P-16

ANALISA UNJUK KERJA AC INVERTER DAN NON INVERTER TERHADAP VARIASI PENGATURAN SUHU PADA *REMOTE* (21, 22, 23, 24, 25°C)

PERFORMANCE ANALYSIS OF INVERTER AC AND NON INVERTER AC BASED ON VARIATIONS IN TEMPERATURE SETTINGS ON THE REMOTE (21, 22, 23, 24, 25°C)

Srihanto[1*], Moch. Sugiri[2], Bagaskoro Dwi Kurniawan[3]
[1,2,3] Institut Teknologi Budi Utomo, Jl. Raya Mawar Merah No.23, Pondok Kopi Jakarta Timur, DKI Jakarta

**E-mail: srihanto58@gmail.com*

Diterima 18-10-2021	Diperbaiki 19-10-2021	Disetujui 21-10-2021

ABSTRAK

Air conditioner (AC) adalah mesin yang dibuat untuk menstabilkan suhu, kelembapan udara di suatu ruangan. Alat ini memiliki fungsi untuk mengkondisikan udara di sebuah ruangan agar terasa sejuk, nyaman, sehat. Ada tiga hal yang dapat di kondisikan atau diatur dengan menggunakan AC, yaitu suhu, kelembapan, kebersihan udara. Laboratorium Mesin AC inverter dan AC non inverter tersebut hasil dari rancang bangun yang akan dimanfaatkan untuk pembelajaran mahasiswa. Metode pengujian dilakukan dengan mengatur suhu pada remote dengan suhu remote 21°C, 22°C, 23°C, 24°C dan 25°C. Adapun data hasil pengujian dari AC Inverter pada setting suhu remote 21°C diperoleh hasil temperatur yang masuk kompresor 22,1°C, temperatur yang keluar kompresor 23,6°C, temperatur yang keluar dari kondensor 21,0°C dan temperatur yang masuk ke evaporator sebesar 23,8°C. Setelah dilakukan proses perhitungan diperoleh hasil Daya kompresi (W) 484,00 Watt, energi yang dibuang kondensor (Qh) 8,510.33 kJ/kg, energi yang diserap media evaporator (Qe) 8,026.33 kJ/kg, coefficient of performance (COP) sebesar 16,58. Hasil pengujian AC Non Inverter pada setting suhu remote 25°C diperoleh hasil temperature yang masuk kompresor 20,6°C, temperature yang keluar kompresor 20,9°C, temperature yang keluar dari kondensor 21,0°C, temperature yang masuk ke evaporator sebesar 19,0°C. Setelah dilakukan proses perhitungan diperoleh hasil Daya kompresi (W) 902,00 Watt, energi yang dibuang kondensor (Qh) 14,917.69 kJ/kg, energi yang diserap media evaporator (Qe) 14,015.69 kJ/kg, coefficient of performance (COP) sebesar 15,54.

Kata kunci: *Air Conditioner, Inverter, non inverter, suhu remote, unjuk kerja, air conditioner, COP*

ABSTRACT

Air conditioner (AC) is a machine made to stabilize the temperature and humidity of the air in a room. This tool has a function to condition the air in a room so that it feels cool, comfortable and healthy. There are theree things that can be conditioned or regulated by using air conditioning, namely temperature, humidity, and air cleanliness. The test method is carried out by setting the temperature on the remote with a remote temperature of 21, 22, 23, 24, and 25°C. The data from the test results from the AC Inverter at the remote temperature setting of 21°C obtained the results of the incoming temperature of the compressor being 22.1°C, ouput temperature of the compressor 23.6°C, the temperature coming out of the condenser 21.0°C and the incoming temperature to the evaporator is 23.8°C. After the calculation process, the results of the compression work (W) are 484.00 Watt, the energy released by the condenser (Qh) is 8,510.33 kJ/kg, the energy absorbed by the evaporator media (Qe) is 8,026.33 kJ/kg and the coefficient of performance (COP) is 16.58. Test result of the Non-Inverter AC at the remote temperature setting in 25°C, the result obtained are the temperature entering the compressor 20.6°C, the temperature coming out of the compressor 20.9°C, the temperature coming out of the condenser 21.0°C and the temperature

entering the evaporator is 19.0°C. The calculation process, the results of the compression work (W) are 902.00 Watt, the energy discharged from the condenser (Qh) is 14,917.69 kJ/kg, the energy absorbed by the evaporator media (Qe) is 14,015.69 kJ/kg and the coefficient of performance (COP) is 15.54.

