

SUBMISSION 31

Analisis Penghematan Konsumsi Listrik pada AC Ruangan dengan Menggunakan Refrigeran R-290 (*Propane*) Sebagai Pengganti R-32

Widodo, Fatkur R
Dosen Politeknik Enjinering Indorama

Abstrak Dengan adanya pelarangan penggunaan bahan pendingin yang mengandung *Ozone Depleting Potential* (ODP) dan yang dapat menimbulkan terjadinya Pemanasan Global yang biasa disebut dengan *Global Warming Potential* (GWP) sesuai Peraturan Menteri Perindustrian Nomor: 41/M-Ind/Per/5/2014 tentang Larangan Penggunaan HCFC (*Hydro Chluoro Fluoro Carbon*) dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 13 Tahun 2012 Tentang Penghematan Pemakaian Energi Listrik dengan jelas menyatakan bahwa seluruh bangunan gedung kantor pemerintah baik di pusat maupun daerah harus melaksanakan program Penghematan Energi Listrik pada sistem Tata Udara (*Air Conditioning Sistem*), sistem tata cahaya dan peralatan pendukung lainnya. Ditinjau dari karakteristik bahan pendingin yang dimiliki oleh refrigeran R-32 (*Difluoromethana*) yang mengandung unsur Non ODP dan GWP: 675 sedangkan refrigeran R-290 (*Propane*) tidak mengandung unsur ODP dan memiliki GWP: <4. Pada penelitian ini tekanan kerja refrigeran R-32 dipilih pada 115 Psig sedangkan R-290: 75 Psig. Dengan menggunakan refrigeran R-290 sebagai pengganti R-32 pada unit AC-Split, ada beberapa perubahan perilaku dan Standar Operasional Prosedur pengerjaan dikarenakan R-290 merupakan refrigeran kelompok A2 yang memiliki sifat mudah terbakar pada batas volume dan ambang batas yang sudah ditentukan. Dari hasil pengujian dan pengambilan data selanjutnya dilakukan perhitungan, analisis dan diperoleh performa sebagai berikut: Suhu maksimal pendinginan yang diperoleh dengan menggunakan R-32 rata-rata: 19.1°C dan dengan R-290: 19.0°C, COP R-32: 4.9 dan R-290 : 6.3 sedang kuat arus listrik dengan R-32 : 3.5 Amper dan R-290 : 2.3 Amper jadi penghematan konsumsi listrik dapat mencapai 34.3%.

Kata kunci: *Turbocharger, daya, efisiensi thermal, mesin bensin 4 langkah*

PENDAHULUAN

Refrigeran sintetik yang digunakan pada sektor refrigerasi sebagian besar masih mengandung bahan yang dapat merusak lingkungan yaitu *chloro* dan *fluoro* yang keduanya dapat berpotensi meningkatkan nilai ODP (*Ozon Depleting Potensial*) dan GWP (*Global Warming Potensial*) apabila keluar ke udara bebas menimbulkan kerusakan pada lapisan ozon dan pemanasan global. Refrigeran R-32 termasuk refrigeran non ODP tetapi memiliki GWP : 675 setara dengan (CO₂ : 0.5) sedangkan R-290 (*propan*) memiliki ODP : 0 dan GWP: <4 l. Refrigeran R-290 sudah banyak digunakan di beberapa negara pada unit AC komersial, *showcase*, *cold storage*, refrigerasi industry dan chiller. Sehingga Refrigeran ini memiliki potensi sebagai refrigeran yang bersama dengan R-290 sebagai pengganti refrigeran sintetik R-32, R-22, R-410A dan lainnya.

Refrigeran ini mulai tahun 1930 sudah digunakan di beberapa negara kurang lebih ±40 negara yang telah menggunakan R-290 untuk disektor mesin pendingin. Sejalan dengan Program Penghematan Energi yang dicanangkan Pemerintah sejak diterbitkannya Instruksi Presiden Nomor 02 Tahun 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", Dua faktor penting yaitu hemat energi dan ramah lingkungan tersebut mendorong masyarakat dan dunia usaha / industri, untuk melakukan retrofit dari penggunaan refrigerant sintetik (*freon*) menjadi MC (*refrigerant hydrocarbon*) pada mesin pendingin dengan harapan dapat melakukan penghematan penggunaan listrik dan ikut berpartisipasi secara aktif untuk menjaga kelestarian alam. Refrigeran jenis R-290 ini belum banyak di gunakan pada mesin pendingin yang beredar di Luar Negeri.

Dengan pertimbangan aspek ekonomis, lingkungan dan hemat energi, penggunaan R-290 yang sudah diimplementasikan di beberapa negara berkembang dan maju, sehingga penggunaan propylene sudah demikian populer di beberapa negara di luar negeri. Dengan pertimbangan sifat-sifat termodinamika yang

dimiliki oleh R-290 Untuk itu riset propylene (R-290) sebagai pengganti R-32 ini memiliki peluang cukup besar sebagai pengganti refrigeran untuk konversi (retrofitting)R-32.

Tujuan dari kajian dan penelitian yang dilakukan adalah :

- Untuk mengetahui karakteristik aplikasi dari refrigeran R-32 dan R-290 .
- Melakukan pengambilan data kinerja R-32 terhadap R-290 dengan pengujian pada kondisi ambien temperatur sama.
- Membuat analisis hasil data pengujian kinerja refrigeran R-32 dan R-290.

Cakupan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Penelitian yang dilakukan menggunakan unit AC split dengan R-32 yang terpasang pada ruangan kerja.
- Ruangan yang dikondisikan adalah ruang kerja tertutup dengan luas 600cm x 600cm x 300cm
- Kapasitas pendinginan unit AC 3.7 kW (13,000 Btuh).

Metodologi penelitian yang kami lakukan adalah :

- Pelaksanaan penelitian diawali dengan desk research (studi literatur terkait refrigerant hidrokarbon, R-290, R-32, AC split, dan referensi hasil riset lainnya dll.)
- Penelitian dilakukan dengan pengukuran untuk pengambilan data pada unit AC split yang telah terpasang dengan menggunakan Refrigeran R-32 terlebih dahulu selanjutnya dengan diganti dengan refrigeran R-290.
- Preparasi pada AC split yang sebelumnya R-32, mengikuti prosedur sesuai untuk menggunakan refrigerant hidrokarbon (*recovery, vacuum*, dll.)
- Pengambilan data dilakukan secara berulang dalam kondisi yang sama dengan sebelumnya untuk mendapatkan hasil pengukuran yang valid.
- Melakukan pengolahan data hasil pengukuran R-32 dan R-290 dalam bentuk tabel dan grafik
- Melakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil pengambilan data yang diperoleh (R-32)

TINJAUAN PUSTAKA

Refrigeran R-32 memiliki senyawa (CH_2F_2) dengan titik didih -51.6 masuk dalam kategori refrigeran mampu nyala dalam batas LFL(*lower flammability Limit* :13% dan UFL(*upper flammability Limit*) : 33%, titik nyala sendiri : 530°C .ODP :0 dan GWP : 675 masuk kelompok A2L tidak beracun *middle flammability*. Kelompok refrigeran senyawa halokarbon diturunkan dari hidrokarbon (HC) yaitu metana (CH_4), etana (C_2H_6), atau dari propana (C_3H_8) dengan mengganti atom-atom hidrogen dengan unsur-unsur halogen seperti khlor (Cl), fluor (F), atau brom (Br). Jika seluruh atom hidrogen tergantikan oleh atom Cl dan F maka refrigeran yang dihasilkan akan terdiri dari atom khlor, fluor dan karbon. Refrigeran ini disebut refrigeran *chlorofluorocarbon* (CFC). Jika hanya sebagian saja atom hidrogen yang digantikan oleh Cl dan atau F maka refrigeran yang terbentuk disebut *hydrochlorofluorocarbon* (HCFC). Refrigeran halokarbon yang tidak mengandung atom khlor disebut *hydrofluorocarbon* (HFC). Refrigeran yang mempunyai banyak atom Cl cenderung beracun, atom F ditambahkan agar senyawa menjadi stabil dan senyawa yang mempunyai banyak atom Cl akan mempunyai NBP(*normal boiling point*) yang lebih tinggi. Sedangkan meningkatnya jumlah atom F cenderung menurunkan NBP senyawa yang terbentuk[1].

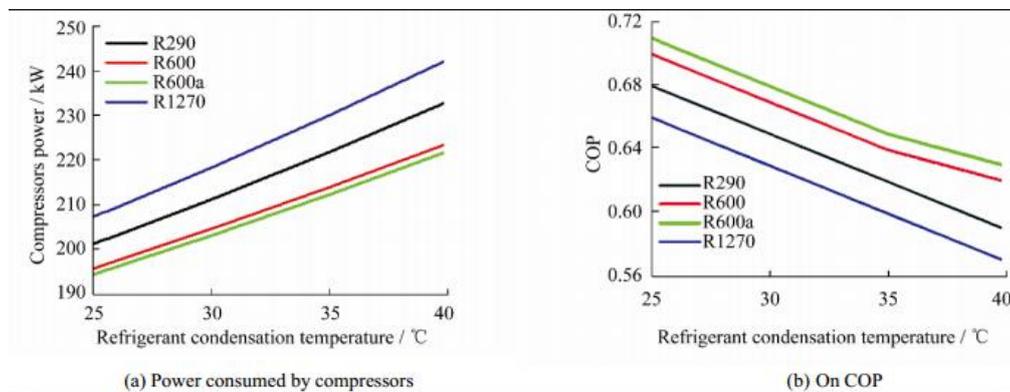
Ada beberapa persyaratan refrigeran secara umum : memiliki tekanan kerja yang tidak terlalu tinggi, memiliki tekanan suction yang tidak terlalu rendah, memiliki konduktivitas termal tinggi, titik didih yang rendah, tidak beracun, Non ODP, GWP rendah, dapat bercampur dengan oli, harganya murah, ramah terhadap lingkungan.

Refrigeran Hidrokarbon R-290 ini memiliki unsur kimia C_3H_8 yang memiliki purity $>99.5\%$ Non ODP dan memiliki GWP < 2 . Refrigeran ini memiliki titik didih : -42.1° tetapi memiliki titik nyala sendiri : 460°C , LFL : 2.5% UFL : 10.1% memiliki tekanan pada fase uap : 8.3 Bar. Dibawah ini adalah grafik perbandingan temperatur terhadap tekanan untuk beberapa jenis refrigeran. Refrigeran R-290 memiliki tekanan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan R-410a dan R-22[2] .

Tabel.1 Karakteristik refrigeran R-32 dengan R-290

No	Properties	R-32	R-290
1	Atmospheric Lifetime Year	5	Less Than 1
2	G.W.P (CO ₂ =0.5)	675	4
3	O.D.P (R-12=1.0)	0	0
4	Oil Compatibility	Synthetics	Both
5	Component Changes or wear	No	No
6	Potensial corrosion	No	No
7	Toxic thermal Decomposition	None	None
8	Long Term Health Effects	None	None
9	Short Term Health Risks	None	None
10	Leak Detection		Hydrocarbon
11	Boiling Point (f)	-51.6	-42.1
12	Critical Temp (°C)	78.4	205
13	Flammability Limits (%)	LEL : 13% , UEL : 33%	LEL : 2,2 % , UEL : 9,5%
14	Auto ignition Temp (°C)	530°C	480 °C
15	Relative Vapour density (Air =1)	2.1	1,56
16	Vapor pressure (25 °C)	1,701 kPa	551 kPa
17	Melting Point	-136 °C	-187,7 °C

Properties refrigeran dilihat dari COP dan kapasitas pendinginan yang dimiliki oleh macam-macam refrigeran : R-290 dapat dilihat pada gambar dibawah ini[2] :



Gambar 1. (a) Grafik konsumsi daya listrik terhadap jenis refrigeran (b) Grafik COP terhadap suhu kondensasi untuk refrigeran hidrokarbon.

Tabel. 2 Nilai ODP, GWP dan Kelas Safety untuk beberapa refrigeran

Refrigerant		Formula	NBP (°C)	CT (°C)	GWP	Flammability	Safety class
Natural Inorganic	R717	NH ₃	-33.3	132.3	0	No	B1
	R744	CO ₂	-56.5*	31.0	1	No	A1
Natural HCs	R290	C ₃ H ₈	-42.1	96.7	20	Higher	A3
	R1270	C ₃ H ₆	-47.7	92.4	3	Higher	A3
	R600a	C ₄ H ₁₀	-11.7	134.7	3	Higher	A3
HFCs	R152a	C ₂ H ₄ F ₂	-24.1	113.3	140	Lower	A2
	R32	CH ₂ F ₂	-51.7	78.1	650	Mild	A2L
HFOs	R1234yf	C ₃ H ₂ F ₄	-29.5	99.7	4	Mild	A2L
	R1234ze	C ₃ H ₂ F ₄	-19.0	109.4	6	Mild	A2L

Note: NBP - Normal boiling point; CT - Critical temperature; *Triple point

Pemilihan refrigeran yang mempunyai sifat termodinamika yang tepat biasanya dilakukan berdasarkan temperatur refrigerasi/pendinginan yang diperlukan dan tekanan kerja yang tidak terlalu tinggi atau terlalu rendah. Misalnya untuk pengkondisian udara 5°C, lemari es -10 s/d 2°C, cold storage -25°C, lemari pembeku daging atau ikan -40°C. Untuk tiap aplikasi tersebut dipilih refrigeran dengan sifat-sifat termal yang baik seperti kalor laten, konduktivitas termal dan panas jenis yang besar, viskositas yang rendah, dsb.

Dengan mengetahui tekanan dan temperatur jenuh refrigeran, maka dapat diketahui apakah suatu refrigeran beroperasi pada kisaran tekanan dan temperatur yang sama dan dapat saling menggantikan. Dari kurva gambar 2.1 dibawah dapat dilihat bahwa kurva R-12 berimpit dengan R-134a dan R-152a. Dengan demikian refrigeran R-134a dan R-152a dapat menggantikan refrigeran R-12. dari kurva ini pula dapat diprediksi bahwa campuran R-32 yang bertekanan tinggi dengan R134a yang bertekanan lebih rendah dapat dihasilkan refrigeran untuk menggantikan R-22. Berbagai kombinasi campuran refrigeran bertekanan tinggi dan rendah dapat dilakukan untuk menggantikan refrigeran yang tekanannya berada di antara kedua tekanan refrigeran2 yang dicampur[2].

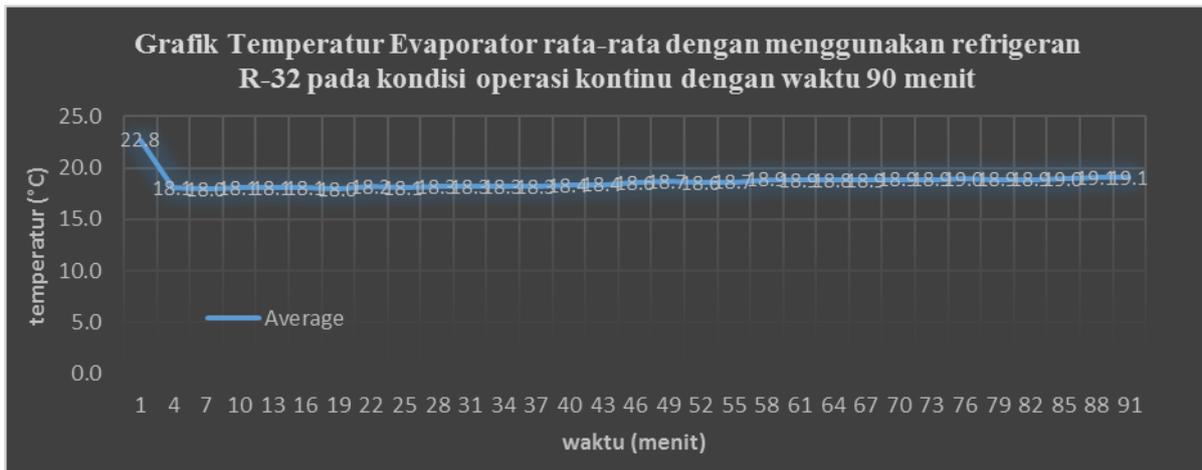
Sifat mampu nyala ditentukan oleh komposisi campuran udara-refrigeran dan titik nyala dari refrigeran tersebut. