

Analysis Of Cooling Air Characteristics On *Air Conditioner* (AC) Performance

Aqilvin Berliansyah^{1*}, Arwizet Karudin¹, Refdinal¹, Remon Lapisa¹

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, INDONESIA

Corresponding author: aqilvin.berliansyah@gmail.com

Received December 23th 2024; Revised January 26th 2025; Accepted February 4th 2025

Abstract

A stable room temperature is essential for comfort. This study tests the performance of *split wall air conditioners* with R-22 refrigerant and evaluates how to improve their efficiency through the influence of cooling air temperature. The experiment was carried out by varying the air temperature and cooling load using a heater. Data is taken every 15 minutes for 2 hours using a digital thermometer. The results showed that the maximum *coefficient of performance* (COP) value reached 8 *indoors* and 7.2 *outdoors*. Meanwhile, the maximum *energy efficiency ratio* (EER) value was recorded at 4.2 *indoors* and 3.7 *outdoors*. The stability of COP and EER values indicates that the *Split Air Conditioner* can operate efficiently despite variations in air temperature and cooling load. Cooler cooling air proved to be crucial in improving system efficiency. Conversely, higher refrigerant loads tend to decrease efficiency. However, this drop can be minimized by keeping the cooling air temperature low. The selection of the appropriate refrigerant, such as R-22, also plays an important role in supporting optimal performance. The combination of cooler cooling air and the right refrigerant allows the *split air conditioner* to operate with high efficiency. This research provides an important basis for the development of energy-efficient and efficient cooling systems. Optimizing the temperature of the cooling air is one of the main keys in improving the efficiency of the cooling system. With the right approach, *split air conditioners* can be used more effectively to create thermal comfort while saving energy.

Keywords : *Air Conditioner, Split AC, Cooling Air, Coefficient of Performance (COP), Ambient Temperature*

Analisis Karakteristik Udara Pendingin Terhadap Kinerja *Air Conditioner* (AC)

Abstrak

Suhu ruangan yang stabil sangat penting untuk kenyamanan. Penelitian ini menguji performa AC *split wall* dengan refrigeran R-22 dan mengevaluasi cara meningkatkan efisiensinya melalui pengaruh suhu udara pendingin. Eksperimen dilakukan dengan memvariasikan suhu udara dan beban pendingin menggunakan heater. Data diambil setiap 15 menit selama 2 jam menggunakan termometer digital. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *coefficient of performance* (COP) maksimum mencapai 8 di dalam ruangan AC dan 7,2 di luar ruangan AC. Sementara itu, nilai *energy efficiency ratio* (EER) maksimum tercatat sebesar 4,2 di dalam ruangan AC dan 3,7 di luar ruangan AC. Stabilitas nilai COP dan EER menunjukkan bahwa AC *split* dapat beroperasi secara efisien meskipun terjadi variasi suhu udara dan beban pendingin. Udara pendingin yang lebih dingin terbukti sangat penting dalam meningkatkan efisiensi sistem. Sebaliknya, beban pendingin yang lebih tinggi cenderung menurunkan efisiensi. Namun, penurunan ini dapat diminimalkan dengan menjaga suhu udara pendingin tetap rendah. Pemilihan refrigeran yang sesuai, seperti R-22, juga berperan penting untuk mendukung performa optimal. Kombinasi antara udara pendingin yang lebih dingin dan refrigeran yang tepat memungkinkan AC *split* beroperasi dengan efisiensi tinggi. Penelitian ini memberikan dasar penting bagi pengembangan sistem pendingin yang hemat energi dan efisien. Optimalisasi suhu udara pendingin menjadi salah satu kunci utama dalam meningkatkan efisiensi sistem pendingin. Dengan pendekatan yang tepat, AC *split* dapat digunakan secara lebih efektif untuk menciptakan kenyamanan termal sekaligus menghemat energi.

Kata kunci : *Air Conditioner, AC Split, Udara Pendingin, Coefficient of Performance (COP), Suhu Lingkungan*

I. PENDAHULUAN

Indonesia terletak di garis khatulistiwa, sehingga memiliki iklim tropis dengan dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Suhu harian di Indonesia dapat mencapai 35°C atau bahkan lebih, dengan rentang suhu antara 29°C hingga 36°C dan kelembaban antara 70-80%. Menurut (Akbar et al., 2021; Budiawan Arham & Yuvenda, 2024; Setiawan, 2021), suhu di Indonesia, termasuk kota Padang, rata-rata mencapai 34°C. Berdasarkan data BMKG (2023), suhu rata-rata di Kota Padang adalah 35°C dengan kelembaban berkisar antara 70-80%. Suhu yang tinggi ini sering membuat orang merasa tidak nyaman saat beraktivitas di dalam ruangan, seperti belajar, makan, tidur, atau bekerja. Oleh karena itu, diperlukan sistem pendingin ruangan agar suhu ruangan dapat dikondisikan agar lebih nyaman.

Refrigerasi adalah usaha untuk mencapai dan mempertahankan suhu yang sesuai dengan lingkungan sekitar. Salah satu alat refrigerasi yang umum digunakan adalah *air conditioner* (AC) atau mesin pendingin ruangan, yang berfungsi untuk mengkondisikan udara agar lebih nyaman (Aziz et al., 2022). Penggunaan AC bertujuan untuk menciptakan udara yang sejuk dan nyaman bagi tubuh kita. Ada beberapa jenis AC, di antaranya AC *split wall*, AC *floor standing*, AC *cassette*, AC *central*, AC *window*, dan AC VRV (*Variable Refrigerant Volume*) (Novendri et al., 2022). Pada penelitian ini, penulis akan fokus pada AC *split wall*, jenis AC yang sering digunakan di rumah-rumah di kota Padang (Indrawan dan Suryono Suryono, 2019; Sumardi, 2016).

air conditioner (AC) umumnya memiliki beberapa komponen utama, yaitu *kompresor*, *kondensor*, *evaporator*, katup ekspansi, dan refrigeran sebagai fluida pendinginnya. Kompresor berfungsi untuk menaikkan dan mengalirkan tekanan gas refrigeran menuju *kondensor*. *Kondensor* adalah alat untuk memindahkan panas dari gas refrigeran yang panas ke media pendingin. Tujuannya adalah untuk menurunkan suhu refrigeran, sehingga gas tersebut berubah fase menjadi cair (Setiyawan & Sugiantoro, 2016). *Kondensor* membuang panas refrigeran dengan memanfaatkan udara dan bantuan kipas (*blower*). Sebelum gas refrigeran memasuki *evaporator*, ia terlebih dahulu didinginkan di *kondensor*.

Untuk meningkatkan *coefficient of performance* (COP) mesin pendingin, *kondensor* dapat menggunakan media air. Penggunaan media air ini dapat mengurangi intensitas *blower* yang diperlukan (Faisal et al., 2016; Putra Pa, 2020; Suryadi & Firmansyah, 2020). Perubahan temperatur udara luar biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah lamanya penyinaran matahari di suatu daerah. Penyinaran yang lebih lama dapat menyebabkan kinerja AC *split* meningkat, seperti kompresor yang bekerja lebih berat saat mengompresi refrigeran. Selain itu, hal ini juga mempengaruhi perbedaan entalpi pada *kondensor* dan membuat efek refrigerasi semakin kecil (Sumardi, 2016; Sumirat, 2015; Temaja et al., 2018).

II. METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Jenis metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen, dengan alat yang telah dimodifikasi dari AC *split*. Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa alat trainer AC *split* dan mencari karakteristik udara pendingin yang optimal terhadap kinerja AC.

Pada penelitian eksperimen, peneliti secara sengaja memberikan perlakuan tertentu kepada subjek penelitian untuk menghasilkan suatu kejadian atau kondisi yang akan diteliti, serta mengamati akibatnya. Dengan kata lain, variabel yang datanya belum ada perlu dimanipulasi melalui pemberian perlakuan atau treatment tertentu terhadap subjek penelitian, kemudian dampaknya akan diamati dan diukur (Sumardi, 2016; Temaja et al., 2018).

2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan April 2023 hingga Agustus 2024. Pembuatan alat dan pengambilan data dilakukan di rumah serta di area kampus UNP. Objek penelitian yang digunakan adalah alat simulasi AC *split* yang menggunakan *freon* R-22.

3. Prosedur Penelitian

Proses pengambilan data dilakukan menggunakan termometer digital dengan waktu pengujian selama 2 jam. Data diambil setiap 15 menit dengan total 18 variasi data. Peneliti menggunakan AC *indoor* dan *outdoor* yang diletakkan pada meja pembelajaran khusus, yang terbuat dari kerangka besi dan dirancang agar mudah untuk memasang AC *indoor* maupun *outdoor* (Indrawan dan Suryono Suryono, 2019; Priangkoso et al., 2018).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur:

- Pengaruh udara pada *kondensor* terhadap COP,
- Pengaruh heater pada *indoor* terhadap COP,
- Pengaruh EER terhadap efisiensi AC,

- Pengaruh udara dingin yang dihasilkan oleh AC *indoor* terhadap pendinginan yang diterima oleh AC *outdoor*, dan
- *Coefficient of performance* (COP) atau koefisien kinerja pada refrigerasi, yang mengindikasikan seberapa efisien unit tersebut menggunakan energi.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- AC *indoor* dan *outdoor*,
- Kerangka kerja,
- Alumunium holo,
- Akrilik,
- Paku dan tang rivet,
- Silikon,
- MCB listrik,
- Pilot lamp,
- Vacuum pump,
- Heater, dan
- Thermometer digital.

