

Analisis Penggunaan *Refrigerant Hydrocarbon* Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin Tipe AC Split

I Gede Andi Putra Wijaya¹, Gede Widayana², I Gede Wiratmaja³

¹ Universitas Pendidikan Ganesha; email : andi.putra@undiksha.ac.id

² Universitas Pendidikan Ganesha; email : gede.widayana@undiksha.ac.id

³ Universitas Pendidikan Ganesha; email : wiratmaja@undiksha.ac.id

* Penulis : I Gede Andi Putra Wijaya

Abstract: The demand for environmentally friendly refrigerants continues to increase in line with global warming issues and the limitations of hydrofluorocarbon (HFC) refrigerants with high Global Warming Potential (GWP). One promising alternative is the hydrocarbon refrigerant R290, which has zero Ozone Depletion Potential (ODP) and very low GWP. This study aims to analyze the effect of using R290 on the performance of a Split-type air conditioning (AC) system compared to R410a. The research was conducted experimentally using a 1 HP Split-type AC unit in a cubic test room measuring $1.5 \times 1.5 \times 1.5$ meters. The test was repeated 10 times to obtain accurate and reliable data. The variables analyzed included room cooling rate and lowest achievable temperature. The experimental data were analyzed quantitatively and descriptively by comparing the cooling performance of the system using hydrocarbon and fluorocarbon refrigerants. The results showed that the cooling rate increased by 42.85%, the lowest temperature improved by 8.44%. These findings demonstrate that R290 provides better cooling performance, higher energy efficiency, and lower environmental impact compared to R410a. Therefore, R290 is a feasible alternative to replace R410a in Split-type AC systems, while safety considerations must be taken into account due to its flammable nature.

Keywords: Hydrocarbon Refrigerant; Hydrofluorocarbon Refrigerant; Room Cooling Rate; Lowest Achievable Temperature; Global Warming Potential

Abstrak: Kebutuhan akan refrigeran ramah lingkungan semakin meningkat seiring isu pemanasan global serta keterbatasan refrigeran hidrofluorokarbon (HFC) yang memiliki nilai Global Warming Potential (GWP) tinggi. Salah satu alternatif potensial adalah refrigeran hidrokarbon R290, yang memiliki Ozone Depletion Potential (ODP) nol dan GWP sangat rendah. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penggunaan R290 terhadap kinerja sistem pendingin tipe AC Split dibandingkan dengan R410a. Penelitian dilakukan secara eksperimen menggunakan AC Split berkapasitas 1 PK dalam ruang uji berbentuk kubus dengan dimensi $1,5 \times 1,5 \times 1,5$ meter. Pengujian diulang sebanyak 10 kali untuk memperoleh data yang akurat dan reliabel. Variabel terikat yang dianalisis meliputi laju pendinginan ruangan dan capaian suhu kabin terendah. Data hasil eksperimen dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan kinerja mesin pendingin menggunakan dua jenis refrigeran, yaitu hidrokarbon dan hidrofluorokarbon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pendinginan ruangan meningkat sebesar 42,85%, capaian suhu terendah meningkat 8,44%. Temuan ini membuktikan bahwa R290 memiliki kinerja pendinginan lebih baik, efisiensi energi lebih tinggi, serta dampak lingkungan lebih rendah dibandingkan R410a. Dengan demikian, R290 layak dipertimbangkan sebagai alternatif pengganti R410a pada AC Split, dengan tetap memperhatikan aspek keselamatan karena sifatnya yang mudah terbakar.

Kata kunci: Refrigeran Hydrocarbon; Refrigeran Hidrofluorokarbon; Laju Pendinginan Ruangan; Capaian Suhu Terendah; Global Warming Potential.

