



# Analisis Kinerja R290 sebagai Pengganti R32 pada Unit AC-Split Kapasitas 9,000 Btuh/hr

## *Performance Analysis of R290 as a R32 Substitute on 9,000 Btuh/hr Split AC Units*

Widodo\*, Ade Irvan Tauvana, Fatkur Rachmanu, Lukman Nulhakim, Syafrizal dan Mokhamad Is Subekti  
Politeknik Enjinereng Indorama, Purwakarta, Indonesia

### Informasi artikel

Diterima:  
05/06/2022  
Direvisi:  
29/06/2022  
Disetujui:  
03/07/2022

### Abstract

R290 is a type of natural refrigerant that has ODP = 0 and GWP = 4. While R32 from synthetic materials has ODP= 0 and GWP = 675 both are refrigerants used in Split AC. With this high GWP, it can have a damaging impact on the atmosphere. The advantage of R290 is that it has a lower density compared to R32, which can save the number of fillings in the AC unit by  $\pm 30\%$  of the previous amount of refrigerant in the same volume. R290/R32 was flammable with LFL= 2%/13% and UFL= 10%/33%. The purpose of this study was to analyze the performance of R290 as a substitute for R32 on an AC-split unit with a capacity of 9,000 Btuh/hr. The steps used in the test are that the AC unit is placed in an open room with ambient temperature around  $32^\circ/80^\circ\text{C}$ . The test was carried out until it reaches the optimal and stable temperature, then data is collected. The results of data collection from the evaporator air temperature R290/R32 =  $21.4^\circ\text{C}/23.0^\circ\text{C}$ , condenser air temperature = R290/R32=  $35^\circ\text{C}/38.5^\circ\text{C}$ , suction pressure= 90 psig/130 psig and discharge 200 psig/420 psig. The test data were analyzed and calculated using the Mollier Chart software with the results = R290/R32 = refrigeration effect = 344.8/272.2 kJ/kg, compression work = 12.18/13.02 kJ/kg, COP = 28.3/20.9, compression ratio = 2.2/3.2, strong electric current 4.98/5.73 A. From the decrease in electric current of R290 obtained a savings of 13.3% was obtained when converted to electricity bill payment and get a profit of 45,886/month.

**Keywords:** refrigerant, propane, ODP, GWP, COP.

### Abstrak

R290 adalah jenis refrigeran alami yang memiliki ODP = 0 dan GWP < 4. Sedangkan R32 dari bahan sintetik memiliki ODP = 0 dan GWP = 675 keduanya adalah bahan pendingin yang digunakan pada AC-Split. Dengan GWP yang tinggi ini dapat memberikan dampak kerusakan lingkungan atmosfer. Keunggulan dari R290 memiliki massa jenis lebih rendah dibandingkan dengan R32, dapat menghemat jumlah pengisian pada unit AC  $\pm 30\%$  dari jumlah refrigeran sebelumnya pada volume yang sama. R290/R32 ini memiliki sifat mudah terbakar dengan LFL= 2%/13% dan UFL=10%/33%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis kinerja R290 sebagai pengganti R32 pada unit AC-split kapasitas 9,000 Btuh/hr. Tahapan yang digunakan dalam pengujian adalah unit AC diletakkan di ruangan terbuka dengan ambien temperatur  $\pm 32^\circ/80^\circ\text{C}$  pengujian dilakukan hingga mencapai temperatur optimal dan dalam keadaan stabil. Hasil pengambilan data dari temperatur udara evaporator R290/R32 =  $21.4^\circ\text{C}/23.0^\circ\text{C}$ , temperatur udara kondensor = R290/R32 =  $35^\circ\text{C}/38.5^\circ\text{C}$ , tekanan suction = 90 psig/130 psig dan discharge = 200 psig/420 psig. Data hasil pengujian dianalisa dan dihitung menggunakan software Mollier Chart dengan hasil = R290/R32: efek refrigerasi = 344.8/272.2 kJ/kg, kerja kompresi = 12.18/13.02 kJ/kg, COP = 28.3/20.9, rasio kompresi = 2.2/3.2, kuat arus listrik = 4.98/5.73A. Dari penurunan kuat arus listrik oleh R290 berdampak pada penghematan listrik sebesar 13.3% apabila dikonversi dengan pembayaran rekening listrik mendapatkan keuntungan sebesar = Rp. 45,886/bulan.

**Kata Kunci:** refrigeran, propan, ODP, GWP, COP.

\*Penulis Korespondensi. Tel: - ; Handphone: +62 813 2427 0451  
email : [widodo@pei.ac.id](mailto:widodo@pei.ac.id)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## 1. PENDAHULUAN

R290 (*propane*) salah satu jenis bahan pendingin dari bahan alami tidak mengandung bahan perusak ozon (BPO) dan memiliki kandungan *Global Warming Potential* (GWP) sangat kecil. Sedangkan R32 (*difluoromethane*) adalah zat tunggal terbentuk dari struktur kimia yang stabil antara hidrogen, *carbon* dan *fluorine*. R32 ditemukan oleh Daikin dari Jepang pada tahun 2012 dan mulai digunakan pada tahun 2013. Pemasarannya di Indonesia dimulai di tahun 2013. R32 ini memiliki nilai = 650 dan ODP = 0. Refrigeran jenis hidrokarbon ini mulai digunakan pada awal tahun 1930 di beberapa negara kurang lebih 40 negara yang telah menggunakan R290 untuk sektor mesin pendingin AC Split yang memiliki potensi untuk menggantikan R32 dikarenakan R290 memiliki kelebihan dari tekanan kerja dan temperatur evaporator lebih dekat dengan R32 (Botticella dkk., 2018; Wu, Yang dan Hou, 2012).