Keywords: *Air conditioner, Inverter, non inverter, remote temperature, analysis of performance, COP*

PENDAHULUAN

Air conditioner adalah suatu mesin pendingin sebagai sistem pengkondisian udara yang digunakan dengan tujuan untuk memberikan rasa nyaman bagi penghuni yang berada dalam suatu ruangan atau gedung [1]. Sistem pendingin tidak hanya memberikan efek dingin suatu ruangan, tetapi juga mengatur kelembapan suhu dan meningkatkan kualitas udara yang di butuhkan.

Walaupun AC banyak mendatangkan manfaat, seperti diketahui bahwa AC adalah salah satu peralatan rumah yang memakai daya listrik terbesar dibandingkan peralatan lainnya. Ini merupakan salah satu sebab produsen AC berinovasi mengurangi konsumsi energi pada AC. Salah satunya dengan menggunakan inverter, yang di maksudkan untuk dapat menghemat listrik [2].

AC inverter menggunakan teknologi pada kompresornya yang terus menyala aktif walaupun suhu ruangan sudah mencapai yang di inginkan, sedangkan AC non inverter atau AC biasa sistem kerja kompresor menyala jika suhu ruangan berubah naik saja [3]. Analisa AC inverter dan AC non inverter menggunakan alat uji skala laboratorium untuk mengetahui kinerja AC berdasarkan variasi tekanan refrigerant [4].

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui perbandingan daya kompresi dan COP pada AC inverter dan AC non inverter.

METODOLOGI

Berikut ini adalah langkah – langkah yang dilakukan dalam pengujian, antara lain:

1. Studi literatur.
2. Persiapan alat dan bahan.
3. Pengumpulan data.
4. Analisa.
5. Kesimpulan.

Pengujian yang dilakukan adalah analisa unjuk kerja AC inverter dan AC non inverter terhadap variasi pengaturan suhu pada remote (21, 22, 23, 24, 25°C) skala laboratorium.

Tempat pengujian adalah di laboratorium Teknik Mesin, Institut Teknologi Budi Utomo, Jl. Mawar Merah No.23, RT.2/RW.1, Pondok Kopi, Kec. Duren Sawit, Kota Jakarta Timur. Waktu penelitian dimulai 24 April 2021 sampai 18 Agustus 2021.

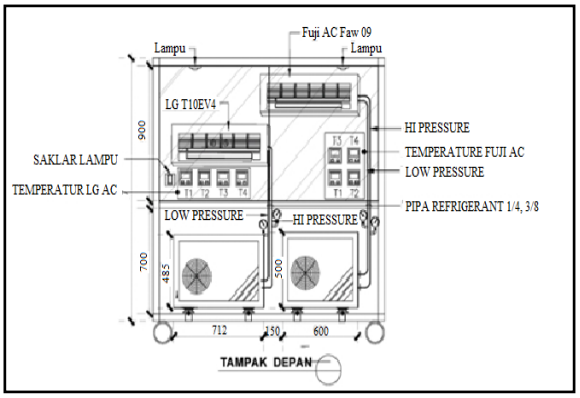
Pemasangan Peralatan Alat Uji.

