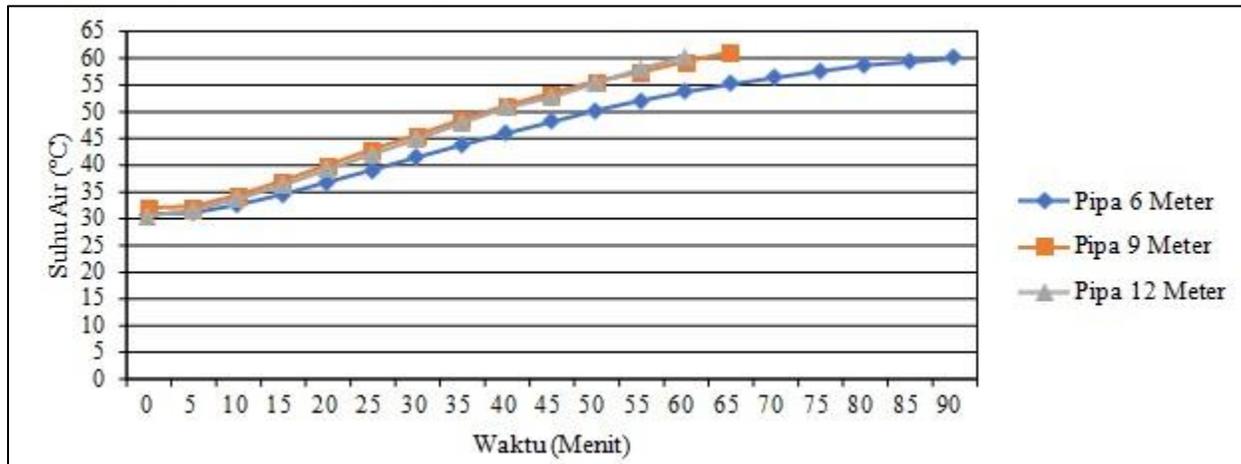
dengan :

η : Efisiensi Termal (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Eksperimen

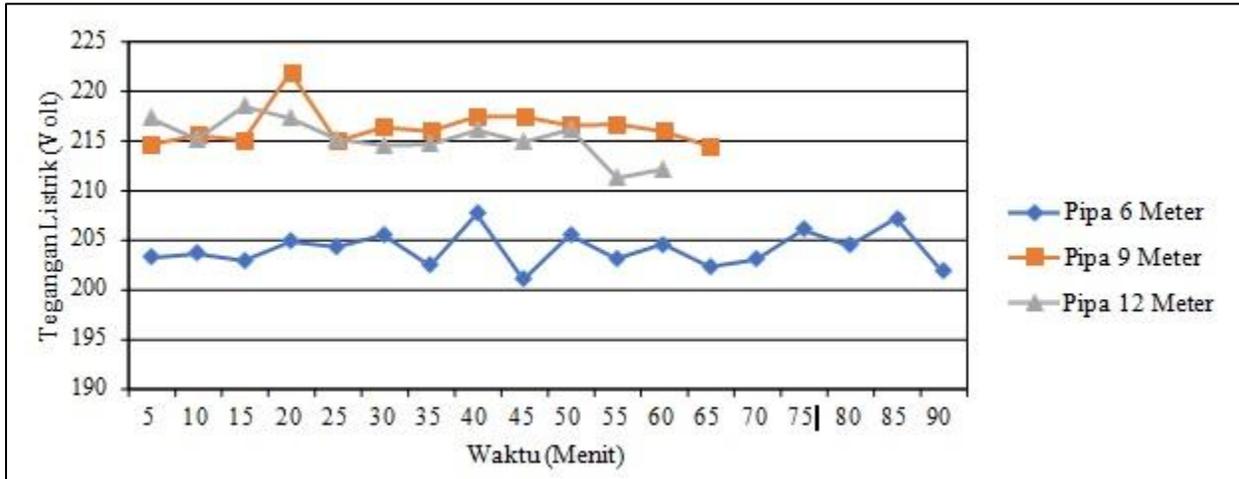
Dari hasil eksperimen yang telah dilakukan, diperoleh data perubahan suhu air sampai mencapai suhu 60 °C. Data perbandingan suhu air ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Suhu Air Terhadap Variasi Panjang Pipa

