



Analisis Kinerja Kompresor AC Split $\frac{1}{2}$ PK Menggunakan Refrigerant R32 Dan R22 Pada AC Non-Inverter Dengan Variasi Putaran Fan Pada Evaporator

Lukman Hakim¹, Lisa Puspita Ariyanto², Putri Sundari³

^{1,2,3} Fakultas Teknik, Universitas Gresik.

¹ezolukman@gmail.com, ²lisap.ariyanto1@gmail.com, ³psundari72@gmail.com.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja kompresor pada sistem pengkondisian udara (air conditioning) tipe split berkapasitas $\frac{1}{2}$ PK non-inverter. Evaluasi dilakukan secara komparatif dengan membandingkan penggunaan dua jenis refrigeran, yaitu R32 dan R22, serta menerapkan variasi kecepatan putaran fan evaporator. Fokus penelitian diarahkan pada empat parameter utama, meliputi tekanan hisap kompresor, suhu kondensor, suhu evaporator, dan tingkat konsumsi daya listrik kompresor. Metodologi penelitian bersifat eksperimental kuantitatif melalui pengukuran langsung pada sistem uji. Pengambilan data operasional dilakukan menggunakan instrumen pengukuran presisi, yaitu manifold gauge untuk mengukur tekanan sistem, termokopel untuk mengukur distribusi suhu, serta tang ampere (clamp meter) untuk mengukur konsumsi daya listrik. Hasil analisis menunjukkan bahwa jenis refrigeran dan variasi putaran fan evaporator berpengaruh secara signifikan terhadap performa kompresor. Penggunaan refrigeran R32 menghasilkan transfer panas yang lebih optimal serta efisiensi kerja kompresor yang lebih baik dibandingkan R22 pada berbagai tingkat kecepatan fan. Selain itu, peningkatan kecepatan putaran fan evaporator terbukti mampu menurunkan suhu evaporator dan menjaga stabilitas tekanan hisap kompresor. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah serta acuan teknis mengenai optimalisasi efisiensi energi dan penerapan refrigeran yang lebih ramah lingkungan pada sistem pendingin skala rumah tangga.

Kata Kunci: AC Split $\frac{1}{2}$ Pk Non-Inverter, Kompresor, Efisiensi Energi, Variasi Putaran Evaporator (*Low, Medium, High*).

1. Pendahuluan

Mesin pendingin merupakan sebuah alat siklus yang prinsip kerjanya hampir sama dengan mesin kalor yang menggunakan fluida kerja yang berupa refrigeran. Siklus refrigeran yang paling banyak dipakai adalah daur refrigeran kompresi uap yang melibatkan empat komponen dasar yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Tujuan dari mesin pendingin yaitu untuk menjaga ruangan tetap dingin dengan menyerap panas dari ruang tersebut. Pengertian dari Air Conditioner (AC) merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengodisikan udara atau dikatakan sebagai alat yang berfungsi sebagai penyejuk udara. Penggunaan AC dimaksudkan untuk memperoleh temperature yang segar dan sejuk serta temperature yang diinginkan dan nyaman bagi tubuh.

Secara umum sistem tata udara (Air Conditioner) merupakan proses setting temperatur, kelembaban, kebersihan dan distribusi udara guna tercapainya kondisi kenyamanan termal. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kesehatan tubuh dan kenyamanan manusia meliputi suhu udara, tingkat kelembaban udara, pergerakan udara, distribusi udara, polutan udara dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang diperlukan oleh orang/penghuni yang berada di dalam suatu ruangan. Adapun rentang suhu kenyamanan manusia berada dikisaran temperatur 22,80C– 25,80C. Jenis AC (Air Conditioner) tipe AC Split merupakan jenis mesin pengkondisian udara yang paling populer dikalangan masyarakat dikarenakan perawatannya yang cukup mudah. Instalasinya yang simple dan praktis membuat AC Split ini sangat cocok digunakan pada skala rumah tangga. Seiring dengan bertambahnya usia pemakaian maka kinerja AC Split cenderung akan menurun dan akan lebih drastis lagi apabila tidak disertai dengan dilakukannya maintenance secara LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana, Vol. xx, No. xx, xxxx 20xx berkala. Parameter paling umum dan paling mudah untuk melihat penurunan unjuk kerja dari AC Split ini adalah waktu untuk mendinginkan ruangan yang menjadi lebih lama dari standar serta meningkatnya konsumsi energi listrik. Mengacu pada hal ini tentunya diperlukan usaha - usaha dalam menjaga performansi serta memperpanjang usia pakai (lifetime) dari mesin pengkondisian udara jenis AC Split (Wiratmaja et al., 2021).

Penelitian mengenai performa refrigerant R32 dan R22 pada AC non-inverter menunjukkan bahwa R32 memiliki karakteristik termodinamika yang lebih unggul dibandingkan R22, terutama dalam hal efisiensi energi dan

kapasitas pendinginan. Studi yang dilakukan oleh Firdaus dkk (2025) menemukan bahwa penggunaan R32 meningkatkan nilai COP dan menurunkan konsumsi daya dibandingkan R22 pada AC 1 PK non-inverter. Meskipun R32 mampu memberikan efisiensi yang lebih baik, temperatur keluar kompresor cenderung meningkat sehingga perlu diperhatikan dalam pemilihan sistem kerja.

Penelitian mengenai perbandingan performa refrigeran R32 dan R22 banyak dilakukan dalam beberapa tahun terakhir baik melalui simulasi maupun eksperimen. Pratama dkk. (2021) melakukan simulasi termodinamika dengan menggunakan perangkat REFPROP untuk membandingkan kinerja R32, R22, dan R1270 pada berbagai kondisi evaporasi dan kondensasi. Hasil kajiannya menunjukkan bahwa R32 memiliki kinerja termodinamika yang lebih baik dibanding R22, terutama pada nilai COP dan efisiensi siklus. Kelebihan penelitian ini adalah penggunaan data entalpi yang akurat dan komparasi multi-refrigeran, namun kelemahannya terletak pada tidak adanya pengujian langsung pada unit AC split 1 PK non-inverter sehingga hasilnya masih bersifat teoretis.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen (experimental research) yang dilakukan untuk membandingkan kinerja kompresor AC split ½ PK menggunakan dua jenis refrigerant, yaitu R22 dan R32. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan performa sistem pendingin berdasarkan parameter tekanan kerja, temperatur, dan konsumsi daya listrik. Tujuannya Adalah untuk mengukur dan membandingkan kinerja kompresor (variable terukur seperti daya listrik, tekanan hisap, suhu evaporator dan suhu kondensor. Penelitian ini dilaksanakan di **ADI JAYA AC Gresik**, sebuah bengkel dan pusat layanan pendingin udara yang berlokasi di Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan teknis dan praktis. Pertama, ADI JAYA AC Gresik memiliki fasilitas yang memadai untuk mendukung kegiatan pengujian sistem pendingin udara, termasuk ketersediaan unit AC split kapasitas ½ PK tipe non-inverter yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Selain itu, bengkel ini juga dilengkapi dengan peralatan pendukung seperti manifold gauge, termokopel, dan tang ampere, sehingga proses pengambilan data dapat dilakukan secara akurat dan terukur. Kedua, lokasi penelitian di ADI JAYA AC Gresik memberikan akses langsung terhadap kondisi operasional nyata dari sistem pendingin udara. Data yang dikumpulkan meliputi data primer dari hasil eksperimen dan data sekunder berupa spesifikasi teknis pabrikan kompresor. Data yang diperoleh dari hasil penelitian dengan menggunakan AC merek Panasonic model CS-KC5QKJ dengan kompresor ½ PK dan dengan menggunakan alat ukur Thermokopel yang akan di pasang pada bagian pipa-pipa Evaporator, hasil yang berbeda tersebut dapat di gunakan sebagai data manakah yang lebih efisien dan menentukan nilai enthalpy dan juga COP (coefficient of performance) yang dapat di aplikasikan ke mesin AC split. dengan komponen utama kondensor, evaporator, kompresor, dan pipa kapiler. Alat ukur yang digunakan yaitu termokopel untuk mengukur suhu refrigerant yang dipasang, yaitu pada in evaporator, Tank Ampere untuk mengukur tegangan dan arus listrik. Data hasil pengujian dianalisis dengan metode perbandingan kinerja termodinamika, parameter yang dihitung meliputi:

1. Tekanan kerja (Ps dan Pd) Tekanan sisi hisap (suction) dan ditekan (discharge) diukur menggunakan manifold gauge
2. Temperature system (Tin dan Tout) Temperature diukur pada sisi evaporator dan kondensor
3. Konsumsi daya Listrik (P): dihitung menggunakan rumus $P=V \times I$, Dimana V= tegangan Listrik (volt) dan I= arus Listrik (ampere)
4. Perhitungan COP (*coefficient of performance*) COP dihitung menggunakan rumus $COP = Q_{in}/W$, Dimana Q_{in} = efek pendingin

= panas yang di serap evaporator

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots(1) COP$$

(R22))

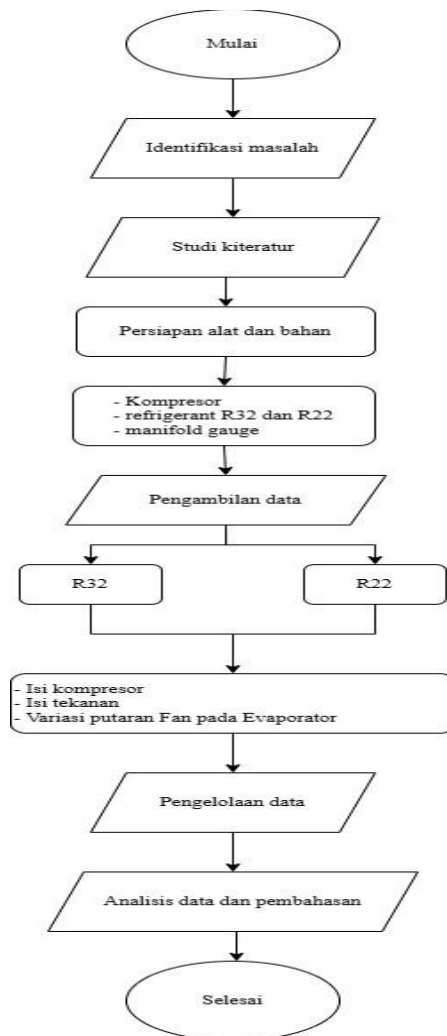
$$\dots\dots\dots(2)$$

kerja kompresor

dimana :

$V =$
(Volt) I = Arus
(Ampe)

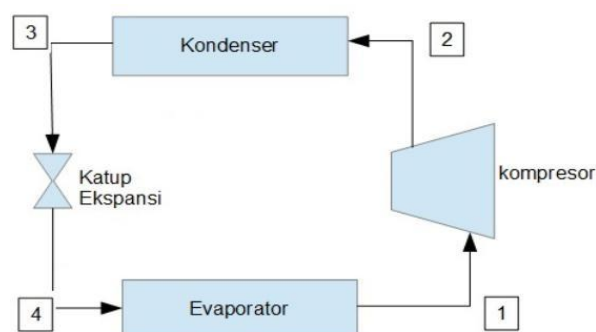
h_1 = entalpi refrigeran pada temperatur keluar evaporator (kJ/kg)
 h_2 = entalpi refrigeran pada temperatur masuk evaporator(kJ/kg)



Gambar 1 Flowchart Atau Alur Penelitian

3. Hasil Dan Pembahasan

Pengujian dilakukan pada unit AC split kapasitas ½ **PK tipe non-inverter**, dengan dua jenis refrigeran yaitu **R22** dan **R32**. Setiap pengujian dilaksanakan pada suhu ruangan konstan **24 °C**, dengan variasi putaran fan evaporator (low, medium, high). Parameter yang dicatat meliputi **tekanan dan pressure** pada masing-masing state point sebagai berikut



Keterangan:

1. Evaporator (Q_c – Panas yang Diserap)
 - Evaporator merupakan komponen yang berfungsi menyerap panas dari udara ruangan
 - Refrigerant cair bertekanan rendah masuk ke evaporator, lalu menyerap kalor (Q_c) dari udara sekitar
 - Akibatnya, refrigerant berubah fase menjadi gas bertekanan rendah, sementara udara ruangan menjadi dingin
2. Kompresor (W_c – Kerja Kompresor)
 - Kompresor menerima gas bertekanan rendah dari evaporator
 - Kompresor menekan gas tersebut sehingga tekanannya naik tinggi dan suhunya meningkat.
 - Proses ini membutuhkan energi listrik, ditunjukkan dengan simbol W_c
3. Kondensor (Q – panas yang dilepas)
 - Gas bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi dari kompresor masuk ke kondensor.
 - Di sini refrigeran melepaskan panas ke udara luar (Q) dengan bantuan kipas kondensor.
 - Setelah melepas panas, refrigeran berubah fase menjadi cairan bertekanan tinggi.
4. Katup Ekspansi (Expansion Valve)
 - Cairan bertekanan tinggi dari kondensor melewati katup ekspansi.
 - Tekanan refrigeran diturunkan secara tiba-tiba, menghasilkan campuran cair-gas bertekanan rendah.
 - Campuran ini kemudian masuk kembali ke evaporator untuk menyerap panas ruangan.

