

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI TEMPERATUR REFRIGRAN TERHADAP NILAI COP PADA AC DAIKIN 1

Muchamad Rifaldi Mahendar^{1*}, Muhamad Saffi'i², Althesa Androva³, Mohamad Fadhillah⁴

^{1*,2,3,4} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Persatuan Guru Republik Indonesia Semarang.

muchamad.rifaldi@gmail.com

ABSTRAK

Air Conditioner (AC) adalah mesin pengkondisian udara yang bekerja menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap untuk memindahkan panas dari suatu ruang ke lingkungan sekitarnya sehingga tercipta kondisi udara yang nyaman bagi manusia. Kaji eksperimen dilakukan untuk mengetahui performa dan kinerja AC. Metode eksperimen dengan pengujian langsung dan perhitungan matematis di terapkan pada riset ini dengan variasi temperatur refrigeran sebesar 20°C, 19,2°C dan 18°C yang usulkan guna mengetahui performa dan kinerja AC. Hasilnya, pengaruh variasi temperatur refrigeran terhadap nilai cop pada AC daikin 1 hp didapatkan nilai COP terendah sebesar 4,06 pada pengujian suhu 18°C dan hasil nilai COP terbesar 4,16 pada pengujian suhu 20°C.

Kata kunci : AC¹, COP², Efisiensi³, Performa⁴, Temperatur⁵.

ABSTRACT

Air Conditioner (AC) is an air conditioning machine that works using a vapor compression refrigeration system to transfer heat from a room to the surrounding environment so that comfortable air conditions are created for humans. Experimental studies were conducted to determine the performance and performance of the AC. Experimental methods with direct testing and mathematical calculations were applied in this research with variations in refrigerant temperature of 20°C, 19.2°C and 18°C which were proposed to determine the performance and performance of the AC. The result, the effect of variations in refrigerant temperature on the COP value on the 1 hp Daikin AC obtained the lowest COP value of 4.06 at a temperature test of 18°C and the largest COP value of 4.16 at a temperature test of 20°C.

Keywords: AC¹, COP², Efficiency³, Perform⁴, Temperature⁵.

1. PENDAHULUAN

Pendingin ruangan (AC) adalah perangkat yang menggunakan sistem pendinginan kompresi uap untuk memindahkan panas dari ruang interior ke lingkungan eksternal, sehingga menciptakan kondisi udara yang nyaman bagi penghuninya. Sistem ini memanfaatkan sirkulasi refrigeran, yang mengalami proses kompresi, kondensasi, ekspansi, dan penguapan melalui komponen utamanya: kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator. Sistem pendinginan kompresi uap banyak digunakan pada unit AC

karena kinerjanya yang unggul dibandingkan sistem pendinginan alternatif dan kemampuannya untuk menghasilkan efek pendinginan yang optimal. (Hindratmo1 et al., 2023). Sistem *refrigerasi* pada AC bekerja berdasarkan prinsip kompresi uap, di mana *refrigeran* berubah fase untuk menyerap panas di evaporator dan melepaskannya kembali di kondensor. Sistem ini diterapkan secara luas dalam peralatan pendingin karena kemampuannya dalam mengatur suhu udara untuk kenyamanan *termal* di berbagai aplikasi, termasuk rumah tangga dan komersial (Purnomo

& Setiyo, 2017). *Air Conditioner* (AC) berfungsi untuk menciptakan kenyamanan termal bagi manusia dengan cara mengatur suhu udara ruangan melalui sistem *refrigerasi* kompresi uap, penggunaan AC telah diterapkan secara luas tidak hanya pada sektor rumah tangga, tetapi juga pada bidang industri, transportasi, dan kesehatan karena kemampuannya dalam menjaga kondisi lingkungan yang stabil dan nyaman (Hindratmol et al., 2023).