Diterima: Oktober 20, 2025

Direvisi: Oktober 28, 2025

Diterima: Oktober 29, 2025

Diterbitkan: November 2, 2025

Versi sekarang: November 2, 2025



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan lisensi Creative Commons Attribution (CC BY SA) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dalam sistem pendingin mengalami kemajuan pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan kenyamanan termal di sektor perumahan, perkantoran, dan industri [1]. Salah satu perangkat yang umum digunakan adalah Air Conditioner (AC) tipe Split, yang dikenal efisien dan mudah diinstalasi [2]. Namun, penggunaan refrigeran konvensional seperti hidrofluorokarbon (HFC) menimbulkan permasalahan lingkungan, terutama terkait pemanasan global dan potensi kerusakan ozon.

Global Warming Potential (GWP) merupakan ukuran dampak gas rumah kaca terhadap pemanasan global dibandingkan karbon dioksida (CO_2) selama periode tertentu, biasanya 100 tahun [3]. Ozone Depleting Potential (ODP) mengindikasikan seberapa besar zat tersebut dapat merusak lapisan ozon. Berdasarkan data dari Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water (2024), nilai GWP untuk beberapa jenis HFC yang umum digunakan dalam AC adalah HFC-134a ($\text{GWP} = 1.430$), HFC-404A ($\text{GWP} = 3.800$), dan HFC-410A ($\text{GWP} = 2.088$) [4]. Walaupun memiliki $\text{ODP} = 0$, nilai GWP yang tinggi menyebabkan penggunaannya terus dikaji ulang untuk mencari alternatif refrigeran yang lebih ramah lingkungan.

Sebagai alternatif, refrigeran hydrocarbon (HC) seperti propana (R-290) mulai dikembangkan karena memiliki ODP nol dan GWP yang sangat rendah. Secara termodinamika, R-290 memiliki tekanan kerja dan kapasitas pendinginan yang setara atau bahkan lebih baik dibandingkan R-22, serta mampu beroperasi pada suhu penguapan dan kondensasi yang efisien [5]. Spesifikasi teknis R-290 meliputi titik didih $-42,1^\circ\text{C}$, tekanan kondensasi sekitar 12–14 bar pada suhu 55°C , serta kapasitas pendinginan volumetrik tinggi. Sebagai perbandingan, R-134a memiliki titik didih $-26,3^\circ\text{C}$ dan $\text{GWP} = 1.430$, sementara R-410A memiliki tekanan kerja lebih tinggi dan $\text{GWP} = 2.088$. Berdasarkan penelitian yang relevan diperoleh hasil yaitu R-290 memiliki $\text{GWP} < 4$, jauh lebih rendah dibandingkan R-32 yang memiliki $\text{GWP} = 675$ [6]. Selain itu penelitian lain menemukan bahwa refrigeran R-1270 (MC-32) hanya memiliki $\text{GWP} = 1,8$, dibandingkan dengan R-134a yang memiliki $\text{GWP} = 1.300$ [7]. Dari sisi efisiensi energi, studi telah dilakukan untuk membandingkan R-290 dan R-22 dalam sistem AC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa R-290 memiliki temperatur keluar kompresor yang lebih rendah, sehingga memperpanjang umur pakai kompresor serta meningkatkan efisiensi sistem [8]. Selain itu penelitian lain juga menemukan bahwa sistem AC Split 1 PK yang menggunakan R-290 memiliki efisiensi energi lebih tinggi dibandingkan dengan R-22 [9].

Dapat dilihat bahwa refrigeran hydrocarbon memiliki ODP nol dan GWP yang sangat rendah jika dibandingkan dengan refrigeran HFC. Namun, penelitian sebelumnya belum membahas secara detail bagaimana pengaruh penggunaan refrigeran hidrokarbon terhadap parameter performa utama seperti laju pendinginan ruangan dan capaian suhu terendah pada kabin. Kedua parameter ini sangat penting untuk diteliti karena laju pendinginan ruangan menunjukkan seberapa cepat sistem AC mampu menurunkan suhu ruangan dari kondisi awal menuju suhu nyaman. Ini berkaitan langsung dengan kenyamanan pengguna serta efisiensi waktu operasional AC. Jika refrigeran alternatif mampu memberikan laju pendinginan yang sama atau lebih cepat dibandingkan refrigeran konvensional, maka refrigeran tersebut layak dipertimbangkan sebagai pengganti.

Berikutnya capaian suhu terendah menunjukkan batas kemampuan sistem pendingin dalam mencapai suhu yang diinginkan. Hal ini penting untuk dikaji dalam usaha mengetahui apakah refrigeran hydrocarbon memiliki kemampuan setara atau lebih baik dibandingkan HFC dalam memenuhi kebutuhan suhu ruangan tertentu.

Adapun dari uraian penelitian sebelumnya dapat dilihat bahwa refrigeran hydrocarbon memiliki ODP nol dan GWP yang sangat rendah jika dibandingkan dengan refrigeran HFC. Namun penelitian sebelumnya belum membahas tentang bagaimana pengaruh dari penggunaan refrigeran hydrocarbon terhadap laju pendinginan ruangan dan capaian suhu terendah pada kabin sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan guna mengetahui bagaimana

pengaruh refrigeran hydrocarbon terhadap unjuk kerja mesin pendingin dengan sistem refrigerasi kompresi uap.

Dalam penelitian ini peneliti akan melakukan pengujian dengan membandingkan 2 jenis refrigeran yaitu antara refrigeran hydrocarbon dan refrigeran HFC dengan menggunakan subjek penelitian berupa AC Split berkapasitas 1/2 PK yang diinstalasi pada ruangan yang berbentuk kubus dengan ukuran masing masing sisi 1,5 meter. setelah itu akan dilakukan pengujian dan pengolahan data untuk mencari laju pendinginan ruangan dan capaian suhu terendah. Hasil penelitian tersebut akan digunakan untuk memberikan rekomendasi terkait penggunaan refrigeran hydrocarbon pada mesin pendingin tipe AC Split.

Sistem refrigerasi yang paling sederhana memiliki Komponen utama berupa kompresor, yang sering disebut juga sebagai pompa isap, merupakan komponen penting dalam sistem pendingin [10]. Peran utama kompresor adalah mensirkulasikan refrigeran ke seluruh sistem dengan cara meningkatkan tekanan dan suhu refrigeran. Proses kerjanya dimulai ketika refrigeran berupa gas bersuhu dan bertekanan rendah keluar dari evaporator, kemudian dimampatkan di dalam kompresor sehingga tekanan dan suhunya meningkat. Selanjutnya, gas refrigeran tersebut dialirkan menuju kondensor yang berfungsi untuk membuang kalor yang diserap dari evaporator dan panas yang diperoleh dari kompresor, serta mengubah wujud gas menjadi cair [11]. Kontruksi dari kondensor dicirikan oleh adanya sekumpulan pipa (tabung) yang dipasangkan didalam shell (pipa galvanis) yang berbentuk silinder dimana 2 jenis fluida saling bertukar kalor yang mengalir secara terpisah (udara dan refrigeran). Kondensor ditempatkan di antara kompresor dan alat pengatur bahan pendingin (pipa kapiler). Posisinya ditempatkan berhubungan langsung dengan udara luar agar gas di dalam kondensor juga didinginkan oleh suhu sekitar.

Komponen utama lainnya dalam sistem pendingin adalah katup ekspansi. Katup ini berfungsi untuk menurunkan tekanan serta mengekspansikan refrigeran cair secara adiabatik dari kondisi bertekanan dan bertemperatur tinggi menjadi bertekanan dan bertemperatur rendah [12]. Proses tersebut terjadi ketika refrigeran cair dialirkan melalui orifice, sehingga sebagian besar berubah menjadi campuran cair-uap dengan tekanan dan temperatur rendah sebelum masuk ke evaporator. Komponen utama lainnya dalam sistem pendingin adalah katup ekspansi. Katup ini berfungsi untuk menurunkan tekanan serta mengekspansikan refrigeran cair secara adiabatik dari kondisi bertekanan dan bertemperatur tinggi menjadi bertekanan dan bertemperatur rendah [13]. Proses tersebut terjadi ketika refrigeran cair dialirkan melalui orifice, sehingga sebagian besar berubah menjadi campuran cair-uap dengan tekanan dan temperatur rendah sebelum masuk ke evaporator [14]. Komponen utama lainnya dalam sistem pendingin adalah katup ekspansi. Katup ini berfungsi untuk menurunkan tekanan serta mengekspansikan refrigeran cair secara adiabatik dari kondisi bertekanan dan bertemperatur tinggi menjadi bertekanan dan bertemperatur rendah. Proses tersebut terjadi ketika refrigeran cair dialirkan melalui orifice, sehingga sebagian besar berubah menjadi campuran cair-uap dengan tekanan dan temperatur rendah sebelum masuk ke evaporator [15].