Pemasangan peralatan alat uji dirangkai pada satu alat peraga portable agar dapat dikondisikan pada saat pengujian dan pengambilan data. Pemasangan alat uji terdiri dari AC inverter dan AC non inverter yang dihubungkan dengan menggunakan pipa tembaga pada bagian mekanik dan dipasang kabel sebagai penghubung kelistrikan. Peralatan instalasi alat uji yang dipergunakan untuk pengujian AC Inverter dan Non Inverter dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Peralatan instalasi alat uji

No.	Nama alat	Jumlah
1	Rangka UNP 50	1 set
2	Multiplex untuk dinding belakang, atas dan bawah	1 set
3	Akrilik untuk samping dan depan	1 set
4	AC Inverter Merk LG 1PK	1 unit
5	AC Non Inverter Merk Fuji 1PK	1 unit
6	Temperature Controller	4 buah
7	Pressure Gauge Merk Leston	2 buah
8	Thermometer tipe digital	8 buah
9	Refrigerant R32 untuk AC Inverter	1 lot
10	Refrigerant R410A untuk AC Non Inverter	1 lot

Pada Gambar 1 terlihat tampak depan dari alat pengujian AC Inverter dan AC Non Inverter.



Gambar 1. Tampak depan alat pengujian AC Inverter dan Non Inverter

Pengumpulan Data

Dari hasil pengujian AC inverter dan non inverter terhadap variasi pengaturan suhu pada *remote* dan mengukur arus listrik yang mengalir dengan tang ampere, maka diperoleh hasil dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Data pengujian AC inverter

Suhu Remote	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	I	V
21°C	22,1	23,6	21,0	23,8	2,2	220
22°C	22,8	24,1	22,0	26,2	2,1	220
23°C	23,4	23,9	23,0	25,5	2,1	220
24°C	23,7	25,7	24,0	26,6	2,0	220
25°C	26,7	25,8	25,0	26,4	2,0	220

Tabel 3. Data pengujian AC non inverter

Suhu Remote	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	I	V
21°C	20,6	20,9	21,0	19,0	4,3	220
22°C	21,6	22,0	22,0	21,0	4,2	220
23°C	22,4	22,8	23,0	22,2	4,2	220
24°C	23,6	23,9	24,0	20,5	4,1	220
25°C	24,5	25,1	25,0	27,1	4,1	220

Keterangan:
- I adalah Arus listrik.
- V adalah tegangan listrik.
- T1 adalah temperatur *refrigerant* yang masuk ke kompresor.
- T2 adalah temperatur *refrigerant* yang keluar dari kompresor.
- T3 adalah temperatur *refrigerant* yang keluar dari kondensor.
- T4 adalah temperatur *refrigerant* yang masuk ke evaporator.

HASIL DAN PEMBAHASAN

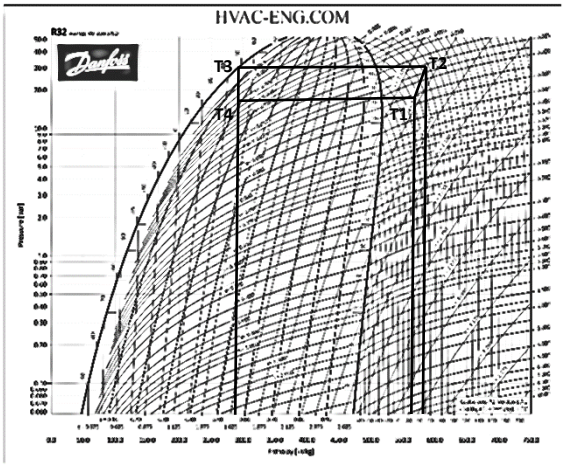
Perhitungan AC Inverter pada pengaturan suhu *remote* 21°C.

Data hasil pengujian AC inverter pada pengaturan suhu *remote* 21°C dan nilai *enthalpy* yang telah disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian AC inverter pengaturan suhu remote 21°C

Setting temperature	21°C
Temperatur yang masuk ke kompresor (T1)	22,1°C
Temperatur yang keluar dari kompresor (T2)	23,6°C
Temperatur yang keluar dari kondensor (T3)	21,0ºC
Temperatur yang masuk ke evaporator (T4)	23,8ºC
Enthalpy refrigerant masuk kompresor (h_1)	561,52 kJ/kg
Enthalpy refrigerant keluar kompresor (h_2)	578,80 kJ/kg
Enthalpy refrigerant di kondensor ($h_3 = h_4$)	274,96 kJ/kg

Pada Gambar 2 adalah grafik p-h R32 pada setting suhu pada remote 21°C untuk mencari nilai entaphy.



