

STUDI EKSPERIMENTAL AC SPLIT INVERTER R32 DAN R410A DENGAN REFRIGERAN R1270

*Muhammad Yudha Wijaya¹, Berkah Fajar T.K², Khoiri Rozi³,

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

² Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*Email: yudhawijaya.3105@students.undip.ac.id

Abstrak

Untuk memenuhi kebutuhan, banyak Produsen AC membuat AC dengan kualitas yang bagus dan dapat ramah lingkungan. Perkembangan dalam operasi kompresor (inverter) berkecepatan variabel. Tujuan Penelitian ini meliputi perbandingan AC inverter dengan Refrigerant R-32 dan R-410 serta Refrigerant MC-32. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis refrigerant terhadap variasi beban pendinginan, karakteristik temperatur ruang selama 24 jam, temperatur panas lanjut, temperatur sub-dingin, COP untuk beban parsial, konsumsi energi selama 24 jam dan pengaruhnya terhadap kemampuan kerja pendinginan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan cara melakukan pengujian alat, observasi lapangan, dan studi pustaka, kemudian melakukan pengambilan data yaitu pada AC dengan jenis refrigerant R-32, R-410 dan MC-32. Penelitian ini dilaksanakan dalam jangka waktu 24 jam pengerjaan untuk memperoleh perbandingan energi yang digunakan oleh masing – masing refrigerant yang ingin diuji. Setelah mengumpulkan data nyata, total dan konsumsi energi operasional, daya rata-rata tertimbang dan konsumsi energi dari hari-hari tertentu yang dipilih dilakukan. analisis yang dilakukan, adalah membandingkan rasio penghematan energi AC inverter dengan refrigerant R-32, R-410 dan MC-32. Pemanas tambahan juga digunakan untuk memvariasikan kondisi beban internal ruangan.

Kata kunci: AC inverter; COP; EER; penghematan energi; refrigeran

Abstract

Along with the rapid growth of the world's population, it is inseparable from the use of AC. To meet the needs, many Air Conditioning Manufacturers make Air Conditioners with good quality and can be environmentally friendly. Developments in the operation of a variable speed compressor (inverter). The purpose of this study includes the comparison of AC inverter with Refrigerant R-32 and R-410 and Refrigerant MC32. This study aims to determine the effect of refrigerant type on variations in cooling load, the characteristics of room temperature for 24 hours, superheated temperature, sub-cold temperature, COP for partial load, energy consumption for 24 hours and its effect on cooling workability. The research was conducted at the Training Center Laboratory of Diponegoro University, the method used in this study was to test tools, field observations, and literature studies, then collect data on air conditioners with refrigerant types R-32, R-410 and MC-32. This research was carried out within 24 hours of work to obtain a comparison of the energy used by each refrigerant to be tested. After collecting real data, total and operational energy consumption, a weighted average power and energy consumption of the selected specific days is carried out. The analysis carried out is to compare the energy saving ratio of inverter air conditioners with refrigerants R-32, R-410 and MC-32. Additional heating is also used to vary the internal load conditions of the room.

Keywords: AC inverter; air conditioning; COP; EER; energy saving; refrigerant

1. Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia tentu saja menginginkan suatu keadaan dimana temperatur dan kelembaman ruangan lebih nyaman. Pada saat ini panas disekitar kita cukup tinggi, sehingga mengakibatkan kurang nyamannya pada saat seseorang melakukan aktifitas yang aktif didalam ruangan maupun diluar ruangan. Maka pada aktivitas didalam ruangan membutuhkan suatu alat yang dapat mengkondisikan ruangan tersebut pada suhu ideal supaya pada saat melaksanakan suatu aktifitas dapat berjalan dengan lancar dan nyaman [1].

Pengkondisian udara yang dimaksudkan adalah untuk memberikan kenyamanan dan kesegaran ruangan yang dikondisikan. Setiap ruangan mempunyai beban kalor yang berbeda dan hal ini akan mempengaruhi spesifikasi mesin pendingin AC yang akan dipakai. Ketepatan penentuan spesifikasi mesin AC yang sesuai, berpengaruh pada kesegaran dan kenyamanan di dalam ruangan. Dari perbedaan beban pendinginan terhadap jenis refrigeran yang digunakan tentu terdapat ukuran optimal yang ideal sehingga didapat kondisi kerja alat pendingin yang sesuai.