4. Analisis Data

Teknik pengambilan data dilakukan dalam bentuk tabel. Hasil pengukuran mencakup suhu, tegangan, arus listrik, temperatur yang terukur, serta perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin AC *split*. Data diambil selama 2 jam dengan 18 variasi data, dan perekaman data dilakukan setiap 15 menit sekali.

III. HASIL PENELITIAN

1. Hasil Rancangan Alat

Alat Simulasi *Refrigerator* adalah alat praktikum yang dibuat sedemikian rupa agar seorang paham cara sirkulasi *refrigerator* pada *air conditioner*. Alat ini mempunyai ukuran lebar 65 cm, panjang 80 cm dan tinggi 115 cm. alat ini cukup mudah untuk digunakan, yakni hanya dengan menghubungkannya dengan listrik alat ini sudah dapat dioperasikan dan diuji.



Gambar 1. Alat Simulasi Ac Split

Alat ini telah diuji oleh penulis sebanyak 5 kali dengan suhu lingkungan yang berbeda. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa alat ini cukup efektif digunakan untuk praktikum mata kuliah sistem pendingin dan pengkondisian udara.

IV. PEMBAHASAN

1. Pengaruh Beban *Refrigerator* terhadap Komsumsi Daya Listrik.

Beban memiliki pengaruh besar terhadap konsumsi listrik. Semakin berat beban yang diberikan pada mesin, semakin besar pula konsumsi listrik yang digunakan. Dalam penelitian ini, peneliti menguji beberapa kali dengan variasi beban dan lokasi pengujian yang berbeda, seperti yang tercantum dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. Pengujian

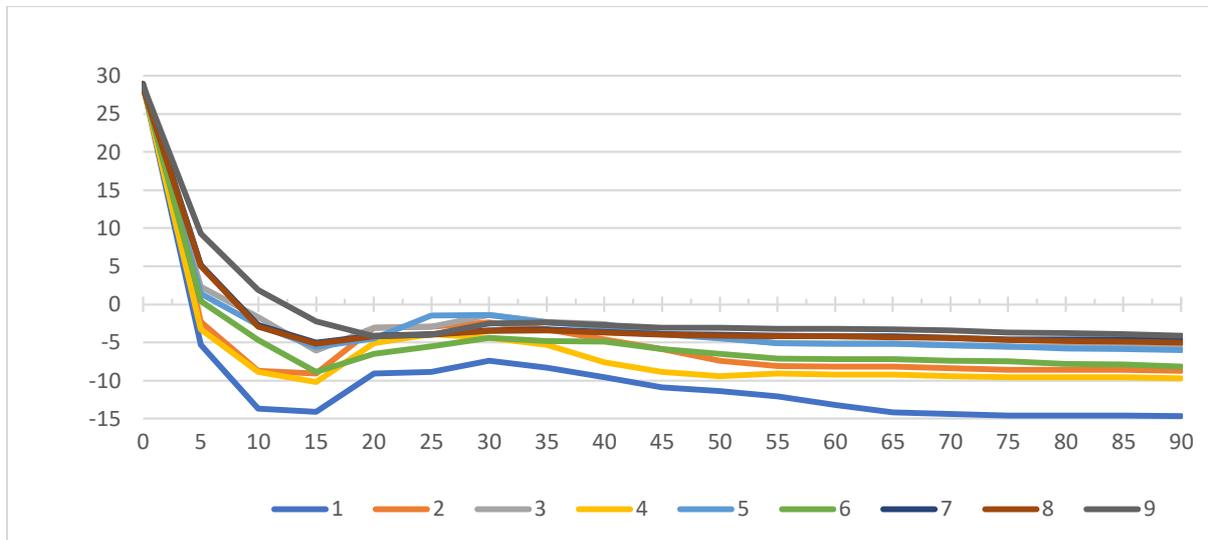
Hari ke-	Beban (Watt)		Daya Total (Watt)	
	Evaporator	Kondensor	Dalam Ruangan	Luar Ruangan
1	0	0	693,227	696,106
2	100	0	710,936	735,928
3	200	0	735,928	735,928
4	0	100	699,415	735,928
5	0	200	733,718	763,424
6	100	100	705,308	710,38
7	200	100	749,223	760,373
8	100	200	749	761,488
9	200	200	758,72	772,916