2. Tinjauan Literatur

Beberapa Penelitian eksperimen pada AC Split khususnya pada Penggunaan Refrigerant Hydrocarbon Sebagai Pengganti Refrigerant Hidrofluorocarbon yg telah dilakukan pada sebelumnya. Penelitian tersebut memiliki beberapa kerelevanan dengan penelitian yang akan dilakukan sekarang. Penelitian tersebut diantaranya adalah:

1. (Ikhsan, 2022) Penelitian ini membandingkan kinerja evaporator pada AC split 1/2 PK yang menggunakan refrigeran R-22 dan R-290. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AC yang menggunakan R-290 memiliki rata-rata efektivitas evaporator yang lebih tinggi dibandingkan dengan R-22, yaitu 14,49 Watt untuk R-290 dan 10,93 Watt untuk R-22.
2. (Temaja et al., 2018) Penelitian ini mengkaji kinerja campuran refrigeran R-32/R-290 sebagai pengganti R-32 pada AC split domestik. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa campuran R-32/R-290 dapat meningkatkan efisiensi sistem dan memiliki potensi sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan R-32 murni.
3. (Widodo et al., 2022) Penelitian ini mengevaluasi kinerja R290 sebagai alternatif pengganti R32 pada unit AC-Split berkapasitas 9000 Btu/hr. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa penggunaan R290 dapat meningkatkan efisiensi energi dan COP sistem pendingin.

3. Metode

Pada bagian ini, Anda perlu menjelaskan metode yang diusulkan langkah demi langkah. Penjelasan disertai dengan persamaan dan diagram alir sebagai ilustrasi akan memudahkan pembaca memahami penelitian Anda.

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di tempat laboratorium teknik pendingin, Program Studi Pendidikan Teknik mesin yang berlokasi di Jalan Udayana No.11 Singaraja, Kec. Buleleng, Kabupaten Buleleng, Bali.

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

- a. Refrigerant Hydrofluorocarbon /HFC (R-410a)
- b. Refrigerant Hydrocarbon (R290)

3.2.2. Alat yang digunakan dalam penelitian ini:

- a. Manifold Gauge
- b. kunci inggris
- c. Kunci L
- d. Thermometer
- e. Vacuum
- f. Stopwatch
- g. pipa kapiler
- h. Pipa tembaga
- i. Oli kompresor
- j. AC split 1 Pk
- k. Obeng
- l. Thermometer Digital
- m. Tang Ampere

3.3. Prosedur Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan, tahapan tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian untuk mendapatkan laju pendinginan ruangan:
 1. Mengisi sistem AC Split dengan refrigeran R-410a (Refrigerant Hydrofluorocarbon).
 2. AC Split dijalankan dalam ruangan uji tertutup berukuran $1,5\text{ m} \times 1,5\text{ m} \times 1,5\text{ m}$.
 3. Setelah AC Split menyala, tentukan setting suhu awal yang dipakai sebagai acuan adalah 30°C .
 4. Tentukan suhu acuan yang akan diteliti yaitu 23°C yang dimana merupakan suhu nyaman manusia.
 5. Data yang saya ambil meliputi waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan temperatur dari 30°C ke 23°C .
 6. Pengulangan pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali agar hasilnya konsisten dan bisa diandalkan.
 7. Melakukan perhitungan laju pendinginan ruangan sesuai dengan waktu yang diperoleh selama pengujian.
 8. Ulangi lakukan langkah 2 sampai dengan langkah 7 dengan menggunakan refrigeran R290 (Refrigerant Hydrocarbon).
- b. Pengujian kedua untuk mendapatkan capaian suhu terendah:
 1. Mengisi sistem AC Split dengan refrigeran R-410a (Refrigerant Hydrofluorocarbon).
 2. AC Split dijalankan dalam ruangan uji tertutup berukuran $1,5\text{ m} \times 1,5\text{ m} \times 1,5\text{ m}$.

