

EFEKTIVITAS KINERJA DAN KONSUMSI DAYA SISTEM PENDINGIN (AIR CONDITIONER) MOBIL

Nanang Gatot Sujarwo ¹⁾ ✉, Mastur ²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT Wiworotomo Purwokerto
Jalan Semangkir No.1, Kabupaten
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA –
53134
ganangsujarwo21@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT Wiworotomo Purwokerto
Jalan Semangkir No.1, Kabupaten
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA –
53134
masturpwt@gmail.com

Abstract

The modern automotive industry focuses not only on engine safety and performance, but also on user comfort through the car's AC system, which is vital in tropical climates like Indonesia. This study aims to analyze the performance of an automotive Air Conditioner (AC) trainer system through thermodynamic and electrical approaches. Experimental testing was conducted to determine the Coefficient of Performance (COP), the electrical power consumption of main components (blower, extra fan, and magnetic clutch), and the relationship between these aspects. The results show that the COP values ranged from 2.99 to 3.24, with relatively stable patterns once the system reached steady state. The total power consumption varied between 55.30 W and 64.88 W, with higher values at the beginning of operation due to the compressor working harder before reaching thermal balance. The evaporator temperature difference (ΔT_{evap}) ranged from 17.1 °C to 18.4 °C, indicating optimal heat absorption. Meanwhile, the system pressure ratio was between 4.61 and 5.47, which is still within the normal range for R134a refrigerant. Overall, the results indicate that the AC trainer system operates efficiently and serves as an effective learning medium to understand the relationship between cooling performance and electrical aspects

Keywords: Coefficient of Performance, power consumption, AC trainer.

1. PENDAHULUAN

Industri otomotif modern tidak hanya menekankan pada aspek keamanan dan performa mesin, tetapi juga kenyamanan pengguna, salah satunya melalui sistem Air Condition (AC) mobil^[1]. Di iklim tropis seperti Indonesia, AC mobil menjadi kebutuhan utama karena berfungsi menurunkan suhu, menjaga kelembaban, dan meningkatkan kualitas udara kabin^[2]. Kinerja AC ditinjau dari dua aspek, yaitu termodinamika melalui *Coefficient of Performance* (COP) serta kelistrikan melalui konsumsi arus dan tegangan pada komponen seperti blower, extra fan, dan kopling magnet kompresor^[3]. Permasalahan yang sering muncul adalah tingginya konsumsi energi listrik dengan COP rendah, sehingga penelitian ini berfokus pada analisis keterkaitan antara kinerja sistem pendingin dan kelistrikan pada AC kendaraan, yang belum banyak diteliti secara mendalam pada penelitian sebelumnya. Melalui penggunaan trainer AC mobil sebagai media eksperimen, penelitian ini menganalisis nilai *Coefficient of Performance* (COP), arus, dan tegangan listrik untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi sistem pendingin. Penelitian ini perlu dilakukan untuk memberikan pemahaman lebih komprehensif mengenai hubungan antara aspek termal dan elektrik, sekaligus menjadi dasar pengembangan sistem AC kendaraan yang lebih efisien dan hemat energi.

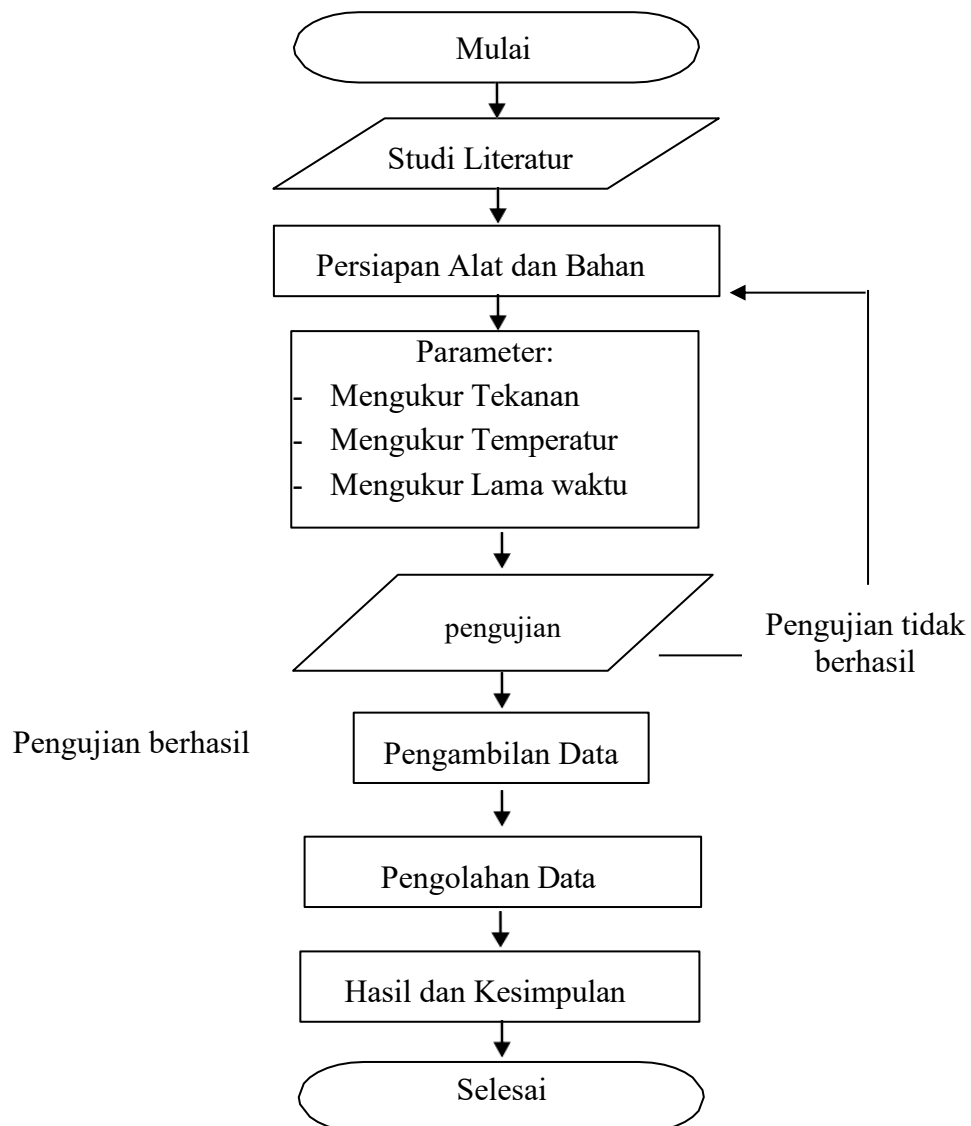
2. METODE DAN BAHAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental (*Experimental Research*) yang bertujuan untuk menguji dan menganalisis secara langsung kinerja sistem pendingin pada AC *trainer* mobil dalam kondisi yang terkontrol yaitu dengan mengatur variabel seperti suhu, tekanan, serta beban kerja agar hasil pengujian lebih akurat dan dapat dibandingkan secara objektif. Dalam penelitian ini, dilakukan perlakuan berupa pengoperasian AC *trainer* dengan variasi waktu operasional AC *trainer* pada durasi 15, 30, 45 dan 60 menit

Tabel Faktor Level

Faktor Penelitian	Level	Keterangan Level
Waktu Operasional AC	15 Menit	Durasi operasi pendek (simulasi penggunaan awal)
	30 Menit	Durasi operasi sedang (penggunaan normal)
	45 Menit	Durasi operasi agak lama (uji kestabilan sistem)
	60 Menit	Durasi operasi panjang (simulasi penggunaan maksimal)

Pada penelitian ini terdapat prosedur dan alur penelitian yang di sajikan dalam bentuk flowchart dibawah ini :



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diukur pada saat penelitian didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Suhu dan Tekanan Sistem AC Trainer

Pengujian	Waktu (menit)	Tevap in(°C)	Tevap out(°C)	Tcond in (°C)	Tcond out(°C)	P low (Psi)	P high (Psi)
1	15	30,8	13,1	46,9	39,1	38	175
	30	30,5	12,4	47,5	39,1	32	175
	45	30,8	12,8	48,4	39,6	36	175
	60	31,2	13,1	48,0	39,6	32	175
2	15	30,8	13,0	47,0	39,5	38	175
	30	32,0	13,7	48,4	40,3	38	175
	45	31,8	13,4	48,6	40,5	38	185
	60	31,8	13,5	48,0	40,7	38	195
3	15	31,0	13,5	46,4	39,3	38	180
	30	31,4	14,1	48,6	40,5	38	185
	45	31,2	14,1	48,6	40,5	38	185
	60	31,4	13,8	48,0	40,7	38	185

Tabel 2. Hasil Pengujian Arus dan Tegangan Komponen Kelistrikan

Pengujian	Waktu (menit)	Arus Blower (A)	Tegangan Blower (V)	Arus Extra Fan (A)	Tegangan Extra Fan (V)	Arus Kopling Magnet (A)	Tegangan Kopling Magnet (V)
1	15	2,8	8,10	2,8	7,33	2,8	7,23
	30	2,8	7,84	2,8	7,26	2,8	7,15
	45	2,8	8,02	2,8	7,34	2,8	7,24
	60	2,8	7,93	2,8	7,25	2,8	7,18
2	15	2,8	8,70	2,8	7,25	2,8	7,22
	30	2,8	7,85	2,8	6,88	2,8	6,90
	45	2,8	7,83	2,8	6,98	2,8	6,88
	60	2,8	7,80	2,8	7,03	2,8	6,88
3	15	2,8	7,87	2,8	6,97	2,8	6,77
	30	2,8	7,72	2,8	6,96	2,8	6,66
	45	2,8	7,76	2,8	6,87	2,8	6,66
	60	2,8	7,20	2,8	6,36	2,8	6,19

Pada penelitian ini, terdapat beberapa perhitungan yang digunakan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan COP (Coefficient of Performance)

$$COP = \frac{Q_e}{W_{komp}} \quad (1)$$

Keterangan :

Q_e : $h_1 - h_4$ (Efek pendinginan di evaporator)

W_{kom} : $h_2 - h_1$ (Kerja kompresor)

2. Daya Listrik

$$P = V \times I \quad (2)$$

Keterangan :

P : Daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

3. Suhu Evaporator

$$\Delta T_{\text{evap}} = T_{\text{evap,in}} - T_{\text{evap,out}} \quad (3)$$

Keterangan :

$T_{\text{evap,in}}$: Suhu udara masuk evaporator (°C)

$T_{\text{evap,out}}$: Suhu udara keluar evaporator ($^{\circ}\text{C}$)

4. Rasio Tekanan Sistem

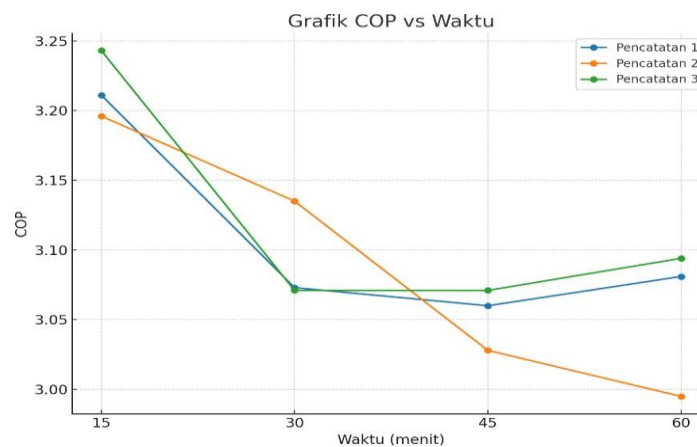
$$PR = \frac{P_{\text{high}}}{P_{\text{low}}} \quad (4)$$

Setelah melakukan perhitungan diatas, maka bisa didapat analisa data yang meliputi kinerja *Coefficient of Performance* (COP), konsumsi daya listrik, dan kinerja termodinamika.

Berikut analisa kinerja *Coefficient of Performance* (COP), konsumsi daya listrik, dan kinerja termodinamika adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Analisa Data COP (*Coefficient of Performance*)

Pengujian	Waktu (menit)	Q_e (kJ/kg)	W_{komp} (kJ/kg)	COP
1	15	131,02	40,80	3,211
	30	129,07	42,00	3,073
	45	130,40	42,60	3,060
	60	129,07	41,90	3,081
2	15	131,02	41,00	3,196
	30	131,02	41,80	3,135
	45	127,75	42,20	3,028
	60	124,66	41,60	2,995
3	15	129,39	39,90	3,243
	30	127,75	41,60	3,071
	45	127,75	41,60	3,071
	60	127,75	41,30	3,094



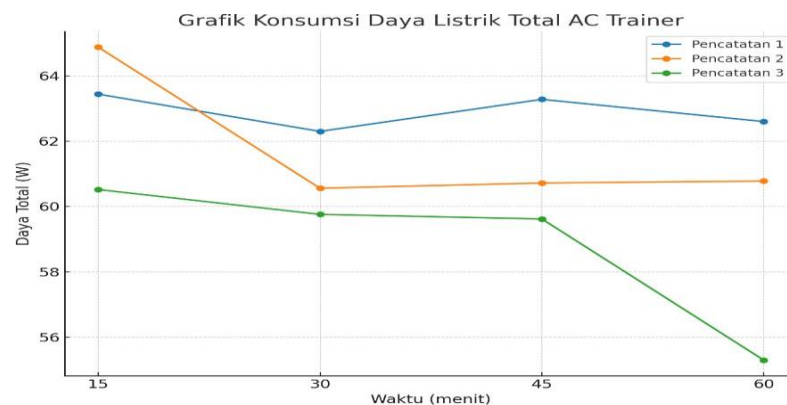
Gambar 2. Grafik COP vs Waktu

Berdasarkan grafik hubungan antara nilai *Coefficient of Performance* (COP) terhadap waktu pengujian pada AC trainer mobil, dapat dilihat bahwa nilai COP pada setiap pencatatan memiliki pola perubahan yang relatif mirip, meskipun dengan tren yang sedikit berbeda. Pada pencatatan pertama, nilai COP awal sebesar 3,211 pada menit ke-15 kemudian mengalami penurunan bertahap hingga mencapai 3,060 pada menit ke-45, sebelum sedikit meningkat kembali menjadi 3,081 pada menit ke-60. Hal ini menunjukkan bahwa performa sistem pendingin cukup tinggi di awal operasi, namun setelah sistem mencapai kestabilan terjadi penurunan efisiensi sebelum kembali stabil. Pada pencatatan kedua, nilai COP menunjukkan penurunan yang lebih konsisten, di mana pada menit ke-15 nilai COP sebesar 3,196 turun secara bertahap hingga mencapai titik terendah 2,995 pada menit ke-60. Pola ini mengindikasikan adanya penurunan efisiensi kerja sistem pendingin seiring bertambahnya waktu operasi, yang dapat disebabkan oleh peningkatan beban termal atau kondisi kerja kompresor yang semakin berat. Sementara itu, pada pencatatan ketiga, nilai COP justru diawali dengan angka tertinggi, yaitu 3,243 pada menit ke-15, kemudian menurun menjadi 3,071 pada menit ke-30 dan 45, sebelum

sedikit meningkat kembali menjadi 3,094 pada menit ke-60. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pendingin bekerja sangat optimal pada awal operasi, lalu mengalami penurunan, namun kembali stabil pada nilai di atas 3. Secara keseluruhan, nilai COP pada ketiga pencatatan selalu berada pada kisaran 2,99 hingga 3,24, yang menunjukkan bahwa sistem pendingin AC trainer mobil masih bekerja dengan efisien. Variasi nilai COP antar pencatatan kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, karakteristik kerja komponen utama, serta kestabilan sistem selama pengujian berlangsung.

Tabel 4. Analisa Data Konsumsi Daya Listrik Komponen AC Trainer

Pengujian	Waktu (menit)	P_Blower (W)	P_Extra Fan (W)	P_Kopling (W)
1	15	22,68	20,52	20,24
	30	21,95	20,33	20,02
	45	22,46	20,55	20,27
	60	22,20	20,30	20,10
2	15	24,36	20,30	20,22
	30	21,98	19,26	19,32
	45	21,92	19,54	19,26
	60	21,84	19,68	19,26
3	15	22,04	19,52	18,96
	30	21,62	19,49	18,65
	45	21,73	19,24	18,65
	60	20,16	17,81	17,33



