

ANALISIS UJI PERFORMA AIR CONDITIONER DAIKIN 1 HP MENGGUNAKAN REFRIGERAN R22 DENGAN MEMBANDINGKAN VARIASI BUKAAN KATUP REFRIGERAN 0,25 BUKAAN DAN 1 BUKAAN PADA VARIASI SUHU RUANGAN 18°C - 27°C

(PERFORMANCE TEST ANALYSIS OF A 1 HP DAIKIN AIR CONDITIONER USING R22 REFRIGERANT BY COMPARING VARIATIONS IN REFRIGERANT VALVE OPENINGS OF 0,25 AND 1 UNDER VARIATIONS OF ROOM TEMPERATURES FROM 18°C TO 27°C)

Bobby Bagas Prakoso⁽¹⁾, Rifki Hermana⁽¹⁾, Aan Burhanudin⁽¹⁾, Althesa Androva⁽¹⁾

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur Jalan Dokter Cipto No.24, Karangtempel, Kec. Semarang Tim., Kota Semarang, Jawa Tengah 50232

Email: rifkiabuhafidz@gmail.com

Diterima: 5 Desember 2025. Disetujui: 31 Mei 2026. Dipublikasikan: 31 Mei 2026

ABSTRAK

Sistem refrigerasi kompresi uap dengan sistem pendingin Air Conditioner (AC) semakin berkembang seiring majunya jaman. Terlebih lagi untuk saat ini, sistem pendingin AC sangat dibutuhkan manusia dalam kehidupan sehari-hari terutama pada saat kondisi cuaca panas. Akan tetapi, tidak bisa dipungkiri bahwa masih banyak masyarakat negara Indonesia yang masih menggunakan AC tipe lama dengan refrigeran R22 yang terkenal memakan konsumsi daya listrik yang besar. Untuk mengatasi hal tersebut, pada penelitian ini dilakukan analisa uji peforma AC dengan sample AC menggunakan merk Daikin yang memiliki kompresor dengan daya 1HP, dan menggunakan refrigeran dengan tipe R22. Penelitian ini akan menganalisa performa AC dengan melakukan perhitungan COP (Coefficient of Performance) dengan 2 kondisi yaitu, katup refrigeran terbuka 0,25 bukaan, dan 1 bukaan, serta dilakukan pengambilan sample dengan suhu dari 18°C hingga 27°C. Dan dari data yang muncul akan dilakukan perhitungan COP dari masing-masing variasi, untuk kemudian menentukan performa yang paling baik untuk AC Daikin 1HP tersebut. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa performa terbaik dari AC Daikin 1HP berada pada bukaan katup refrigeran sebanyak 1 bukaan dengan suhu 23°C, yang mana hasil COP-nya adalah 19,08. Kemudian untuk hasil performa terendah didapatkan pada bukaan katup refrigeran sebanyak 1 bukaan dengan suhu 20°C. Jika semua hasil COP dari masing-masing suhu dilakukan komparasi, maka bukaan katup refrigeran 0,25 memiliki performa yang lebih baik dibandingkan 1 bukaan katup dengan perbedaan hasil COP sebesar 1,02.

Kata Kunci: Air Conditioner, Coefficient of Performance, Refrigeran, R22

ABSTRACT

The vapor compression refrigeration system with Air Conditioner (AC) cooling systems has continued to evolve with the advancement of time. Especially today, AC cooling systems are highly needed by humans in daily life, particularly during hot weather conditions. However, it cannot be denied that many people in Indonesia still use older types of AC units with R22 refrigerant, which is known for its high

electricity consumption. To address this issue, this research analyzes the performance test of an AC unit using a Daikin brand AC with a 1HP compressor and R22 refrigerant. The study will analyze the AC's performance by calculating the Coefficient of Performance (COP) under two conditions: the refrigerant valve opened to 0.25 and fully opened, with temperature samples taken from 18°C to 27°C. The data obtained will be used to calculate the COP for each variation, and the best performance for the 1HP Daikin AC will be determined. Based on the research conducted, it was found that the best performance of the 1HP Daikin AC was achieved with the refrigerant valve fully opened at a temperature of 23°C, with a COP of 19.08. The lowest performance was observed with the refrigerant valve fully opened at a temperature of 20°C. When comparing all COP results at various temperatures, the 0.25 valve opening demonstrated better performance than the fully opened valve, with a COP difference of 1.02.