Pada hari pertama, tanpa beban pada *evaporator* dan *kondensor*, daya total yang dibutuhkan cukup rendah, yaitu 693,227 *Watt* untuk luar ruangan dan 696,106 *Watt* untuk dalam ruangan. Pada hari kedua, ketika beban pada *evaporator* mencapai 100 *Watt*, daya total luar ruangan naik menjadi 710,936 *Watt*, sementara daya dalam ruangan mencapai 735,928 *Watt*. Pada hari kelima, saat beban 200 *Watt* diberikan pada *kondensor*, daya total meningkat signifikan menjadi 763,424 *Watt*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pendingin harus bekerja lebih keras untuk mempertahankan suhu yang diinginkan ketika beban bertambah, dengan daya total pada hari pertama sebesar 693,227 *Watt*.

2. Pengaruh Kondisi Ruangan terhadap Temperatur

a. Temperatur didalam Ruangan Tertutup

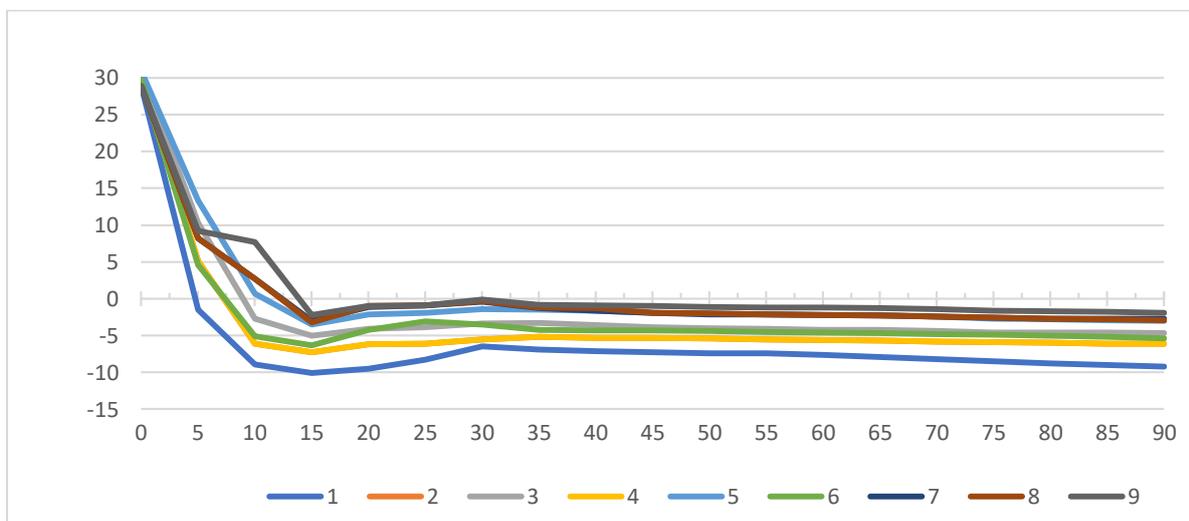
Hasil pengukuran temperatur ruangan dari 9 kali percobaan yang dilakukan di ruangan tertutup menunjukkan bahwa pada awal percobaan, temperatur ruangan berkisar antara $28,5^{\circ}\text{C}$ hingga $28,9^{\circ}\text{C}$, yang menunjukkan kondisi cukup stabil. Namun, pada *interval* 5 menit, terdapat perbedaan temperatur yang cukup signifikan, yaitu antara $-5,3^{\circ}\text{C}$ hingga $9,3^{\circ}\text{C}$. Dalam pengukuran yang lebih lama, temperatur ruangan dapat mencapai nilai terendah, yaitu antara $-14,7^{\circ}\text{C}$ hingga $-4,1^{\circ}\text{C}$.



Gambar 2. Grafik Temperature Ruangan di Ruangan Tertutup

b. Temperatur diluar Ruangan

Hasil pengukuran temperatur ruangan dari 9 kali percobaan yang dilakukan di ruangan tertutup menunjukkan bahwa pada awal percobaan, temperatur ruangan berkisar antara $28,9^{\circ}\text{C}$ hingga $30,9^{\circ}\text{C}$, yang menandakan kondisi cukup stabil. Namun, pada *interval* 5 menit, terdapat perbedaan temperatur yang cukup signifikan, yaitu antara $10,3^{\circ}\text{C}$ hingga $-1,5^{\circ}\text{C}$. Dalam pengukuran yang lebih lama, temperatur ruangan dapat mencapai nilai terendah, yaitu antara $-9,2^{\circ}\text{C}$ hingga $-1,9^{\circ}\text{C}$.