Gambar 2. Diagram p-h R32 *setting* suhu pada *remote* 21°C [6]

Berikut ini adalah hasil perhitungan AC Inverter pada suhu remote 21° C [5]:

1. Daya Kompresor (Watt)

   Daya = I x V
   = 2,2A x 220v
   = 484 Watt = 0,484 kW

2. Kerja Kompresor

   Wk = h2 - h1
   = 578,80 kJ/kg – 561,52 kJ/kg
   = 17,28 kJ/kg

3. Efek Refrigrasi

qe = h1 – h4
= 561,52 kJ/kg – 274,96 kJ/kg
= 286,56 kJ/kg

4. Laju Aliran Massa *Refrigerant*

$$m = \frac{W}{Wk}$$

$$= \frac{484\ \text{kJ/s}}{17{,}28\ \text{kJ/kg}}$$

= 28,01 kg/s

5. Katup ekspansi

$h_3 = h_4$ (perhitungan ideal)

6. Energi yang dibuang kondensor

Qc = m (h2 – h3)

=28,01 kg/s (578,8 kJ/kg-274,9kJ/kg)
= 8,510.33 kJ/s

7. Energi yang diserap evaporator

$Q_e = m(h_1-h_4)$
=28,01kg/s(561,52 kJ/kg-274,96kJ/kg)
= 8,026.33 kJ/s

8. *Coeffisient of performance*

$$COP = \frac{h1-h4}{h2-h1} = \frac{Qe}{W}$$

$$= \frac{286{,}56\ \text{kJ/kg}}{17{,}28\ \text{kJ/kg}}$$

= 16,58

Hasil perhitungan pada pengujian AC inverter R32.

Dengan menggunakan cara yang sama seperti yang sudah tertulis diatas untuk mencari nilai COP, energi yang dibuang kondensor (Qh), energi yang diserap evaporator (Qe) dan daya kompresi (W) pada variasi pengaturan suhu pada *remote* (21, 22, 23, 24, 25°C) diperoleh hasil perhitungan dan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan pengujian AC inverter (R32)

Suhu Remote	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h3=h4 (kJ/kg)	m (kJ/s)	Daya (Watt)	Qe (kJ/kg)	Qc (kJ/kg)	COP (kJ/kg)
21°C	561,5	578,8	275,0	28,0	484,0	8026,3	8510,3	16,6
22°C	563,4	580,7	288,4	26,7	462,0	7353,5	7815,5	15,9
23°C	563,4	580,7	280,7	26,7	462,0	7558,8	8020,8	16,4
24°C	561,5	578,8	288,4	25,5	440,0	6954,4	7394,4	15,8
25°C	561,5	580,7	288,4	22,9	440,0	6259,0	6699,0	14,2

Pada tabel 5 hasil perhitungan pengujian AC inverter dapat dilihat semakin tinggi pengaturan suhu pada remote nilai daya kompresi (W), energi yang dibuang kondensor (Qh), energi yang diserap evaporator (Qe) dan nilai unjuk kerja mesin (COP) relative menurun, Kemudian nilai daya kompresi terbesar yaitu pada setting suhu remote 21°C dengan nilai 484 Watt, dan juga memiliki nilai COP tertinggi dengan nilai 16,58.