Keywords: Air Conditioner, Coeficient of Performance, Refrigeran, R22.

PENDAHULUAN

Beraktivitas di dalam ruangan yang panas, bukanlah suatu kondisi kerja yang ideal, karena akan menimbulkan perasaan tidak nyaman dalam melakukan suatu pekerjaan. Untuk dapat membuat suasana kerja yang nyaman didalam ruangan, maka manusia sangat bergantung pada sistem atau mesin pendingin dalam ruangan. Mesin pendingin ruangan yang biasa digunakan adalah AC (Air Conditioner).

AC atau Air Conditioner merupakan sebuah sistem atau alat yang dapat mengkondisikan udara dan menyejukan udara suatu ruangan. Untuk dapat mengkondisikan dan menyejukan udara dalam suatu ruangan, pada AC terdapat suatu siklus yang sangat penting, yaitu siklus refrigerasi kompresi uap [1][2].

Refrigerasi sendiri adalah suatu siklus pengeluaran kalor dari temperatur rendah ke temperatur tinggi. Dan refrigerasi kompresi uap adalah proses refrigerasi dengan kompresor mengaktifkan refrigeran dengan mengompresi refrigeran dari tekanan yang lebih tinggi dan tingkat suhu yang lebih tinggi untuk menghasilkan efek pendinginan [3][4].

Dalam proses pendinginan udara ataupun kontrol suhu, AC dilengkapi dengan suatu fluida yang didinginkan untuk mencapai temperatur dan kelembapan yang dibutuhkan dengan metode menyerap panas dari suatu reservoir dingin untuk kemudian diberikan ke suatu reservoir panas yaitu refrigeran atau biasa disebut dengan freon [5].

Pada penelitian ini, akan dilakukan analisa peforma dari sebuah AC dengan merk Daikin yang memiliki kapasitas kompresor 1 HP yang bekerja dengan menggunakan refrigeran dengan jenis R22. Dimana analisa peforma tersebut akan melihat COP (Coefficient Of Performance) yang merupakan indikator kinerja dari sebuah sistem refrigerasi [6], untuk kemudian menentukan kondisi kerja ideal dari suatu AC. Dengan harapan mendapatkan hasil penelitian berupa performa terbaik dari sistem pendingin AC berdasarkan hasil komparasi setiap data dari variasi COP.

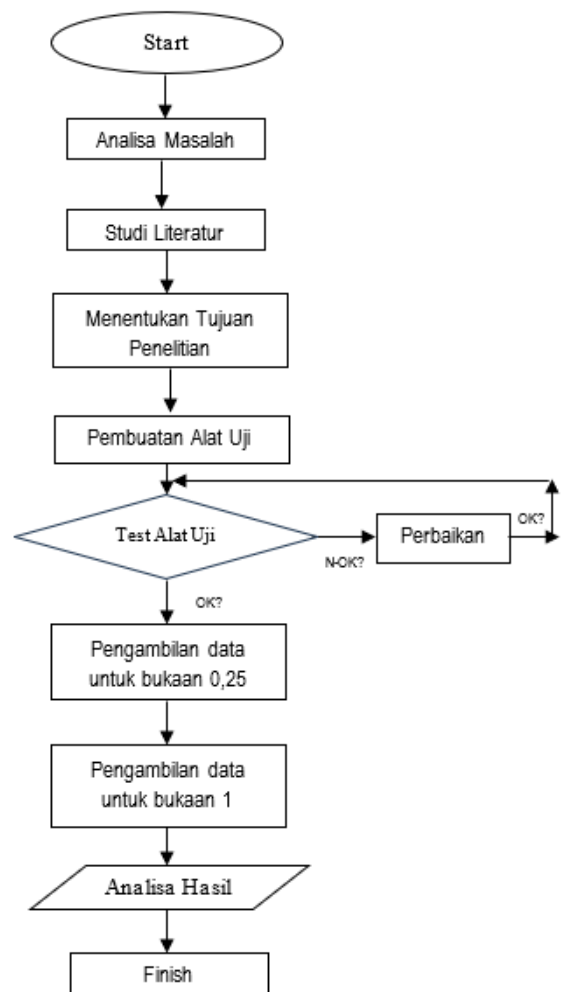
MATERIAL DAN METODOLOGI

Pada umumnya, terdapat 3 pendekatan penelitian yang biasa dilakukan, yaitu metode kualitatif, metode kuantitatif, dan

metode campuran [7]. Dan untuk penelitian yang dilakukan kali ini menggunakan metode kuantitatif. Dengan cara melakukan pengumpulan data tekanan dan temperatur refrigeran, serta daya kompresor saat diberikan perbedaan besaran bukaan katup refrigeran sebesar 0,25 bukaan dan 1 bukaan. Selain itu juga diberikan variasi beban berupa perbedaan suhu ruangan 18°C sampai dengan 27°C.

Tujuannya adalah, dengan data tersebut, dapat diketahui nilai COP dari masing-masing variasi yang diberikan, serta dapat dilakukan pengembangan analisa berupa performa ideal dari suatu AC atau nilai COP ideal dari antara berbagai variasi yang diberikan. Bagian ini berisi tata kerja penelitian yang telah dilakukan serta ditulis dengan jelas, sehingga percobaan atau penelitian yang telah dilakukan dapat diulang dengan hasil yang sama.

Kerangka pemikiran dalam penelitian yang dilakukan kali ini meliputi analisa masalah yang terjadi pada sistem refrigerasi kompresi uap dimana proses actual tidak sama dengan proses ideal berdasarkan hasil COP. Kemudian selanjutnya dibuatkan alat simulasi untuk membuktikan proses tersebut dengan pengambilan data secara real time, dan mencatat semua fenomena yang terjadi untuk selanjutnya dilakukan saran dan perbaikan agar sistem refrigerasi kompresi uap AC bisa mencapai proses yang ideal. Berikut adalah alur proses penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Alur Penelitian

Pengambilan sample dilakukan dengan bantuan alat simulasi ruangan AC sebesar 2 x 1,3 m dengan dilapisi foam agar suhu yang ada didalam ruangan tidak rembes keluar, dan dengan 12 buah beban lampu dengan daya 100 watt untuk setiap 1 lampunya sebagai penjaga suhu ruangan agar tetap konstan saat dilakukan penelitian.



Gambar 2. Ruang Simulasi Refrigerasi

Sebagai sample penelitian, dilakukan pemasangan sensor dan alat ukur suhu dan tekanan yang ada pada masing-masing pipa (kompresor, kondensor, kapiler, dan evaporator) dan dilakukan pengambilan data dengan variasi 1 yaitu bukaan katup refrigeran sebesar 0,25 bukaan, dengan variasi suhu dari 18°C sampai dengan 27°C.



Gambar 3. Kondisi kran saat tertutup sempurna



Gambar 4. Kondisi kran terbuka 0,25 bukaan



Gambar 5. Kondisi kran terbuka 1 bukaan

Kemudian dilakukan pengambilan data variasi 2 yaitu bukaan katup sebesar 1 bukaan, dengan variasi suhu dari 18°C sampai dengan 27°C. Dan sebagai salah satu syarat perhitungan COP yaitu daya kompresor, maka dilakukan juga pengukuran daya yang diperlukan

kompresor AC untuk melakukan kompresi refrigeran menyesuaikan dengan variasi beban 1 dan beban 2.



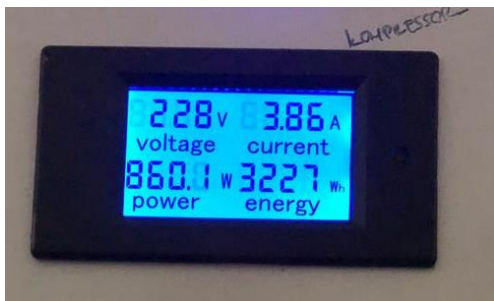
Gambar 6. Panel Simulasi Tekanan, Suhu dan Daya

Variable bebas pada penelitian ini adalah variasi bukaan katup refrigeran yang diberikan sebesar 0,25 bukaan dan 1 bukaan katup, serta variasi suhu yang diberikan pada masing-masing bukaan katup mulai dari suhu 18°C sampai dengan 27°C. Dan untuk menjaga agar suhu tetap terjaga, ditambahkan 12 buah lampu sebesar 100 W pada masing-masing lampu untuk menjaga keseimbangan suhu yang ada didalam ruangan agar didapatkan hasil yang maksimal.

Dalam penelitian ini, variable terikat yang dapat diamati adalah temperatur dan tekanan refrigerant pada setiap pipa AC (kompresor, kondensor, evaporator, dan pipa kapiler).

Pada penelitian yang dilakukan kali ini, variable kontrol yang ditetapkan adalah nilai COP dari masing-masing variasi yang diberikan yaitu berupa perbedaan bukaan katup (0,25 dan 1 bukaan), serta variasi suhu yang diberikan pada masing-masing variasi bukaan katup, serta dari hasil tersebut diharapkan mendapatkan variasi mana yang mendapatkan performa yang paling ideal (COP yang ideal).

Pada penelitian ini, peneliti melakukan observasi dengan melihat tekanan dan suhu dari masing-masing pipa (kompresor, kondensor, kapiler, dan evaporator) serta perubahan daya kompresor saat dilakukan pembukaan katup refrigeran dari masing-masing pipa sebesar 0,25 bukaan katup dan 1 bukaan katup, untuk kemudian melakukan observasi perubahan tekanan dan suhu secara real time saat diberikan variasi suhu mulai dari suhu 18°C sampai dengan 27°C.



Gambar 6. Panel pengukuran daya kompresor



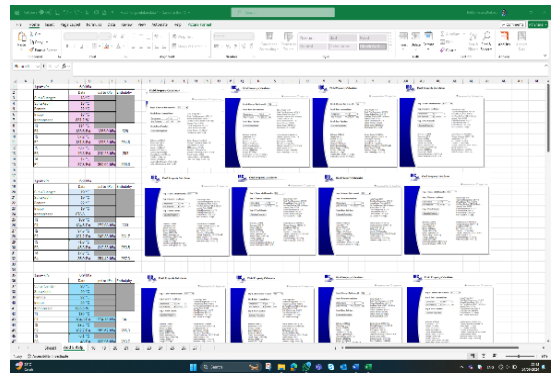
Gambar 7. Panel setting suhu dalam ruangan



Gambar 8. Panel pengukuran suhu dan tekanan refrigeran

Pada penelitian ini, peneliti melakukan semua dokumentasi terhadap semua data yang muncul pada panel pengukur daya kompresor dan panel pengukuran suhu dan

tekanan refrigeran. Kemudian data tersebut dilakukan input pada Microsoft Excel, untuk selanjutnya dilakukan perhitungan nilai enthalpy dan nilai COP.