3. AC Split dinyalakan dengan pengaturan suhu awal ruangan sebesar 30°C.
4. AC Split dijalankan sampai batas waktu 30 menit dan segera matikan AC.
5. Catat temperatur ruangan setelah 30 menit.
6. Lakukan pengulangan pengambilan data sebanyak 10 kali agar hasilnya konsisten dan bisa diandalkan.
7. Ulangi langkah 2 sampai dengan langkah 7 dengan menggunakan refrigeran R290 (refrigerant hydrocarbon).

3.4. Analisi Data

Teknik analisis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh refrigerant hydrocarbon terhadap unjuk kerja yang dimana unjuk kerja ini berupa capaian suhu optimum, laju pendinginan ruangan COP pada mesin pendingin type AC Split. Pada penelitian ini teknik yang digunakan untuk melakukan analisis data yaitu menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Menurut (Icam Sutisna, 2020) Statistik deskriptif adalah metode analisis data yang digunakan untuk mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah dikumpulkan tanpa bermaksud membuat generalisasi. Dalam penelitian, statistik deskriptif sering diterapkan dengan menyajikan data dalam bentuk tabel agar lebih mudah dipahami dan diinterpretasikan.

Tabulasi adalah penyajian data secara ringkas melalui tabel numerik atau grafik. Statistik deskriptif memungkinkan peneliti untuk menggambarkan hubungan antarvariabel melalui korelasi, melakukan prediksi dengan regresi, serta membandingkan data menggunakan rata-rata sampel atau populasi. Perlu dicatat bahwa dalam analisis korelasi, regresi, atau perbandingan antar rasio, signifikansi statistik tidak diasumsikan. Secara teknis, statistik deskriptif tidak memerlukan pengujian signifikansi karena tidak dimaksudkan untuk melakukan generalisasi.

4. Hasil dan Pembahasan

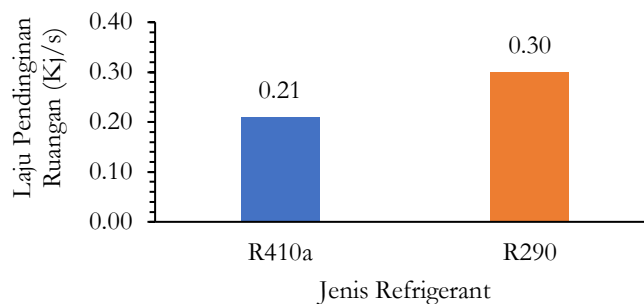
Dari 10 kali pengulangan pengambilan data, maka data-data parameter untuk mencari laju pendinginan ruangan dapat dirata-ratakan pada setiap pengujian yang dilakukan pada mesin pendingin tipe AC Split yang menggunakan refrigeran R410a dengan mesin pendingin tipe AC Split yang menggunakan refrigeran R290 yang dapat dilihat pada tabel 1.

Pada gambar grafik batang 1 di bawah menunjukkan perbandingan grafik laju pendinginan ruangan antara refrigeran R410a dan R290. Terlihat bahwa laju pendinginan ruangan refrigeran R290 memberikan nilai sebesar 0,30 kJ/s dibandingkan dengan laju pendinginan ruangan yang menggunakan refrigeran R410a diperoleh nilai sebesar 0,21 kJ/s dengan persentase peningkatan sebesar 42,85%. Hal ini menunjukkan bahwa refrigeran R290 mampu menurunkan suhu ruangan dari 30°C ke 23°C dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan mesin pendingin yang menggunakan refrigeran R410a.

Tabel 1.

Perbandingan Laju Pendinginan Ruangan Menggunakan Refrigeran R410a dan R290

No	Parameter	R410a	R290
1.	Massa Jenis Udara (kg/m ³)	1,2	1,2
2.	Volume Ruangan (m ³)	3,375	3,375
3.	T. Awal Ruangan (°C)	30	30
4.	T. Akhir Ruangan (°C)	23	23
5.	Selang Waktu (s)	135,9	96,6
6.	Laju Pendinginan Ruangan (kJ/s)	0,21	0,30



Gambar 1.

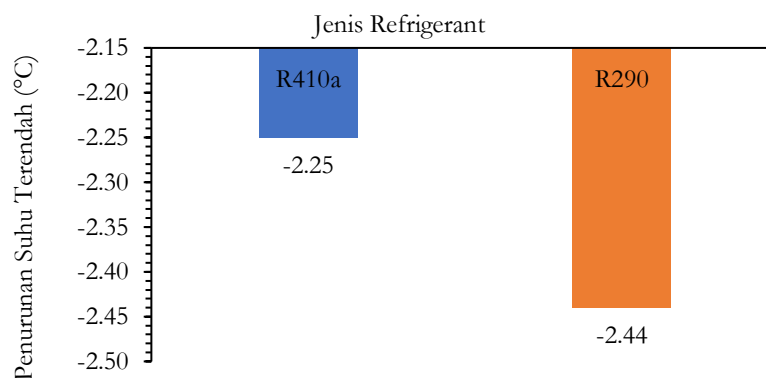
Grafik Laju Pendinginan Ruang R410a dan R290

Dari 10 kali pengulangan pengambilan data, maka data-data parameter untuk mencari capaian suhu terendah dapat dirata-ratakan pada setiap pengujian yang dilakukan pada mesin pendingin tipe AC Split yang menggunakan refrigeran R410a dengan mesin pendingin tipe AC Split yang menggunakan refrigeran R290 dapat dilihat pada tabel 2

Pada gambar grafik batang 2 di bawah menunjukkan perbandingan grafik capaian suhu terendah antara refrigeran R410a dan R290. Terlihat bahwa capaian suhu terendah refrigeran R290 lebih tinggi sebesar -2.44°C dibandingkan dengan refrigeran R410a yang hanya sebesar -2.25°C dengan persentase peningkatan suhu terendah sebesar 8.44%.

Tabel 2.

Perbandingan Capaian Suhu Terendah Menggunakan Refrigeran R410a dan R290			
No	Parameter	R410a	R290
1.	Kuat Arus Listrik yang masuk Kompresor (<i>Ampere</i>)	3,803	2,906
2.	Tekanan Refrigeran (Psi)	50,5	30
3.	Suhu Awal ($^{\circ}\text{C}$)	30	30
4.	Suhu Akhir ($^{\circ}\text{C}$)	-2,25	-2,44
5.	Penurunan Suhu ($T_{\text{awal}} - T_{\text{akhir}}$) ($^{\circ}\text{C}$)	32,25	32,44



Gambar 2.

Grafik Capaian Suhu Terendah R410a dan R290

5. Kesimpulan

Penggunaan refrigeran R290 pada AC Split menghasilkan laju pendinginan ruangan yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan refrigeran R410a dengan persentase peningkatan laju pendinginan ruangan sebesar 42,85%.

Penggunaan refrigeran R290 pada AC Split menghasilkan capaian suhu yang paling rendah dibandingkan dengan penggunaan refrigeran R410a dengan persentase peningkatan capaian suhu terendah sebesar 8,44%.

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Pendidikan Ganesha beserta staf Jurusan Teknologi Industri, Program Studi Pendidikan Teknik Mesin yang telah memberikan dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- [1] A. Nugroho, Alfianto, and T. Priangkoso, "The effect of refrigerant filling pressure on split AC performance with variations in refrigerant R22, R134A, and R290," *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 134–143, 2024, doi: 10.37373/jttm.v5i1.638.
- [2] K. Sumeru, D. Kahfi, and A. Badarudin, "JurnalPolimesin," vol. 21, no. 5, pp. 5–10, 2023.
- [3] U. -, C. I. Cahyadi, and P. -, "Analisa Perbandingan Suhu Dan Arus Air Conditioner Menggunakan Refrigerant R32 Dengan R410a," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 1, pp. 1315–1320, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5916.
- [4] A. Government, "Hydrofluorocarbon refrigerants – global warming potential values and safety classifications.," *Dep. Clim. Chang. Energy, Environ. Water*, 2024.
- [5] D. B. Hindratmo, B. Condro Purnomo, A. Satrio Wicaksono, and I. Habibi, "Komparasi Kinerja AC Kendaraan dengan Menggunakan Refrigeran R-134a, dan R-290," *Borobudur Eng. Rev.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2023, doi: 10.31603/benr.8898.
- [6] Widodo, Ade Irvan Taufana, Fatkur Rachmanu, Lukman Nulhakim, Syafrizal, and Mokhammad Is Subekti, "Analisis Kinerja R290 sebagai Pengganti R32 pada Unit AC-Split Kapasitas 9,000 Btuh/hr," *J. Asimetrik J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 4, pp. 221–230, 2022, doi: 10.35814/asimetrik.v4i1.3466.
- [7] P. Muhammad Hasan Sahlil, M Edi Pujiyanto, Muhammad Subri, "Journal of Industrial and Engineering," *J. Ind. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 12–20, 2024.
- [8] J. R. Sengge, M. M. Dwinanto, and A. Y. Tobe, "Studi Kinerja Teoritis Pengkondisian Udara Menggunakan R32, R290 Dan R410a," *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 9, no. 01, pp. 41–47, 2022, doi: 10.35508/ljtmu.v9i01.7890.
- [9] M. H. Ikhsan, "Analisis Kinerja Evaporator Pada AC Split 1 PK Dengan Refrigerant R-22 dan R-290," *JETI (Jurnal Elektro dan Teknol. Informasi)*, vol. 1, no. 2, pp. 56–58, 2022, doi: 10.26877/jeti.v1i2.72.
- [10] K. Ridhuan, T. C. Wahyudi, and I. W. Sutiase, "Pengaruh Variasi Panjang Pipa Kapiler Terhadap Daya Kompresor Dan Cop (Coefficient Of Performance) Ac Split," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 2, 2024, doi: 10.24127/trb.v13i2.3777.
- [11] Prayogi Urip and Sugiono Rohman, "Analisis Global Warming Potential (Gwp) Dan Ozone Depletion Potential (Odp), Pada Refrigeran R32, R290, R407C, R410a, Sebagai Pengganti R22," *J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 14–20, 2022.
- [12] A. Yani, Y. H. Anoi, and M. Prastiawan, "Analisis Pengaruh Penambahan Fan pada Instalasi Air Conditioner dan Putaran Engine terhadap Temperatur Cabin dan Coeffisient of Performance," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 40–47, 2019, doi: 10.24127/trb.v8i1.918.
- [13] R. Noor *et al.*, "Analisis Rasio Kompresi AC Split R32 yang Diretrofit R290 di Ruang Akomodasi Kapal," vol. 11, no. 1, pp. 25–29, 2025.
- [14] D. Rosmayanti, "Analisis Performansi Air Conditioning 1 PK Dengan 3 Fluida Kerja," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 9, no. 3, pp. 29–35, 2019.
- [15] B. Fajar TK and G. Nicolas Dipto I, "Experimental performance studies of small wall room air conditioner for R410A retrofitted with R290," *MATEC Web Conf.*, vol. 159, p. 02004, 2018.