Sejalan dengan Program adanya Penghematan Energi yang dicanangkan Pemerintah sejak diterbitkannya Instruksi Presiden Nomor 02 Tahun 2008 (Yudhoyono, 2008) dan Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 33/M-IND/PER/4/2007 tentang "Larangan Memproduksi Bahan Perusak Lapisan Ozon serta Memproduksi barang yang menggunakan Bahan Perusak Lapisan Ozon" (Idris, 2007), Dua hal penting yaitu hemat energi dan ramah lingkungan untuk mendorong masyarakat dan dunia usaha/industri, untuk retrofit dari penggunaan refrigeran sintetik menjadi HCR (*refrigerant hydrocarbon*) pada mesin pendingin dengan tujuan dapat melakukan penghematan penggunaan listrik dan ikut berperan secara aktif dalam menjaga pencemaran lingkungan. R290 ini belum banyak di gunakan pada mesin pendingin yang beredar di dalam dan luar negeri (Aziz, 2009).

Diagram kompresi uap sampai saat ini banyak digunakan pada sistem refrigerasi yang terdiri dari empat komponen pokok yaitu: Kompresor berfungsi untuk menaikkan tekanan refrigeran dan mengalirkan kedalam sistem. Kondensor untuk membuang panas, katup ekspansi untuk menurunkan tekanan dan evaporator berfungsi

untuk penguapan refrigeran sekaligus menyerap panas suhu ruangan pada siklus ini refrigeran yang bersirkulasi bersifat mampu balik (*reversible*) (Aziz dkk., 2014).

Refrigeran R290 dan R32 memiliki sifat *flammable* dengan kategori A3/A2L dengan batas LEL = 0.038 kg/m<sup>3</sup>/0.0306 kg/m<sup>3</sup> dan UEL = 0.171 kg/m<sup>3</sup>/0.710kg/m<sup>3</sup> dan *practical limit* = 0.008 kg/m<sup>3</sup>/0.061kg/m<sup>3</sup> (Tian dkk., 2015). Untuk membantu pada saat pengisian pada sistem AC. Pada saat melakukan pengisian refrigeran kedalam sistem, pengujian pada saat beroperasi, pemeliharaan dan perbaikan selalu berpedoman pada SOP dan aspek keselamatan kerja (Gupta dan Pendyala, 2020).

Penggunaan refrigeran R290 sebagai pengganti R410A pada unit AC Split telah dilakukan penelitian dengan hasil pengujian cukup baik bila ditinjau dari perhitungan dan analisis energi dan ekserginya. Untuk melengkapi hasil riset tersebut kami melakukan pengujian pada unit AC Split dengan bahan pendingin R32 dengan harapan dapat digunakan sebagai pengganti kedepannya (Fajar dkk., 2020).

Refrigeran memiliki peran penting dalam siklus pendinginan terutama pada Sistem kompresi uap. Persyaratan dalam pemilihan refrigeran untuk unit refrigerasi adalah tekanan penguapan harus cukup tinggi, tekanan pengembunan yang tidak terlampaui tinggi, mempunyai volume spesifik yang cukup kecil, koefisien prestasinya tinggi, konduktifitas termal yang cukup tinggi, viskositas yang rendah dalam fasa cair atau uap, tidak mudah terbakar, tidak korosi terhadap logam, tidak beracun, tidak berwarna dan tidak berbau, mempunyai struktur kimia yang stabil, mempunyai titik didih rendah, harus lebih dari temperatur evaporator yang dirancang, mempunyai kalor laten uap yang besar agar jumlah kalor yang diserap di evaporator menjadi besar. Gambar dibawah ini adalah siklus refrigerasi kompresi uap sebagai dasar untuk menghitung kinerja mesin pendingin (Wu, Yang dan Hou, 2012).

R290 memiliki potensi sebagai refrigeran alternatif yang tidak mengandung ODP dan GWP yang sangat kecil. Massa jenis R290 lebih kecil jika dibandingkan dengan R32 tetapi R290 memiliki

sifat lebih mudah terbakar jika dibandingkan dengan R32. Terdapat peluang cukup besar untuk melakukan pencampuran kedua refrigeran antara R290 dengan R32 atau dengan refrigeran lainnya dengan komposisi tertentu dan jumlah tertentu dengan bantuan software refprop. Hasil riset ini sangat membantu dalam mengkaji lebih dalam potensi R290 untuk digunakan di AC rumah tangga (Yang dkk., 2021).

Sebagai Upaya yang dilakukan dalam menghindari terjadinya suatu kebakaran (*flammeable*) pada unit AC split dengan menggunakan R32 salah satunya harus mematuhi SOP yang telah ditetapkan pada saat bekerja. Hasil riset ini memberikan pedoman dan cara-cara mengantisipasi potensi terjadinya *flammable* dan dilakukan simulasi jika terjadi kebocoran pada pipa dan sambungan-sambungan pipa. Dengan memperhatikan sirkulasi ventilasi yang cukup dan selalu memperhatikan aspek *safety* penggunaan R290 direkomendasikan untuk digunakan pada unit AC-split di rumah tangga. Hasil riset yang telah dilakukan ini sangat membantu dalam mengembangkan penggunaan refrigeran R290 (Tang dkk., 2018).

R290 ini dapat memberikan keuntungan dan dampak positif dalam menurunkan konsumsi energi listrik baik digunakan langsung maupun dicampur dengan R22. COP akan meningkat dan linier terhadap tekanan suction sedangkan COP akan meningkat pada temperatur evaporator yang tinggi. Hasil riset ini sangat memberikan informasi terkait kekurangan dan kelebihan daripada R290 terhadap R22 pada unit AC Split. Terdapat kesamaan dalam hasil hasil riset yang diperoleh untuk konsumsi energi listrik yang mengalami penurunan (Aziz, 2009).

R290 memiliki nilai COP yang lebih tinggi dibandingkan dengan R22, tetapi kapasitas pendinginannya lebih rendah dibanding R22, untuk meningkatkan kapasitas pendinginan ketika menggunakan R290 perlu menaikkan kapasitas kompresor. Hasil riset ini dapat memberikan saran untuk dilakukan riset lanjutan terkait peningkatan kapasitas kompresor agar kapasitas pendinginannya dapat terpenuhi (Wang dkk., 2020).

Refrigeran hidrokarbon seperti R290 memiliki *density* yang kecil dibanding refrigeran jenis

sintetik R32 yang berdampak pada pengisian lebih kecil jumlahnya jika dibanding R32  $\pm 30\%$  dengan volume yang sama R290 memiliki LFL yang lebih kecil yang dapat berpotensi menyebabkan terjadinya kebakaran pada batasan tertentu (Colbourne dan Suen, 2021).

R290 (*propane*) refrigeran jenis alamiah memiliki massa jenis lebih rendah dan dapat menurunkan konsumsi listrik sampai dengan 31,4% terhadap R32 hasil ini dapat membantu untuk melakukan pengembangan dengan refrigeran sejenis dari bahan bakunya antara *propane* dengan *propylene* (Widodo, Rachmanu dan Tauvana, 2020).

Penelitian ini dilakukan untuk melengkapi penelitian sebelumnya dengan memastikan kinerja R290 pada unit AC split terutama pada konsumsi daya listrik yang selanjutnya digunakan sebagai pembanding R32 yang selama ini digunakan pada AC-Split rumah tangga. R290 dapat mengurangi nilai GWP secara signifikan dapat menurunkan nilai pemanasan global (GWP) dan menurunkan konsumsi arus listrik yang berpengaruh pada penghematan daya listrik dapat meningkatkan keuntungan ekonomi untuk pembayaran tagihan listrik bulanan tanpa mengurangi kinerja pendinginan yang dihasilkan oleh AC- Split tersebut. Penelitian aplikasi refrigeran hidrokarbon R290 pengganti R32 ini baru digunakan pada AC Split, tetapi kami ingin mencoba untuk melengkapi dengan menguji pada unit AC dengan refrigeran R32 dan dilengkapi dengan perhitungan dampak ekonomi untuk pembayaran tagihan rekening listrik per bulan.

Dengan menggunakan formula rumus untuk menghitung keekonomian dengan perkalian kuat arus listrik x tegangan listrik x tarif dasar listrik (TDL) x waktu pemakaian akan diperoleh pembayaran rekening konsumsi listrik per bulan, semakin tinggi kuat arus listrik semakin besar daya listrik yang dihasilkan dan semakin besar pembayaran rekening listrik (Sari dan Saputra, 2019).

## 2. METODOLOGI

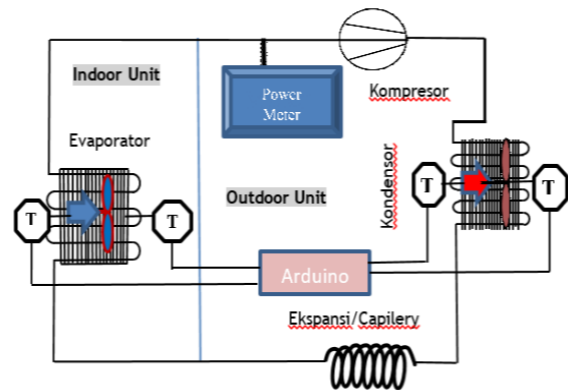
Pembuatan prototipe unit AC-Split kapasitas 9.000 Btu/hr selanjutnya dirakit dalam satu unit antara *indoor* dan *outdoor* dengan menempatkan

unit AC-Split pada rangka baja berukuran pxlxt (140 cm x 80 cm x 200 cm) ditambah ruang kabin *evaporator/indoor* berukuran (140 cm x 80 cm x 60 cm). ditempatkan di ruang bengkel Teknik Mesin. Pemasangan alat ukur suhu udara masuk dan keluar pada evaporator dan kondensor dengan menggunakan termometer digital (*Arduino*) sedangkan untuk pengukuran daya listrik menggunakan alat *powermeter*. Refrigeran yang digunakan untuk bahan pengujian adalah R32 dari bahan sintetik dan R290 (*propane*) dari bahan alami. Kondisi Pengujian unit AC Split ditempatkan pada area workshop dan tidak terkena pengaruh sinar radiasi matahari secara langsung sehingga perubahan temperatur ruang diabaikan. Temperatur ambien ruang uji  $\pm 30^{\circ}\text{C}$  dengan kelembaban  $\pm 80\%$ .