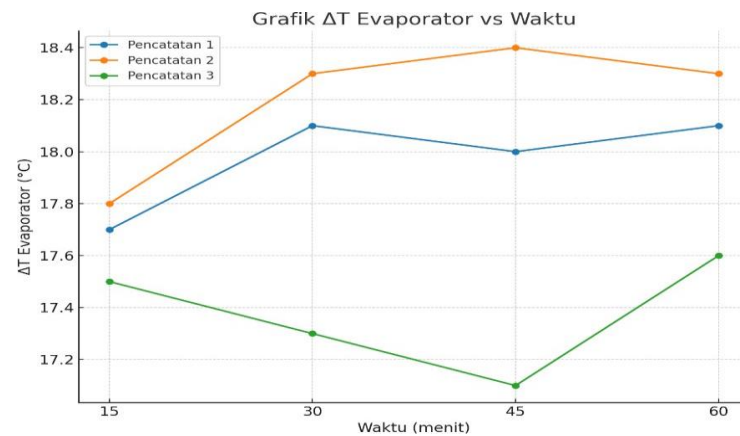
Gambar 3. Grafik Konsumsi Daya Listrik

Hasil perhitungan daya listrik menunjukkan bahwa konsumsi daya total dari komponen blower, extra fan, dan kopling magnet berada pada kisaran 55,30 W hingga 64,88 W. Pada awal pengujian (15 menit), konsumsi daya lebih tinggi karena sistem membutuhkan energi ekstra untuk mencapai keseimbangan termal. Setelah mencapai steady state, konsumsi daya menurun dan cenderung stabil. Hal ini sesuai dengan teori bahwa pada fase awal operasi, kompresor bekerja lebih berat karena perbedaan suhu refrigeran dengan lingkungan masih besar. Penurunan daya listrik yang signifikan pada pencatatan ketiga (hingga 55,30 W) menunjukkan bahwa sistem bekerja lebih efisien dengan beban listrik yang lebih ringan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa konsumsi daya listrik pada AC trainer cenderung efisien setelah sistem mencapai kestabilan.

Untuk analisa kinerja termodinamika terdapat dua analisa data yang meliputi analisa data perbedaan suhu evaporator dan analisa data rasio tekanan sistem, antara lain sebagai berikut :

Tabel 5. Analisa Data Perbedaan Suhu Evaporator

Pengujian	Waktu (menit)	T _{evap,in} (°C)	T _{evap,out} (°C)	ΔT _{evap} (°C)
1	15	30,8	13,1	17,7
	30	30,5	12,4	18,1
	45	30,8	12,8	18,0
	60	31,2	13,1	18,1
2	15	30,8	13,0	17,8
	30	32,0	13,7	18,3
	45	31,8	13,4	18,4
	60	31,8	13,5	18,3
3	15	31,0	13,5	17,5
	30	31,4	14,1	17,3
	45	31,2	14,1	17,1
	60	31,4	13,8	17,6