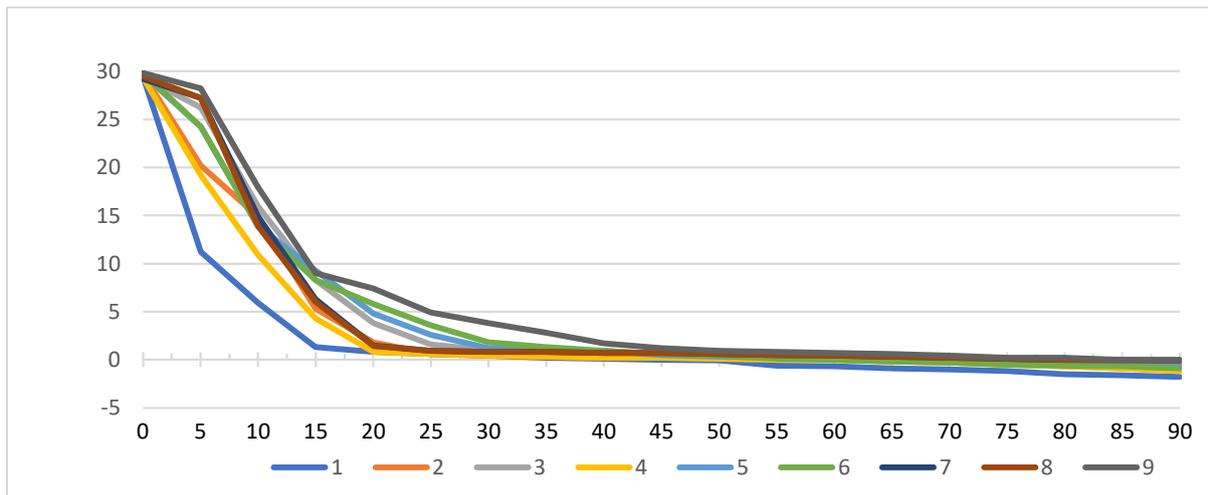
Gambar 3. Grafik Temperature Ruangan di Ruangan Terbuka

3. Penurunan Temperatur Ruang (AC) terhadap Produk

Dalam pengujian ini, perubahan suhu air dalam botol akan dicatat untuk menentukan seberapa cepat dan efisien AC dapat menurunkan suhu produk.

a. Temperatur Produk didalam Ruang Tertutup

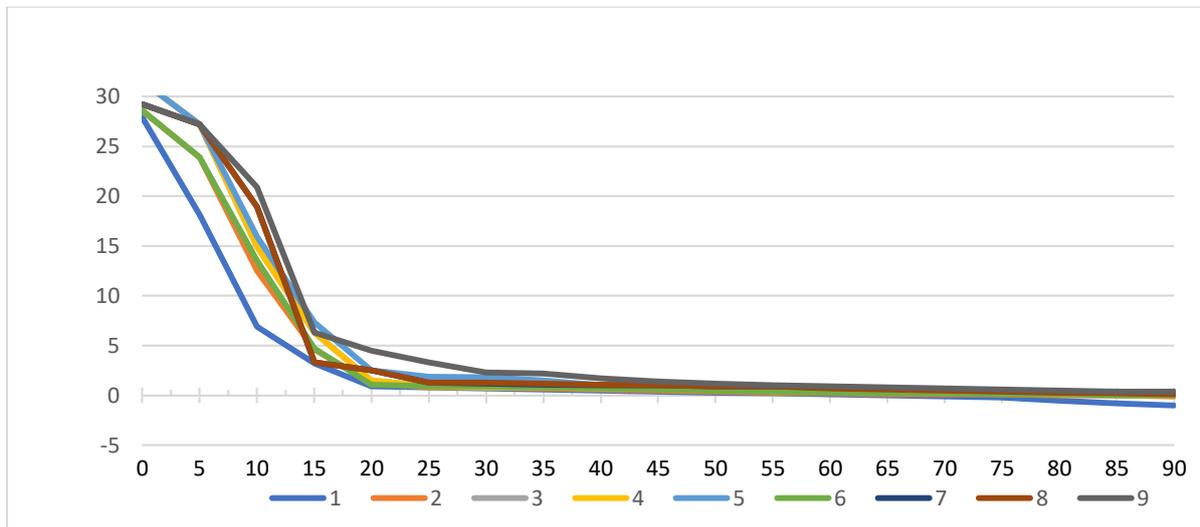
Hasil pengukuran temperatur produk dari 9 kali percobaan yang dilakukan di ruangan tertutup menunjukkan bahwa suhu awal air dalam botol berkisar antara $29,2^{\circ}\text{C}$ hingga $29,8^{\circ}\text{C}$. Selama 90 menit, terjadi penurunan suhu yang signifikan. Pada *interval* awal (0-15 menit), penurunan suhu sangat drastis, dengan air dalam botol mencapai suhu di bawah 10°C , yang menunjukkan efektivitas tinggi dari *evaporator* AC. Penurunan suhu mulai melambat setelah 30 menit, dengan suhu mendekati titik beku, yaitu 0°C , pada menit ke-55 hingga ke-60.



