

ANALISIS KINERJA MESIN PENDINGIN AIR CONDITIONER 1/2 PK MENGGUNAKAN REFRIGERANT R32

ANDRE BREINER TATUHEY
YOLANDA J. LEWERISSA

Program Studi Diploma IV Teknik Mesin
Politeknik Saint Paul Sorong

Email :; ruselloanz@gmail.com; andretatuhei07@gmail.com

ABSTRAK

Kehidupan manusia sekarang ini membutuhkan sesuatu yang dapat membuat manusia dapat menjalani kehidupannya dengan baik dan tenang. Fasilitas yang baik dapat mendukung manusia untuk menciptakan suasana yang nyaman saat bekerja dan beraktifitas. Salah satu fasilitas yang sangat penting dan mendukung manusia dalam aktifitas adalah Air Conditioner (AC). Pendidikan Tinggi Vokasi juga membentuk peserta didik yang mulai memikirkan pentingnya berinovasi merancang dan membuat media-media belajar yang dapat digunakan untuk melakukan penelitian besaran-besaran penting untuk mengukur kinerja sebuah mesin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja mesin pendingin sebuah trainer AC split ½ PK dengan jenis refrigeran R32. Hasil dari penelitian ini adalah Nilai COP hasil penelitian pada AC Split dengan refrigeran R32 berkisar 4,87 – 7,50, yang menunjukkan kinerja AC dapat dikatakan sangat baik. Kinerja sistem AC ditunjukkan oleh nilai COP, nilai COP (Coefficient of Performance) pada AC split dapat berubah tergantung pada temperatur evaporator dan kondensor. Semakin besar nilai COP, maka semakin baik kinerja AC.

Kata Kunci : Kinerja, COP, AC

ABSTRACT

Human life today requires something that can make humans live their lives well and peacefully. Good facilities can support humans to create a comfortable atmosphere while working and doing activities. One of the facilities that is very important and supports humans in their activities is Air Conditioner (AC). Vocational Higher Education also forms students who begin to think about the importance of innovating to design and create learning media that can be used to conduct large-scale research that is important to measure the performance of a machine. The purpose of this study is to determine the performance of the cooling machine of a ½ PK split AC trainer with R32 refrigerant type. The results of this study are the COP value of the research results on Split AC with R32 refrigerant ranging from 4.87 - 7.50, which indicates that the performance of the AC can be said to be very good. The performance of the AC system is indicated by the COP value, the COP (Coefficient of Performance) value on a split AC can change depending on the temperature of the evaporator and condenser. The greater the COP value, the better the performance of the AC.

Keywords: Performance, COP, AC

PENDAHULUAN

Kehidupan manusia sekarang ini membutuhkan sesuatu yang dapat membuat manusia dapat menjalani kehidupannya dengan baik dan tenang. Fasilitas yang baik dapat mendukung manusia untuk menciptakan suasana yang nyaman saat bekerja dan beraktifitas. Salah satu fasilitas yang sangat penting dan mendukung manusia dalam aktifitas adalah Air Conditioner (AC).

Air Conditioner merupakan sebuah mesin pendingin ruangan yang sangat penting bagi kehidupan manusia saat ini. Air Conditioner adalah alat pengkondisian udara untuk mendinginkan udara. Menurut (Radjah et al., 2019): Dalam kehidupan sehari-hari, manusia tentu saja menginginkan suatu keadaan dimana temperatur dan kelembaman ruangan lebih nyaman. Saat ini udara panas disekitar kita cukup tinggi, sehingga mengakibatkan kurang nyamannya seseorang melakukan aktifitas yang aktif didalam ruangan maupun diluar ruangan.

Maka aktifitas didalam ruangan membutuhkan suatu alat yang dapat mengkondisikan ruangan tersebut pada suhu ideal agar saat melaksanakan suatu aktifitas dapat berjalan dengan lancar dan nyaman.