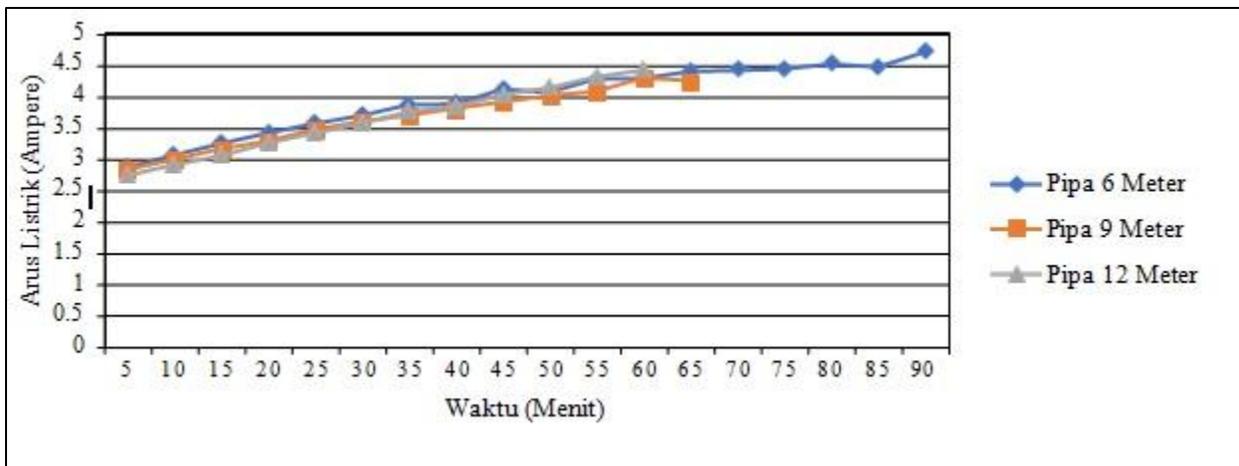
Berdasarkan grafik di atas, dapat diketahui bahwa penggunaan panjang pipa yang berbeda sebagai media penghantar panas dapat mempengaruhi nilai kenaikan suhu air dan lama waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air sampai suhu 60°C. Nilai rata-rata kenaikan suhu air pada variasi pipa dengan panjang 12 m adalah sebesar 2,5 °C, sedangkan pipa dengan panjang 9 m memiliki rata-rata kenaikan suhu air sebesar 2,2 °C, dan pipa dengan panjang 6 m memiliki rata-rata kenaikan suhu air sebesar 1,6 °C. Untuk menghasilkan suhu air sebesar 60°C, pipa dengan panjang 12 m memerlukan waktu 59 menit, sedangkan pipa 9 m memerlukan waktu 62 menit, dan pipa 6 m memerlukan waktu 89 menit. Pengambilan data pada setiap variasi panjang pipa diakhiri sampai suhu air mencapai 60 °C. Hal ini dikarenakan menurut [9,10] suhu air di dalam tangki *water heater* perlu mencapai 60°C dengan tujuan untuk menghilangkan bakteri *Legionella* yang ada pada air.

Data perbandingan tegangan selama kenaikan suhu air pada variasi panjang pipa ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Tegangan Listrik Terhadap Variasi Panjang Pipa

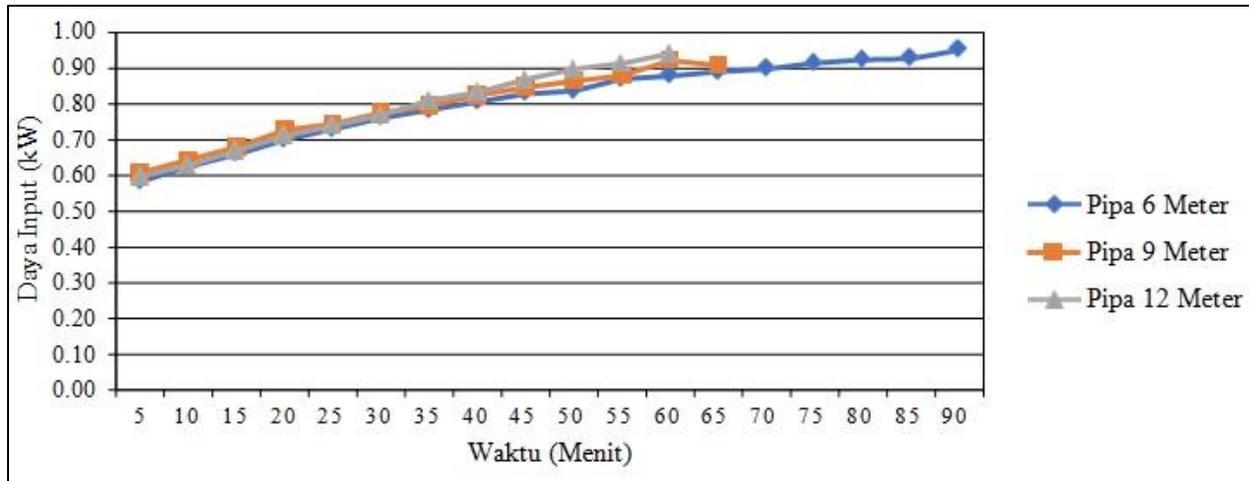
Data perbandingan arus listrik selama kenaikan suhu air pada variasi panjang pipa ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan Arus Listrik Terhadap Variasi Panjang Pipa

Daya Input

Dari data tegangan dan arus AC, daya input dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Hasil perhitungan daya input pada variasi panjang pipa 6 m, 9 m, dan 12 m ditunjukkan pada Gambar 8. berikut.



Gambar 8. Perbandingan Daya Input terhadap Variasi Panjang Pipa

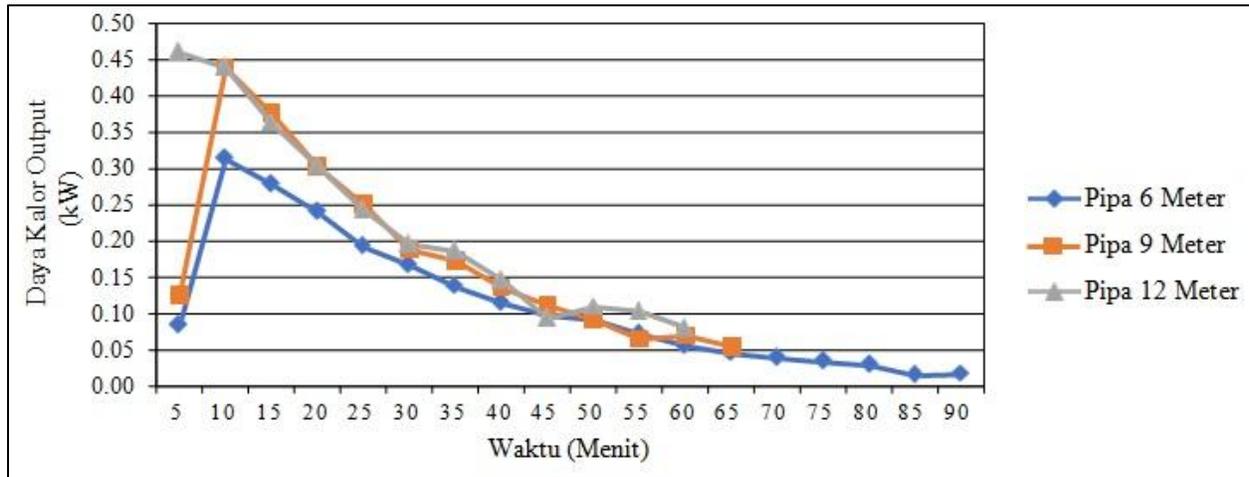
Berdasarkan Gambar 8. di atas, daya input mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya waktu operasi. Hal ini terjadi pada semua variasi panjang pipa, meskipun kenaikannya tidak signifikan. Hal ini dikarenakan semakin lama sistem *air conditioner water heater* beroperasi, arus yang dikonsumsi semakin besar.

Nilai rata-rata daya input pada variasi panjang pipa 12 m adalah 0,779 kW dengan kenaikan rata-rata konsumsi daya input sebesar 0,031 kW. Nilai rata-rata daya input pada variasi panjang pipa 9 m adalah 0,785 kW dengan kenaikan rata-rata daya input sebesar 0,025 kW. Nilai rata-rata daya input pada variasi panjang pipa 6 m adalah 0,809 kW dengan kenaikan rata-rata daya listrik sebesar 0,022 kW. Variasi panjang pipa 12 m memiliki nilai rata-rata kenaikan daya input paling besar dibandingkan yang lain. Hal ini dikarenakan jumlah freon yang digunakan pada sistem *air conditioner water heater* dengan panjang pipa 12 m lebih banyak jika dibandingkan dengan variasi panjang pipa 6 m, dan 9 m. Besarnya daya input ini terkait dengan besarnya beban kerja kompresor pada sistem *air conditioner water heater*.