Gambar 4. Grafik Temperature Produk di Ruang Tertutup

b. Temperatur Produk diluar Ruang Terbuka

Hasil pengukuran temperatur ruangan dari 9 kali percobaan yang dilakukan di ruangan terbuka menunjukkan bahwa pada menit pertama, suhu air turun drastis dari sekitar $27,9^{\circ}\text{C}$ menjadi $6,9^{\circ}\text{C}$ dalam waktu hanya 10 menit, yang mencerminkan kemampuan cepat *evaporator* AC. Suhu air kemudian mendekati titik beku pada menit ke-65. Proses pembekuan mulai terjadi pada menit ke-70, dengan suhu turun menjadi $-0,1^{\circ}\text{C}$, dan pada menit ke-90, suhu mencapai -1°C , menandakan bahwa air dalam botol telah sepenuhnya membeku.

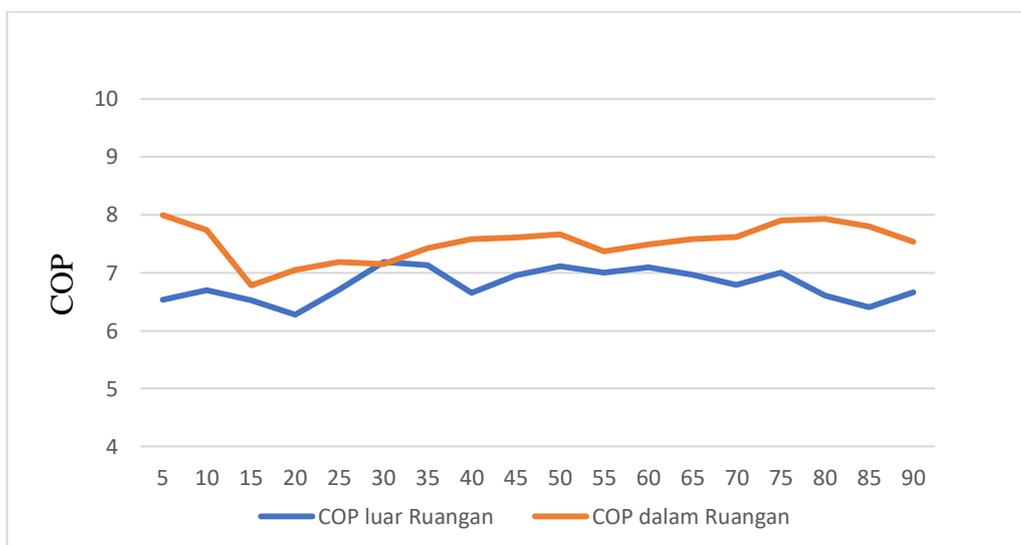


Gambar 5. Grafik Temperatur Produk Terhadap Waktu di Ruang Terbuka

4. COP (Coefeccient of Performance)

Pada hari pertama, tanpa beban, nilai COP di luar ruangan adalah 13,543, sementara di dalam ruangan mencapai 15,571. Seiring dengan peningkatan beban dari hari kedua hingga hari ketiga, terlihat penurunan nilai COP. Pada hari ketiga, dengan beban 200 Watt pada *evaporator*, nilai COP di luar ruangan turun menjadi 11,650, sedangkan di dalam ruangan mencapai 11,485. Pada hari kelima, dengan beban 200 Watt pada *kondensor*, nilai COP di luar ruangan menjadi 10,863.

