

ANALISA HASIL UJI KOMPRESOR SISTEM REFRIGERASI MENGGUNAKAN INVERTER

Nia Nuraeni Suryaman¹⁾, Eki Riyandi Noordianto²⁾

^{1,2} Fakultas Teknik, Universitas Widyatama

email: eki.riyandi@gmail.com, nia.suryaman@widyatama.ac.id

Abstract

One of the largest uses of electrical energy is electrical energy used in air conditioning. Electrical power consumption for air conditioning has a figure of about 50-60% of the total electrical energy consumption of a building. In the industrial world, air conditioning or refrigeration systems are used to maintain the temperature conditions of raw materials or products produced with the intention of extending storage life through the cooling process. Refrigeration systems use compressor motors as a medium to circulate refrigerant throughout the system. This study aims to compare three parameters in a refrigeration system that uses an inverter on its compressor motor compared to a conventional refrigeration system. The three parameters are electrical power, cooling capacity and COP (Coefficient of performance). The research was conducted using an analysis-based method of existing systems. Data collection was carried out twice in steady conditions. The results of this study obtained the following data: The use of inverters in refrigeration compressors decreased electrical power by 18.3% increased COP in refrigeration systems by 44.1% and increased cooling capacity by 31.2%.

Keywords: *Inverter, Compressor, Refrigeration System, Electric Power*

1. PENDAHULUAN

Saat ini isu dan dampak bagi lingkungan sangatlah penting, salah satunya terkait dengan Pemanasan Global (*Global Warming Potential*) dan efek penipisan lapisan ozon (*Ozone Depletion Potential*). Hal tersebut disebabkan oleh tingginya nilai karbon dioksida akibat emisi gas buang dan pemakaian energi listrik yang tidak terkendali. Mengacu pada permasalahan tersebut, maka diperlukan teknologi penghematan sebagai bagian dari kampanye konservasi energi. Pemakaian energi listrik terbesar salah satunya adalah energi listrik yang digunakan pada pengondisian udara. Konsumsi daya listrik untuk pengondisian udara yang biasa disebut HVAC (*Heating Ventilating and Air Conditioning*) memiliki angka sekitar 50-60% dari total



konsumsi energi listrik suatu bangunan. Hal tersebut berlaku pada aplikasi sistem refrigerasi skala kecil (domestik) seperti lemari es (*refrigerator*) rumahan maupun aplikasi sistem refrigerasi skala industri seperti *cold storage* maupun *freezer storage*.

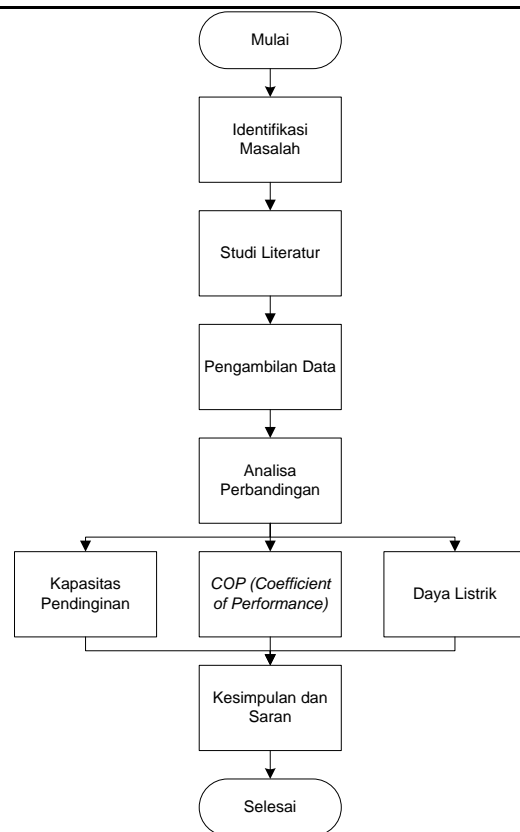
Dalam dunia industri, sistem refrigerasi digunakan untuk mempertahankan kondisi suhu dari bahan baku ataupun produk yang dihasilkan dengan maksud untuk memperpanjang umur penyimpanan melalui proses pendinginan, dimana proses pendinginan dapat digunakan untuk mempertahankan kualitas dari suatu bahan baku sebelum digunakan pada proses produksi ataupun dapat mempertahankan kualitas dari produk yang telah dihasilkan sebelum di distribusikan ke konsumen.