Daya Output

Berdasarkan tabel data *thermophysical properties*, densitas air (ρ) adalah 998,21 kg/m³, dan kalor jenis (C_p) adalah 4,184 kJ/kg°C. Volume air dalam tangki sebesar 30 liter memiliki massa (m) 29,946 kg. Daya output dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2). Nilai rata-rata daya output pada variasi panjang pipa 12 m adalah sebesar 0,226 kW. Nilai rata-rata daya output pada variasi panjang pipa 9 m adalah sebesar 0,183 kW. Nilai rata-rata daya output pada variasi panjang pipa 6 m adalah sebesar 0,122 kW.

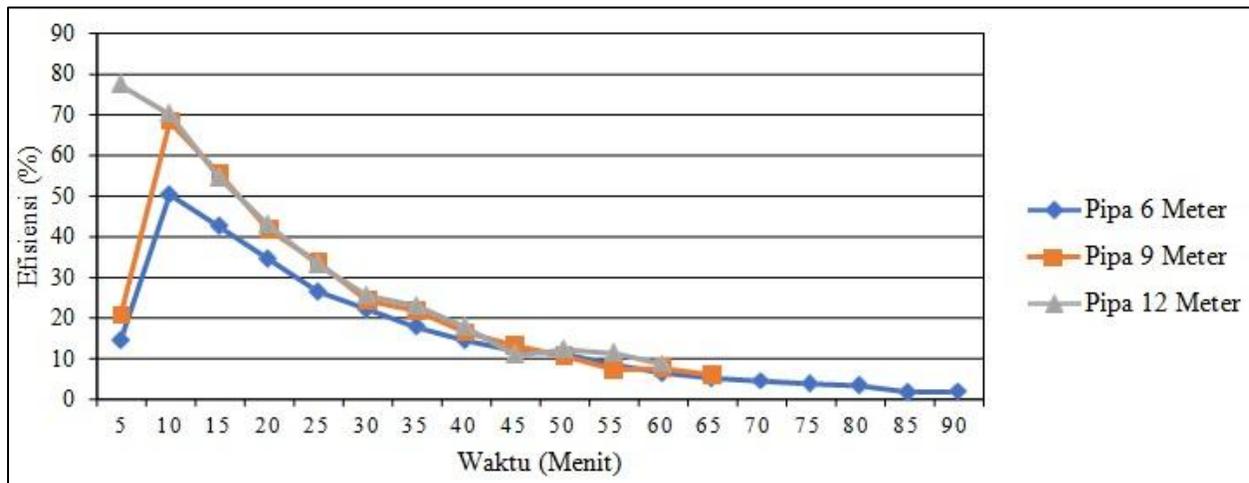
Hasil perhitungan daya output pada variasi panjang pipa 6 m, 9 m, dan 12 m ditunjukkan pada Gambar 9. Dari Gambar 9. dapat diketahui bahwa pada variasi panjang pipa 12 m memiliki nilai daya output yang lebih besar dibandingkan dengan variasi panjang pipa 6 m, dan 9 m. Pada menit ke-5, variasi panjang pipa 12 m memiliki daya output yang jauh lebih besar dibandingkan variasi panjang pipa 6 m, dan 9 m. Hal ini dikarenakan selisih kenaikan suhu air lebih besar daripada yang lain, yaitu sebesar 1,1 °C. Sedangkan selisih kenaikan suhu air pada variasi panjang pipa 9 m sebesar 0,3°C, dan pada variasi panjang pipa 6 m sebesar 0,2 °C. Selanjutnya, terjadi penurunan nilai daya output pada semua variasi panjang pipa. Dari Gambar 9. dapat diketahui bahwa pada variasi panjang pipa 12 m dan 9 m memiliki nilai penurunan yang relatif hampir sama dibandingkan dengan variasi panjang pipa 6 m. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu operasi sistem *air conditioner water heater*, jumlah kalor sensibel yang dapat dipindahkan semakin kecil.