Pada pengaplikasian *air Conditioner* (AC) banyak digunakan pada bangunan perkantoran untuk menciptakan kenyamanan *termal* yang mendukung aktivitas kerja dan operasional sehari-hari, kenyamanan *termal* menjadi faktor penting dalam ruang kerja karena kondisi suhu dan kelembapan yang tidak sesuai dapat menurunkan kenyamanan serta konsentrasi pengguna ruangan, pada bangunan perkantoran di wilayah beriklim *tropis*, penghawaan alami sering kali tidak mampu menjaga suhu ruang tetap berada pada rentang kenyamanan, sehingga diperlukan sistem pengkondisian udara mekanis seperti AC (Syah et al., 2013). Penggunaan AC memungkinkan pengaturan suhu dan sirkulasi udara di dalam ruangan menjadi lebih stabil dan terkontrol sehingga lingkungan kerja dapat terasa lebih sejuk dan nyaman, kondisi *termal* yang terjaga melalui sistem AC membantu menciptakan suasana kerja yang kondusif serta mendukung kelancaran aktivitas pengguna ruangan oleh karena itu, penerapan AC pada bangunan perkantoran menjadi solusi penting dalam menjaga kenyamanan *termal* ruang kerja (Laila & Prasetyo, 2024). AC memiliki beberapa kelebihan, antara lain mampu menjaga suhu ruangan tetap stabil dan memberikan kenyamanan secara cepat karena sistem pengkondisian yang responsif (Nugraha, n.d.). Namun demikian, AC juga memiliki kekurangan, seperti konsumsi energi listrik yang cukup besar dan penurunan efisiensi apabila sistem bekerja pada kondisi operasi yang tidak optimal, terutama ketika perangkat telah berusia lama sehingga kinerjanya menurun dan berpotensi memboroskan daya listrik (Abdillah, 2022). Penggunaan AC Daikin 1 HP sangat luas di Indonesia, kinerja sistem AC umumnya dinilai menggunakan parameter *Coefficient of Performance* (COP), yang dipengaruhi oleh

kondisi operasi sistem, khususnya temperatur *refrigeran* pada sisi kondensor dan evaporator. Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa penurunan temperatur kondensor dapat meningkatkan nilai COP karena berkurangnya beban kerja kompresor dan meningkatnya efektivitas perpindahan kalor, sehingga dengan melakukan penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam upaya peningkatan *efisiensi* energi serta optimalisasi kinerja sistem pendingin (Korawan, 2009).

Berbagai macam penelitian baik eksperimen maupun numerik sudah banyak dilakukan untuk mengkaji pengaruh temperatur *refrigeran* terhadap kinerja sistem pendingin udara. Melalui simulasi variasi temperatur evaporasi pada AC split dengan *refrigeran* R-410A membuktikan bahwa kenaikan temperatur evaporasi dari 2°C hingga 10°C mampu meningkatkan nilai *Coefficient of Performance* (COP) aktual hingga 26% akibat meningkatnya efek *refrigerasi* dan menurunnya kerja kompresor (Agatha et al., 2020). Selain itu, dalam studi eksperimental kinerja sistem pendingin menyatakan bahwa perubahan kondisi temperatur kerja *refrigeran*, Efisiensi sistem, khususnya pada sisi kondensor, dipengaruhi langsung oleh suhu kondensasi yang lebih tinggi, yang cenderung menurunkan nilai COP karena peningkatan beban kerja pada kompresor. Efek ini diamati dengan variasi jarak 2 meter antara katup ekspansi dan kondensor, menghasilkan nilai 0,0875 kJ/s, yang mewakili peningkatan 27,8% dibandingkan dengan kondisi standar. (Wiratmaja dkk., 2022). Penelitian menunjukkan bahwa fluktuasi kondisi operasi *refrigeran* pada sisi evaporator dan kondensor memengaruhi sifat termodinamika dan efisiensi sistem pendingin. Akibatnya, pengaturan suhu *refrigeran* merupakan elemen penting dalam meningkatkan kinerja pendingin udara, dengan hasil optimal dicapai pada variasi inverter minimal 16 Hz dan variasi beban pendinginan maksimum 2 LPM, menghasilkan nilai COP 4,96. Hasil terendah tercatat pada variasi inverter terbesar 24 Hz dan fluktuasi beban pendinginan minimal 1 LPM, menghasilkan nilai COP 1,98 (Tito Hadji Gung Santosa, Muhamad Nadjib & Riza, 2017)

Sudah banyak penelitian baik eksperimen maupun numerik pada sistem pendingin udara

yang mengkaji pengaruh kondisi kerja refrigeran dengan berbagai macam variasi parameter operasi. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada simulasi atau pengujian Analisis sistem pendingin udara tidak secara tepat meneliti dampak suhu refrigeran terhadap Koefisien Kinerja (COP) untuk unit merek dan kapasitas tertentu. Studi ini dilakukan melalui pengujian eksperimental langsung untuk menyelidiki dampak variasi suhu refrigeran sebesar 28°C dan 30°C pada sisi evaporator dan kondensor terhadap nilai COP AC Daikin 1 HP, dengan tujuan memberikan referensi yang lebih representatif untuk kondisi penggunaan di lapangan.

2. METODE

2.1 Model Fisik

Gambar 1 merupakan AC unit *indoor* AC split Daikin model R25LV14 yang diproduksi tahun 2014. AC ini memiliki detail spesifik seperti yang dijelaskan oleh Gambar 2, dimana AC ini menggunakan refrigeran R-22 sebanyak 0,47 kg dan dirancang untuk bekerja pada tegangan 220–240 V, *frekuensi* 50 Hz. Kapasitas pendinginannya tercatat sebesar 2620 W, yang secara praktis setara dengan ± 1 PK, sehingga cocok digunakan untuk ruangan kecil hingga sedang. Daya listrik unit ini sebesar 835 W, dengan arus kerja maksimum 4,9 A, menunjukkan karakteristik konsumsi energi khas AC split *non-inverter* generasi lama. Tekanan operasi maksimum sistem mencapai 2,80 MPa (28 bar), yang masih sesuai dengan batas kerja refrigeran R-22.



Gambar 1. AC (*indoor*) Merek Daikin.

Unit ini memiliki perlindungan IPX4, sehingga tahan terhadap percikan air dari segala arah, dan berat kosong sekitar 23 kg, mencerminkan konstruksi unit outdoor konvensional. Secara umum, spesifikasi ini

menunjukkan bahwa AC Daikin R25LV14 adalah AC split *non-inverter* berbasis R-22 dengan performa pendinginan standar, yang efisiensi dan kinerjanya sangat bergantung pada kondisi lingkungan serta perawatan sistem.

UNIT LUAR PENDINGIN UDARA			
MODEL	R25LV14	DAYA	835 W
NOMOR SERI	E 038441	BAHAN PENDINGIN	R22 / 0,47 kg
TANGGAL MANFAKTUR	2014.9	BERAT KOSONG	23 kg
CATU DAYA	220-240 V- 50 Hz	AMPER SEKERING	15 A
KAPASITAS PENDINGIN	2620 W	ARUS KERJA (MAKSIMUM)	4,9 A
TEKANAN MAKSIMAL SAAT BEROPERASI	2,80 MPa (28,0 bar)	PROTEKSI	IPX4

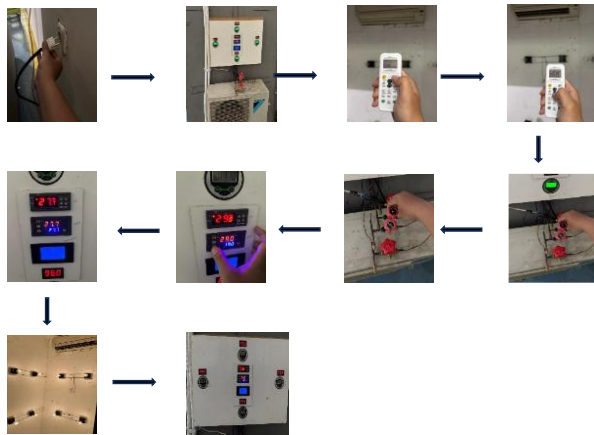
DAIKIN INDUSTRIES (THAILAND) LTD.
DIBUAT DI THAILAND 3PN14871-5L

SNI

Gambar 2. Spesifikasi AC (*indoor*) Merek Daikin.

2.2 Skema Eksperimen

Investigasi eksperimental pada AC dilakukan mengikuti prosedur pengujian yang diuraikan pada Gambar 3. Sambungkan steker ke soket listrik untuk memberikan daya ke perangkat. Verifikasi bahwa semua panel pengukuran beroperasi dan tidak ada masalah. Aktifkan unit pendingin udara melalui remote control yang disediakan. Sesuaikan suhu pendingin udara interior sesuai kebutuhan dan tunggu aktivasi kompresor AC. Tutup semua katup pipa AC, kurangi tekanan pada salah satu pipa, dan kemudian biarkan sekitar 5 menit agar freon bersirkulasi. Aktifkan katup pada setiap pipa sesuai dengan instruksi yang diberikan. Sesuaikan suhu ruangan melalui panel beban dengan menekan tombol set untuk menetapkan suhu yang diinginkan, diikuti dengan tombol UP/DOWN untuk mengubah suhu sesuai kebutuhan. Biarkan suhu ruangan dan interior stabil pada pengaturan yang telah ditentukan. Lampu interior akan menyala jika suhu turun di bawah ambang batas yang ditentukan; sebaliknya, lampu akan mati jika suhu melebihi ambang batas yang ditentukan. Pantau panel pengukuran dan catat semua tekanan, suhu, dan daya kompresor (V & A) ketika pembacaan panel stabil dan suhu tetap konstan. Selanjutnya, ulangi operasi sesuai dengan instruksi yang diberikan.



Gambar 3. Langkah-langkah Pengujian.

2.3 Reduksi Data

Studi ini memerlukan penentuan dan perhitungan berbagai titik data untuk memastikan nilai COP dari AC Daikin 1 HP. Data tersebut diperiksa dengan perhitungan termodinamika, khususnya: Efek pendinginan mengacu pada jumlah panas yang diserap oleh refrigeran di evaporator selama transisi fasenya dari cair ke uap pada tekanan rendah. Efek pendinginan dalam sistem AC ditentukan oleh perbedaan entalpi refrigeran antara keluaran evaporator dan masukan katup ekspansi, yang secara matematis diwakili oleh rumus 1:

$$q_e = h_1 - h_4 = \text{kJ/Kg} \quad (1)$$

Kerja kompresor pada AC Daikin 1 HP dapat ditentukan berdasarkan daya listrik yang dikonsumsi kompresor selama beroperasi, yang diperoleh dari hasil pengukuran tegangan, arus, dan faktor daya. Secara perhitungan, daya listrik masuk ke kompresor dinyatakan dengan rumus 2:

$$W_{in} = V \times I \times \phi \quad (2)$$

Coefficient of Performance (COP) merupakan parameter yang digunakan untuk menilai kinerja sistem *refrigerasi* dengan membandingkan efek *refrigerasi* terhadap kerja kompresor. Nilai COP dirumuskan sebagai perbandingan antara selisih *entalpi* pada

evaporator dan selisih *entalpi* pada kompresor, yaitu dengan rumus 3:

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresor}} \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Air Conditioner (AC) Sistem ini beroperasi menggunakan siklus pendinginan kompresi uap, yang terdiri dari empat komponen utama: kompresor, kondensor, tabung kapiler, dan evaporator. Proses dimulai dengan kompresor, yang meningkatkan tekanan dan suhu refrigeran dalam keadaan uap, memungkinkan refrigeran tersebut melewati kondensor. Di kondensor, refrigeran melepaskan panas ke lingkungan sekitar dan berubah dari uap menjadi cairan bertekanan tinggi. Refrigeran cair kemudian melewati tabung kapiler, menghasilkan penurunan tekanan dan suhu yang signifikan sebelum memasuki evaporator. Refrigeran di evaporator menyerap panas dari udara sekitar, menghasilkan efek pendinginan, sebelum kembali ke kompresor untuk melanjutkan siklus pendinginan. Investigasi ini melibatkan pengamatan proses operasional unit pendingin udara dengan mengukur suhu, tekanan, dan daya listrik kompresor melalui panel pengukuran mesin. Data ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem pendinginan dan menentukan Koefisien Kinerja (COP) sebagai metrik efisiensi pendingin udara Daikin 1 HP.

Fluktuasi suhu refrigeran sangat memengaruhi Koefisien Kinerja (COP) dari AC Daikin 1 HP. Variasi suhu refrigeran memengaruhi besarnya efek pendinginan di evaporator dan kerja yang dilakukan oleh kompresor untuk mempertahankan siklus pendinginan. Saat suhu refrigeran di sisi evaporator meningkat, kapasitasnya untuk menyerap panas dari lingkungan juga meningkat, sehingga meningkatkan efek pendinginan. Peningkatan suhu refrigeran dapat memaksa kompresor untuk bekerja lebih keras, karena harus meningkatkan operasinya untuk menaikkan tekanan refrigeran ke keadaan kondensasi. Kondisi ini menunjukkan hubungan timbal balik antara efek pendinginan dan operasi

kompresor terhadap nilai COP. Tujuan menentukan Koefisien Kinerja (COP) adalah untuk menilai efektivitas dampak pendinginan AC relatif terhadap energi listrik yang digunakan. Angka COP menunjukkan efisiensi AC Daikin 1 HP dalam menyerap panas dari ruangan relatif terhadap daya listrik yang digunakan oleh kompresor. Nilai COP yang lebih tinggi menunjukkan efisiensi sistem pendingin yang digunakan lebih baik.