Selain beban pendinginan, karakteristik dan jenis refrigeran juga berperan penting dalam meningkatkan proses pendinginan. Refrigeran merupakan fluida yang digunakan dalam siklus panas yang mengalami perubahan fase akibat tekanan. Refrigeran terdiri dari beberapa jenis, berbeda jenis refrigeran berbeda pula karakteristik yang terkandung dalam suatu refrigeran tersebut sehingga berpengaruh terhadap kemampuan dan kinerja mesin pendingin [2].

Dari latar belakang diatas untuk mengetahui pengaruh jenis refrigeran terhadap beban pendinginan maka perlu adanya pengujian jenis – jenis refrigeran terhadap beberapa variasi beban pendinginan.

2. Landasan Teori

2.1. AC Inverter

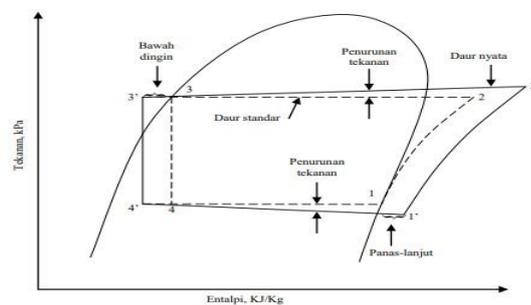
Inverter dalam AC (air conditioner) merupakan teknologi yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor kompresor untuk mendorong aliran refrigeran variabel dalam sistem AC guna mengatur suhu udara ruang. Selain itu AC dengan teknologi *Inverter* juga dilengkapi dengan *variable-frequency* menggabungkan *inverter* listrik yang dapat disesuaikan untuk mengontrol kecepatan motor.

Ketika *AC inverter* dan *non-inverter* dibandingkan, dapat dikatakan bahwa untuk iklim dengan suhu yang bervariasi dalam sehari, teknologi *AC inverter* lebih menguntungkan dan menghasilkan efisiensi tinggi. Ukuran yang sesuai dari sistem AC pun harus dipertimbangkan untuk mengoperasikan AC lebih efisien. Selain itu, dapat dikatakan bahwa konsumsi energi *AC inverter* dan *AC non-inverter* berbeda satu sama lain meskipun nilai EER mereka hampir sama untuk dua AC yang dipilih. EER adalah indikator untuk mengevaluasi efisiensi pendinginan dari AC [3].

2.2. Siklus Kompresi Uap Aktual

Siklus kompresi uap yang sebenarnya (aktual) berbeda dari siklus standar (teoritis). Perbedaan ini muncul karena asumsi-asumsi yang ditetapkan dalam siklus standar. Pada siklus aktual terjadi pemanasan lanjut uap refrigeran yang meninggalkan evaporator sebelum masuk ke kondensator. Pemanasan lanjut ini terjadi akibat tipe peralatan ekspansi yang di gunakan atau dapat juga karena penyerapan panas dijalar masuk (*suction line*) antara evaporator dan kompresor. Demikian juga pada refrigeran cair mengalami pendinginan lanjut atau bawah dingin sebelum masuk katup ekspansi atau pipa kapiler. Keadaan diatas adalah peristiwa normal dan melakukan fungsi yang diinginkan untuk menjamin bahwa seluruh refrigeran yang memasuki kompresor atau alat ekspansi dalam keadaan 100 % uap atau cair [4].

Perbedaan yang penting antara daur nyata (aktual) dan standar terletak pada penurunan tekanan dalam kondensator dan evaporator. Daur standar dianggap tidak mengalami penurunan tekanan pada kondensator dan evaporator, tetapi pada daur nyata terjadi penurunan tekanan karena adanya gesekan antara refrigeran dengan dinding pipa. Akibat dari penurunan tekanan ini, kompresor pada titik 1 dan 2 memerlukan lebih banyak kerja dibandingkan dengan daur standar. Gambar 1. merupakan siklus kompresi uap aktual.



Gambar 1. Siklus Kompresi Uap Aktual

2.3. Pengertian dan Karakteristik refrigeran

Refrigeran adalah fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi. *Refrigeran* merupakan komponen terpenting siklus refrigerasi karena refrigeran yang menimbulkan efek pendinginan dan pemanasan pada mesin refrigerasi [5].

1. R1270 (MC-32)

R1270 Adalah Refrigeran Grade Propylene (Propene), Refrigeran Alami Yang Cocok Digunakan Pada Aplikasi Pendinginan Suhu Rendah Dan Menengah. Refrigeran ini tidak berACun, Dengan Potensi Penipisan Ozon Nol Dan Potensi Pemanasan Global Yang Sangat Rendah. Tetapi R1270 Adalah Refrigeran yang mudah terbakar.

2. R32

Jenis media pendingin ini ditemukan oleh Daikin Jepang pada tahun 2012, dan mulai digunakan di *line up AC* mulai tahun 2013. Jenis media pendingin yang satu ini lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan media pendingin jenis R410A dan memiliki potensi pemanasan global yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan jenis R22 dan R410A. Walau memiliki potensi yang mudah terbakar, media pendingin jenis ini masih aman untuk digunakan sebagai media pendingin di rumah tangga.

3. R410A

Jenis media pendingin ini biasanya digunakan di tipe *AC inverter*. Berbeda dengan jenis media pendingin R22, media pendingin jenis ini tidak memiliki perusakan ozon. Sedangkan untuk potensi pemanasan global, media pendingin jenis ini memiliki nilai yang cukup tinggi dibandingkan dengan jenis R22. Sama dengan jenis R22, jenis media pendingin R410A ini juga tidak mudah terbakar.

Tabel 1. merupakan Perbandingan sifat R32, R410A dan R1270 (MC32)

Sifat	R410A	R32	R1270
ODP	0	0	0
GWP	2088	460	1,8
Massa Jenis pada Suhu 50°C (kg/m ³)	906,80 (Cair) 139,19 (Gas)	839,26 (Cair) 98,55 (Gas)	457,66 (Cair) 45,781 (Gas)
Volume Spesifik pada Suhu 50°C (m ³ /kg)	0,00087679 (Cair) 0,025964 (Gas)	0,0011915 (Cair) 0,0101471 (Gas)	0,002185 (Cair) 0,0218431 (Gas)
Viskositas pada Suhu 50°C (uPa.s)	81,795 (Cair) 16,057 (Gas)	83,217 (Cair) 14,718 (Gas)	74,882 (Cair) 10,532 (Gas)
Suhu Kritis (°C)	71,35	78,105	91,061
Tekanan Kritis (kPa)	4901,9	5782	4555

2.4. Kinerja Sistem Kompresi Uap

1) Kerja Kompresi

$$q_w = h_2' - h_1'$$

Dimana:

q_w = Besarnya kerja kompresi yang dilakukan (kJ/kg)

h_1 = Enthalpi saat masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = Enthalpi saat keluar kompresor (kJ/kg)

2) Efek Refrigerasi

$$q_e = h_1' - h_4'$$

Dimana:

q_e = Kalor yang diserap evaporator (kJ/kg)

h_1 = Entalphi saat masuk evaporator (kJ/kg)

h_4 = Entalphi saat keluar evaporator (kJ/kg)

3) Kapasitas Pendinginan

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

Dimana:

Q_e = Kapasitas panas yang diserap evaporator (kW)

\dot{m} = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)

h_1 = Entalphi saat masuk evaporator (kJ/kg)

h_4 = Entalphi saat keluar evaporator (kJ/kg)

4) Daya Kompresor

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta$$

Dimana:

P = Daya (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

$\cos \theta$ = Faktor nilai yang sering digunakan adalah 0,85

5) COP (Coefficient Of Performance)

$$COP_{aktual} = \frac{q_e}{q_w}$$

$$COP_{aktual} = \frac{h_1' - h_4'}{h_2' - h_1'}$$

Dimana:

q_e = Kalor yang diserap evaporator (kJ/kg)

q_w = Besarnya kerja kompresi yang dilakukan (kJ/kg)

h_1 = Entalpi saat masuk evaporator (kJ/kg)

h_2 = Entalpi saat keluar kompresor (kJ/kg)

h_4 = Entalpi saat keluar evaporator (kJ/kg)

6) Laju Aliran Massa

$$\pi_1 = \frac{L_c}{D_c}$$

$$\pi_2 = \frac{D_c^2 h_{fgc}}{v_f^2 \mu_f^2}$$

$$\pi_4 = \frac{D_c^2 P_{c,in}}{v_f \mu_f^2}$$

$$\pi_5 = 1 + \frac{(h_{c,in} - h_f)}{h_{fg}}$$

$$\pi_6 = \frac{v_g}{v_f}$$

$$\pi_8 = \frac{\dot{m}}{D_c \mu_f}$$

$$\pi_8 = 150,26 \pi_1^{-0,5708} \pi_2^{-1,4636} \pi_4^{1,953} \pi_5^{c_5} \pi_6^{1,4181}$$

Dimana:

L_c = panjang penuh pipa kapiler (m)

D_c = diameter dalam pipa kapiler (m)

h_{fgc} = perbedaan entalpi gas dan cair (J/kg)

v_f = volume spesifik cair refrigeran (m³/kg)

μ_f = viskositas dinamis refrigeran (kg/ms)

$P_{c,in}$ = tekanan masuk pada pipa kapiler (Pa)

$h_{c,in}$ = entalpi masuk pada pipa kapiler (J/kg)

h_f = entalpi cair (J/kg)

v_g = volume spesifik gas refrigeran (m³/kg)

\dot{m} = laju aliran massa refrigeran (kg/s)

c_5 = koefisien kondisi *inlet* pipa kapiler ($c_5 = 0,6436$ untuk *inlet* pipa kapiler pada posisi *subcooled liquid*, $c_5 = -1,971$ untuk *inlet* pipa kapiler pada posisi saturasi dua fasa)

3. Bahan dan Metodologi Penelitian

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimen dengan metode penelitian kuantitatif yang mana digunakan untuk mengidentifikasi pengaruh variabel independen seperti temperatur lingkungan, temperatur ruangan, beban pendinginan terhadap *variable* dependen yaitu jenis refrigeran (R-32, R-410a, dan MC-32) dimana variabel tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai unjuk kerja dan nilai performansi pada sistem AC.

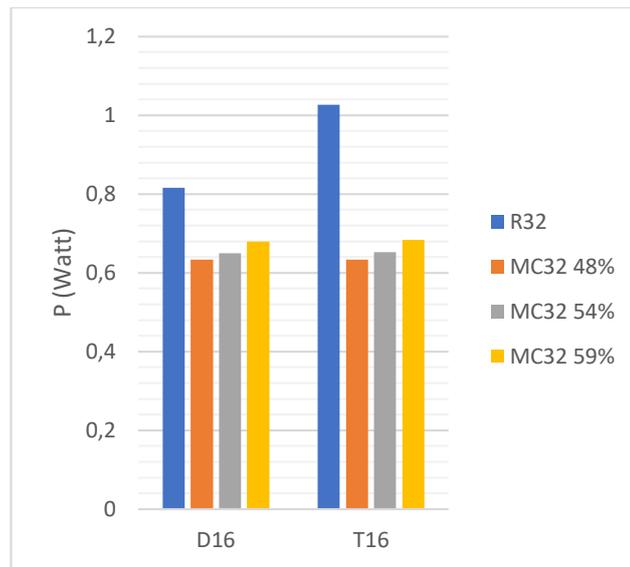
Penelitian eksperimen ini bertujuan untuk meramalkan dan menjelaskan hal-hal yang terjadi atau yang akan terjadi diantara variabel-variabel tertentu melalui upaya manipulasi atau pengontrolan variabel-variabel tersebut atau hubungan diantaranya agar ditemukan hubungan, pengaruh atau perbedaan salah satu atau lebih variabel.

3.2. Prosedur Pengujian

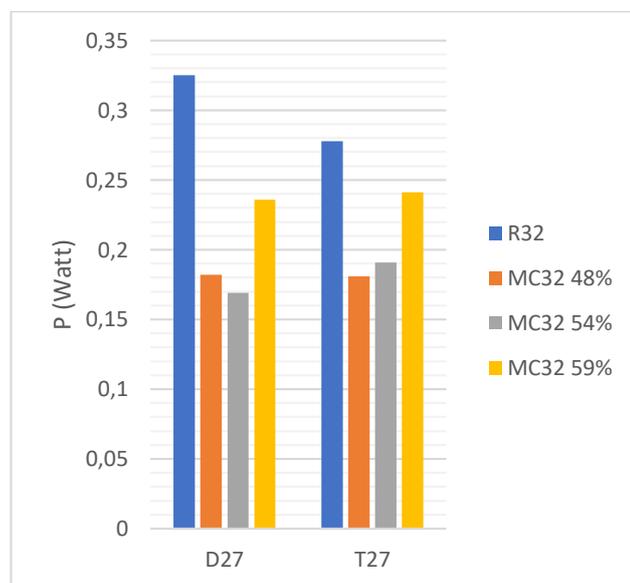
Setelah melakukan pengujian dan pengambilan data pada refrigeran R32, R410A dan MC-32. Lalu data dibuat dalam bentuk excel untuk memisahkan kondisi AC pada saat steady. Setelah itu diambil data temperatur ruang, temperatur lingkungan, temperatur evaporator dan daya kompresor. Data tersebut diubah dalam bentuk grafik garis yang digunakan untuk membandingkan kondisi refrigeran pada setiap pengujian. Data berupa tekanan (P) dan temperatur (T) dimasukkan kedalam *software* REFPROP untuk mendapatkan nilai enthalpi, nilai *superheating* dan nilai *subcooling*. Data pada *software* REFPROP tersebut lalu dibuat grafik PH diagram.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Grafik Daya Kompresor Refrigeran R32, R410A dan R1270 (MC32)

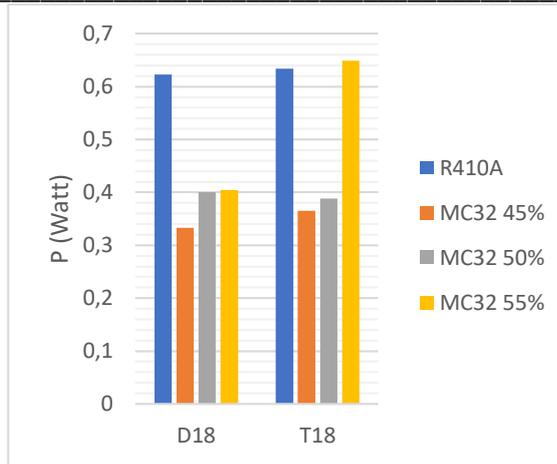


Gambar 2. Konsumsi Daya AC pada suhu 16°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R32

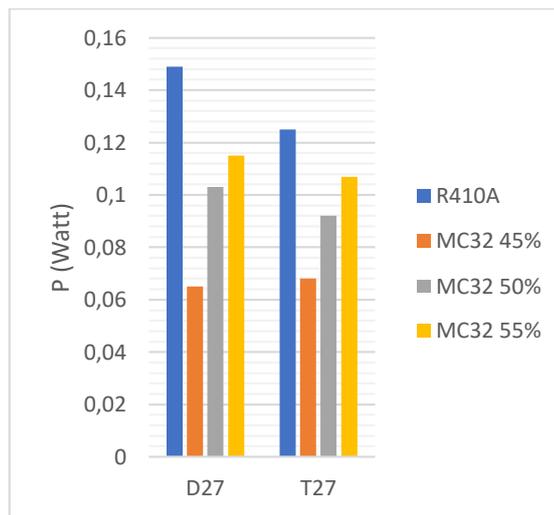


Gambar 3. Konsumsi Daya AC pada suhu 27°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R32

Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa nilai konsumsi daya terendah terjadi pada MC32 54% variasi temperatur 27 dan DB 27 dengan nilai sebesar 0,169 kW. Nilai konsumsi daya tertinggi terjadi pada R32 TB16 dengan nilai sebesar 1,027 kW. Terlihat bahwa konsumsi daya R32 selalu lebih besar dibandingkan refrigeran MC32 pada setiap variasi massa yang digunakan. Oleh karena itu, Refrigeran MC32 lebih hemat dan efisien dibandingkan refrigeran R32.



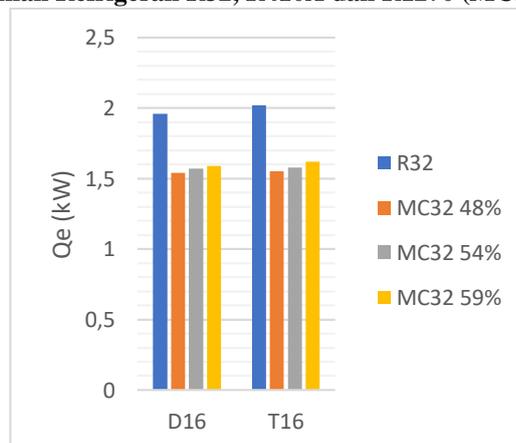
Gambar 4. Konsumsi Daya pada suhu 18°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R410A



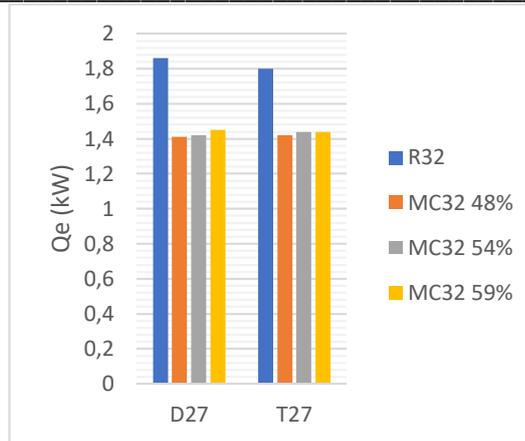
Gambar 5. Konsumsi Daya pada suhu 27°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R410A

Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa nilai konsumsi daya terendah terjadi pada AC *Inverter* dengan variasi temperatur 27°C dengan nilai sebesar 0,065 kW. Terlihat bahwa konsumsi daya R410A selalu lebih besar dibandingkan refrigeran MC32 pada setiap variasi massa yang digunakan. Oleh karena itu, Refrigeran MC32 lebih hemat dan efisien dibandingkan refrigeran R32.

4.2 Grafik Kapasitas Pendinginan Refrigeran R32, R410A dan R1270 (MC32)

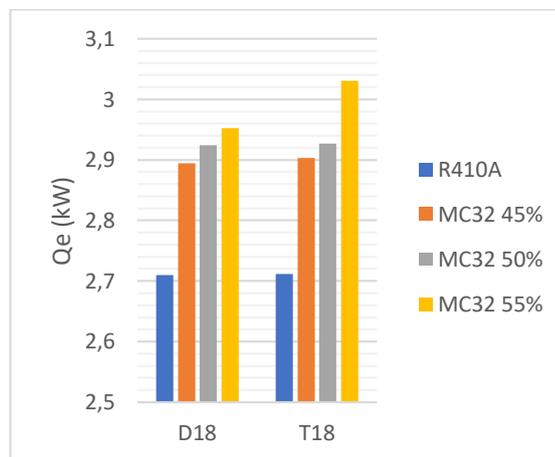


Gambar 6. Kapasitas Pendinginan pada suhu 16°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R32

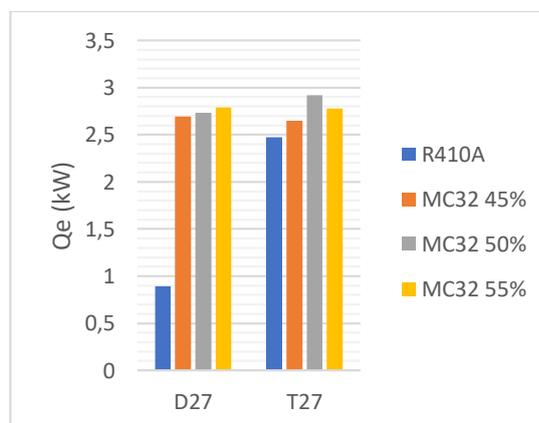


Gambar 7. Kapasitas Pendinginan pada suhu 27°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R32

Gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa nilai kapasitas pendinginan tertinggi yaitu 2,02 kW refrigeran R32 TB16. Apabila variasi massa meningkat pada MC32, maka semakin semakin relatif naik nilai kapasitas pendinginannya. Semakin besar kapasitas pendinginan, semakin cepat temperatur ruangan mencapai temperatur yang diinginkan.



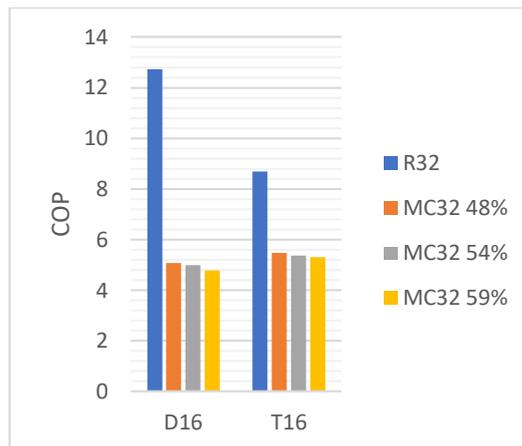
Gambar 8. Kapasitas Pendinginan pada suhu 18°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R410A



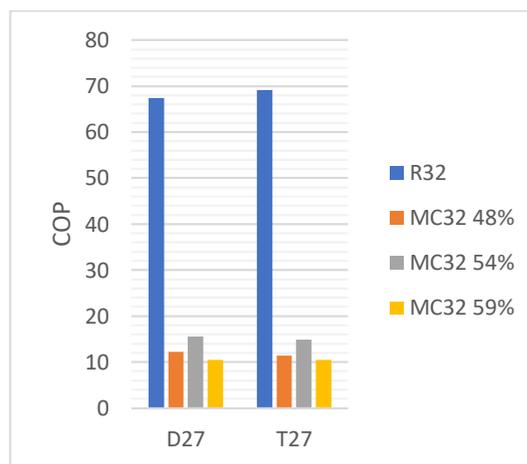
Gambar 9. Kapasitas Pendinginan pada suhu 27°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R410A

Gambar 8 dan 9 menunjukkan nilai kapasitas pendinginan tertinggi yaitu 3,03 kW refrigeran MC32 55% . Apabila variasi massa meningkat pada MC32, maka semakin semakin relatif naik nilai kapasitas pendinginannya. Semakin besar kapasitas pendinginan, semakin cepat temperatur ruangan mencapai temperatur yang diinginkan.

4.3 Grafik COP Refrigeran R32, R410A dan R1270 (MC32)

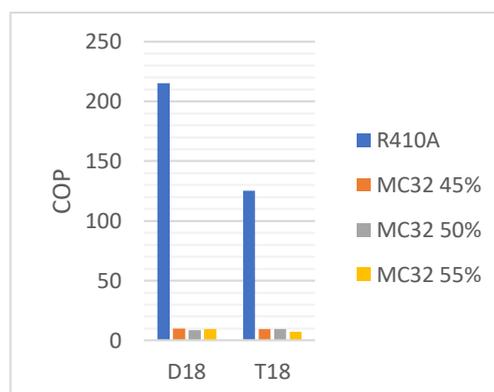


Gambar 10. COP pada suhu 16°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R32

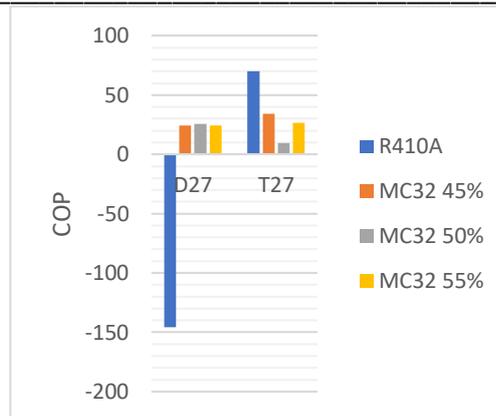


Gambar 11. COP pada suhu 27°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R32

Gambar 4.9 dan 4.10 menunjukkan bahwa Secara keseluruhan hasil menunjukkan bahwa COP refrigeran MC32 lebih rendah dibandingkan COP refrigeran R32. nilai COP pada AC *inverter* tertinggi yaitu 69,17 pada refrigeran R32 dan nilai COP terendah yaitu 4,78 pada MC32 massa masukan 59%. Terlihat bahwa COP R32 lebih tinggi dibandingkan MC32 pada semua variasi massa. Hal ini dikarenakan selisih (h_2-h_1) atau kerja kompresor pada R32 lebih kecil dibandingkan dengan MC32, sehingga menyebabkan nilai COP menjadi lebih tinggi. Karena COP merupakan perbandingan antara Efek refrigerasi yang dikeluarkan dibandingkan dengan kerja kompresor yang digunakan.



Gambar 12. COP pada suhu 18°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R410A



Gambar 13. COP pada suhu 27°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R410A

Gambar 12 dan 13 menunjukkan nilai tertinggi yaitu 215,34 pada refrigeran R410A dan nilai COP terendah yaitu -145,94 pada R410A. Nilai COP dari AC R410A terutama pada refrigeran R410A menunjukkan nilai yang sangat tinggi hal ini dipengaruhi karena variabel pada AC *inverter* R410A seperti Kondisi mesin dan performanya. Selain itu, COP R410A lebih tinggi dibandingkan retrofitnya dikarenakan selisih (h_2-h_1) atau kerja kompresor pada R32 lebih kecil dibandingkan dengan retrofitnya, sehingga menyebabkan nilai COP menjadi lebih tinggi. Karena COP merupakan perbandingan antara Efek refrigerasi yang dikeluarkan dibandingkan dengan kerja kompresor yang digunakan.

5. Kesimpulan

- 1) Karakteristik dan sifat dari refrigeran MC-32 atau R1270 hampir mirip dengan refrigeran R32 dan R410A.
- 2) Hasil retrofitting menggunakan BREEZON MC-32 pada AC dengan R-410A dan AC R32 selain pendinginan yang bisa dicapai, juga diperoleh penghematan energi listrik dan penghematan jumlah massa refrigeran yang dimasukkan dalam sistem AC tersebut.
- 3) Konsumsi daya MC32 ke R32 mengalami penurunan daya sebesar 31,58%. Nilai kerja kompresor dan efek refrigerasi refrigeran MC32 lebih tinggi dibandingkan dengan R32 pada semua kondisi. Laju aliran massa pada refrigeran MC32 lebih rendah dari R32. Nilai temperatur *superheating* dan *subcooling* R32 lebih rendah dari MC32. Nilai COP refrigeran MC32 lebih rendah dibandingkan refrigeran R32.
- 4) Setelah melakukan analisis pada AC *Inverter* R32 dan variasi massa MC32, performa refrigeran MC32 dengan variasi massa 48%, 54%, 59% pada semua variasi temperatur belum bisa untuk menggantikan refrigeran R32. Namun MC32 memiliki keunggulan dalam hal konsumsi daya yang lebih rendah daripada R32.
- 5) Konsumsi daya MC32 ke R410A mengalami penurunan daya sebesar 48,56%. Nilai kerja kompresor dan efek refrigerasi refrigeran MC32 lebih tinggi dibandingkan dengan R410A pada semua kondisi. Laju aliran massa pada refrigeran MC32 lebih rendah dari R410A. Nilai temperatur *superheating* dan *subcooling* R410A lebih rendah dari MC32. Nilai COP refrigeran MC32 lebih tinggi dibandingkan refrigeran R410A.
- 6) Setelah melakukan analisis pada AC *Inverter* R410A dan variasi massa MC32, performa refrigeran MC32 dengan variasi massa 45%, 50%, 55% pada semua variasi temperatur bisa untuk menggantikan refrigeran R410A. Penulis merekomendasikan massa pengisian MC32 yaitu 45% karena performa hampir mendekati R410A.
- 7) Dari Semua perbandingan performansi AC *Inverter* dan AC *non-inverter* terlihat bahwa nilai dari kapasitas pendinginan, laju aliran massa, COP dan Efek Refrigerasi dari AC *inverter* lebih bagus dibandingkan dengan AC *non-inverter*. Konsumsi daya yang dihasilkan pada AC *inverter* lebih rendah dibandingkan konsumsi daya pada AC *non-inverter*. Untuk itu penulis merekomendasikan MC32 lebih baik digunakan untuk AC *inverter* R410A.

6. Daftar Pustaka

- [1]. Abarca, R. M., 2021, "Sistem refrigerasi kompresi uap,".
- [2]. Albert, P. P., 2021, "Aplikasi Breezon MC-32 Inverter R-32 dan R-410A," 32.
- [3]. ASHRAE, 2017, "American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). 2017. ASHRAE Standards: standards for natural and mechanical ventilation. Atlanta,".
- [4]. Blok, K. and Nieuwlaar, E., 2021, "Exergy analysis, Introduction to Energy Analysis," doi: 10.4324/9781315617213-18.
- [5]. Khatri, R. and Joshi, A., 2017, "Energy Performance Comparison of Inverter based Variable Refrigerant Flow Unitary AC with Constant Volume Unitary AC," *Energy Procedia*, 109(November 2016), pp. 18–26, doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.038.

-
- [6]. Luis, F. and Moncayo, G., 2010, “*Commercial refrigeration for air conditioning technicians second edition,*”
- [7]. Pratama, F. A., Mitrakusuma, W. H. and Muhamad Anda Falahuddin Wirenda Sekar Ayu, 2021, “Kajian Kinerja Sistem Refrigerasi Menggunakan Refrigeran R32,” *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 1, pp. 472–477.
- [8]. Purwanto, E. and Ridhuan, K., 2014, “Pengaruh Jenis Refrigerant Dan Beban Pendinginan Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin,” *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1), pp. 11–16, doi: 10.24127/trb.v3i1.19.
- [9]. Rasti, M. and Jeong, J. H., 2017, “Assessment of Dimensionless Correlations for Prediction of Refrigerant Mass Flow Rate Through Capillary Tubes - A Review,” *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, 25(4), doi: 10.1142/S201013251730004X.
- [10]. Supardi, D. A. N., 2017, “Unjuk kerja mesin pendingin kompresi uap pada beberapa variasi superheating dan subcooling 1.”