Menurut (Ayyubi et al., 2020): Secara umum AC split banyak di gunakan di masyarakat karena membantu untuk pendinginan di ruangan baik di rumah, gedung dan lain lain. AC juga biasa digunakan kendaraan bermotor seperti mobil dan kendaraan lainnya. Fungsi kerja pada AC split adalah dimulai dari kompresor. Kompresor memompa gas yang bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi melalui pipa tekan (*discharge*) ke kondensor. Didalam kondensor suhu gas yang tinggi dibuang oleh fan yang terletak pada outdoor unit, sehingga suhu gas refrigeran menjadi dingin. Setelah memulai kondensor gas refrigerant masuk kefilter dryer untuk disaring, agar gas yang mengalir tidak dapat kotoran. Setelah disaring gas (freon) masuk pipa kepiler yang lubangnya begitu kecil, di dalam pipa ini freon saling bertubrukan atau berdesak-desakan kemudian berubah wujud menjadi cair yang sebelumnya menjadi gas.

Refrigeran adalah zat yang akan dikompresi dan mudah berubah wujud dari gas menjadi air atau sebaliknya. Refrigeran yang dikenal dengan sebutan freon adalah cairan yang menyerap panas pada suhu rendah dan menolak panas pada suhu tinggi. Tipe AC memiliki jenis refrigeran masing-masing sesuai yang diproduksi pabrik. Kinerja dari sebuah mesin pendingin dapat diukur dari nilai Coefficient of Performance (COP) yaitu ukuran keefektifan kerja suatu sistem refrigerasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai COP dari mesin pendingin Air Conditioner ½ PK menggunakan refrigeran R32.

KAJIAN PUSTAKA

Pengertian Mesin Pendingin

Mesin pendingin adalah 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 adalah untuk menjaga ruangan tetap dingin dengan menyerap panas dari ruang tersebut (Khairil Anwar, 2010).

Pengertian dari Air Conditioner (AC) adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengodisikan udara atau dikatakan sebagai alat yang berfungsi sebagai penyejuk udara. Penggunaan AC dimaksudkan untuk memperoleh temperatur yang segar dan sejuk serta temperature yang diinginkan dan nyaman bagi tubuh. Pada suatu ruangan komponen AC yaitu evaporator yang merupakan sebuah alat yang mempunyai fungsi mengubah sebagian atau keseluruhan sebuah pelarut dari sebuah larutan bentuk cair menjadi uap. Pada bagian ini fungsi utamanya adalah untuk mengubah suhu untuk menukar panas dan untuk memisahkan uap yang terbentuk dari cairan.

Fungsi kerja pada AC split adalah dimulai dari kompresor. Kompresor memompa gas yang bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi melalui pipa tekan (*discharge*) ke kondensator. Didalam kondensator suhu gas yang tinggi dibuang oleh fan yang terletak pada outdoor unit, sehingga suhu gas refrigeran menjadi dingin. Setelah memulai *condensor gas refrigerant* masuk ke *filter dryer* untuk disaring, agar gas yang mengalir tidak dapat kotoran. Setelah disaring gas (Freon) masuk pipa kepiler yang lubangnya begitu kecil, di dalam pipa ini Freon saling bertubrukan dan berdesak-desakan, Freon berubah wujud menjadi cair yang sebelumnya menjadi gas.

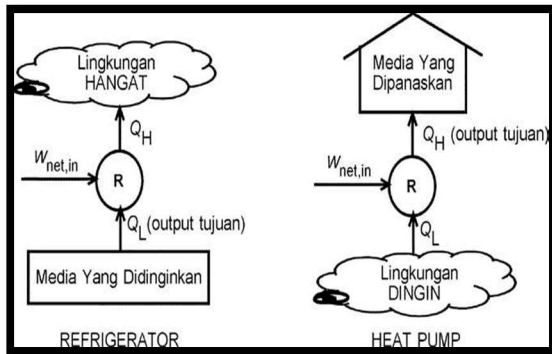
Secara umum diterima bahwa kompresor adalah pesawat yang memampatkan udara atau gas. Sebagian besar waktu, mereka menghisap udara dari atmosfer sekitarnya, tetapi mereka juga menghirup udara atau gas terkompresi. (Ayyubi et al., 2020)

Sistem Refrigerasi

Refrigerasi adalah metode pengkondisian temperatur ruangan agar tetap berada di bawah temperatur lingkungan. Karena temperatur ruangan yang terkondisi tersebut selalu berada di bawah temperatur lingkungan, maka ruangan akan menjadi dingin sehingga refrigerasi dapat juga disebut dengan metode pendinginan.