Gambar 9. Data yang di input pada Microsoft Excel

Metode pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode pengamatan yaitu alat ukur yang mengukur tekanan refrigeran dan mengukur suhu refrigeran pada masing-masing pipa yaitu, pipa kompresor, pipa kondensor, pipa kapiler, dan pipa evaporator.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengambilan data suhu dan tekanan masing-masing pipa dengan variasi bukaan katup 0,25 dan 1 dengan variasi suhu 18°C sampai dengan 27°C dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Bukaan	Suhu Ruangan (°C)	Kabin (°C)	Remote (°C)	Indoor (°C)	Kompresor (W)	T1 (°C)	P1 (Psi)	T2 (°C)	P2 (Psi)	T3 (°C)	P3 (Psi)	T4 (°C)	P4 (Psi)
0,25	18	22	17,5	833	105	175,2	35,4	173,1	-2,7	42,2	15,6	34,3	
1	18	22	18	881,2	114	183,6	37,2	181,8	-0,7	46,3	17	37,8	
0,25	19	22	19	858,3	117	175,9	36	172,6	-2,2	44,3	15,6	25	
1	19	22	19	878,3	109	184,5	37,5	181,2	-1,0	45,3	17,8	36,9	
0,25	20	22	20	853,8	115	175,5	36	172,5	-2,5	44,3	16,4	36,9	
1	20	22	20	885,5	130	184,8	38,2	182,7	-1,0	48	15,9	39,2	
0,25	21	22	21	852	113	174,3	35,7	171,5	-3,6	42	17,7	35,2	
1	21	22	21	903,5	128	186,6	38,4	184,2	-0,4	47,6	16,7	38,8	
0,25	22	22	21,9	873,4	107	181,6	36,6	177,8	0,5	47,3	28,2	39	
1	22	22	22	900,3	126	185,7	38,4	183,8	-0,3	47,8	17,4	39	
0,25	23	22	23	851,5	111	176,5	36,1	173,5	-2,3	45	18,3	36,2	
1	23	22	23	896	125	185,1	38,2	181,8	0,1	48	18,2	39,5	
0,25	24	22	24,1	867,4	111	179,5	36,1	176,1	-0,3	45,6	17,6	37,3	
1	24	22	24	896,2	124	184,4	38	181,8	0,1	47,6	19,3	39,8	
0,25	25	22	25	854,2	110	178,3	36,5	175,3	-0,5	44,8	19,1	37,6	
1	25	22	25	875,2	121	183	37,6	180	-0,4	45,8	19,6	38,3	
0,25	26	22	26,3	884	118	180,4	36,5	177,2	-0,6	48,2	17,7	39,2	
1	26	22	26	886,4	117	182,2	37,4	179,5	-0,9	45,9	20	37,8	
0,25	27	22	27	853,7	105	175,4	35,9	171,4	-1,8	41,4	20,3	34,5	
1	27	22	27	874	109	181,9	37	179,2	-1,6	44,5	21,1	36,1	

Gambar 9. Data suhu

Pada penelitian ini, untuk mendapatkan hasil pengukuran yang pasti dan membantu peneliti dalam melakukan perhitungan data, maka dilakukan perhitungan dengan

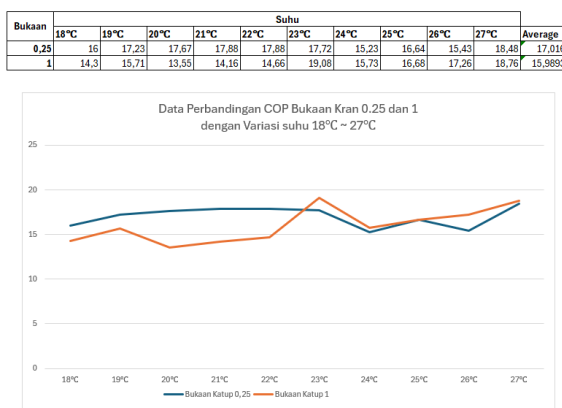
kalkulator enthalpy online. Data yang tampil, kemudian dilakukan input kedalam masing-masing data bukaan katup refrigeran dan masing-masing suhu sehingga didapatkan data penambahan enthalpy seperti gambar dibawah ini,