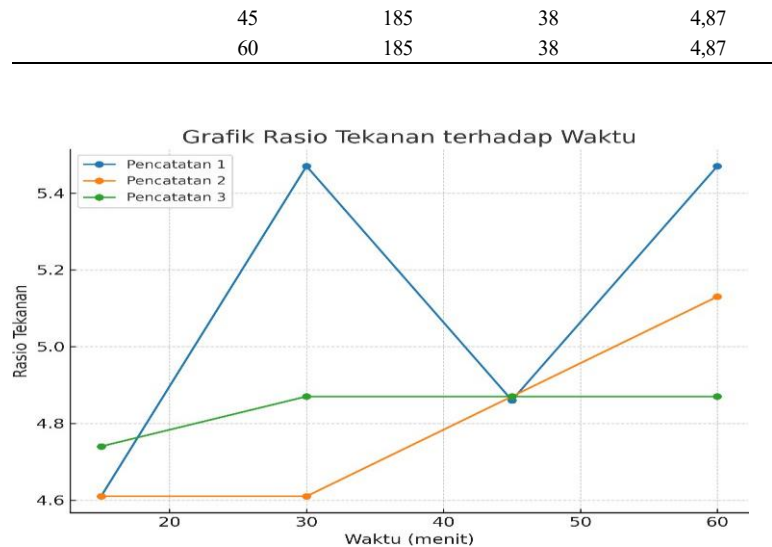


Gambar 4. Grafik Perbedaan Suhu Evaporator Terhadap waktu

Perbedaan suhu antara masuk dan keluar evaporator (ΔT_{evap}) pada setiap pencatatan berkisar antara 17,1 °C hingga 18,4 °C. Nilai ini cukup konstan dan menunjukkan bahwa proses penyerapan panas oleh refrigeran berjalan optimal. Pada pencatatan kedua, ΔT_{evap} mencapai nilai tertinggi (18,4 °C), menandakan kemampuan pendinginan yang maksimal. Sementara itu, pencatatan ketiga menunjukkan ΔT_{evap} yang sedikit lebih rendah, namun tetap stabil. Hal ini dapat dipengaruhi oleh stabilitas aliran massa refrigeran yang lebih cepat mencapai kondisi setimbang. Secara umum, nilai ΔT_{evap} yang berada di atas 17 °C membuktikan bahwa evaporator berfungsi dengan baik dalam menurunkan suhu udara yang melewati sirip pendingin.

Tabel 6. Analisa Data Rasio Tekanan Sistem

Pengujian	Waktu (menit)	P _{high} (Psi)	P _{low} (Psi)	Rasio Tekanan
1	15	175	38	4,61
	30	175	32	5,47
	45	175	36	4,86
	60	175	32	5,47
2	15	175	38	4,61
	30	175	38	4,61
	45	185	38	4,87
	60	195	38	5,13
3	15	180	38	4,74
	30	185	38	4,87



Gambar 5. Grafik Rasio Tekanan Terhadap Waktu

Rasio tekanan (*Pressure Ratio*) hasil pengujian berada pada rentang 4,61 hingga 5,47. Nilai ini masih dalam batas normal untuk sistem AC mobil berbasis refrigeran R134a. Pada pencatatan pertama, rasio tekanan menunjukkan fluktuasi, sedangkan pada pencatatan kedua terlihat adanya tren kenaikan yang konsisten dari awal hingga akhir pengujian. Pada pencatatan ketiga, rasio tekanan relatif stabil setelah menit ke-30 dengan nilai sekitar 4,87. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kompresor dan siklus refrigerasi bekerja dengan baik tanpa beban berlebih. Nilai rasio tekanan yang terlalu tinggi biasanya akan meningkatkan beban kompresor, sedangkan nilai yang terlalu rendah akan mengurangi kapasitas pendinginan. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem masih berada pada kondisi kerja yang aman dan stabil.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Nilai Coefficient of Performance (COP) berada pada rentang 2,99 hingga 3,24. Pencatatan pertama menunjukkan pola fluktuasi, pencatatan kedua mengalami penurunan efisiensi secara bertahap, sedangkan pencatatan ketiga relatif stabil setelah menit ke-30. Hasil ini menunjukkan bahwa AC trainer masih bekerja dengan efisiensi yang cukup baik dan sesuai dengan nilai COP standar sistem pendingin pada kendaraan.
2. Total konsumsi daya listrik komponen utama (blower, extra fan, dan kopling magnet) berada pada kisaran 55,30 W hingga 64,88 W. Konsumsi daya lebih tinggi pada awal operasi karena sistem membutuhkan energi lebih besar untuk mencapai kondisi steady state, kemudian menurun dan stabil seiring waktu. Hal ini menunjukkan bahwa sistem AC trainer efisien dari sisi kelistrikan setelah mencapai kestabilan kerja.
3. Selisih suhu masuk dan keluar evaporator (ΔT_{evap}) berkisar antara 17,1 °C hingga 18,4 °C. Nilai ini relatif konstan pada semua pencatatan, menandakan bahwa proses penyerapan panas oleh refrigeran berlangsung optimal sehingga AC trainer mampu memberikan efek pendinginan dengan baik.
4. Rasio tekanan (*Pressure Ratio*) berada pada kisaran 4,61 hingga 5,47. Pencatatan pertama menunjukkan fluktuasi, pencatatan kedua mengalami peningkatan konsisten, sedangkan pencatatan ketiga relatif stabil setelah menit ke-30. Nilai ini masih dalam batas normal dan aman bagi sistem pendingin, sehingga menunjukkan bahwa kompresor dan siklus refrigerasi bekerja secara optimal.