Pada sisi lain, teknologi untuk penghematan energi listrik semakin berkembang dari waktu ke waktu. Salah satunya terdapat pada sistem refrigerasi skala industri pada storage penyimpanan vaksin farmasi. Pada sistem refrigerasi terdapat beberapa alat kontrol kendali maupun equipment device yang dapat dipergunakan sebagai teknologi penghematan diantaranya seperti *inverter* atau *Variabel Speed Drive (VSD)*. *Inverter* adalah alat untuk merubah putaran motor pada kompresor sistem refrigerasi dengan cara merubah frekuensi listrik sebelum masuk ke kompresor tersebut. Putaran kompresor ini akan mempengaruhi besarnya laju aliran massa yang dikompresikan sehingga menyebabkan perubahan kerja baik pada kondensor maupun evaporator yang berpengaruh terhadap performance dari sistem itu sendiri. Hal ini diharapkan menjadi salah satu penghematan energi listrik yang dihasilkan oleh kompresor dan merupakan solusi atas permasalahan tingginya konsumsi listrik untuk bidang HVAC lainnya.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode berbasis analisa terkait suatu sistem yang sudah ada. Instalasi sistem refrigerasi yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua jenis kompresor yaitu yang menggunakan *inverter* dan konvensional. Kedua sistem refrigerasi ini memiliki kompresor dengan tipe *semi-hermetic*. Adapun perbandingan kedua sistem tersebut adalah sebagai berikut :

No	Deskripsi	Kompresor Non Inverter	Kompresor Inverter
1	Brand	Bitzer (germany)	Bitzer (germany)
2	Type	2FES-3Y-40S	2DES-3.F1Y-40S
3	Power input	2.24 kW	2.22 kw at 36 Hz
4	Condenser	<i>Air Cooled</i>	<i>Air Cooled</i>
5	Volume	3.5 x 5.2 x 2.3m (pxlxt)	3.5 x 5 x 2 m (pxlxt)
6	Foto		



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tabel 1. Data Perbandingan Kompresor Non-Inverter dan Kompresor Inverter

1.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai dengan Juni 2023. Penelitian ini dilaksanakan di PT Biofarma jalan Pasteur no. 28 Bandung, sebagai tempat pengujian (kajian eksperimental). PT Biofarma sendiri merupakan Badan Usaha Milik Negara yang memproduksi vaksin

dengan menggunakan sistem refrigerasi skala industri (*Cold Storage*) sebagai media penyimpanan bahan baku dan produk jadi sebelum di distribusikan ke konsumen.

1.2. Metode Pengambilan Data

Alat dan bahan yang digunakan adalah:

- a. Ampere Meter
- b. Volt Meter
- c. Manifold Gauge (High dan Low Pressure)
- d. Kompresor *Inverter*
- e. Kompresor *Non Inverter*

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan setelah sistem dalam keadaan stabil atau tunak. Sistem refrigerasi di set pada temperatur 4 °C, dengan *differential* 2 °C. pengambilan data dilakukan pada saat sistem ON baik pada kompresor *inverter* maupun non *inverter*. Pada sistem refrigerasi menggunakan kompresor *inverter* pengambilan data dilakukan pada frekuensi kompresor 36 Hz karena pada frekuensi tersebut power input yang dihasilkan sama-sama 2 kilowatt. Pengambilan data dilakukan sebanyak 2 kali.

Langkah-langkah pengambilan data:

1. Pastikan sistem refrigerasi berada dalam kondisi ON
2. Nyalakan ampere meter dan volt meter
3. Perhatikan kontroler pada kompresor *inverter*, apabila frekuensi menunjukkan 36 Hz segera catat semua parameter.
4. Ukur beban arus yang masuk ke kompresor dengan ampere meter
5. Ukur tegangan yang masuk ke kompresor dengan volt meter
6. Sambungkan manifold gauge ke katup service kompresor, selang biru untuk sisi tekanan rendah (*Suction*) dan selang merah untuk sisi tekanan tinggi (*discharge*).
7. Catat pembacaan beban arus dan tegangan yang masuk ke kompresor
8. Catat pembacaan tekanan sisi rendah dan tekanan sisi tinggi pada alat ukur
9. Pengambilan data dilakukan sebanyak 2 kali dalam kondisi *steady*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Penelitian

Berikut adalah data yang berhasil diperoleh dari pengambilan sebanyak dua kali pada kondisi *steady*.

Tabel 2. Data Pengukuran Kompresor Non Inverter

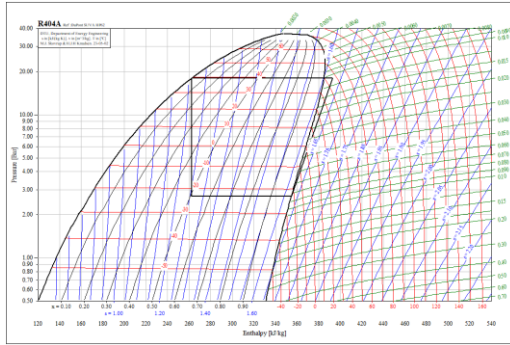
No	Parameter	Pengukuran ke-1	Pengukuran ke-2	Rata - Rata
1	Tekanan <i>Suction</i>	1.8 Bar	1.6 Bar	1.70 bar
2	Tekanan <i>Discharge</i>	17 Bar	17 Bar	17 Bar
3	Arus	4.11 Amp	4.33 Amp	4.22 Amp
4	Tegangan	403.3 Volt	408 Volt	405.6 Volt
5	Arus start	24 Amp	23 Amp	23.5 Amp

Tabel 3. Data Pengukuran Kompresor Inverter

No	Parameter	Pengukuran ke-1	Pengukuran ke-2	Rata- rata
1	Tekanan <i>Suction</i>	4 Bar	3.9 Bar	3.95 Bar
2	Tekanan <i>Discharge</i>	16 Bar	16.1 Bar	16.05 Bar
3	Arus	3.59 Amp	3.48 Amp	3.53 Amp
4	Tegangan	406 Volt	405 Volt	405.5 Volt
5	Arus start	0 Ampere	0 Ampere	0 Ampere

3.2. Pembahasan

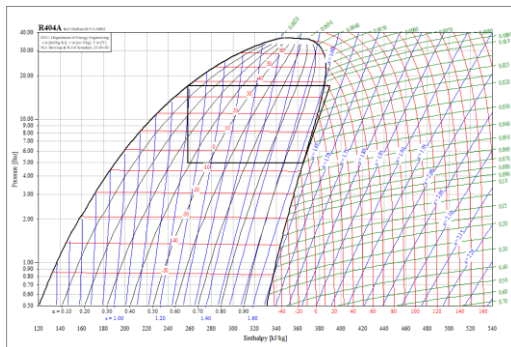
Setelah data pengukuran diperoleh langkah selanjutnya yaitu memasukan data tersebut ke dalam software refrigerasi yakni *Coolpack*. Software ini dapat membantu peneliti dalam menentukan besaran enthalpi sistem refrigerasi pada setiap tahapan prosesnya. Parameter yang dimasukan dalam software tersebut yaitu tekanan *suction*, tekanan *discharge*.



Gambar 2. Diagram P-h pada Kompresor Non Inverter

Dari gambar 2, hasil plotting menghasilkan data sebagai berikut:

- Evaporating temperature : -22.93 °C
- Condensing temperature : 39.66 °C
- h_1 : 354.722 kJ/kg
- h_2 : 392.930 kJ/kg
- h_3 : 262.539 kJ/kg
- h_4 : 262.539 kJ/kg



Gambar 3. Diagram P-h pada Kompresor Inverter

Dari gambar 3, hasil plotting menghasilkan data sebagai berikut:

- Evaporating temperature : -5.98 °C
- Condensing temperature : 37.43 °C
- h_1 : 364.934 kJ/kg
- h_2 : 389.597 kJ/kg
- h_3 : 258.493 kJ/kg
- h_4 : 258.493 kJ/kg

Untuk mencari kapasitas pendinginan diperlukan penyelesaian dengan terlebih dulu mencari laju kecepatan refrigerant dalam Kg/s. melalui persamaan:

$$Q_k = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (1)$$

Dimana:

- Q_k = kerja yang dihasilkan oleh kompresor (Watt)
- \dot{m} = Laju aliran refrigerant (Kg/s)
- h_2 = Enthalpi pada discharge kompresor (Kj/Kg)
- h_1 = Enthalpi pada suction kompresor (Kj/Kg)

$$Q_k = VI \cos \theta \quad (2)$$

Dimana:

- Q_k = kerja yang dihasilkan oleh kompresor (Watt)
- V = Tegangan pada kompresor (Volt)
- I = Arus pada kompresor (Ampere)
- $\cos \theta$ = Faktor daya pada listrik

Maka dengan substitusi persamaan (2) ke persamaan (1) di dapat sebagai berikut:

$$VI \cos \theta = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (3)$$

Untuk kapasitas pendinginan, menggunakan persamaan berikut:

$$Q_e = \dot{m}(h_4 - h_1) \quad (4)$$

Performansi sistem refrigerasi disebut COP (*Coefficient of performance*). Besaran ini menyatakan kemampuan sistem untuk menarik kalor dari ruang pendingin persatuan daya kompresor. Nilainya dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$COP = \frac{Q_e}{Q_k} \quad (5)$$

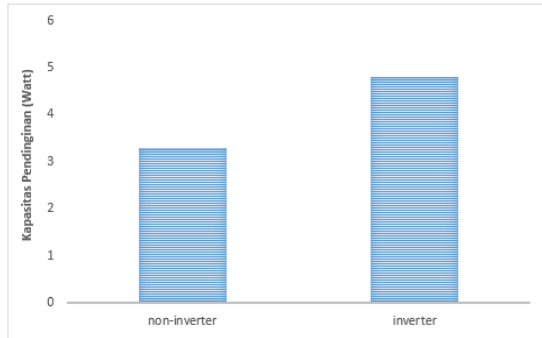
Dimana:

- COP = *Coefficient of Performance*
- Q_k = kerja yang dihasilkan oleh kompresor (Watt)
- Q_e = Kapasitas pendinginan (Watt)

Hasil perhitungan untuk kompresor Inverter dan kompresor non-inverter ada pada tabel berikut:

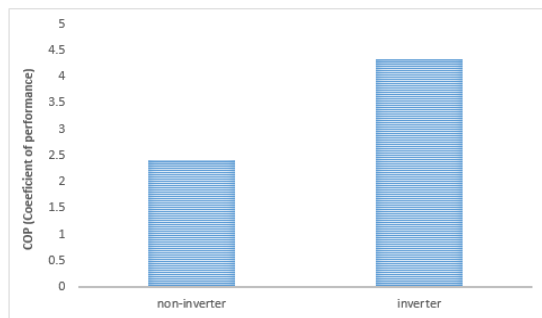
Tabel 4. Hasil Perhitungan Kompresor

Inverter dan Non Inverter				
Kompresor	Q_k (kW)	\dot{m} (Kg/s)	Q_e (kW)	COP
Inverter	1,11	0,045	4,8	4,33
Non Inverter	1,36	0.0358	3,3	2,42



Gambar 4. Grafik Kapasitas Pendinginan Kompresor Inverter dan Non Inverter

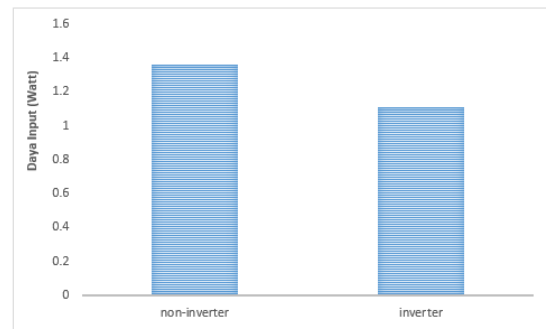
Berdasarkan data pada Gambar 4, terlihat bahwa kapasitas pendinginan kompresor inverter lebih tinggi dibandingkan dengan kompresor non inverter. Perbandingan keduanya cukup signifikan, yaitu kompresor inverter memiliki kapasitas pendinginan sebesar 31,2% lebih tinggi dibandingkan dengan kompresor non-inverter. Hal ini menunjukkan bahwa proses penyerapan kalor dari produk yang akan didinginkan lebih baik dan cepat jika menggunakan kompresor inverter.



Gambar 5. Grafik COP Kompresor Inverter dan Non Inverter

Data pada gambar 5 memperlihatkan bahwa COP kompresor inverter 44,1% lebih tinggi dibandingkan kompresor non inverter. Hal ini menunjukkan bahwa performansi sistem performansi sistem refrigerasi yang

menggunakan kompresor inverter lebih baik dibandingkan dengan kompresor non inverter.



Gambar 6. Grafik Daya Input Kompresor Inverter dan Non Inverter

Grafik pada gambar 6 menunjukkan bahwa sistem refrigerasi yang menggunakan kompresor inverter jauh lebih hemat penggunaan listriknya dibandingkan dengan kompresor yang tidak menggunakan inverter. Penghematan tersebut sebesar 18,3%. Hal ini pun membuktikan bahwa penggunaan kompresor inverter pada sistem refrigerasi akan lebih menguntungkan bagi pengguna.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Penggunaan inverter pada kompresor sistem refrigerasi meningkatkan kapasitas pendinginan sebesar 31,2% dibandingkan dengan sistem refrigerasi yang menggunakan kompresor non inverter.
- Penggunaan inverter pada kompresor sistem refrigerasi meningkatkan COP (*Coefficient of Performance*) sebesar 44,1% dibandingkan dengan sistem refrigerasi yang menggunakan kompresor non inverter.
- Penggunaan inverter pada kompresor sistem refrigerasi menurunkan daya listrik sebesar 18,3% dibandingkan dengan sistem refrigerasi yang menggunakan kompresor non inverter.

5. REFERENSI

Anderson, L. E. (2021). Pengukuran dan Mitigasi Global Warming Potential di

Industri. Jurnal Teknologi Lingkungan,
18(2), 210-225.

ASHRAE. (2006). ASHRAE Handbook of
Refrigeration. American Society Heating,
Refrigerating, and Air Conditioning
Engineers.

Dossat, Roy J. (1981). Principles of
Refrigeration. Second Edition. SI Version.
Canada: John Wiley and Sons, Inc.

Holman, J.P. (2010). Heat Transfer. Tenth
Edition. New York: McGraw-Hill.

Stoecker W.F., dan Jerold W.J. (1983).
Refrigeration and Air Conditioning. Second
Edition. New York: McGraw-Hill

Smith, J. A. (2019). Peran Manusia dalam
Pemanasan Global: Tantangan dan Solusi.
Jurnal Konservasi Lingkungan, 12(3), 78-
90.