

Studi Literatur Perbandingan Ac Inventer R32 Dan R410a Dengan R1270 Serta Pengaruh Pada Lingkungan

Imam Hambali¹, Fahmy Riyadin²

Universitas Sunan Giri Surabaya, Imam.hambali1400@gmail.com, Fahmy.ryadin@gmail.com

Abstract

Di kehidupan sehari-hari, tentunya masyarakat menginginkan lingkungan dengan suhu dan kelembapan ruangan yang lebih nyaman. Sistem AC Inventer telah menjadi pilihan utama untuk pendinginan ruangan di berbagai lingkungan, baik rumah tangga maupun komersial. Dalam beberapa tahun terakhir, dua refrigeran yang sering dipergunakan pada sistem ini ialah R-32, R-410A, dan R-1270. Ketiga refrigeran ini memiliki karakteristik yang berbeda, dan pemilihan antara keduanya dapat mempengaruhi performa keseluruhan sistem AC Inventer. Dalam penelitian berikut ini, penting untuk memahami secara mendalam kinerja R-32, R-410A, dan R-1270 dalam berbagai aspek, termasuk efisiensi energi dan pengaruh lingkungan, sebelum mengadopsinya secara luas. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif untuk melakukan identifikasi pengaruh Variabel independen seperti suhu sekitar, suhu ruangan, dan beban pendinginan diubah menjadi variabel dependen dalam bentuk jenis refrigeran (R-32, R-410A, R-1270). Tujuan penelitian ini yaitu untuk meramalkan & menjelaskan hubungan antar variabel, serta dapat memahami peringkat daya dan kinerja sistem AC. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan hubungan tersebut, pengaruh, atau perbedaan di antara variabel-variabel tersebut dalam konteks penggunaan refrigeran pada sistem AC. Hasil penelitian ini fokus pada efisiensi laju pendinginan berbagai jenis zat pendingin. Setiap refrigeran yang diuji meningkatkan suhu evaporator secara berbeda. Analisis arus AC inverter menggunakan refrigeran R32 dan variasi massa MC32 (48%, 54%, 59%) menunjukkan bahwa kinerja MC32 tidak dapat sepenuhnya menggantikan refrigeran R32 pada semua variasi temperatur. Terlihat bahwa AC inverter memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan AC non inverter dalam hal kapasitas pendinginan, laju aliran massa, COP, dan efisiensi pendinginan. Selain itu, inverter AC mengkonsumsi lebih sedikit daya daripada inverter non-AC..

Keywords

Lingkungan, Suhu, AC Inventer, Refrigeran R-32, R-410A, R-1270

Corresponding Author

First name Last name

Affiliation, Country; e-mail@e-mail.com

1. INTRODUCTION

Di kehidupan sehari-hari, tentunya masyarakat menginginkan lingkungan dengan suhu dan kelembapan ruangan yang lebih nyaman. Situasi akhir – akhir ini, suhu panas di sekitar kita cukup tinggi sehingga menimbulkan rasa kurang nyaman saat seseorang beraktivitas di dalam maupun di luar ruangan. Maka di dalam Suatu ruangan memerlukan alat yang mampu mengatur suhu ruangan pada tingkat yang ideal agar suatu aktivitas dapat berlangsung dengan lancar & nyaman.



Pengkondisian udara merupakan sistem yang dirancang untuk mengatur kesejukan dan kenyamanan ruangan melalui pengaturan suhu dan kelembaban. Pemilihan spesifikasi AC yang tepat, mempertimbangkan beban kalor dan jenis refrigeran, sangat penting untuk mencapai efisiensi dan kenyamanan thermal optimal.

Sistem AC Inverter telah menjadi pilihan utama untuk pendinginan ruangan di berbagai lingkungan, baik rumah tangga maupun komersial. Dalam beberapa tahun terakhir, dua refrigeran yang sering dipergunakan pada sistem ini ialah R-32, R-410A, dan R-1270. Ketiga refrigeran ini memiliki karakteristik yang berbeda, dan pemilihan antara keduanya dapat mempengaruhi performa keseluruhan sistem AC Inverter. Di samping beban pendinginan, karakteristik & jenis refrigeran juga memiliki peran vital ketika mendongkrak efisiensi proses pendinginan. Refrigeran adalah cairan yang dipergunakan dalam siklus termal yang mengalami perubahan fasa karena tekanan. Refrigeran ada banyak jenisnya, jenis refrigerant yang berbeda juga mempunyai sifat yang berbeda juga yang terkandung pada refrigeran tersebut sampai mempengaruhi kapasitas dan kinerja pendingin.

Salah satu kontributor utama terhadap perubahan iklim ialah penggunaan refrigerant dalam sistem pendingin. Oleh karena itu, pengembangan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan efisien dalam hal energi menjadi semakin penting. Dalam konteks ini, refrigeran R-32, R410A, dan R1270 menjadi bahan pilihan yang menarik untuk diteliti.

2. METHODS

Dampak variabel independen, termasuk suhu ruangan, suhu lingkungan, dan beban pendinginan, pada variabel dependen berjenis refrigeran R-32, R410A, dan R1270 dinilai dalam studi ini memakai metode kuantitatif. Tujuan penelitian ini yaitu untuk meramalkan & menjelaskan hubungan antar variabel, serta untuk memahami nilai unjuk kerja dan performansi sistem AC. Dengan mengontrol atau memanipulasi variabel-variabel ini, penelitian ini memiliki tujuan untuk menemukan hubungan, pengaruh/perbedaan di antara variabel-variabel tersebut dalam konteks penggunaan refrigeran pada sistem AC.

Populasi penelitian ini yaitu sistem refrigerasi yang menggunakan refrigeran R-32, R410A, dan R1270. Penelitian ini memilih sistem refrigerasi sebagai objek penelitian karena fokus pada perbandingan kinerja kedua refrigeran dalam konteks efisiensi energi dan dampak lingkungan.

Sampel penelitian diambil dari populasi sistem refri gerasi yang dapat menggunakan baik refrigeran R-32, R410A & R1270. Pengambilan sampel dilakukan dengan memilih beberapa sistem refrigerasi yang representatif dan dapat mencerminkan kondisi operasional yang umum di industri.

3. FINDINGS AND DISCUSSION

3.1 Alat Bahan

Material AC Inverter Panasonic

AC jenis Inverter panasonik ukuran 1 PK, yang di gunakan untuk alat peraga. Untuk dipisah dari bagian komponen-komponen terpenting. komponen pendukung dan kontrol. Di susun

pada papan panel seperti pada layaknya AC yang dapat digunakan.

Kapasitas Pendinginan AC

Kapasitas pendinginan AC jenis Inverter dapat dilihat pada spesifikasi pabrik. 1 pk merk panasonic. Dapat di lihat pada tabel 4.1

Tabel 3. 1
Spesifikasi AC Panasonic 1PK

Unit Panasonic Jenis Inverter Air Cooling	
Model	CU-PC9QKJ
Phase	1 Ø
Voltage	220-240V
Frequency	50 Hz
Cooling Capacity	9000 Btu/h (2,64 Kw)
Input	750w (1 Pk)
Current	3.8A
Refrigeran	R-32, R410A, dan R1270



Gambar 3. 1
AC Inverter Panasonic 1PK

Penelitian ini memanfaatkan sejumlah peralatan dan bahan sebagai berikut:

a. Meteran

Merupakan alat yang di gunakan untuk mengukur dalam satuan Panjang saat membuat alat peraga AC jenis Inverter.



Gambar 3. 2
Meteran

b. Manifold

Manifold dimana digunakan apabila setelah semua komponen AC telah terpasang dan untuk menentukan tekanan refrigerant dalam satuan psi atau bar. Sampai pada ukuran spesifikasi sesuai kebutuhan. Tidak kurang dan tidak lebih.



Gambar 3. 3 Mainfold

c. Pipa Saluran Refrigeran

Pipa saluran refrigeran berukuran 1/4" dan 3/8" dipasang pada unit *Indoor* atau evaporator hingga *Outdoor* atau kondensor. Pipa refrigeran yang berukuran 1/4" yang dihubungkan pada saluran tekan atau liquid, dan pipa refrigeran yang berukuran 3/8" yang di hubungkan pada saluran hisap atau sugtion.



Gambar 3. 4
Pipa Refrigeran

d. Bracket Indoor atau Evaporator Panasonic

Bracket *Indoor*/evaporator dipasang pada papan panel alat peraga AC untuk tumpuan atau penyangga unit *indoor* yang mana seperti melekat pada dinding layaknya AC pada umumnya.



Gambar 3. 5
Bracket Evaporator

e. Bracket Outdoor AC Panasonic

Bracket untuk tumpuan atau dudukan unit *outdoor*. Dimana pada alat peraga digunakan sebagai dudukan menumpu unit kondensor dan unit kompresor. Jadi unit kondensor dan unit kompresor di letakan secara terpisah agar dapat mengetahui proses cara kerjanya.



Gambar 3. 6
Bracket Kondensor

f. Tang Ampere atau Claimp Meter

Untuk dapat mengetahui tegangan voltase dan amper sesuai kebutuhan spesifikasi AC Inventer panasonik 1 PK sebagai alat peraga dibutuhkan tang amper agar AC dapat bekerja atau ber operasi secara maksimal. Tang amper digunakan saat AC semua komponen terpasang, terhubung dan ter instal.



Gambar 3. 7
Tang Ampere

g. Refrigeran R32

Refrigeran R32 yang digunakan refrigerasi mesin kompresor untuk menghasilkan dingin sesuai kebutuhan mesin kompresi alat peraga AC yang di butuhkan.



Gambar 3. 8
Refringeran R32

h. Refrigeran R410A

Refrigeran R410A yang digunakan refrigerasi mesin kompresor untuk menghasilkan dingin sesuai kebutuhan mesin kompresi alat peraga AC yang di butuhkan.



Gambar 3. 9
Refrigeran R410A

i. Refrigeran R1270

Refrigeran R32 yang digunakan refrigerasi mesin kompresor untuk menghasilkan dingin sesuai kebutuhan mesin kompresi alat peraga AC yang di butuhkan.



Gambar 3. 10
Refrigeran R1270

j. Thermometer

Pada saat AC beroperasi sesuai fungsinya mengkondisikan udara, lalu mengukur suhu temperatur pada tiap - tiap komponen untuk di jadikan data perhitungan. Dimana diantaranya mempunyai temperatur yang berbeda pada tiap-tiap komponen utama yaitu kompresor, kondensor, evapuator & katup ekspansi.



Gambar 3. 11
Thermometer

k. Papan *Panel*/Papan Tulis

Untuk memisahkan komponen-komponen utama, komponen pendukung, dan komponen kontrol dalam perakitannya untuk membuat alat peraga menggunakan papan panel. Semua komponen di susun, dan dinstal pada papan panel. Komponen penting dirakit benda di depan papan panel, kompone pendukung dan control berada di belakang papan panel.



Gambar 3. 12
Papan Tulis

l. Kunci Inggris

Pada penginstalan pipa refrigeran *Indoor* maupun *Outdoor* menggunakan kunci inggris serta pemasangan bongkar pasang kondensor dan compressor pada alat peraga AC Jenis Inventer Panasonic.



Gambar 3. 13 Kunci Inggris

m. Kunci L

Untuk membuka saluran katup ekspansi atau ekspansion valve menggunakan kunci L ukuran 4 mm, dimana katup ekspansi mempunyai dua valve yang harus di buka dengan

kunci L sebagai tempat penyekat buka tutup dan mengalirnya refrigeran, titik letak katup ekspansi yang berada pada unit *Outdoor* di sisi samping yang langsung di hubungkan pada saluran pipa refrigeran.



Gambar 3. 14
Kunci L

n. Flaring

Pada penyambungan dan menghubungkan pipa dari Indoor sampai ke outdoor diperlukan untuk menambah sock dan sirip yang mengembang, Semuanya pada ujung pipa agar dapat terhubung. Dalam membuat sinp yang nengembang dan sock dengan menggunakan alat yang di sebut plaring Tenggunaan plaring menvesuaikan ukuran pipa, di mana ukuran pipa untuk AC 1 PK berukuran 1/4" dan 3/8".



Gambar 3. 15
Flaring

o. Alat Pemotong Pipa / *Tube Cutter*

Alat pemotong pipa saluran refrigeran menggunakan alat khusus pemotong pipa tembaga. Tidak dapat menggunakan alat yang lain, karena guna meminimalisir diameter lingkaran pipa tidak rusak dan memudahkan untuk diproses.



Gambar 3. 16
Tube Cutter

p. Stop Kontak

Karna untuk menggerakkan mesin membutuhkan energi listrik membutuhkan penghantar yaitu kabel dan stop kontak atau steker. Menyesuaikan jenis spesifikasi AC untuk kebutuhannya. Kabel yang rangkai dari *Indoor* ke *Outdoor* lalu stop kontak dan dihubungkan dengan listrik.



Gambar 3. 17
Stop Kontak

q. Gas Las dan Perak Las

Saat membongkar kompresor melakukan pemotongan pipa karna untuk memisahkan komponen kondensor, kompresor dan unit valve ekspansi, yang dipotong diantaranya pipa liquid atau tekan dan suction atau hisap, di perlukan untuk menyambung ulang menggunakan las khusus dengan jenis material perak las tembaga yang dipanaskan dan di cairkan pada titik yang di inginkan.



Gambar 3. 18 Gas Las

r. Obeng

Sebelum unit komponen utama terpisah masih di ikat dengan beberapa sekrup pada casing unit *Indoor* maupun *Outdoor*. Terlebih dahulu untuk dibuka seluruh pengikat atau sekrup,

untuk di buka dengan menggunakan alat obeng min dan obeng kembang. Lalu dipisahkan komponennya sebagai alat peraga.



Gambar 3. 19
Obeng

s. Tang Potong Kombinasi dan Cucut

Pada beberapa bagian komponen ada beberapa bagian yang menggunakan tang untuk melepasnya menyesuaikan dengan kegunaan dan keperluannya, demikian pula untuk merakitnya membutuhkan tang sesuai dengan jenis kebutuhan dan keperluannya.



Gambar 3. 20
Tang Potong

3.2 Data Penelitian

3.2.1 Perakitan Komponen Pada Papan Panel/Papan Tulis

a. Pemasangan Kompresor dan Bracket

Posisi kompresor berada didepan sudut kiri bagian bawah papan panel ditempatkan pada bracket diikat mur baut panjang 50mm diameter 10mm, sisi kiri kompresor 2 mur baut dan sisi kanan 2 mur baut, bracket menempel pada papan panel dibor diameter 10mm dan diikat mur baut panjang 50 mm diameter 10 mm sisi kiri bracket 2 murbaut dan sisi kanan 2 mur baut.



Gambar 3. 21
Kompresor Terpasang pada Braicket dan Papan Panel

b. Pemasangan Kondensor dan Braicket

Unit kondensor dipasang diatas braicket dan braicket dipasang pada papan panel sudut kanan bagian bawah. Braicket diikat murbaut panjang 19mm diameter 10mm pada satu Sisi kini 2 set mur baut dan sisi kanan 2 set mur baut melekat pada papan panel. Kondensor dipasang diatas braicket diikat murbaut panjang 50mm diameter 10mm sisi kiri kondensor 2 set mur baut sisi kanan 2 set mur baut.



Gambar 3. 22

Kondensor Terpasang pada Braicket dan Papan Panel

c. Pemasangan Expansian *valve*/katup exspansi

Expansian *valve*/katup exspansi di pasang pada papan panel pada sisi bagian kanan diatas kondensor melekat pada braicket dimur baut panjang 10mm diameter 3mm 2 set mur baut, braicket *expansion valve* melekat pada papan panel disekrup panjang 30mm diameter 3mm 2 pcs.

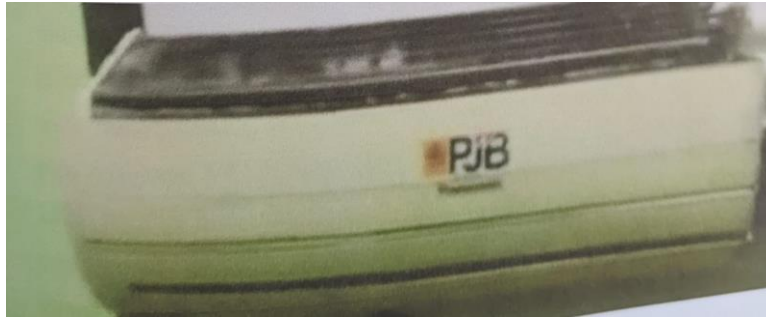


Gambar 3. 23

Expansion Valve Terpasang pada Braicket dan Papan Panel

d. Pemasangan Evaporator

Evaporator dipasang pada sudut kiri bagian atas papan panel diatas kompresor. Dengan memasang braicket *Indoor*/evaporator melekat pada papan panel terlebih dahulu dan di sekrup panjang 30mm diameter 3mm sebanyak 5 buah menyesuaikan titik tempat pada lubang braicket Setelah braicket *Indoor* terpasang lalu menempatkan evaporator pada kail braicket.



Gambar 3. 24
Indoor/Evaporator Terpasang pada Braicket dan Pipa Panel

e. Pemasangan Nipel

Pemasangan nipel pengujian tekanan pada tiap titik keluar dan masuk refrigeran komponen utama yang berguna untuk mengetahui tekanan refrigeran yang mengalir. Beberapa nipel yang dipasang mulai dari saluran pipa refrigerant kompresor menekan/mendorong hingga hisap/sugtion kembali masuk kompresor.



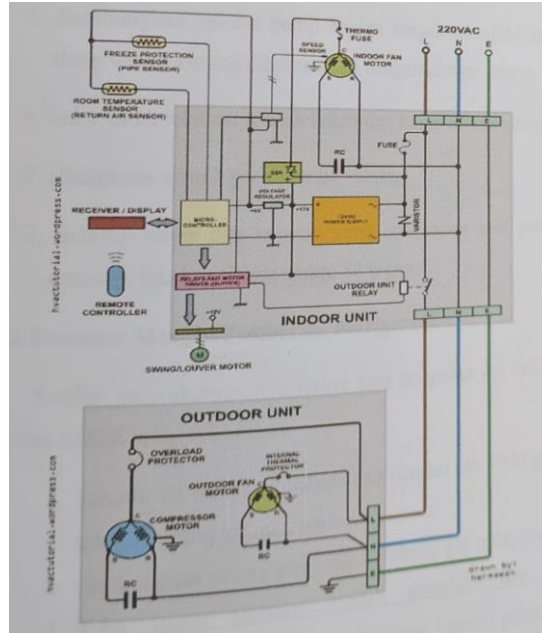
Gambar 3. 25
Penambahan Nipel Pengujian Tekanan Refrigeran

f. Instalasi Saluran Pipa Refrigeran

Setelah semua unit komponen utama terpasang lalu perakitan insatalasi pipa refrigeran dari unit evaporator ke *ekspansion valve*, kondensor hingga ke *outdoor*. Saluran pipa refrigerant mempunyai 2 ukuran $3/8''$ dan $1/4''$. Sebelum dipasang pipa diproses terlebih dahulu dengan alat flaring. Pada ujung pipa $3/8''$ dan $1/4''$ di beri nipel/baut penghubung sesuai ukurannya, lalu di kembangkan atau flaring hingga berbentuk sirip dan juga mebuat bentuk sock menyesuaikan ukuran dan kegunaan alatnya. Setelah di flaring ujung pipa refrigeran $3/8''$ di hubungkan pada nipel saluran pipa evaporator sampai katup sugtion/hisap, dari katup hisap keluar di hubungkan ke kompresor yang sebelumnya kedua ujung pipa $3/8''$ di sock menuju saluran hisap kompresor, lalu kemudian pada titik sock di las untuk menjaga terjadinya bocornya freon. Instalasi saluran pipa tekan berukuran $1/4''$ dari evaporator ke *exspansion valve* yang sebelumnya kedua ujung pipa diberi nipel lalu dikembangkan/di plaring dan di hubungkan pada nipel evaporator hingga ke katup *expansion valve*. Dari katup *exspansion valve* pipa $1/4''$ di sock dan di hubungkan ke kondensor, dari kondensor keluar pipa disock dan di hubungkan pada saluran tekan kompresor, lalu kemudian pengelasan pada titik pipa yang di sock.

g. Instalasi Listrik

Instalasi kelistrikan dari terminal modulator *indoor power* utama yang bertanda L, N dan *ground* diberi kabel di hubungkan pada steker stop kontak dan kabel di hubungkan pada terminal yang bertanda 1,2 dan *ground* mengirim *men-supply power* listrik yang di hubungkan ke terminal *outdoor* unit yang bertanda 1,2 dan *ground*. Instalasi kelistrikan dapat di lihat pada Gambar 4.26



Gambar 3. 26
Instalasi Lisrik

h. Prodsedur Pengujian

eksperimental refrigeran R32 dan MC-32 diolah menggunakan Excel untuk menganalisis perilaku AC pada kondisi steady. Parameter yang dievaluasi mencakup temperatur ruangan, lingkungan, evaporator dan daya kompresor, dengan visualisasi grafik garis untuk membandingkan kinerja kedua refrigeran. Selanjutnya, data teka nan (P) & temperatur (T) dimasukkan ke dalam perangkat lunak REFPROP untuk menghitung nilai entalpi, *superheating* & *sub cooling*. Hasil dari perhitungan menggunakan REFPROP tersebut kemudian digunakan untuk membuat diagram PH (Pressure-Enthalpy) guna memvisualisasikan karakteristik termal dari masing-masing refrigeran.

i. Prosedur Menjalankan *Air Conditioner* (AC)

Beberapa tahapan untuk menyalakan/menjalankan AC:

1. Mengarahkan kabel/stop kontak untuk di hubungkan pada power listrik
2. Menekan tombol swit pada control AC/tombol ON pada Remot untuk menyalakan dan OFF untuk berhenti/mematikan
3. AC menyala dan tunggu 30 menit, agar sirkulasi refrigeran pada system berjalan maksimal
4. Setelah 30 menit AC menyala, kita dapat merasakan dari perbedaan udara yang telah di kondisikan oleh AC

3.3 Analisis Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil Analisa, penguji dan peneliti mendapatkan data – data pada setiap titik

komponen Sistem AC Inverter Panasonic 1pk seperti ditunjukkan pada table 4.2 yang di gunakan dalam perhitungan.

Tabel 3. 1
Hasil Pengujian AC Panasonic 1 pk

No	Titik Komponen	Parameter	Satuan	Nilai
1.	Inlet Kompresor	Temperatur	°C	11
		Tekanan	Bar	1
2.	<i>Discharger</i> Kompresor	Temperatur	°C	83
		Tekanan	Bar	16
3.	Outlet Kondensor	Temperatur	°C	70
		Tekanan	Bar	14
4.	Inlet Evaporator	Temperatur	°C	20
		Tekanan	Bar	1

Tabel 3. 2
Spesifikasi Refrigeran R-32

Nama Kimia	Difluorometana (CH ₂ F ₂)
Rumus Kimia	CH ₂ F ₂
Masa Molekul	52 g/mol
Bentuk Gas	Tidak Berwarna
Titik Didih	-51,6 °C (-60,9°F)
Titik Beku	-136 °C (-213°F)
Tekanan Uap	1,013 kPa Pada 20°C
Kepadatan	1,024 kg/m ³ pada 20° C
Konduktivitas Termal	0,0085W/(m.K) pad 25°C
Potensi Pemanasan Global (GWP)	675, artinya memiliki dampak pemanasan global yang rendah dibanding R-410A

Tabel 3. 3
Spesifikasi Refrigeran R-410A

Nama Kimia	Campuran Azeotropik dari Difluorometana dan Pentafluoretana
Rumus Kimia	CH ₂ F ₂ + CHF ₂ CF ₃
Masa Molekul	72,6 g/mol
Bentuk Gas	Tidak Berwarna
Titik Didih	-48,5 °C (-55,3°F)
Titik Beku	-155 °C (-247°F)
Tekanan Uap	1,013 kPa Pada 37,7°C
Kepadatan	1,188 kg/m ³ pada 25° C
Konduktivitas Termal	0,082W/(m.K) pad 25°C
Potensi Pemanasan Global (GWP)	2088, artinya memiliki dampak pemanasan

	global sekitar 2088 kali lebih besar dari pada CO ₂ pada periode 100 tahun.
--	--

Tabel 3. 4
Spesifikasi R-1270

Nama Kimia	Propilen
Rumus Kimia	C ₃ H ₆
Masa Molekul	72,6 g/mol
Bentuk	Gas, pada suhu normal
Titik Didih	-47,6 °C (-53,7°F)
Titik Beku	-185,2 °C (-301,4°F)
Massa Jenis (pada 25°C)	0,507 g/cm ³
Indeks Pembiasan	1.366 (pada 20°C)
Kelarutan dalam Air	Kurang dari 0,1 (pada 20°C)
Potensi Pemanasan Global (GWP)	3, artinya memiliki potensi pemanasan globalnya jauh lebih rendah daripada banyak refrigeran sintetis lainnya yang umum digunakan.

Tabel 3. 5
Perbandingan R410A dan R32

SIFAT	R-410A	R-32	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)
Visikositas pada Suhu 50°C	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

Tabel 3. 6
Data Entalpi Refrigeran R32

Tekanan (kPa)	Suhu (C)	Entalpi (kJ/kg)
100	-40	67.2
200	-35	78.5
300	-30	91.2
400	-25	105.4
500	-20	121.1
600	-15	138.4
700	-10	157.4
800	-5	178.2
900	0	200.9
1000	5	225.6
1100	10	252.4
1200	15	281.5
1300	20	313.0
1400	25	347.2
1500	30	384.2
1600	35	424.0
1700	40	466.9
1800	45	512.9
1900	50	562.3

Tabel 3. 7
Data Entalpi R410A

Tekanan (kPa)	Suhu (C)	Entalpi (kJ/kg)
100	-40	86.7
200	-35	93.5
300	-30	101.1
400	-25	109.5
500	-20	118.7
600	-15	128.7
700	-10	139.6
800	-5	151.3
900	0	163.9
1000	5	177.4
1100	10	191.8
1200	15	207.2
1300	20	223.6
1400	25	241.0
1500	30	259.4
1600	35	278.8
1700	40	299.2
1800	45	320.6
1900	50	343.0

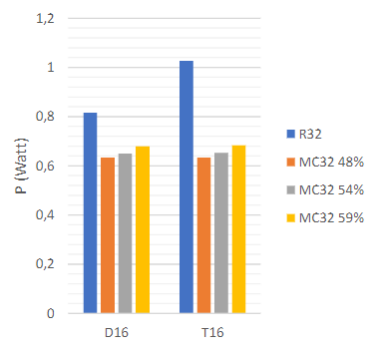
Tabel 3. 8
Data Entalpi R1270 (MC32)

Tekanan (kPa)	Suhu (C)	Entalpi (kJ/kg)
100	-40	2.85
200	-35	4.22
300	-30	6.23
400	-25	8.95
500	-20	12.55
600	-15	17.34

700	-10	23.70
800	-5	32.18
900	0	43.40
1000	5	58.18
1100	10	77.58
1200	15	102.90
1300	20	135.78
1400	25	178.20
1500	30	232.40
1600	35	301.20
1700	40	388.60
1800	45	499.50
1900	50	639.80

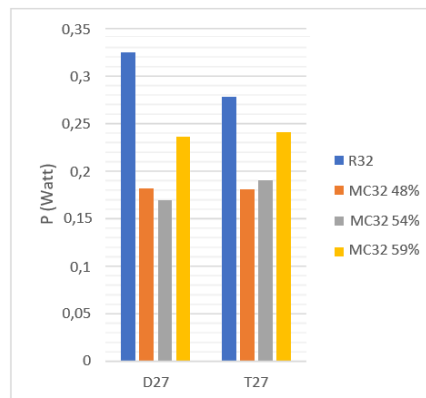
3.4 Pembahasan

3.4.1 Grafik Daya Kompresor Refrigeran R-32, R-410A dan R-1270 (MC32)



Tabel 3. 9

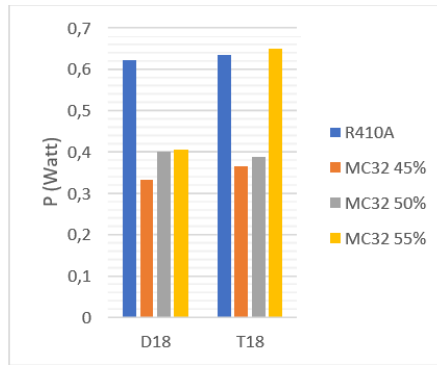
Konsumsi Daya AC pada Suhu 16°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R32



Tabel 3. 10

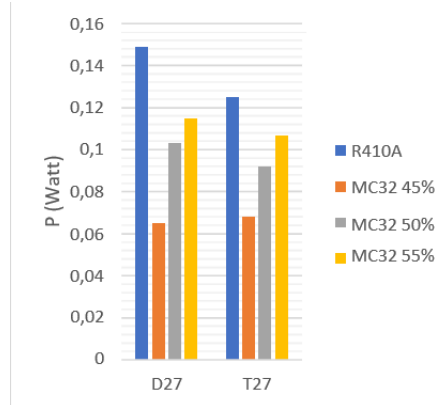
Konsumsi daya AC dengan beban dan tanpa beban pada suhu 27 °C AC Inverter R32

Pembahasan: Tabel Grafik 4.10 dan 4.11, Konsumsi daya terendah dicapai oleh refrigeran MC32 (0,169 W) pada 27°C dan 54% kelembaban, sedangkan konsumsi tertinggi tercatat pada R32 (1,027 W) pada kondisi TB16. Hasil ini menunjukkan bahwa konsumsi daya R32 selalu lebih tinggi di banding kan dengan refrigeran MC32 pada berbagai variasi massa yang di uji. Berdasarkan temuan ini, dapat disimpulkan bahwa refrigeran MC32 menunjukkan keunggulan dalam efisiensi energi & hemat energi dibandingkan dengan refrigeran R32



Tabel 3. 11

Konsumsi daya dengan beban pada suhu 18 °C Tanpa beban AC inverter R410

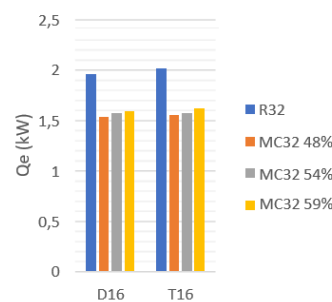


Tabel 3. 12

Daya konsumsi pada suhu 27 °C (dengan dan tanpa beban) AC Inverter R410A

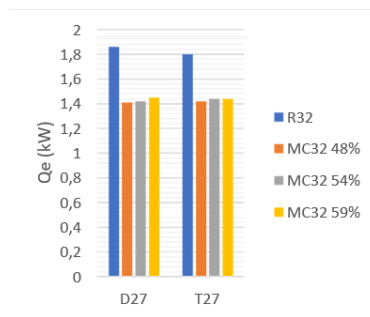
Pembahasan: Tabel Grafik 4.12 dan 4.13, terlihat Hasil pengujian menunjukkan konsumsi daya terendah AC Inverter sebesar 0,065W pada 27°C. Analisis memperlihatkan refrigeran MC32 lebih efisien dan hemat energi dibandingkan R410A dalam berbagai variasi kondisi.

3.4.2 Grafik Kapasitas Pendinginan R-32, R-410A dan R-1270 (MC32)



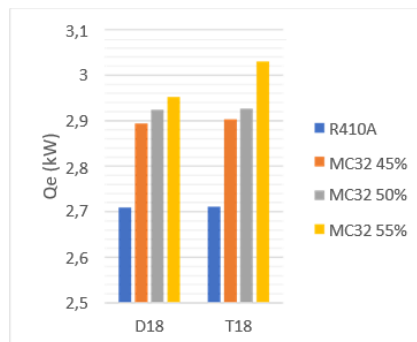
Tabel 3. 13

Kapasitas pendinginan pada suhu 16 °C (dengan dan tanpa beban) Kapasitas pendinginan AC inverter R32

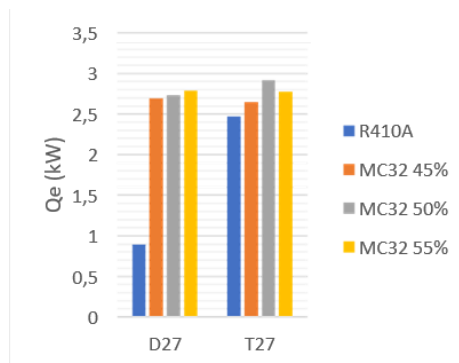


Tabel 3. 14
Kapasitas pendinginan AC inverter R32
pada suhu 27 °C (dengan dan tanpa beban) AC Inverter R32

Pembahasan: Tabel Grafik 4.14 dan 4.15, memperlihatkan nilai kapasitas pendinginan tertinggi adalah 2,02 kW yang dicapai oleh refrigeran R32 pada kondisi TB16. Apabila variasi massa meningkat pada refrigeran MC32, terlihat nilai kapasitas pendinginan relatif naik. Ini menyiratkan bahwa suhu ruangan dapat naik ke tingkat target lebih cepat semakin tinggi kapasitas pendinginan.



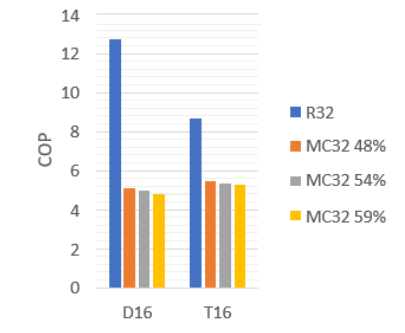
Tabel 3. 15
Kapasitas pendinginan AC inverter R32
pada suhu 27 °C (dengan dan tanpa beban) AC Inverter R32



Tabel 3. 16
Kapasitas Pendinginan pada suhu 27°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R410A

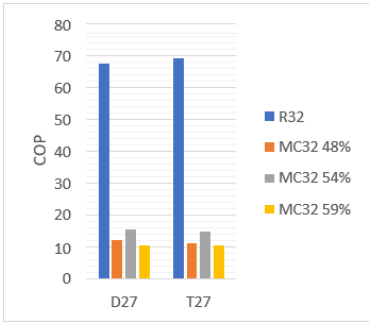
Pembahasan: Tabel Grafik 4.16 dan 4.17 memperlihatkan nilai kapasitas pendinginan tertinggi ialah 3,03 kW yang dicapai oleh refrigeran MC32 pada kondisi dengan 55% variasi masa. Pada pengujian ini, variasi massa meningkat pada MC32, nilai kapasitas pendinginan relatif naik. Berarti jika semakin besar kapasitas pendinginan, semakin cepat suhu ruangan bisa menggapai suhu yg dimau

3.4.3 Grafik COP Refrigeran R-32, R-410A, dan R-1270 (MC32)



Tabel 3. 17

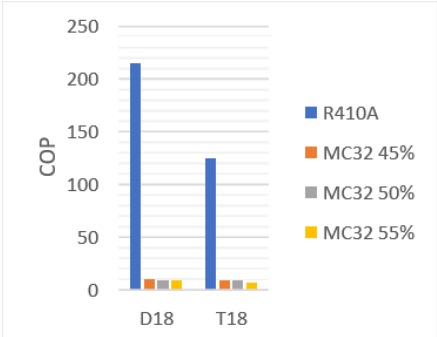
COP pada suhu 27 °C 16 °C dengan dan tanpa beban AC inverter AC R32



Tabel 3. 18

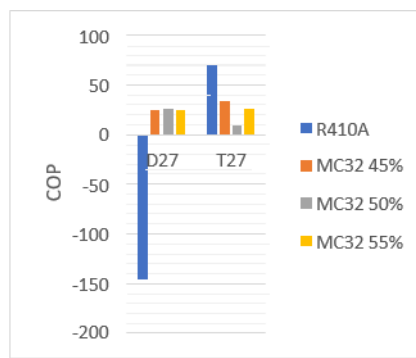
suhu 27 °C COP dengan dan tanpa beban AC inverter R32

Penjelasan: Tabel Grafik 4.18 dan 4.19, memperlihatkan jika COP refrigeran MC32 lebih sedikit dibandingkan dengan refrigeran R32. Nilai COP tertinggi pada AC inverter tercatat sebesar 69,17 untuk refrigeran R32, sementara nilai COP paling rendah ialah 4,78 untuk MC32 pada variasi massa masukan 59%. Dalam semua variasi massa yang diuji, terlihat bahwa COP refrigeran R32 selalu lebih tinggi dibandingkan dengan MC32. Perbedaan ini disebabkan oleh selisih (h_2-h_1) atau kerja kompresor yang lebih kecil pada refrigeran R32 dibandingkan dengan MC32. Hal ini mengakibatkan nilai COP refrigeran R32 menjadi lebih naik karena COP termasuk perbandingan antara efek refrigerasi yang dihasilkan dengan kerja kompresor yang diperlukan. Dengan demikian, meskipun refrigeran MC32 mungkin memiliki karakteristik unik / keunggulan lainnya, seperti yang disebutkan, refrigeran R32 menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam hal COP dalam pengujian ini.



Tabel 3. 19 COP

pada suhu 18°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R410A



Tabel 3. 20 COP
pada suhu 27°C dengan beban dan tanpa beban AC Inverter R410A

Penjelasan: Tabel Grafik 4.20 dan 4.21, memperlihatkan nilai COP tertinggi yang dicapai ialah 215,34 pada refrigeran R410A, semen tara nilai COP terendah adalah -145,94 juga pada R410A. Perbe daan signifikan ini menunjukkan variasi yang cukup besar dalam performa AC dengan menggunakan refrigeran R410A. Hal ini di pengaruhi oleh kondisi mesin dan performa yang berbeda-beda pa da AC inverter dengan refrigeran R410A. Selain itu, COP refrige ran R410A lebih tinggi di dibandingkan dengan retrofitnya karena selisih (h_2-h_1) /kerja kompresor pada R32 lebih kecil dibandingkan dengan refrigeran R410A, yang menyebabkan nilai COP menjadi lebih tinggi. COP sendiri termasuk perbandingan dari efek refrigerasi yang dihasilkan dengan kerja kompresor yang dibutuhkan.

4. CONCLUSION

1. Sifat dan karakteristik dari Refrigeran R-32, R410A, dan R1270 hampir mirip.
2. Hasil retrofit memakai BREEZON MC-32 pada AC dengan R-410A dan R-32 menunjukkan selain kemampuan pendinginan yang ditingkatkan, salah satunya yaitu penghematan energi listrik. Selain itu, ada juga penghematan dalam jumlah massa refrigeran yang diperlukan untuk sistem AC tersebut.
(Penjelasan Retrofitting pada sistem pendinginan adalah proses peningkatan atau modifikasi sistem pendinginan yang sudah ada untuk meningkatkan efisiensi, kinerja, atau keandalan).
3. Konsumsi daya refrigeran MC32 berkurang 31,58% dibandingkan R32. Kinerja kompresor dan efektivitas pendinginan MC32 lebih baik daripada R32 dalam segala kondisi. MC32 memiliki laju aliran massa yang lebih rendah dibandingkan R32. Di sisi lain, suhu superheating dan subcooling R32 lebih rendah dibandingkan MC32. Namun COP MC32 lebih rendah dari R32.
4. Analisis AC inverter menggunakan refrigeran R32 dan MC32 serta variasi massa (48%, 54%, 59%) menunjukkan bahwa kinerja MC32 tidak dapat sepenuhnya menggantikan R32 pada semua variasi suhu. Namun MC32 mempunyai keunggulan penggunaan daya cenderung sedikit dibandingkan R32.
5. Konsumsi daya refrigeran MC32 berkurang hingga 48,56% dibandingkan R410A. Kinerja kompresor dan efisiensi pendinginan MC32 lebih baik daripada R410A dalam semua kondisi pengujian. Laju aliran massa MC32 juga lebih rendah dari R410A. Suhu *superheat* dan *subcool* R410A lebih rendah dari MC32. Selain itu, MC32 memiliki COP yang lebih tinggi dibandingkan R410A. Efisiensi Energi: Refrigeran
6. R-1270 cenderung sedikit lebih hemat energi dibandingkan R-32 dan R-410A. Hal ini karena refrigeran R-1270 memiliki nilai GWP (potensi pemanasan global) yang sangat rendah dan sifat termal yang unggul, sehingga memungkinkan pendinginan yang lebih efisien. Performa: Dalam hal performa pendinginan, ketiganya dapat memberikan hasil yang cukup mirip

7. Dampak Lingkungan: Refrigeran R-1270 memiliki GWP yang sangat rendah (nilai 3), kedua ditempati oleh Refrigeran R-32 (nilai 460), dan ketiga R-410A (nilai 2088), yang berarti bahwa jika terjadi kebocoran, Refrigeran R-1270 akan berkontribusi lebih sedikit terhadap pemanasan global dibandingkan dengan R-32 dan R-410A. Oleh karena itu, penggunaan Refrigeran R-1270 dapat membantu mengurangi dampak lingkungan dari sistem AC. Dengan demikian Refrigeran R-1270 dianggap lebih ramah lingkungan daripada R-32 dan R-410A.
8. Ketersediaan dan Biaya: Meskipun Refrigeran R-1270 jarang digunakan namun refrigeran ini sangat ramah lingkungan. Sedangkan Refrigeran R-32 umum untuk digunakan, dan R-410A masih lebih umum dan lebih terjangkau dari segi biaya dalam beberapa kasus. Namun, karena R-410A memiliki GWP yang tinggi, regulasi yang semakin ketat terhadap gas-gas rumah kaca dapat membuatnya kurang populer di masa depan.

Data yang didapat dari seluruh perbandingan performa antara AC inverter & AC non-inverter, terlihat bahwa AC inverter memiliki nilai yang lebih baik dalam hal kapasitas pendinginan, laju aliran massa, COP & efek refrigerasi dibandingkan dengan AC non-inverter. Selain itu, konsumsi daya yang dihasilkan oleh AC inverter lebih rendah dibanding dengan AC non-inverter. Untuk itu penulis memberi rekomendasi Refrigeran R-1270 lebih baik dipakai untuk AC inverter dan memiliki tingkat resiko dampak lingkungan yang sangat minim dengan nilai 3. Walaupun Refrigeran R-1270 memiliki resiko mudah terbakar, namun masalah tersebut bisa diatasi dengan cara memberikan perhatian *intens* dan pantauan rutin terhadap refrigeran ini, kedua penulis merekomendasikan Refrigeran R-32 untuk digunakan karena juga ramah lingkungan dengan nilai 460. Sedangkan diposisi ketiga, adalah Refrigeran R-410A dengan nilai 2088.

REFERENCES

- Alaika Ghufroon Albari, Alaika. *Analisis Kinerja Evaporator Pada Ac Inverter 1 Pk Dengan Refrigeran R-22 Dan R-290*. 2020. Phd Thesis. Universitas Pancasakti Tegal.
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers). (2019). *ASHRAE Handbook - Refrigeration*.
- Bahctiar, Wahid Ade; Hariyadi, Slamet; Utomo, Wasito. Rancang Bangun Simulator Pengukuran Tekanan, Arus Listrik, Dan Suhu Pada Air Conditioning System 1 Pk Dengan Menggunakan Refrigeran R32. In: *Prosiding Snitp (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)*. 2020.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2017). *Refrigeration and Air Conditioning*. McGraw-Hill Education. New York University Press
- Cho, Y., Koo, S., & Kim, M. (2013). Comparison of the Thermodynamic Performance of R410A and R32 in a Vapor Compression Cycle. *International Journal of Refrigeration*, 36(3), 968-977.
- EPA (Environmental Protection Agency). (n.d.). Refrigerants - Ozone Depletion Potential (ODP). *International Journal of Refrigeration*, 36(3), 968-977.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.
- Ivana, Reza Taufiqi; Musthofa, Imron; Putra, Muhammad Rezki Fitri. Analisa Efisiensi Laju Pendinginan Refrigeran R-32, R-134A, R410A, Dan Lpg Pada Simulator Refrigerator. *Jtam Rotary*, 2023, 5.1: 70-76.
- Julyanti, Annissa Ayu, Et Al. Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Massa Refrigeran Terhadap Kinerja Ac Inverter Menggunakan Metode Cspf. In: *Prosiding Industrial Research Workshop And National*

- Seminar. 2023. P. 182-187.
- 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(1). 18–26.
- Kusnandar, Kusnandar; Kurniawan, Yudhy. Perbandingan Cop Ac Inverter Kapasitas 1 Pk Menggunakan Refrigeran R410a Dan R32 Dengan Variasi Kecepatan Fan Evaporator. *Turbulen Jurnal Teknik Mesin*, 2020, 2.2: 50-55.
- Pratama, F. A., Mitrakusuma, W. H. & Muhamad A. F., Wirenda. S.A., (2021). *Kajian Kinerja Sistem Refrigerasi Menggunakan Refrigeran R32*. Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar, 1(1). 472–477.
- Purwanto, E. and Ridhuan, K., 2014, Pengaruh Jenis Refrigeran Dan Beban Pendinginan Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin, Turbo : *Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1), pp. 11–16.
- 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).
- Sengge, James Roland; Dwinanto, Matheus M.; TOBE, Adi Y. Studi Kinerja Teoritis Pengkondisian Udara Menggunakan R32, R290 Dan R410a. *Lontar Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*, 2022, 9.01: 41-47.
- Sukarman, Sukarman, Et Al. Analisis Kinerja Evaporator Pada Vapors Compression Refrigeration System Menggunakan Refrigeran R410a. *Jurnal Teknologi*, 2022, 14.1: 127-138.
- Tauvana, Ade Irvan, Et Al. Analisis Kinerja R290 Sebagai Pengganti R32 Pada Unit Ac-Inverter Kapasitas 9,000 Btuh/Hr. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 2022, 221-230.
- Temaja, I. Wayan; Arsana, Made Ery; Midiani, Luh Putu Ike. Kajian Eksperimental Campuran R-32/R-290 Pengganti Refrigeran R-32 Pada AC Inverter Domestik. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi dan Informatika*, 2018, 8.3: 74-78.
- Tomczyk, J. A., Silberstein, E. M., & Whitman, B. (2016). *Refrigeration and Air Conditioning Technology*. Cengage Learning.
- Wijaya, Muhammad Yudha; Fajar, Berkah; Rozi, Khoiri. Studi Eksperimental Ac Inverter Inverter R-32, R410A, dan R1270 Dengan Refrigeran R1270. *Jurnal Teknik Mesin*, 2021, 9.1: 149-158.