Siklus refrigerasi adalah siklus kerja yang mentransfer kalor dari media bertemperatur rendah ke media bertemperatur tinggi dengan menggunakan kerja dari luar sistem. Secara prinsip merupakan kebalikan dari siklus mesin kalor (heat engine). Dilihat dari tujuannya maka alat dengan siklus refrigerasi dibagi menjadi dua yaitu refrigerator yang berfungsi untuk mendinginkan media dan heat pump yang berfungsi untuk memanaskan media. Ilustrasi

tentang refrigerator dan heat pump dapat dilihat pada Gambar 1. (Sanjaya et al., 2014)



Gambar 1. Ilustrasi Refrigerator dan Heat Pump

Komponen-komponen AC

Untuk dapat menghasilkan proses sirkulasi udara yang membuat udara dalam suatu ruangan menjadi sejuk cenderung dingin, AC memiliki beberapa komponen penyusun. Beberapa komponen tersebut antara lain: (Kusnandar et al., 2018)

1. Kompresor
Kompresor merupakan komponen utama pada sistem refrigerasi yang mempunyai fungsi untuk mensirkulasikan refrigeran ke sistem dengan cara mengkompresi dan menghisap refrigeran.
2. Kondensator
Komponen kondensator terbuat dari pipa berbahan tembaga. Komponen ini berfungsi sebagai pelepas suhu panas udara yang terbawa oleh Freon untuk dilepas menjadi udara dingin di ruangan.
3. Katup Ekspansi
Katup ekspansi sebagai komponen untuk menurunkan tekanan sekaligus menurunkan temperatur refrigeran yang nantinya akan berubah fasanya menjadi fasa cair yang selanjutnya akan dialirkan melalui saluran menuju evaporator.
4. Evaporator
Komponen pertama adalah evaporator. Evaporator pada AC diproduksi dari pipa berbahan tembaga dengan panjang serta diameter yang disesuaikan. Desain evaporator sengaja dibuat berlekuk-lekuk untuk menghemat tempat dan mampu menyerap suhu panas pada udara ruangan secara efektif.
5. Refrigeran

Refrigeran adalah zat yang akan dikompresi dan mudah diubah wujudnya dari gas menjadi cair ataupun dari cair ke gas. Refrigerant atau yang sering kita sebut freon adalah cairan yang menyerap panas pada suhu rendah dan menolak panas pada suhu yang lebih tinggi.

Refrigeran

Refrigeran R32 merupakan senyawa Difluoromethane yang memiliki nama lain CH₂F₂ yang juga memegang peran penting dalam sistem refrigasi pada era modern, sejak ditemukan pada tahun 2013 di Jepang oleh Daikin. Sama halnya dengan R22 dikarenakan CFC memiliki properti fisika dan termal yang baik sebagai refrigeran, stabil, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan kompatibel terhadap Sebagian besar bahan komponen dalam sistem refrigerasi. Biasanya digunakan pada AC rumah dengan kapasitas rendah sampai menengah tetapi memiliki potensi pemanasan Global yang lebih baik dibandingkan R22. (Radjah et al., 2019) Perbandingan tipe freon dapat dilihat dalam tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Standar Nilai COP

Jenis Freon	ODP	GWP	Cooling Index	Flammability
R22	0,5	1810	100	TIDAK
R410A	0	2090	92	TIDAK
R32	0	675	160	RENDAH
R290	0	kurang dari 3	83	TINGGI

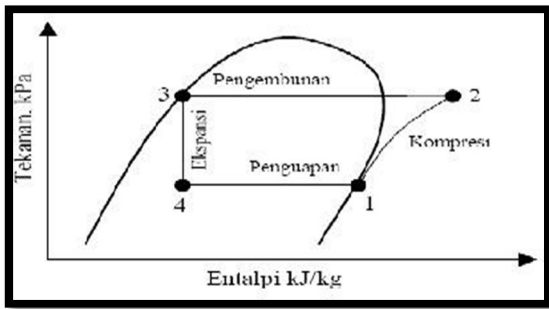
Sumber: (Ayyubi et al., 2020)

Keterangan:

- ODP adalah Ozone Depletion Potential alias Potensi Perusakan Ozone
- GWP adalah Global Warming Potential alias Potensi Pemanasan Global
- Cooling Index adalah angka index dingin
- Flammability adalah Tingkat mudah terbakar Freonnya