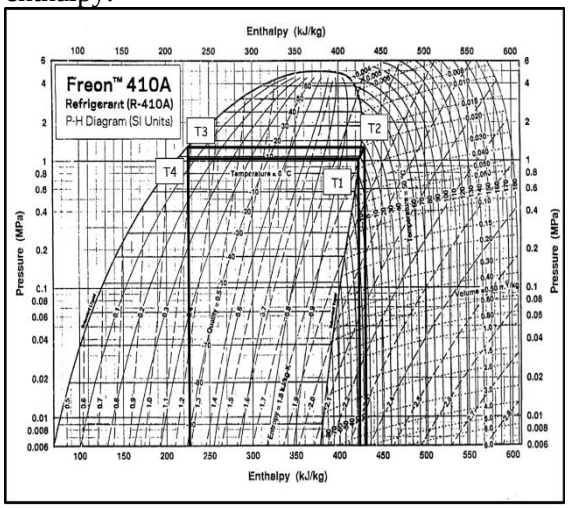
Perhitungan AC non inverter pada setting suhu remote 25ºC.

Data hasil pengujian AC non inverter pada setting suhu remote 25ºC dan nilai enthalpy dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian AC non inverter *setting* suhu remote 25ºC.

Setting temperature	25ºC
Temperatur yang masuk ke kompresor (T1)	24,5ºC
Temperatur yang keluar dari kompresor (T2)	25,1ºC
Temperatur yang keluar dari kondensor (T3)	25,0ºC
Temperatur yang masuk ke evaporator (T4)	27,1ºC
Enthalpy refrigerant masuk kompresor (h_1)	457,00 kJ/kg
Enthalpy refrigerant keluar kompresor (h_2)	470,00 kJ/kg
Enthalpy refrigerant di kondensor ($h_3 = h_4$)	255,00 kJ/kg

Pada Gambar 3 adalah grafik p-h R410A pada setting suhu remote 25ºC untuk mencari nilai enthalpy.



Gambar 3. Diagram p-h R410A pada *setting* suhu *remote* 25°C [6]

Berikut ini adalah hasil perhitungan AC Non Inverter pada suhu remote 25° C [5]:

1. Daya Kompresor (Watt)
   Daya = I x V
   = 4,1A x 220v
   = 902 Watt = 0,902 kW
2. Kerja Kompresor
   Wk = h2 - h1
   = 470,00 kJ/kg – 457,00 kJ/kg
   = 13,00 kJ/kg

3. Efek Refrigrasi
   qe = h1 – h4
   = 457,00 kJ/kg – 255,00 kJ/kg
   = 202,00 kJ/kg

4. Laju Aliran Massa *Refrigerant*

$$m = \frac{W}{Wk}$$

$$= \frac{902\ kJ/s}{13{,}00\ kJ/kg}$$

   = 69,40 kg/s

5. Katup ekspansi.

   $h_3 = h_4$ (perhitungan ideal)

6. Energi yang dibuang kondensor

   $Q_c = m\ (h_2 - h_3)$
   = 69,40kg/s(470,0 kJ/kg-255,0 kJ/kg)
   = 14,015.70 kJ/s

7. Energi yang diserap evaporator.
   $Q_e = m\ (h_1 - h_4)$
   = 28,01 kg/s(561,5 kJ/kg-274,9kJ/kg)
   = 8,026.33 kJ/s

8. *Coefficient of Performance*

$$COP = \frac{h1-h4}{h2-h1} = \frac{Qe}{Wk}$$

$$= \frac{202\ kJ/kg}{13\ kJ/kg}$$

   = 15,5

Hasil perhitungan pada pengujian AC non inverter R410A.

Dengan menggunakan cara yang sama seperti yang sudah tertulis diatas untuk mencari nilai COP, energi yang dibuang kondensor (Qh), energi yang diserap evaporator (Qe) dan daya kompresi (W) pada variasi pengaturan suhu pada remote (21, 22, 23, 24, 25°C) diperoleh hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil perhitungan pengujian AC non inverter (R410A)