Selain sebagai indikator efisiensi energi, nilai COP juga digunakan untuk mengevaluasi kondisi operasi AC, khususnya dalam menentukan apakah sistem bekerja pada kondisi optimal atau tidak. Hasil analisis COP dapat menjadi dasar dalam upaya penghematan energi listrik, perbaikan kinerja sistem *refrigerasi*, serta pemilihan kondisi operasi yang paling efektif. Oleh karena itu, pengujian COP dalam penelitian ini memiliki peranan penting dalam memberikan gambaran nyata mengenai performa AC Daikin 1 HP pada berbagai variasi temperatur refrigeran.

Hasil uji eksperimen pada ac daikin di sajikan dalam Tabel.1 yang menyajikan hasil pengujian kinerja AC Daikin 1 HP pada variasi suhu ruangan sebesar 20°C, 19,2°C, dan 18°C, yang mencakup data temperatur, tekanan refrigeran, serta parameter listrik kompresor. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan kondisi kerja sistem refrigerasi akibat variasi suhu ruangan dan pengaruhnya terhadap nilai *Coefficient of Performance* (COP). Pada pengujian suhu ruangan 20°C, diperoleh nilai T1 (suhu masuk kompresor) sebesar 29,6°C yang menunjukkan temperatur refrigeran pada sisi kompresor. Nilai T2 (suhu keluar kompresor) sebesar 98,0°C merupakan temperatur refrigeran setelah keluar dari kompresor yang mengalami peningkatan suhu akibat proses kompresi. Temperatur pada kondensor ditunjukkan oleh T3 (suhu kapiler) sebesar 37,6°C, yang menandakan proses pelepasan panas ke lingkungan. Selanjutnya, T4 (suhu evaporator) sebesar 3,9°C menunjukkan temperatur refrigeran pada evaporator, yang berperan dalam proses penyerapan panas dari ruangan. Pada kondisi yang sama, tekanan refrigeran pada sistem juga terukur melalui P1 hingga P4. Tekanan pada sisi kompresor dan kondensor ditunjukkan oleh P1 (tekanan kompresor) sebesar 13,45 bar dan P2

(tekanan kondensor) sebesar 13,48 bar, yang mencerminkan kondisi tekanan tinggi sistem. Tekanan setelah melewati pipa kapiler dan pada sisi evaporator ditunjukkan oleh P3 (tekanan kapiler) sebesar 13,19 bar dan P4 (tekanan evaporator) sebesar 4,12 bar, yang menggambarkan terjadinya penurunan tekanan sebelum proses penyerapan panas. Selain itu, arus listrik kompresor tercatat sebesar 3,93 A dengan tegangan listrik sebesar 225 V, yang digunakan untuk menghitung daya listrik kompresor sebagai dasar perhitungan COP.

Pada pengujian suhu ruangan 19,2°C, nilai T1 (suhu masuk kompresor) sebesar 29,7°C, nilai T2 (suhu keluar kompresor) sebesar 97,8°C, T3 (suhu kapiler) sebesar 37,8°C, dan T4 (suhu evaporator) sebesar 4,0°C menunjukkan bahwa perubahan suhu ruangan tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap temperatur kerja sistem. Tekanan refrigeran pada kondisi ini tercatat P1 (tekanan kompresor) sebesar 13,45 bar, P2 (tekanan kondensor) sebesar 13,42 bar, P3 (tekanan kapiler) sebesar 13,20 bar, dan P4 (tekanan evaporator) sebesar 4,15 bar, yang menunjukkan kestabilan tekanan sistem. Arus listrik kompresor meningkat sedikit menjadi 3,94 A dengan tegangan sebesar 226 V, yang mengindikasikan adanya penyesuaian kerja kompresor terhadap perubahan beban pendinginan.

Pada pengujian suhu ruangan 18°C, diperoleh nilai T1 (suhu masuk kompresor) sebesar 29,7°C, T2 (suhu keluar kompresor) sebesar 98,5°C, T3 (suhu kapiler) sebesar 37,8°C, dan T4 (suhu evaporator) sebesar 3,8°C. Penurunan suhu ruangan menyebabkan temperatur evaporator menjadi sedikit lebih rendah, yang menunjukkan meningkatnya proses penyerapan panas. Tekanan refrigeran pada kondisi ini tercatat P1 sebesar 13,43 bar, P2 (Tekanan Kondensor) sebesar 13,36 bar, P3 (tekanan kapiler) sebesar 13,16 bar, dan P4 (tekanan evaporator) sebesar 4,08 bar, yang menandakan adanya penurunan tekanan sisi rendah. Arus listrik kompresor tetap stabil pada 3,94 A dengan tegangan sebesar 225 V, sehingga daya listrik yang dikonsumsi relatif konstan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi suhu ruangan memengaruhi temperatur dan tekanan refrigeran, terutama pada sisi evaporator

dan kerja kompresor. Data ini menjadi dasar dalam perhitungan efek refrigerasi, daya kompresor, dan nilai COP, yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja dan efisiensi AC Daikin 1 HP pada berbagai kondisi suhu ruangan.

Tabel 1. Hasil Data Pengujian Pada Suhu 20°C , 19,2°C dan 18°C.

Suhu (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	P1 (Bar)	P2 (Bar)	P3 (Bar)	P4 (Bar)	Arus Kompresor (A)	Voltase (V)
20.0	29.6	98.0	37.6	3.9	13.45	13.48	13.19	4.12	3.93	225
19.2	29.7	97.8	37.8	4.0	3.45	13.42	13.20	4.15	3.94	226
18.0	29.7	98.5	37.8	3.8	3.43	13.36	13.16	4.08	3.94	225

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji eksperimen studi pengaruh variasi temperatur refrigeran terhadap nilai COP pada AC daikin 1 hp didapatkan nilai COP terendah sebesar 4,06 pada pengujian suhu 18°C dan nilai COP terbesar 4,16 pada pengujian suhu 20°C. Hasil tersebut memungkinkan dapat diterapkan pada kondisi operasi di lapangan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, M. R. (2022). *Analisa pemakaian daya listrik air conditioner (AC) setelah pemakaian di atas 10 tahun di beberapa ruangan Gedung FTI UNISSULA*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung. hlm. 1–48.
- Agatha, A., Setyawan, A., & Sutandi, T. (2020). *Simulasi pengaruh variasi temperatur evaporasi terhadap kinerja sistem air conditioning dengan refrigeran R-410A menggunakan aplikasi CoolPack*. Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar, Vol. 11, hlm. 321–326.
- Hindratmo, D. B., Purnomo, B. C., Wicaksono, A. S., & Habibi, I. (2023). *Komparasi kinerja AC kendaraan dengan menggunakan refrigeran R-134a dan R-290*. Borobudur Engineering Review, Vol. 3, No. 1, hlm. 1–11.
- Korawan, A. D. (2020). *Pengaruh temperatur kondensor terhadap kinerja lemari pendingin*. Jurnal Teknovasi, Vol. 7, No. 1, hlm. 71–75.
- Laila, N. N., & Prasetyo, H. B. (2024). *Dampak penggunaan Air Conditioner (AC) di tempat kerja terhadap kesehatan karyawan perkantoran*. Tirtayasa Medical Journal, Vol. 4, No. 1, hlm. 10–16.
- Nugroho, A. S. (2018). *Analisa pengaruh panjang pipa dan diameter pipa subcooler terhadap unjuk kerja mesin pendingin dengan penambahan subcooling*. Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin UNTAG Surabaya, Vol. 1, No. 1, hlm. 1–10.
- Purnomo, B. C., & Setiyo, M. (2017). *Karakteristik sistem refrigerasi kompresi uap dengan refrigerant campuran Musicool 134–CO₂*. Jurnal Teknologi, Vol. 9, No. 2, hlm. 57–64.
- Santosa, T. H. A., Nadjib, M., Thoharuddin, & Riza, M. A. (2017). *Efek variasi beban pendinginan terhadap Coefficient of Performance (COP) alat uji pengukuran koefisien evaporasi menggunakan refrigeran R-134a*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Vol. 20, No. 2, hlm. 193–203.
- Syah, F. F., & Nugroho, M. S. P. (2013). *Kenyamanan termal Gedung Sekretariat Daerah Kabupaten Kudus*. Jurnal Sinektika, Vol. 13, No. 2, hlm. 105–110.
- Wiratmaja, I. G., Dantes, K. R., & Artha, E. A. J. (2022). *Analisis pengaruh variasi jarak katup ekspansi dengan kondensor terhadap laju pendinginan dan COP pada mesin pengkondisian udara tipe split air conditioning*. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha, Vol. 10, No. 1, hlm. 75–85.