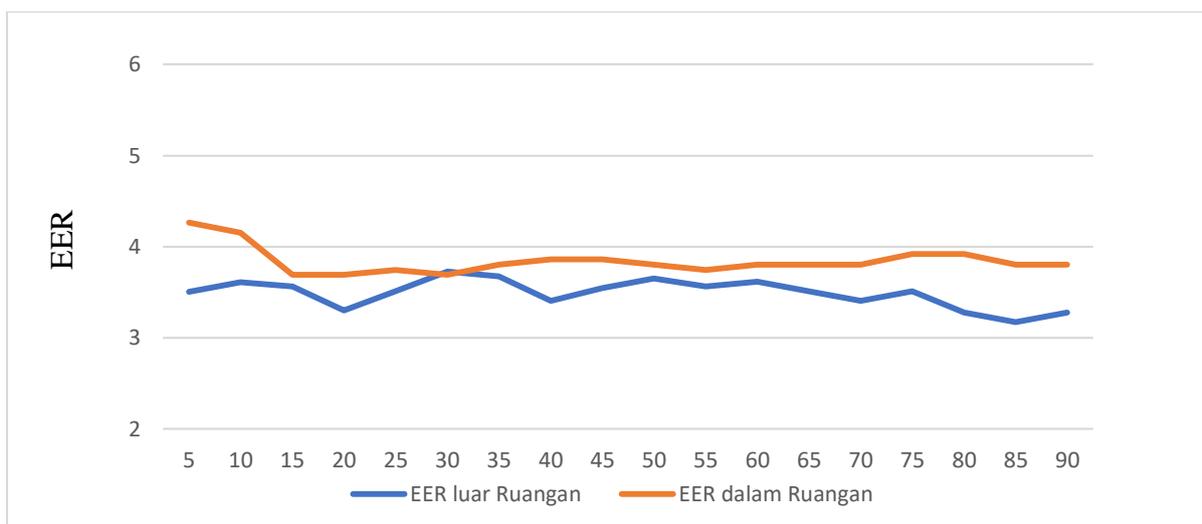
Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa nilai COP sangat dipengaruhi oleh beban yang diterapkan pada alat AC. Semakin tinggi beban, semakin rendah nilai COP, yang mengindikasikan penurunan efisiensi dalam menjaga suhu baik di luar maupun di dalam ruangan. Hal ini menekankan pentingnya pengaturan beban untuk memaksimalkan performa alat AC dalam menciptakan kenyamanan suhu (Ridhuan et al., 2019).



Gambar 6. Grafik Hubungan COP Terhadap Waktu

5. Energy Efficiency Ratio (EER)

Dalam sistem pendingin, beban yang dihadapi oleh *evaporator* dan *kondensor* sangat mempengaruhi kinerja dan efisiensi energi. Pada hari pertama, ketika tidak ada beban, sistem beroperasi dalam kondisi optimal dan memaksimalkan efisiensi energi. Nilai EER luar ruangan dan dalam ruangan pada Gambar 7 menunjukkan perubahan sepanjang periode pengukuran. Pada Hari 1, EER Luar Ruangan (46,173) lebih rendah dibandingkan EER dalam ruangan (53,187), yang menunjukkan efisiensi yang lebih baik di dalam ruangan. Seiring dengan bertambahnya beban pada Hari 2 dan Hari 3, EER luar ruangan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan beban yang dapat mengurangi efisiensi sistem pendinginan secara keseluruhan. Hari 4 menunjukkan sedikit peningkatan, sebelum akhirnya kembali turun pada Hari 5. Di sisi lain, EER dalam ruangan cenderung lebih stabil dan tinggi, yang menunjukkan bahwa sistem lebih efektif dalam mempertahankan kinerja meskipun ada variasi beban yang terjadi ((Budiawan Arham & Yuvenda, 2024)



Gambar 7. Grafik Hubungan EER Terhadap Waktu

V. KESIMPULAN

Alat simulasi AC *split* yang dirancang dalam penelitian ini efektif untuk mereplikasi dan memvisualisasikan cara kerja sistem AC *split* dalam kondisi nyata. Dengan komponen utama seperti kompresor, *evaporator*, *kondensor*, dan sistem sirkulasi refrigeran, alat ini memungkinkan pengguna untuk memahami secara langsung proses pendinginan dan suhu dalam sistem AC. Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa semakin tinggi beban yang diterapkan pada sistem, semakin menurun efisiensi energi, yang tercermin dalam penurunan nilai COP dan EER. Hal ini menandakan bahwa sistem AC membutuhkan lebih banyak energi untuk mempertahankan suhu ruangan ketika beban meningkat. Selain itu, semakin rendah suhu yang diinginkan, semakin besar energi yang diperlukan.

Alat ini dapat menjadi alat yang berguna untuk keperluan pendidikan dan penelitian, memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai cara kerja AC *split* dan faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensinya. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi teknologi terbaru, seperti sistem *inverter*, dan melakukan studi kasus di lokasi yang berbeda untuk mendapatkan wawasan lebih dalam mengenai pola konsumsi listrik dan pengembangan sistem AC yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

VI. REFERENSI

- Akbar, M., Rizal, T. A., & Syntia, R. (2021). PENGUJIAN KINERJA PENDINGINAN THERMO ELECTRIC COOLING (TEC) MEGGUNAKAN HEATSINK DENGAN VARIASI DIMENSI DAN JENIS MATERIAL. *ejurnalunsam.id*, 08, 20–28.
- Aziz, R., Aqib Ridwanul, dan K., Pendingin dan Tata Udara, T., & Negeri Indramayu, P. (2022). SISTEM KONTROL TEMPERATUR EVAPORATOR UNTUK PENGKONDISIAN AIR PADA BUDIDAYA LOBSTER. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-8 ISAS Publishing Series: Engineering and Science*, 8(1).
- Budiawan Arham, V., & Yuventa, D. (2024). PENGARUH TEMPERATUR UDARA PENDINGIN KONDENSOR TERHADAP KINERJA ALAT SIMULASI AC SPLIT KOMERSIAL THE EFFECT OF CONDENSER COOLING AIR TEMPERATURE ON THE PERFORMANCE OF COMMERCIAL SPLIT AC SIMULATION MACHINE. 6(1). <http://vomek.ppj.unp.ac.id>
- Faisal, R., Ikhsan Nurulloh, M., & Harmiansyah, J. (2016). Journal of Creativity Students Ecobox : Inovasi Penyimpan Makanan Non CFC Berbasis Peltier Thermoelektrik Yang Murah, Hemat Energi dan Ramah Lingkungan. In *Journal of Creativity Students* (Vol. 1, Issue 1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jcs>
- Indrawan dan Suryono Suryono, W. (2019). SISTEM PENDINGIN MENGGUNAKAN THERMO-ELECTRIC COOLER DENGAN KONTROLER PROPORTIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVE (Vol. 22, Issue 2).
- Kandar, M. (2021). Karakteristik Peltier pada Elemen Termoelektrik TEC1-12706 sebagai Efek Seebeck untuk Konversi Energi Alternatif Penghasil Listrik. In *Prosiding Seminar Nasional Energi*.
- Novendri, J., Rianti, E., & Nurrahman, S. (2022). *Prosiding Senatkom Penerapan Sistem Pakar Dengan Metode Case Based Reasoning (CBR) Dalam Diagnosa Kerusakan Mesin Kulkas Berbasis WEB*. 7(1), 15–26. <https://doi.org/10.37034/senatkom.v7i1.3>
- Priangkoso, T., Santoso, N. E., Aprianto, T., & Dzulfikar, M. (2018). PENGARUH JENIS REFRIGERANT DAN DIAMETER PIPA KAPILER TERHADAP KINERJA AC SPLIT. 14(02), 39–45.
- Putra Pa, B. (2020). KULKAS PORTABLE MENGGUNAKAN REFRIGERATOR THERMOELEKTRIK.
- Ridhuan, K., Gede Angga, I. J., Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro, J., Ki Hjar Dewantara No, J., & Metro, K. (2019). PENGARUH MEDIA PENDINGIN AIR PADA KONDENSOR TERHADAP KEMAMPUAN KERJA MESIN PENDINGIN.
- Setiawan, H. (2021). SKRIPSI PENGARUH JENIS MEDIA PENDINGIN KONDENSOR TERHADAP UNJUK KERJA MESIN PENDINGIN AC (SPLIT).
- Setiyawan, K., & Sugiantoro Teknik Mesin STT Wiworotomo Purwokerto Jl Semangkir No, B. (2016). INFLUENCE OF LOAD VARIATION, REFRIGERANT TIME, AND TEMPERATURE ON PERFORMANCE OF REFRIGERANT ENGINE (Vol. 17, Issue 1).
- Sumardi, K. (2016). PENGARUH KENAIKAN TEMPERATUR LINGKUNGAN TERHADAP KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA SISTEM TATA UDARA.
- Sumirat, I. (2015). RANCANG BANGUN PROTOTIPE KULKAS MINI THERMOELEKTRIK.

- Suryadi, A., & Firmansyah, A. (2020). RANCANG BANGUN KULKAS MINI PORTABLE MENGGUNAKAN PELTIER. *Jurnal SIMETRIS*, 11(1).
- Temaja, W., Arsana, M. E., Putu, L., Midiani, I., Mesin, J. T., & Bali, P. N. (2018). *KAJIAN EKSPERIMENTAL CAMPURAN R-32/R-290 PENGGANTI REFRIGERAN R-32 PADA AC SPLIT DOMESTIK*.