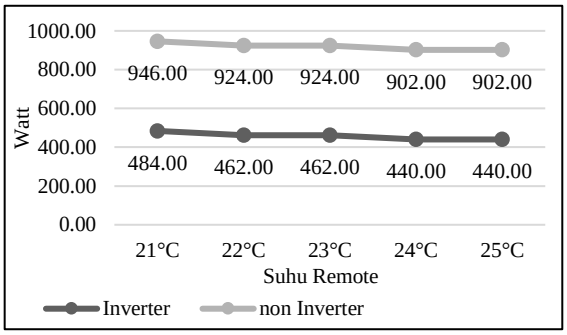
Suhu Remote	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h3=h4 (kJ/kg)	m (kJ/s)	Daya (Watt)	Qe (kJ/kg)	Qc (kJ/kg)	COP
21°C	435,0	455,0	238,0	47,3	946,0	9318,1	10264,1	9,9
22°C	445,0	460,0	260,0	61,6	924,0	11396,0	12320,0	12,3
23°C	453,0	467,0	275,0	66,0	924,0	11748,0	12672,0	12,7
24°C	455,0	469,0	250,0	64,4	902,0	13207,9	14109,9	14,6
25°C	457,0	470,0	255,0	69,4	902,0	14015,7	14917,7	15,5

Pada tabel hasil perhitungan pengujian AC non inverter dapat dilihat semakin tinggi pengaturan suhu pada remote nilai daya kompresi (W) relative turun, berbanding terbalik dengan nilai unjuk kerja mesin (COP), nilai energi yang diserap evaporator dan kondensor (Qe dan Qc) yang relative naik.

Perbandingan perhitungan pengujian AC inverter dan AC non inverter

Berikut adalah diagram perbandingan nilai hasil pengujian pada AC inverter dan AC non inverter berdasarkan pengaturan suhu pada remote untuk nilai daya kompresi (W), energi yang dibuang kondensor (Qh), energi yang diserap evaporator (Qe) dan unjuk kerja mesin (COP) yang disajikan pada grafik sebagai berikut:

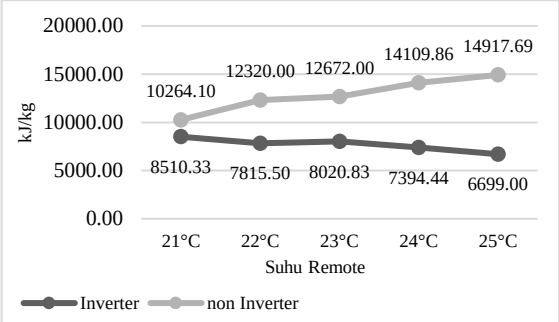
1. Perbandingan nilai daya kompresi



Gambar 4. Grafik perbandingan nilai daya kompresi

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai daya kompresor pada AC inverter lebih rendah dari daya kompresor AC non inverter. Pada AC inverter semakin tinggi pengaturan suhu pada remote (21-25°C) nilai daya kompresor relative turun, begitupun pada AC non inverter.

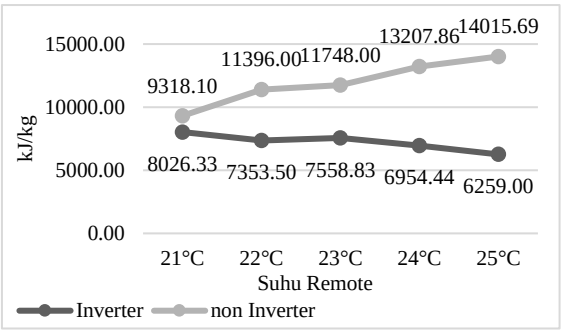
2. Perbandingan nilai energi yang dibuang Kondensor (Qc)



Gambar 5. Grafik perbandingan nilai energi yang dibuang kondensor (Qc)

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa AC inverter semakin tinggi pengaturan suhu pada remote (21-25°C) maka nilai energi yang dibuang kondensor (Qc) relative turun, sedangkan pada AC non inverter relative naik.

3. Perbandingan nilai energy yang diserap Evaporator (Qe)

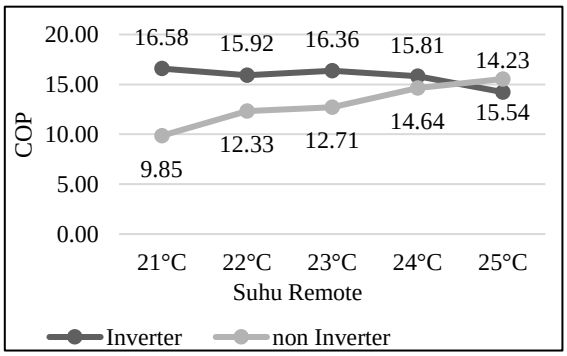


Gambar 6. Grafik perbandingan nilai energi yang diserap evaporator (Qe)

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa AC inverter semakin tinggi pengaturan suhu pada remote (21-25°C) maka nilai energi yang diserap evaporator (Qe) turun, sedangkan pada AC non inverter terjadi kenaikan.

4. Perbandingan nilai *Coeffisient Of Performance* (COP) AC Inverter dan non Inverter

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa pada AC inverter semakin tinggi pengaturan suhu pada remote (21-25°C) nilai *Coeffisient Of Performance (COP)* variasi menurun, sedangkan pada AC non inverter mengalami kenaikan. Nilai rata-rata *Coeffisient Of Performance (COP)* pada AC inverter lebih tinggi daripada AC non inverter.



Gambar 7. Grafik perbandingan nilai *Coeffisient Of Performance (COP)* antara AC Inverter dan non Inverter

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terhadap data - data pengujian, dapat disimpulkan bahwa nilai daya kompresi (W) terendah terdapat pada AC inverter dengan nilai 440,00 Watt, sedangkan nilai daya kompresi tertinggi terdapat pada AC non inverter yaitu 946,00 Watt. Nilai terendah untuk energi yang dibuang kondensor (Qc) adalah 6699,00 kJ/s pada AC inverter, sedangkan untuk nilai tertinggi pada energi yang dibuang kondensor adalah AC non inverter yaitu 14,917.69 kJ/s. Nilai terendah energi yang diserap pada evaporator (Qe) adalah 6,259.00 kJ/kg pada AC inverter, sedangakan nilai tertinggi energi yang diserap pada evaporator (Qe) adalah 14,015.69 kJ/kg pada AC non Inverter. Nilai *coeffisient of performance (COP)* tertinggi pada AC inverter yaitu sebesar 16,58. Sedangkan, nilai *coeffisient of performance (COP)* terendah pada AC non inverter yaitu sebesar 9,85.

SARAN

Pada proses untuk mengetahui unjuk kerja AC Inverter dan Non Inverter disarankan pada proses pengujian mesin pendingin ruangan diusahakan pada saat pengambilan data untuk kerja mesin sudah stabil. Hal ini sangat berpengaruh pada AC Inverter, karena proses menuju suhu yang dicapai membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan AC Non Inverter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak lepas dari bantuan semua pihak yang telah memberikan dukungan dan masukannya kepada penulis. Dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Suryadi, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri dan segenap staf laboratorium Teknik Mesin Institut Teknologi Budi Utomo, Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Wiranto Arismunandar, Heizo Saito. Penyegaran Udara, cetakan ke tiga, PT. Pradnya Paramita, Jakarta (2020).
[2] Bahtiar, Yusuf *Ahli Pendingin.* Bandung (2019).
[3] Sumanto. *Dasar-dasar Mesin Pendingin, cetakan ke delapan.* ANDI, Yogyakarta (2020).
[4] Srihanto. Moch, Sugiri. *Perencanaan Sistem Pendingin Udara Menggunakan Ceiling Duct Dengan Pengaturan Sistem VRV/F Pada Gedung Perkantoran 3 Lantai.* Jurnal Terapan Teknik Mesin p ISSN 2721- 5377 | e ISSN 2721-7825 (2021).
[5] Moran, Michael J. Thermodinamika Teknik Jilid 1/Edisi 4. Alih Bahasa oleh : Yulianto Sulistyo Nugroho. PT Erlangga, Jakarta (2004).
[6] ASHRAE, "ASHRAE Handbook of Fundamental", American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta (2009).