Coefficient of Performance (COP)

Nilai COP yang tinggi sangat diharapkan karena hal itu menunjukkan bahwa sejumlah tertentu refrigerasi hanya memerlukan sejumlah kecil kerja. Grafik P-h pada gambar di bawah ini untuk menyatakan sifat refrigeran yang bekerja di dalam suatu sistem refrigerasi. Melalui grafik ini dapat ditentukan nilai entalpi pada setiap titik yang merupakan parameter penting untuk perhitungan nilai koefisien kinerja dan efisiensi sistem. (Radjah et al., 2019)



Gambar 2. Diagram P-h siklus kompresi uap

Standar nilai COP sebagai berikut:

Tabel 2. Standar Nilai COP

Nilai COP	Performa/kinerja
2,5 – 3,4	Tidak bagus (biasanya ada kerusakan)
3,5 – 4,1	Cukup baik
4,2 – 4,9	Baik
5,0 – 7,0	Sangat baik
7,1- 9,0+	Sangat-sangat baik

Parameter Uji Kinerja

Parameter uji kinerja mesin pendingin Air Conditioner ½ PK yang diamati dan diteliti sebagai berikut: (Purwanto & Ridhuan, 2014)

Kerja Kompresi per satuan Massa Refrigeran

Nilai kerja kompresi per satuan massa refrigeran dapat dihitung dengan persamaan: (Hara, 1982)

$$Q_w = h_2 - h_1 \quad (1)$$

Panas per satuan Massa Refrieran

Nilai panas per satuan massa refrigeran dapat dihitung dengan persamaan : (Hara, 1982)

$$Q_c = h_2 - h_3 \quad (2)$$

Kalor yang Diserap oleh Evaporator

Nilai kalor yang diserap oleh evaporator dapat dihitung dengan persamaan: (Hara, 1982)

$$Q_e = h_1 - h_4 \quad (3)$$

Coefficient Of Performance (COP)

Nilai COP dapat dihitung dengan persamaan: (Hara, 1982)

$$COP = \frac{\text{dampak refrigerasi}}{\text{kerja kompresi}}$$

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (4)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kepustakaan untuk mengetahui bagaimana metode yang dipakai didalam perhitungan nilai COP dan metode eksperimen dengan melakukan proses pengambilan data menggunakan sebuah media belajar trainer AC ½ PK sesuai langkah-langkah dalam prosedur penelitian.

Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan untuk mengumpulkan data sebagai berikut:

1. Siapkan alat trainer AC, manifold gauge, stopwatch, multimeter dan thermometer;
2. Nyalakan alat trainer AC;
3. Pasang manifold gauge ke pipa 3 arah unit indoor untuk mengukur tekanan;
4. Siapkan alat thermometer dan stop watch untuk mengukur suhu ruangan dan mengukur waktu pengujian;
5. Suhu yang diatur dan diukur bervariasi mulai dari suhu tinggi atau suhu ruangan 27o C, 26o C, 25o C, 24o C dan 16o C;
6. Siapkan alat multimeter untuk mengukur arus listrik;
7. Nilai COP membutuhkan data temperatur sebagai berikut:
 - T1 : temperatur keluar evaporator
 - T2 : temperatur keluar kompresor
 - T3 : temperatur keluar kondensor
 - T4 : temperatur keluar katup ekspansi
 - T5 : temperatur udara masuk (hisap) evaporator
 - T6 : temperatur udara keluar evaporator
 - T7 : temperatur masuk (hisap) kondensor
 - T8 : temperatur udara keluar kondensor
8. Nilai entalpi diperoleh menggunakan *software Coolpack*.

PEMBAHASAN

Spesifikasi Motor Induksi

Spesifikasi trainer AC ½ PK yang digunakan dalam penelitian adalah:

Tabel 3. Spesifikasi Trainer AC

JENIS	BESARAN	UKURAN
Air Conditioner ½ PK	Brand	AQUA
	SKU	AQA-KR05AHP1
	Tipe	AC Standar

JENIS	BESARAN	UKURAN
	Daya Listrik	360 Watt
	Dimensi evaporator (cm)	70 x 19 x 27
	Berat evaporator (kg)	7
	Daya (PK)	½
	Energi (BTU/h)	5000
	Critical pressure (kPa)	Ø1/4 Ø3/8
	Dimensi kondensor (cm)	70 x 25 x 43
	Berat kondensor (kg)	19
	Bahan evaporator	Tembaga
	Refrigeran	Rumus kimia
Massa molar (g/mol)		52,02
Titik didih normal (°C)		-51,651
Titik beku (°C)		-136
Atmospheric Lifetime, years		Kurang dari 5 tahun
Ozone Depletion Potential (ODP)		0
Global Warming Potential		675
Critical Pressure (MPa)		5,80
Rangka	Tinggi rangka (cm)	140
	Panjang rangka (cm)	109
	Lebar rangka (cm)	111
	Dimensi kotak pengujian (cm)	61 x 81 x 62

Data Pengujian

Langkah awal proses pengambilan data adalah mengukur temperatur T_1 sampai T_8 , T_{in} , T_{out} , tegangan listrik dan arus listrik. Hasil pengukuran T_1 , T_2 , T_3 dan T_4 diinput pada software coolpack untuk mendapatkan nilai h_1 , h_2 , h_3 , dan h_4 . Data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Data Pengukuran Temperatur

BESARAN	TEMPERATUR				
	27°C	26°C	25°C	24°C	16°C
T_1	24,3	20,5	25,0	22,0	15,4
T_2	50,0	49,4	51,5	55,4	50,5
T_3	30,5	30,4	30,6	30,3	34,93
T_4	13,3	13,1	12,9	12,3	11,60
T_5	28,5	28,7	28,4	28,4	26,8
T_6	26,9	26,0	25,0	23,8	23,5
T_7	38,5	38,2	38,7	38,8	38,3

BESARAN	TEMPERATUR				
	27°C	26°C	25°C	24°C	16°C
T_8	31,6	32,0	32,5	31,7	31,2
T_{in}	26,5	24,6	24,2	22,8	21,9
T_{out}	31,1	31,0	31,2	30,8	30,3
Tegangan (Volt)	211	212	213	215	218
Arus listrik (Ampere)	1,55	1,55	1,56	1,57	1,59

Data pengujian pada Temperatur 27°C, 26°C, 25°C, 24°C dan 16°C menggunakan *software Coolpack* diperoleh sebagai berikut:

Pengujian pada Temperatur 27°C

Temperatur yang diinput dan hasil entalpi yang diperoleh untuk Temperatur 27°C sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai Entalpi pada Temperatur 27°C

BESARAN	NILAI
T_1 °C	24,3
T_2 °C	50,0
T_3 °C	30,5
T_4 °C	13,3
h_1 (kJ/kg)	429,460
h_2 (kJ/kg)	464,539
h_3 (kJ/kg)	464,539
h_4 (kJ/kg)	258,800

Pengujian pada Temperatur 26°C

Temperatur yang diinput dan hasil entalpi yang diperoleh untuk Temperatur 26°C sebagai berikut:

Tabel 6. Nilai Entalpi pada Temperatur 26°C

BESARAN	NILAI
T_1 °C	20,5
T_2 °C	49,4
T_3 °C	30,4
T_4 °C	13,1
h_1 (kJ/kg)	431,519
h_2 (kJ/kg)	456,909
h_3 (kJ/kg)	456,909
h_4 (kJ/kg)	248,309

Pengujian pada Temperatur 25°C

Temperatur yang diinput dan hasil entalpi yang diperoleh untuk Temperatur 25°C sebagai berikut:

Tabel 7. Nilai Entalpi pada Temperatur 25°C

BESARAN	NILAI
T_1 °C	25,0
T_2 °C	51,5
T_3 °C	30,6

BESARAN	NILAI
T ₄ °C	12,9
h ₁ (kJ/kg)	431,269
h ₂ (kJ/kg)	458,121
h ₃ (kJ/kg)	458,121
h ₄ (kJ/kg)	243,902

Pengujian pada Temperatur 24°C

Temperatur yang diinput dan hasil entalpi yang diperoleh untuk Temperatur 24°C sebagai berikut:

Tabel 8. Nilai Entalpi pada Temperatur 24°C

BESARAN	NILAI
T ₁ °C	22,0
T ₂ °C	55,4
T ₃ °C	30,3
T ₄ °C	12,3
h ₁ (kJ/kg)	430,521
h ₂ (kJ/kg)	460,199
h ₃ (kJ/kg)	460,199
h ₄ (kJ/kg)	256,857

Pengujian pada Temperatur 16°C

Temperatur yang diinput dan hasil entalpi yang diperoleh untuk Temperatur 16°C sebagai berikut:

Tabel 9. Nilai Entalpi pada Temperatur 16°C

BESARAN	NILAI
T ₁ °C	15,4
T ₂ °C	50,5
T ₃ °C	34,93
T ₄ °C	11,60
h ₁ (kJ/kg)	432,973
h ₂ (kJ/kg)	460,742
h ₃ (kJ/kg)	460,742
h ₄ (kJ/kg)	224,782

Perhitungan Uji Kinerja Mesin

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui nilai COP pada tiap-tiap temperatur pengukuran. Hasil perhitungan diuraikan secara terinci sebagai berikut:

Temperatur 27°C

Nilai COP diperoleh menggunakan persamaan (4) sebagai berikut:

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{429,460 - 258,800}{464,539 - 429,460} = 4,87$$

Temperatur 26°C

Nilai COP diperoleh menggunakan persamaan (4) sebagai berikut:

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{431,519 - 248,309}{456,909 - 431,519} = 7,22$$

Temperatur 25°C

Nilai COP diperoleh menggunakan persamaan (4) sebagai berikut:

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{431,269 - 243,902}{458,121 - 431,269} = 6,98$$

Temperatur 24°C

Nilai COP diperoleh menggunakan persamaan (4) sebagai berikut:

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{430,521 - 256,857}{460,199 - 430,521} = 5,85$$

Temperatur 16°C

Nilai COP diperoleh menggunakan persamaan (4) sebagai berikut:

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{432,973 - 224,782}{460,742 - 432,973} = 7,50$$

Kinerja sistem AC ditunjukkan oleh nilai COP, nilai COP (Coefficient of Performance) pada AC split dapat berubah tergantung pada temperatur evaporator dan kondensor. Semakin besar nilai COP, maka semakin baik kinerja AC. Hasil perhitungan diperoleh nilai COP yang jika dikaji dengan tabel 2, maka kinerja AC diklasifikasi baik dan sangat baik, karena nilai COP antara 4,87 – 7,50. Semakin tinggi nilai COP, semakin baik kinerja sebuah AC.

PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian, perhitungan dan analisis maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai COP hasil penelitian pada AC Split dengan refrigeran R32 berkisar 4,87 – 7,50, yang menunjukkan kinerja AC dapat dikatakan sangat baik. Kinerja sistem AC ditunjukkan oleh nilai COP, nilai COP (Coefficient of Performance) pada AC split dapat berubah tergantung pada temperatur evaporator dan kondensor. Semakin besar nilai COP, maka semakin baik kinerja AC.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayyubi, A. R., Mustaqim, H. W., & Wibowo, A. (2020). *Analisis Kinerja Evaporator Pada AC Split 1/2 PK Dengan Refrigeran R-22 dan R-290*. Pancasakty University.
- Hara, S. (1982). *Refrigeration And Conditioning*. Oleh Wilbert F. Stoecker, Jerold W. Jones. Jakarta: Erlangga.
- Kusnandar, K., Kurniawan, Y., & Rohmat, Y. N. (2018). Analisa Performansi Mesin Pengkondisi Udara Menggunakan Refrijeran R-32. *Proceedings Of National Colloquium Research And Community Service*, 2.
- Purwanto, E., & Ridhuan, K. (2014). Pengaruh Jenis Refrigerant Dan Beban Pendinginan Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1).
- Radjah, Y. I., Dwinanto, M. M., & Nurhayati, N. (2019). ANALISIS TEORITIS PERBANDINGAN KINERJA PENGKONDISIAN UDARA MENGGUNAKAN REFRIGERAN R22 DAN R32. *SAINSTEK*, 4(1), 265–272.
- Sanjaya, K., Kartika, I. M., & Tanujaya, H. (2014). Uji Eksperimental Mesin Pendingin Berpendingin Udara, Dengan Menggunakan Refrigeran R22 Dan Refrigeran R407C. *Poros*, 12(2), 129–137.