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Menggunakan R22

R-22 Tabel 4.1 Data hasil pengujian Ac Split 1/2 PK dengan R-22 pada tiga variasi kecepatan kipas								
Fan Speed	Evap -Out		Cond-in		Cond-Out		Evap - in	
	P1 (kPa)	T1	P2 (kPa)	T2	P3 (kPa)	T3	P4 (kPa)	T4
Rendah	620	19	2265,0	106	2265,1	37	675,0	7
Sedang	743,0	17	2220,0	90	2219,0	55,5	813,0	13
Tinggi	790,0	16	2428,0	91	2427,0	57,9	863,0	15

Tabel 2 Data Hasil Pengujian Menggunakan R32

R-32 Tabel 4.2 Data hasil pengujian Ac Split 1/2 PK dengan R-32 pada tiga variasi kecepatan kipas								
Fan Speed	Evap -Out		Cond-in		Cond-Out		Evap - in	
	P1 (kPa)	T1	P2 (kPa)	T2	P3 (kPa)	T3	P4 (kPa)	T4
Rendah	1107	10,3	3820	107,4	3820	47	1120	10,1
Sedang	988	6,9	3861	115	3861	45	996	6,35
Tinggi	987	6,8	3850	114,7	3850	44,8	992	6,3

Perhitungan COP (*Coefficient of Performance*) Pada R32 dan R22

Coefficient of Performance (COP) merupakan parameter utama yang digunakan untuk menilai efisiensi kerja suatu sistem refrigerasi, termasuk AC split. COP didefinisikan sebagai perbandingan antara **efek pendinginan yang dihasilkan oleh evaporator (Qc)** dengan **energi kerja yang diberikan pada kompresor (Wc)**. Secara matematis, hubungan ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{COP} = \frac{Q_c}{W_c} \quad (3)$$

Evaluasi nilai enthalpi pada masing-masing state point

Pertama-tama dilakukan penentuan nilai enthalpi pada masing-masing state point dengan menggunakan aplikasi Refprop dengan Hasil yang tercantum pada table berikut ini:

Tabel 3 Data Hasil Enthalpi R22

DATA PERHITUNGAN ENTHALPI R22				
Fan Speed	Evap -Out	Cond-in	Cond-Out	Evap - in
	h1	h2	h3	h4
Rendah	416,69	466,58	245,53	208,29
Sedang	412,75	452,48	271,02	215,50
Tinggi	410,96	450,75	274,42	217,93

Tabel 4 Data Hasil Enthalpi R32

DATA PERHITUNGAN ENTHALPI R32				
Fan Speed	Evap -Out	Cond-in	Cond-Out	Evap - in
	h1	h2	h3	h4
Rendah	517,07	587,13	289,4	217,92
Sedang	517,2	596,91	284,9	211,2
Tinggi	517,1	596,66	284,5	211,11

Perhitungan Laju Aliran Massa Udara Evaporator Dan Beban Pendingin E Vaporator

Perhitungan Laju aliran massa udara Evaporator dilakukan pada 3 variasi kecepatan Fan masing-masing pada R22 dan R32

Tabel 5 kecepatan udara evaporator pada tiap kondisi percobaan

Fan Speed	Refrigerant	
	R-22	R-32
Rendah	1.0 m/s	1.1 m/s
Sedang	1.3 m/s	1.4 m/s
Tinggi	1.4 m/s	1.6 m/s

Perhitungan data pengujian m

udara= P udara x A x V

$$= 1.12\text{kg/m}^3 \times 0.16\text{m}^2 \times 1 \text{ m/s}$$

$$= 0.1792 \text{ kg/s}$$

Dimana nilai A diperoleh dari luas penampang saluran udara evaporator dan nilai P diperoleh dari massa jenis udara

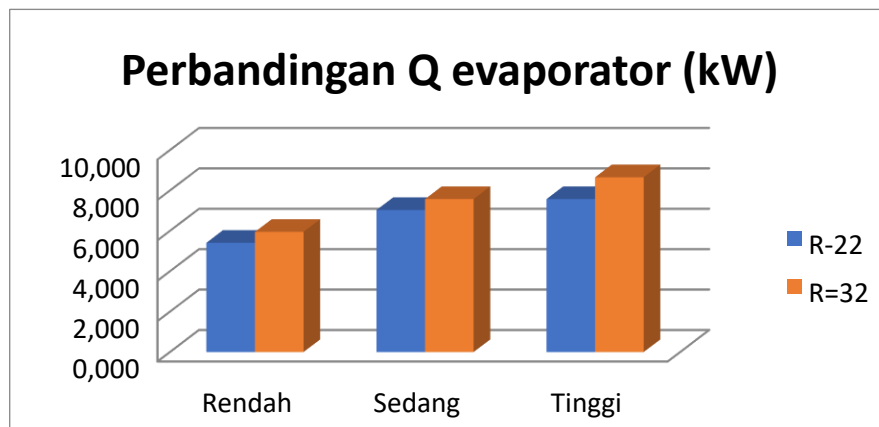
Beban pendingin ($Q_{cooling}$)

$$Q_{cooling} = m \text{ udara } (h_{in} - h_{out}) \text{ udara}$$

$$= 0.1792 (94,85 - 64,67)$$

$$\text{kJ/kg} = 5,4 \text{ kJ/s}$$

$$M \text{ refrigerant} = \frac{Q_{cooling}}{h_{out} - h_{in} \text{ evaporator}} = \frac{5,4 \text{ kJ/s}}{416,69 - 208,29 \text{ kJ/s}} = 0,0259 \text{ kg/s}$$



Grafik 1 Perbandingan Q Evaporator (kw)

Perhitungan laju pelepasan kalor kondensor

Perhitungan laju pelepasan kalor kondensor

Secara termodinamika, laju pelepasan kalor kondensor dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Q_{kondensor} = m \cdot (h_2 - h_3) \dots \dots \dots (4)$$

Dimana

- m = laju aliran massa refrigeran (kg/s),
- h_2 = entalpi refrigeran pada keluaran kompresor (gas bertekanan tinggi),
- h_3 = entalpi refrigeran pada keluaran kondensor (cairan bertekanan tinggi).

Perhitungan

$$Q_{kondensor} = m_{refrigerant} (h_2 - h_3)$$

$$= 0,0259 (416,58 - 245,53)$$

$$= 5,736 \text{ kJ/s (kw)}$$

Perhitungan laju penyerapan kalor pada evaporator (Q_{evap})

Laju penyerapan kalor evaporator merupakan efek refrigerasi yang ditimbulkan oleh mesin pendingin

$$Q_{\text{evaporator}} = m_{\text{refrigerant}} (h_1 - h_4)$$

$$= 0,0259 (416,69 - 208,29)$$

$$= 5,408 \text{ kJ/s (kw)}$$

Perhitungan W kompresor

$W_{\text{kompresor}}$ merupakan besarnya daya yang dibutuhkan oleh kompresor untuk mensirkulasikan fluida kerja dalam mesin pendingin.

$$W_{\text{kompresor}} = m_{\text{refrigerant}} (h_2 - h_1)$$

$$= 0,0259 (466,58 - 416,69) \text{ kJ/kg}$$

$$= 1,29 \text{ kJ/s (kw)}$$

perhitungan COP (coefficient of performance)

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{evaporator}}}{W_{\text{kompresor}}} = \frac{5,408}{1,29} = 4,17$$

4. Hasil dan Pembahasan

Pembahasan hasil penelitian ini dilakukan untuk menginterpretasikan secara menyeluruh kinerja kompresor AC split ½ PK tipe non-inverter dengan menggunakan dua jenis refrigeran, yaitu R22 dan R32, serta pengaruh variasi putaran fan evaporator terhadap parameter-parameter utama sistem pendingin. Analisis ini mencakup tekanan kerja kompresor, suhu kondensor, suhu evaporator, konsumsi daya listrik, kapasitas pendinginan, serta nilai COP (*Coefficient of Performance*).

- Perbandingan Tekanan Kerja Kompresor

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tekanan hisap kompresor (P_1) pada R22 berada di kisaran 620–790 kPa, sedangkan pada R32 lebih tinggi, yaitu 987–1107 kPa. Tekanan hisap yang lebih tinggi pada R32 menandakan bahwa refrigeran ini memiliki karakteristik termodinamika yang lebih stabil dalam mempertahankan kondisi operasi. Tekanan buang (P_2) pada R22 tercatat 2220–2428 kPa, sementara pada R32 mencapai 3820–3861 kPa. Tekanan buang yang lebih tinggi pada R32 menunjukkan kerja kompresi yang lebih besar, namun hal ini sejalan dengan kapasitas pendinginan yang lebih tinggi. Dengan demikian, meskipun beban kompresor meningkat, sistem dengan R32 mampu menghasilkan pendinginan yang lebih efektif.

- Suhu Kondensor dan Evaporator

Suhu kondensor pada R22 berkisar antara 90–106 °C, sedangkan pada R32 lebih tinggi, yaitu 107–115 °C. Kondisi ini menunjukkan bahwa pelepasan kalor pada sistem dengan R32 lebih besar, sehingga beban kondensor meningkat. Sebaliknya, suhu evaporator pada R32 lebih rendah (sekitar 6–10 °C) dibandingkan R22 (16–19 °C). Suhu evaporator yang lebih rendah pada R32 menandakan kemampuan menyerap kalor dari ruangan lebih baik, sehingga efek pendinginan lebih cepat tercapai. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian yang menunjukkan bahwa R32 mampu menurunkan suhu ruangan lebih cepat dibandingkan R22.

- Konsumsi Daya Listrik Kompresor

Perhitungan entalpi menunjukkan bahwa kerja kompresi (h_2-h_1) pada R22 berkisar 36–40 kJ/kg, sedangkan pada R32 lebih tinggi, yaitu 70–80 kJ/kg. Meskipun kerja kompresi R32 lebih besar, konsumsi daya listrik kompresor relatif sebanding dengan R22 karena kapasitas pendinginan yang dihasilkan juga lebih tinggi. Dengan kata lain, **R32 mampu menghasilkan pendinginan lebih besar dengan daya listrik hampir sama dengan R22**, sehingga efisiensi energi lebih baik.

- Kapasitas Pendinginan dan COP

Kapasitas pendinginan (Q_{evap}) pada R32 lebih tinggi dibandingkan R22 pada semua variasi putaran fan. Nilai COP pada R22 berada di kisaran 2,5–3,0, sedangkan pada R32 mencapai 3,5–4,0. Hal ini menegaskan bahwa R32 lebih unggul dari sisi efisiensi energi. COP yang lebih tinggi menunjukkan bahwa sistem dengan R32 mampu menghasilkan efek pendinginan lebih besar dengan konsumsi energi yang relatif sama.

- Pengaruh Variasi Putaran Fan Evaporator

Variasi putaran fan evaporator terbukti berpengaruh signifikan terhadap kinerja sistem. Pada putaran rendah, tekanan hisap lebih tinggi dan suhu evaporator relatif stabil, namun kapasitas pendinginan terbatas. Pada putaran sedang, laju aliran udara meningkat sehingga suhu evaporator turun dan kapasitas pendinginan bertambah, dengan konsumsi daya listrik yang masih dalam batas efisiensi. Pada putaran tinggi, kapasitas pendinginan mencapai nilai maksimum, namun konsumsi daya listrik juga meningkat. Secara keseluruhan, **putaran fan sedang memberikan keseimbangan terbaik antara kapasitas pendinginan dan konsumsi energi**, sedangkan putaran tinggi menghasilkan pendinginan maksimal dengan konsekuensi beban listrik lebih besar.