Gambar 9. Perbandingan Daya Output terhadap Variasi Panjang Pipa

Efisiensi Termal

Efisiensi termal sistem dapat dihitung dengan persamaan (3). Untuk variasi panjang pipa 12 m, efisiensi sistem pada menit ke-5 sebesar 77,160 %. Perbandingan efisiensi sistem untuk semua variasi panjang pipa selama operasi untuk mencapai suhu air 60 °C ditunjukkan Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan Efisiensi Kalor Terhadap Variasi Panjang Pipa

Berdasarkan Gambar 10. dapat diketahui bahwa efisiensi terbesar adalah pada variasi pipa dengan panjang 12 m. Nilai efisiensi rata-rata variasi panjang pipa 12 m sebesar 32,147%, variasi panjang pipa 9 m sebesar 25,156%, dan variasi panjang pipa 6 m sebesar 15,439%. Hal ini dikarenakan semakin panjang pipa helical yang digunakan di dalam tangki *water heater*, nilai daya output yang dihasilkan semakin besar. dan daya input yang dibutuhkan semakin kecil. Nilai daya input yang dibutuhkan semakin kecil karena waktu operasi untuk mencapai suhu air 60 °C semakin pendek.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk memanaskan air sampai suhu sebesar 60°C, variasi panjang pipa 12 m memerlukan waktu 59 menit, sedangkan variasi panjang pipa 9 m memerlukan waktu 62 menit, dan variasi panjang pipa 6 m memerlukan waktu 89 menit.
2. Nilai rata-rata daya input pada variasi panjang pipa 12 m adalah 0,779 kW, pada variasi panjang pipa 9 m adalah 0,785 kW, dan pada variasi panjang pipa 6 m adalah 0,809 kW.
3. Nilai rata-rata daya output pada variasi panjang pipa 12 m adalah 0,226 kW, pada variasi panjang pipa 9 m adalah 0,183 kW, dan pada variasi panjang pipa 6 m adalah 0,122 kW
4. Nilai rata-rata efisiensi termal pada variasi panjang pipa 12 m adalah sebesar 32,15%, pada variasi panjang pipa 9 m adalah sebesar 25,16%, dan variasi panjang pipa 6 m adalah sebesar 15,44%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Septiyono, A. E. (2023). Statistik Listrik 2018-2022. *Badan Pusat Statistik*, 12.
- [2] Sumbu, A., & Tipe, V. (2018). *Rancang Bangun dan Analisa Kinerja Generator Fluks Aksial Magnet Permanen Putaran Rendah untuk Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius*. 2(1), 12–17.
- [3] C A Siregar, A M Siregar, D. S. (2021). Efek Penambahan APK Pipa Kapiler Bersirip Sebagai Penghantar Panas Terhadap Performance AC Pada Aplikasi ACWH. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 4(1), 131–139.
- [4] Napitupulu, F. H., & Ambarita, H. (2014). *Studi Eksperimental Performansi Solar Water Heater Jenis Kolektor Plat Datar Dengan Penambahan Thermal Energy Storage*. 1(2), 27–36
- [5] Wibawa, L. A. N. (2019). Turbulen: jurnal teknik mesin universitas tridinanti Palembang. *Jurnal Teknik Mesin*, 1(2), 66
- [6] Mustakim, M., & Ir. Gatut Priyo Utomo, M. S. (2018). *Analisa Pengaruh Tipe Dan Panjang Heat Exchanger Terhadap Nilai Kalor Yang Dibutuhkan Untuk Memanaskan Air Pada Air Conditioner Water Heater Daya 1 Pk*. 1(2), 1–5.
- [7] Sebayang, M. D. (2019). Pemanfaatan Panas Kondensor Ac Window ¾ Pk Untuk Pemanas Air. *Prosiding Konferensi Nasional Engineering, 2019*, 345–347.
- [8] Amirsyah, C., Siregar, P., & Siregar, A. M. (2020). Studi Eksperimental Pengaruh Efektifitas Acwh Terhadap Panjang Pipa Kapiler Sebagai Penghantar Panas. *Jurnal SIMETRIS*, 11(2).
- [9] WHO. (2002). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. <http://www.cde.ca.gov/sp/ss/dh/documents/proguidlns.pdf>
- [10] Levésque, B., Lavoie, M., & Joly, J. (2004). *Residential water heater temperature* : 15(1), 11–13.