PERNYATAAN TERIMA KASIH

Melalui pernyataan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pembimbing Mastur, S.T., M.T yang telah membantu penulis dalam merampungkan artikel pada Jurnal Rekayasa Mesin ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pribadi, Muh . Agung, Endry Meydiant, and Sukardi, 2019. “Pengaruh Diameter Dan Kecepatan Kipas Kondensor Terhadap Suhu AC Mobil.” *Jurnal Rekayasa Mesin* 10(2): 198-98. doi:10.21776/ub.jrm.2019.010.02.11.
- [2] Golwa, Gian Villany, Fajar Anggara, and Imam Hidayat. 2023. “Studi Potensi Listrik Dari Hembusan Angin Luaran Air Conditioner.” *Jurnal Teknik Mesin Indonesia* 18(2): 53-58. doi:10.36289/jtmi.v18i2.464.
- [3] Bahri, Mokh. Hairul, Dudi Irawan, and Adi Pratama Putra. 2023. “Effect of AC Compressor Modification on Fuel Consumption in Car.” *Logic Jurnal Rancang Bangun Dan Teknologi* 23(3):219–24. doi:10.31940/logic.v23i3.219-224.
- [4] Handoyono, Nurcholish Arifin, and Sigit Purnomo. 2020. “Identifikasi Kebutuhan Pembelajaran Praktik Servis Sepeda Motor Dengan Konsep Teaching Factory.” *Wacana Akademika Majalah Ilmiah Kependidikan* 4(2):106. doi:10.30738/wa.v4i2.7730.
- [5] Irsyad, Muhammad, Natal Andreas H. L. Tobing, and M. Dyan Susila. 2020. “Pemanfaatan Material Fasa Berubah Untuk Mempertahankan Kesegaran Sayuran.” *Turbo Jurnal Program Studi Teknik Mesin* 9(2). doi:10.24127/trb.v9i2.1295.
- [6] Javadi, F. S., and R. Saidur. 2021. “Thermodynamic and Energy Efficiency Analysis of a Domestic Refrigerator Using Al2O3 Nano-Refrigerant.” *Sustainability* 13(10):5659. doi:10.3390/su13105659.
- [7] Jibril, Ahmad, Pandu Adi Cakranegara, Raudya Setya Wismoko Putri, and Cut Susan Octiva. 2022. “Analisis Efisiensi Kerja Kompresor Pada Mesin Refrigerasi Di PT. XYZ.” *Jurnal Mesin Nusantara* 5(1):86–95. doi:10.29407/jmn.v5i1.17741.
- [8] Neha, Telani, and Vijay Sst. 2021. “Analysis of Selection of the Best Refrigerant Using the WASPAS Method.” 1(2):154–60. doi:10.46632/daai/1/2/22. Nugraha, Anggara Trisna, Mayda Zita Aliem Tiwana, and Alwy Muhammad Ravi. 2021. “Analisis Optimalisasi Manajemen Daya Chiller Untuk Rencana AC Sentral Industri.” *Jurnal Janitra Informatika Dan Sistem Informasi* 1(1):35–46. doi:10.25008/janitra.v1i1.106.
- [9] Prasetyo, Djoko, Muhammad Zaki Latif Abrori, and Andreas Pujianto. 2021. “Pengoperasian Mesin Pendingin Untuk Coldstorage Penyimpanan Ikan Beku Di Pt. Dwi Bina Utama Sorong.” *Buletin Jalanidhitah Sarva Jivitam* 3(1):19. doi:10.15578/bjsj.v3i1.10539.
- [10] Pranoto, Agung Dwi, Hablinur Al Kindi, and Gatot Eka Pramono. 2023. “Analisis Pengaruh Cleaning Tubing Kondensor Terhadap Performa Sistem Refrigerasi Mesin Water Cooled Chiller Kapasitas 650tr.” *Jurnal Rekayasa Mesin* 14(1):351–62. doi:10.21776/jrm.v14i1.1337.
- [11] Prima, Piera Di, Michele Santovito, and Davide Papurello. 2024. “CFD Analysis of a Latent Thermal Storage System (PCM) for Integration With an Air- Water Heat Pump.” *International Journal of Energy Research* 2024(1). doi:10.1155/2024/6632582.
- [12] Ruiz-Llacsahuanga, Blanca, Alexis M. Hamilton, Robyn Zaches, Ines Hanrahan, and Faith Critzer. 2021. “Prevalence Of Listeria Species on Food Contact Surfaces in Washington State Apple Packinghouses.” *Applied and Environmental Microbiology* 87(9). doi:10.1128/aem.02932-20.