- Interpretasi Keseluruhan secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa refrigeran R32 lebih unggul dibandingkan R22 dari sisi efisiensi energi, kapasitas pendinginan, dan ramah lingkungan (ODP = 0, GWP lebih rendah). R22 meskipun memiliki kestabilan mekanis tertentu, tidak lagi direkomendasikan karena dampak lingkungan yang signifikan. Dengan demikian, penggunaan R32 pada AC split non-inverter kapasitas ½ PK dapat menjadi pilihan yang lebih tepat untuk mendukung efisiensi energi sekaligus keberlanjutan lingkungan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan terhadap kinerja kompresor AC split ½ PK tipe noninverter dengan menggunakan refrigeran R22 dan R32 serta variasi putaran fan evaporator, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbedaan kinerja kompresor antara R22 dan R32

- Tekanan hisap kompresor pada R32 lebih tinggi dan lebih stabil dibandingkan R22. Hal ini menunjukkan bahwa R32 memiliki karakteristik termodinamika yang lebih baik dalam mempertahankan kondisi operasi.
- suhu kondensor pada R22 cenderung lebih rendah dibandingkan R32, namun suhu evaporator pada R32 lebih rendah dibandingkan R22. Kondisi ini menandakan bahwa R32 lebih efektif dalam menyerap kalor dari ruangan sehingga menghasilkan efek pendinginan yang lebih cepat.

2. Pengaruh variasi putaran fan evaporator terhadap performa sistem

- Pada putaran rendah, tekanan hisap lebih tinggi dan suhu evaporator relatif stabil, namun kapasitas pendinginan terbatas.
- Pada putaran sedang, terjadi keseimbangan antara kapasitas pendinginan dan konsumsi daya listrik. Suhu evaporator menurun, kapasitas pendinginan meningkat, dan konsumsi energi masih dalam batas efisiensi.

3. Nilai COP (*Coefficient of Performance*)

- COP pada sistem dengan R22 berada di kisaran 2,5–3,0, sedangkan pada R32 mencapai 3,5–4,0.

Hal ini menegaskan bahwa R32 lebih unggul dari sisi efisiensi energi

- Secara keseluruhan, refrigeran R32 lebih direkomendasikan dibandingkan R22 karena mampu memberikan pendinginan lebih cepat, efisiensi energi lebih baik, serta ramah lingkungan (ODP = 0 dan GWP lebih rendah).

Reference

- Akbar, A. N., Mujiarto, S., & Saputra, T. J. (2025). *Pengaruh Refrigerant R-32 , R-290 , Dan R-410a Terhadap Kinerja AC Split 1 PK Universitas Tidar , Magelang.*
- Arismunandar, W., Saito, H. 2002, *Penyegaran Udara, Cetakan Ke-6, PT Pradnya Paramita Jakarta.*
- Conditioner, P. A., & Hydrocarbon, R. (2024). *Jurnalpolimesin.* 22(1).
- Dwinanto, M. M. (2022). *Studi Kinerja Teoritis Pengkondisian Udara Menggunakan R32 , R290 Dan.* 09(01), 41–47.
- Ikhsan, M. H. (2022). Analisis Kinerja Evaporator Pada AC Split 1 PK Dengan Refrigerant R-22 Dan R-290. *JETI (Jurnal Elektro Dan Teknologi Informasi)*, 1(2), 56–58. <https://doi.org/10.26877/jeti.V1i2.72>
- Laju, P., Ruangan, P., Media, D., Udara, K., Air, D., Kondensor, D., Mesin, P., Split, T., Conditioning, A., Room, I., Rate, C., Air, W., & Combination, W. (2021). *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha.* 9(1), 50–58. <https://doi.org/10.23887/jptm.V9i1.33220>
- Metty, K., Negara, T., & Wijaksana, H. (2010). *Analisa Performansi Sistem Pendingin Ruangan Dan Efisiensi Energi Listrik Padasistem Water Chiller Dengan Penerapan Metode Cooled Energy Storage.* 4(1), 4–11.
- Made Ery Arsana, Sudirman, I.B Sukadana “Kinerja Ac Tipe Split Dengan Sistem Ejector Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon” *Jurnal Logic.* Vol. 16. No. 2 Juli 2016.
- Pratama, J. I., Taufiqurrahman, M., & Ivanto, M. (2024). *Analisis Perbandingan Penggunaan Refrigeran R-134a Dan R-404A Pada Trainer Sistem Refrigerasi Dengan Kompresor ¼ PK.* 5(2), 7–13.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D.* Alfabeta.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kebijakan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi, R&D, dan Evaluasi.* Alfabeta.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Evaluasi: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan Kombinasi.* Alfabeta.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D (Ed. ke-2).* Alfabeta.
- Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian Manajemen.* Alfabeta.
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi, R&D dan Penelitian Pendidikan).* Alfabeta.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kualitatif: Untuk Penelitian yang Bersifat Eksploratif, Enterpretif, Interaktif dan Konstruktif.* Alfabeta.