Bukaan	Suhu Ruang (°C)	Kabin (°C)	Remote (°C)	Indoor (°C)	Kompresor (W)	T1 (°C)	P1 (Psi)	N1 (Kilogram)	T2 (°C)	P2 (Psi)	h2 (Kilogram)	T3 (°C)	P3 (Psi)	h3 (Kilogram)	T4 (°C)	P4 (Psi)	N4 (Kilogram)
0,25	18	22	17,5	833	105	175,2	321,2	35,4	173,1	284,2	-2,7	42,2	253,2	15,6	34,3	266,1	
1	18	22	18	881,2	114	183,6	328	37,2	181,8	284,6	-0,7	46,5	254	17	37,8	266,6	
0,25	19	22	19	858,3	117	175,9	330,9	36	172,6	284,8	-2,2	44,5	252,8	15,6	25	267,1	
1	19	22	19	878,3	109	184,5	333	37,5	181,2	281,7	-1,0	45,3	253,5	17,8	36,9	267,3	
0,25	20	22	20	853,8	115	175,5	329,3	36	172,5	284,8	-2,5	44,5	252,6	16,4	36,9	266,3	
1	20	22	20	885,5	130	184,8	341	38,2	182,7	285,3	-1,0	48	253,7	15,9	39,2	265,7	
0,25	21	22	21	852	113	174,3	327,7	35,7	171,5	284,3	-3,6	42	252,2	17,7	35,2	267,4	
1	21	22	21	903,5	128	186,6	339,3	38,4	184,2	285,3	-0,4	47,6	253,5	16,7	38,8	268,3	
0,25	22	22	21,9	873,4	107	181,6	322,4	36,6	177,8	284,6	0,5	47,5	254,2	28,2	39	267,3	
1	22	22	22	900,3	126	185,7	337,7	38,4	183,8	285,4	-0,3	47,8	253,6	17,4	39	268,8	
0,25	23	22	23	851,5	111	176,5	328	36,1	173,5	284,7	-2,3	45	252,8	18,3	36,2	267,7	
1	23	22	23	896	125	185,1	336,9	38,2	181,8	285,5	0,1	48	253,8	18,2	39,5	270,9	
0,25	24	22	24,1	867,4	111	179,5	325,8	36,1	176,1	284,4	-0,5	45,6	253,9	17,6	37,3	267,1	
1	24	22	24	896,2	124	184,4	336,1	38	181,8	285,3	0,1	47,6	253,9	19,3	39,8	269	
0,25	25	22	25	854,2	110	178,3	325,1	36,5	175,3	284,7	-0,5	44,8	253,9	19,1	37,6	268,1	
1	25	22	25	875,2	121	183	333,7	37,6	180	285,2	-0,4	45,8	253,8	19,6	38,3	268,4	
0,25	26	22	26,3	884	118	180,4	331,4	36,5	177,2	284,6	-0,6	48,2	253,3	17,7	39,2	267	
1	26	22	26	886,4	117	182,2	330,5	37,4	179,5	285,1	-0,9	45,9	253,4	20	37,8	268,7	
0,25	27	22	27	853,7	105	173,4	321,2	35,9	171,4	284,8	-1,8	41,4	253,5	20,3	34,5	269,2	
1	27	22	27	874	109	181,9	324	37	179,2	284,8	-1,6	44,5	253,2	21,1	36,1	269,8	

Gambar 10. Hasil penambahan enthalpy

Langkah selanjutnya yaitu perhitungan COP dengan mengetahui besarnya enthalpi [8][9]. Kemudian untuk hasil perhitungan COP pada setiap variasi bukaan katup refrigeran (0,25 bukaan dan 1 bukaan) dan setiap variasi suhu dari 18°C sampai dengan 27°C.

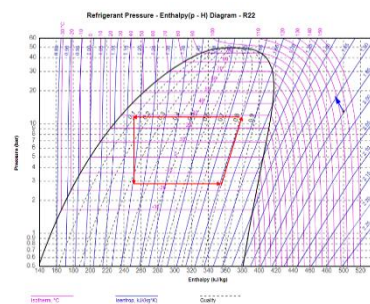
Setelah didapatkan hasil COP pada setiap variasi bukaan katup refrigeran (0,25 bukaan dan 1 bukaan), serta dengan masing-masing variasi suhunya (dari 18°C sampai dengan 27°C), kemudian dilakukan compare data dengan pembuatan grafik seperti pada Gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Hasil komparasi COP dari masing-masing variasi bukaan katup dan variasi suhu

Dari data tersebut COP tertinggi diperoleh pada bukaan katup refrigeran 1 bukaan dengan suhu 23°C, yang mana hasil COP-nya adalah 19,08. COP terendah berada pada bukaan katup refrigeran 1 bukaan dengan suhu 20°C, yang mana hasil COP-nya adalah 13,55. Secara rata-rata keseluruhan suhu dari 18°C hingga 27°C, bukaan katup refrigeran 0,25 bukaan memiliki hasil COP yang lebih baik dibandingkan dengan bukaan katup refrigeran 1. Perbedaan rata-rata COP antara bukaan katup refrigeran 0,25 bukaan dan 1 bukaan, memiliki perbedaan COP sebesar 1,02.

Diagram enthalpy p-H (pressure-enthalpy) untuk refrigeran R22 adalah sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara tekanan (p) dan enthalpy (H) dari refrigeran pada berbagai kondisi [10][11]. Diagram ini sering digunakan dalam bidang teknik termodinamika, khususnya dalam desain dan analisis sistem pendingin dan AC [12]. Salah satu contoh diagram pH pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 12 di bawah ini.