Pengambilan data uji dilakukan selama 60 menit dengan interval 3(tiga) menit setelah unit AC beroperasi stabil. Proses pengkondisian unit AC sebelum dioperasikan dibuat beberapa tahap pertama mulai dari proses *recovery* adalah suatu proses dimana pemindahan refrigeran dari sistem kedalam tabung penampung yang telah disesuaikan dengan spesifikasi untuk refrigeran R32, tahap kedua melakukan proses vakum dimana pengeluaran udara didalam system sampai pada tekanan -30 psig dan dipastikan system tidak terjadi kebocoran, yang ketiga proses pengisian refrigeran kedalam sistem. Proses pengisian refrigeran ini dilakukan dengan dua acara yaitu menggunakan acuan tekanan kerja *suction* pada tekanan 90-110 psig atau menggunakan timbangan sesuai dengan konversi berat refrigeran pada nameplate menjadi 40%.

Setelah ketiga proses tersebut dilakukan selanjutnya adalah proses pengambilan data. Proses pengambilan data dilakukan dengan mengukur temperatur dengan menggunakan termometer digital untuk mengukur suhu dengan ketelitian  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Semua tahapan dilakukan dengan memperhatikan aspek keselamatan kerja lebih ketat dikarenakan refrigeran R290 merupakan bahan yang mudah terbakar. Pada [Gambar 1](#) dilakukan pemasangan alat ukur suhu masuk dan keluar *evaporator*, suhu masuk, keluar kondensor dan pemasangan alat ukur daya listrik pada kompresor.

Prototipe peralatan uji ini terdiri dari unit indoor dan outdoor yang dihubungkan dengan pipa dan konektor dan terpasang pada rangka sesuai dengan susunan komponen yang terdiri dari Kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator dan dilengkapi dengan alat bantu tekanan suction dan alat ukur temperatur secara detail dapat dilihat pada [Gambar 2](#).



Gambar 1. Diagram alat uji AC-split



Gambar 2. Alat Uji AC-Split

Salah satu sifat R290 ini yang perlu diperhatikan adalah kehati-hatian dan pemahaman terhadap sifat-sifat refrigeran serta sertifikat kompetensi yang harus dimiliki oleh teknisi yang akan menggunakan refrigeran hidrokarbon. Penggunaan oli pelumas mekanik kompresor untuk refrigeran hidrokarbon dapat memakai jenis sintetik dan mineral. Sifat-sifat refrigeran ini dapat dilihat secara detail pada [Tabel 1](#).

Data pengukuran yang didapatkan selanjutnya dianalisa dan disimulasikan dengan menggunakan *software MollierChart* untuk mengetahui nilai kerja kompresi, efek pendinginan, besarnya nilai kalor kondensasi dan COP dari masing-masing refrigerant.

Tabel 1. Karakteristik refrigeran R32 dan R290

No	Properties	R-32	R-290
1.	Atmospheric Lifetime year	5	<1
2.	GWP(CO2:0,5)	675	4
3.	ODP(R12:1,0)	0	0
4.	Oil Compatibility	synthetic	both
5.	Potential Corrosion	no	no
6.	Boiling Point (°C)	-51,6	-42,1
7.	Critical Temp (°C)	78,4	96,7
8.	Flameability Limit	13-33%	2-10%
9.	Auto ignition (°C)	530	480
10.	Melting point (°C)	-136	-187

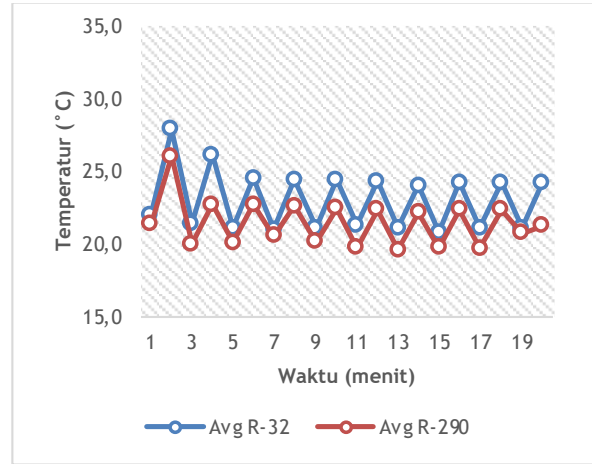
Untuk menentukan persyaratan refrigeran sebagai bahan pendingin yang sesuai dengan peralatan mesin pendingin perlu mengetahui ketentuan karakteristik yang digunakan pada sistem pendingin diantaranya nilai-nilai ramah tidaknya terhadap lingkungan dan sifat fisika, kimia maupun termodinamika serta sifat beracun, sifat mudah terbakar (*flammability*).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

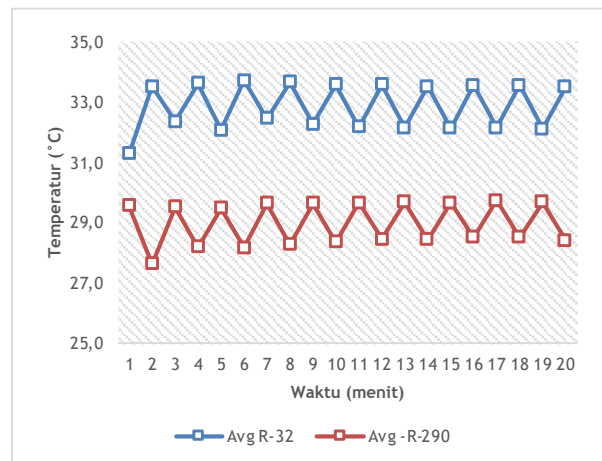
Hasil Pengukuran temperatur udara rata-rata yang keluar dari evaporator dengan menggunakan refrigeran R32 = 23.0°C dan R290 = 21.4°C pada Gambar 3 menunjukkan data capaian temperatur udara yang diambil selama 60 menit pada kondisi unit AC telah beroperasi stabil. Dimana R290 ini memiliki perbedaan temperatur yang tidak terlalu besar.

Data hasil pengukuran temperatur udara yang keluar kondensor rata-rata R290 memiliki temperatur rata-rata 28,9°C dan R32: 32,8°C. temperatur udara kondensor rata-rata R290 lebih rendah ± 2°C dibandingkan R32 data ini diambil setelah unit AC beroperasi stabil selama 60 menit dan dalam kondisi operasi yang stabil (lihat Gambar 4). Pada kondisi awal beroperasi temperatur udara kondensor rata-rata terlihat lebih stabil untuk kedua refrigeran kondisi ini terjadi dikarenakan pengaruh temperatur ambien pada ruangan pengujian yang tidak mengalami

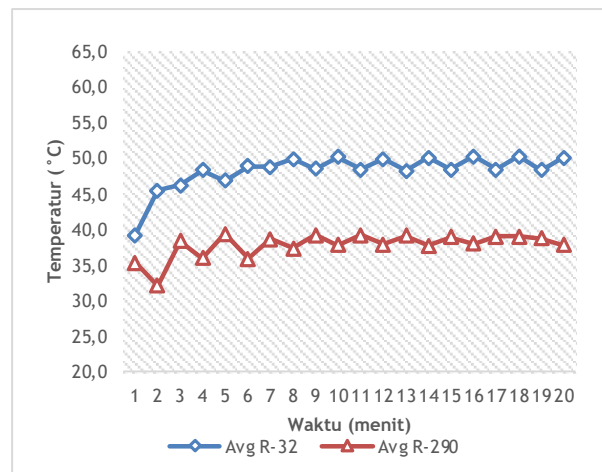
perubahan secara signifikan. Pada Gambar 5 dapat dilihat, bahwa tidak terjadi kenaikan temperatur discharge yang signifikan.



Gambar 3. Temperatur udara evaporator rata-rata R32-R290



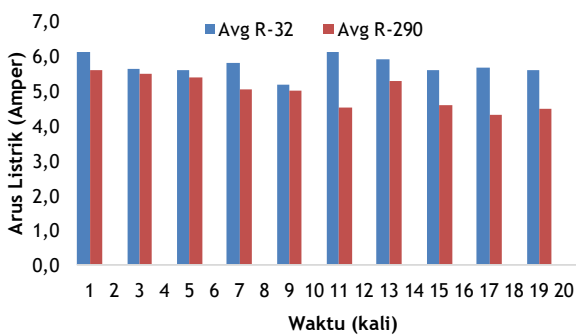
Gambar 4. Temperatur udara kondensor rata-rata R32-R290



Gambar 5. Temperatur discharge rata-rata R32-R290

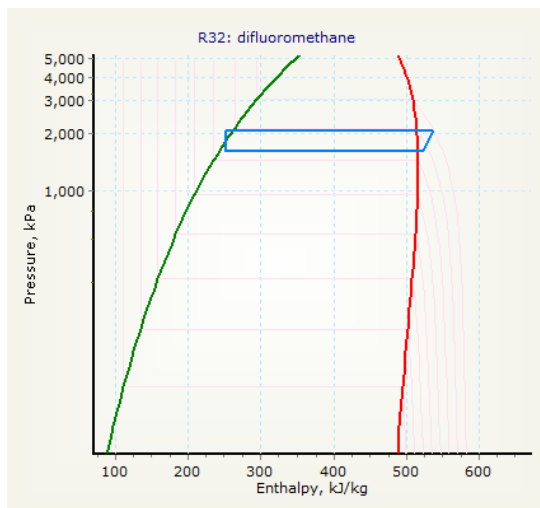


Dengan adanya penurunan amper sehingga daya listrik yang dibutuhkan menjadi lebih kecil. Data kuat arus listrik yang diperoleh pada saat pengujian R290 rata-rata lebih rendah: 13,3% jika dibandingkan dengan R32 hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan massa jenis bahan pendingin R290 lebih rendah dibandingkan R32. Pada Tabel 2 menjelaskan hasil kinerja unit AC dengan menggunakan *software* Mollier Chart terdiri dari kerja refrigeran R32 dan R290. Penurunan kuat arus listrik dapat dilihat secara detail pada Gambar 6.



Gambar 6. Kuat arus listrik rata-rata R290-R32

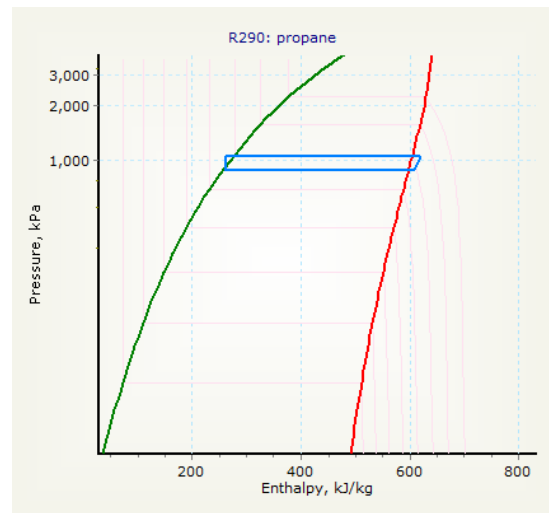
Kuat arus listrik rata-rata R290 lebih rendah 13.3% jika dibandingkan dengan R32 disebabkan oleh jumlah refrigeran yang dimasukkan kedalam sistem lebih rendah 25%. Perbandingan tekanan *suction* dan *discharge* lebih rendah sehingga kerja kompresi menjadi lebih ringan.



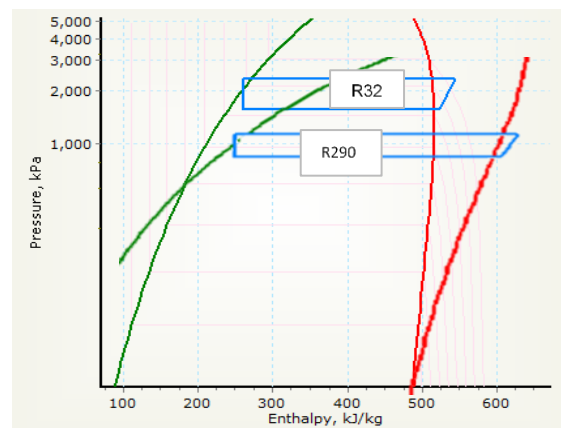
Gambar 7. Tekanan dan Entalpi R32 (Mollier Chart 1.2.0.3)

R290 memiliki efek pendinginan yang lebih besar dibanding R32 dan perbandingan/rasio

tekanan *suction* dan *discharge* yang lebih rendah. Dampak dari kerja kompresi yang rendah dapat meningkatkan nilai COP. Gambar 7 dan Gambar 8 menampilkan grafik tekanan dan entalpi yang terjadi untuk R32 maupun R290 yang dihasilkan melalui analisis *software* Mollier Chart. Sedangkan grafik perbandingan tekanan *suction* dan *discharge* antara R290 dengan R32 dapat dilihat pada Gambar 9.



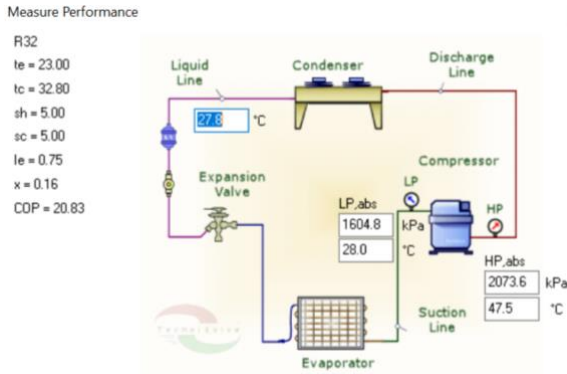
Gambar 8. Tekanan dan Entalpi R290 (Mollier Chart 1.2.0.3)



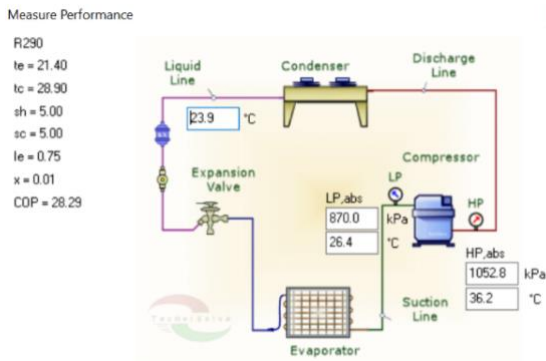
Gambar 9. Perbandingan P-H R290-R32 (Mollier Chart 1.2.0.3)

Hasil diagram pengukuran performa R32 dengan menggunakan *Mollier Chart* dengan temperatur udara evap 23°C dan temperatur udara kondensor 32,8°C. Sedangkan diagram pengukuran performa R290 dengan menggunakan *MollierChart* dengan temperatur udara evap 21,4°C dan temperatur udara kondensor 28,9°C.

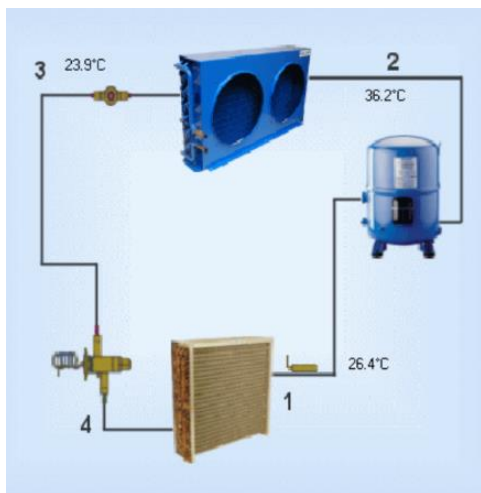
Hasil kinerja dapat dilihat detail pengukuran performa komponen mesin pendingin R32 pada Gambar 10, sedangkan Gambar 11 menampilkan diagram pengukuran performa komponen mesin pendingin R290 dengan menggunakan *software* Mollier Chart.



Gambar 10. Diagram pengukuran performa R32 (Mollier Chart 1.2.0.3)



Gambar 11. Diagram pengukuran performa R290 (Mollier Chart 1.2.0.3)



Gambar 12. Diagram skema mesin pendingin performa R32 (Mollier Chart 1.2.0.3)



Gambar 13. Diagram skema mesin pendingin performa R290 (Mollier Chart 1.2.0.3)

Gambar 12 dan Gambar 13 menggambarkan diagram skema mesin pendingin performa R32 dan R290 dengan bantuan *software* Mollier Chart 1.2.0.3.

Resume hasil kinerja unit AC *split* yang diambil dari hasil perhitungan dengan menggunakan *software* Mollier Chart secara detail dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan kinerja dengan menggunakan *software* Mollier Chart

Uraian	R-32	R-290
Temperatur Evap (°C)	23,0	21,4
Temperatur Kondensor	32,8	28,9
Efek Refrigerasi (kJ/kg)	272,2	344,8
Kerja Kompresi (kJ/kg)	13,02	12,18
Kalor Kondensasi (kJ/kg)	285,2	357,0
COP	20,9	28,3
Kuat arus listrik (Amper)	5,73	4,98

Dengan menggunakan bantuan *software* Mollier Chart dan menggunakan acuan temperatur udara *evaporator* dan kondensor untuk mengetahui kerja kompresi dan COP. Kuat arus listrik pada R290 lebih rendah dibandingkan dengan R32. Data pengukuran pada temperatur udara kondensor R32 lebih tinggi dibandingkan dengan R290 hal ini disebabkan karena suhu kondensasi yang dimiliki R32 lebih besar sehingga akan mempengaruhi beban kompresi yang dilakukan oleh kompresor lebih besar yang

berpotensi mempercepat umur pemakaian kompresor refrigeran. R290 memiliki kerja kompresi, dan COP yang lebih baik akan tetapi efek refrigerasi R32 lebih kecil dibandingkan dengan R290. Dengan menggunakan *software* Mollier Chart terdiri dari kerja kompresor, efek refrigerasi, kalor kondensasi perbandingan tekanan dan entalpi dari R32 dan R290 serta kinerja yang dihasilkan oleh masing-masing.

Dengan menggunakan R290 pada unit AC-Split ini selain Non ODP juga dapat menurunkan polusi GWP sangat signifikan, efek pendinginan dihasilkan lebih besar dan refrigeran yang digunakan lebih sedikit. Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya, bahwa R290 memiliki kinerja dan karakteristik sifat termodinamika lebih baik dibandingkan dengan R32.

R290 memiliki memiliki efek pendinginan yang besar dan kerja kompresi yang lebih kecil sehingga COP yang dihasilkan lebih besar. Kecepatan pendinginan R32 lebih besar dibandingkan R290 karena R32 memiliki titik didih lebih rendah.

Dari analisa hasil pengujian R290 memiliki potensi cukup tinggi untuk menggantikan R32 pada unit AC-split dikarenakan memiliki efek pendinginan sangat besar dan konsumsi daya listrik yang lebih rendah. Kami mencoba untuk melengkapi variasi pengujian agar dapat digunakan sebagai referensi/acuan oleh para pengguna bahan pendingin R290. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan R290 memiliki sifat mudah terbakar sehingga kurang direkomendasikan untuk digunakan sebagai pengganti refrigeran sintetik, akan tetapi kami ingin mencoba untuk menggunakan R290 dengan SOP yang lebih ketat untuk selalu memperhatikan aspek *safety*. Dengan menggunakan R290 ini diperoleh hasil pendinginan, COP dan kuat arus listrik yang lebih baik dibandingkan dengan R32.

Dari hasil pengukuran temperatur udara rata-rata evaporator R290 memiliki temperatur lebih rendah dibandingkan dengan dikarenakan R290 memiliki kalor latent yang lebih besar, untuk kerja kompresi juga lebih kecil dibandingkan dengan R32 dikarenakan R290 memiliki massa jenis lebih rendah dan berpengaruh pada konsumsi energi listrik menurun sampai 13,3% (Rp. 45.886). Pada penelitian sebelumnya telah

dibahas terkait peningkatan efek pendinginan dan kerja kompresi tetapi untuk dampak ekonomi untuk pembayaran rekening listrik belum dilakukan. Dengan menggunakan R290 berarti mengurangi dampak pemanasan global pada atmosfer dan Mengurangi penipisan lapisan ozon.