Gambar 12. Diagram Enthalpy p-H R22 Bukaan Katup Refrigeran 0,25 bukaan dengan Suhu 18°C

KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian terhadap data real time yang telah diperoleh dari hasil pengujian AC Daikin 1 HP dengan

Refrigeran R22, yang mana uji performa ini dilakukan dengan melakukan komparasi variasi 2 bukaan katup refrigeran yaitu 0,25 bukaan dan 1 bukaan, yang kemudian ditambahkan dengan variasi suhu dari 18°C hingga 27°C, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. COP tertinggi diperoleh pada bukaan katup refrigeran 1 bukaan dengan suhu 23°C, yang mana hasil COP-nya adalah 19,08.
2. COP terendah berada pada bukaan katup refrigeran 1 bukaan dengan suhu 20°C, yang mana hasil COP-nya adalah 13,55.
3. Secara rata-rata keseluruhan suhu dari 18°C hingga 27°C, bukaan katup refrigeran 0,25 bukaan memiliki hasil COP yang lebih baik dibandingkan dengan bukaan katup refrigeran 1.
4. Perbedaan rata-rata COP antara bukaan katup refrigeran 0,25 bukaan dan 1 bukaan, memiliki perbedaan COP sebesar 1,02.
5. Performa AC terbaik berdasarkan hasil perhitungan COP yaitu ketika suhu AC disetting pada 23°C dan membuka katup refrigeran sebanyak 1 kali bukaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Polban, 2023, Uji Performansi Sistem Refrigerasi Kompresi Uap pada Seed Storage.
- [2] Widodo Saji., 2022, Analisis Kinerja pada sistem Air Conditioning (AC) Ruang Kapasitas 0.5 PK R-22.
- [3] Yusuf Satria Bimantara., 2017, Perancangan Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Cascade Untuk Aplikasi Hybrid Reefer Container, (Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
- [4] Choirus Syahri Romadhon., 2023, Analisis Coefficient Of Performance (COP) Dan Energy Efficiency Ratio (EER) Pada AC Split Inverter Kapasitas ½ PK Dengan Menggunakan Freon R-22 dan Freon R-32.
- [5] Muswar Muslim., 2020, Analisa Coefficient of Performance (COP) Pada Mesin Pendingin Pembuat Ice Slurry.
- [6] Bayu Pratama., 2021, Analisa Coefficient of Performance (COP) Menggunakan Kondensor Berpendingin Air Pada AC Mobil
- [7] Yovan Witanto., 2021, Analisa Koefisien Prestasi (COP) Mesin Pendingin pada Power House.
- [8] Disabella Dayera., 2023, Analisis Coefficient of Performance (COP) dengan Pemanfaatan Energi Panas Discharge Kompresor Sistem Heat Exchanger Double Tube pada AC 1 PK untuk Pemanas Air./1133. [Accessed: 07-Nov-2019].
- [9] Sharmas Vali Shaik, T.P. Ashok Babu, Thermodynamic Performance Analysis of Eco friendly Refrigerant Mixtures to Replace R22 Used in Air Conditioning Applications, Energy Procedia, Volume 109,2017, Pages 56-63, ISSN 1876-6102, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.049>.
- [10] Bukola Olalekan Bolaji, Performance investigation of ozone-friendly R404A and R507 refrigerants as alternatives to R22 in a window air-conditioner, Energy and Buildings, Volume 43, Issue 11,2011,Pages 3139-3143,ISSN 0378-7788,<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.08.011>.
- [11] Uddin, K.; Saha, B.B. An Overview of Environment-Friendly Refrigerants for Domestic Air Conditioning Applications. *Energies* **2022**, *15*, 8082. <https://doi.org/10.3390/en15218082>.
- [12] Nie, J.; Wang, K.; Kong, X.; Zhang, H.; Zhang, S. Theoretical Study and Experimental Validation on the Applicable Refrigerant for Space Heating Air Source Heat Pump. *Sustainability* **2023**, *15*, 9420. <https://doi.org/10.3390/su15129420>