#### 4. SIMPULAN

Secara keseluruhan hasil kinerja dari refrigeran R290 dan R32 memenuhi syarat sebagai bahan pendingin pada AC *split* sebagai alat pengkondisian udara dalam ruangan terlihat dari pencapaian temperatur udara pada evaporator R290/R32 memiliki hasil mendekati sama = 23°C/21,4°C tetapi COP R290 lebih tinggi = 7,6 dari R32. Refrigeran R290 memiliki tekanan kerja lebih rendah dibandingkan dengan R32 sehingga dengan perbandingan kompresi yang tinggi dapat mempengaruhi ketahanan kompresor sebagai komponen utama pada sistem pendingin.

Dengan menggunakan R290 mengalami penurunan kuat arus listrik yang terukur dengan alat tang amper untuk R32 = 5,73 A untuk R290 = 4,98 A mengalami penurunan arus sebesar = 0,75 atau sebesar 13,3%, selanjutnya disimulasikan dengan menggunakan formula perhitungan daya listrik dengan asumsi pengoperasian unit AC selama satu bulan dengan asumsi TDL (tarif dasar listrik) = Rp. 2.500 yang berdampak pada penghematan biaya pembayaran rekening listrik dengan menggunakan formula perhitungan Energi listrik diperoleh penghematan sebesar = Rp. 45.886 per bulan. Dampak dari hasil riset ini dapat dijadikan referensi terkait penggunaan refrigeran hidrokarbon R290 yang ramah terhadap lingkungan dan dapat menghemat energi listrik sebagai pengganti R32.

Saran dari hasil kinerja yang diperoleh R290 ini dapat digunakan sebagai pengganti R32 pada unit AC-split akan tetapi diperlukan riset lanjutan untuk pengujian ketahanan (*durability test*) dan *lifetest*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT. Pertamina yang telah memberikan bantuan penelitian berupa penyediaan bahan pendingin R290 (*propane*) dari dalam negeri.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, A. (2009) 'Studi Eksperimental Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi R-22 Pada Kondisi Transient', *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), hal. 75-78.
- Aziz, A. dkk. (2014) 'Analisis kinerja air conditioning sekaligus sebagai water heater (ACWH)', in *SNTI IV-2014*, Jakarta: Universitas Trisakti, hal. 1-6.
- Botticella, F. dkk. (2018) 'Multi-criteria (thermodynamic, economic and environmental) analysis of possible design options for residential heating split systems working with low GWP refrigerants', *International Journal of Refrigeration*, 87, pp. 131-153.
- Colbourne, D. dan Suen, K.O. (2021) 'Hydrocarbon refrigerant charge limits for quiescent rooms', *International Journal of Refrigeration*, 125, hal. 75-83.
- Fajar, T.B. dkk. (2020) 'Energy and exergy analysis of an R410A small vapor compression system retrofitted with R290', *Case Studies in Thermal Engineering*, 21, hal. 100671-100683.
- Gupta, S. dan Pendyala, S. (2020) 'Flammability issue of hydrocarbons in air conditioning industry', *Materials Today: Proceedings*, 28, hal. 2247-2250.
- Idris, F. (2007) *Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 33/M-IND/PER/4/2007*. Available at: <https://peraturanpedia.id/peraturan-menteri-perindustrian-nomor-33-m-ind-per-4-2007/> (diakses: 20 May 2022).
- Sari, S.P. dan Saputra, D.K. (2019) 'Analisis Energi Listrik Dari Panas Kondensor Air Conditioner Dengan Insulasi Dan Generator Termoelektrik', *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 1(2), hal. 65-72.
- Tang, W. dkk. (2018) 'Assessment of leakage and risk reduction of R290 in a split type household air conditioner', *International Journal of Refrigeration*, 89, hal. 70-82.
- Tian, Q. dkk. (2015) 'An experimental investigation of refrigerant mixture R32/R290 as drop-in replacement for HFC410A in household air conditioners', *International Journal of Refrigeration*, 57, hal. 216-228.
- Wang, C. dkk. (2020) 'Experimental study on startup characteristics of a R290 room air conditioner under various ambient temperatures', *International Journal of Refrigeration*, 109, hal. 37-44.
- Widodo, Rachmanu, F. dan Tauvana, A.I. (2020) 'Analysis of Savings on Electricity Consumption in Room Air Conditioning by Using R1270 (Propylene) Refrigerant Instead of R32 capacity of 13,000 Btuh', in *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing
- Wu, J.H., Yang, L.D. dan Hou, J. (2012) 'Experimental performance study of a small wall room air conditioner retrofitted with R290 and R1270', *International Journal of Refrigeration*, 35(7), hal. 1860-1868.
- Yang, Zhao dkk. (2021) 'Analysis of lower GWP and flammable alternative refrigerants', *International Journal of Refrigeration*, 126, hal. 12-22.
- Yudhoyono, S.B. (2008) *INPRES No. 2 Tahun 2008 tentang Penghematan Energi dan Air [JDIH BPK RI]*. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/11288/inpres-no-2-tahun-2008> (diakses: 29 May 2022).

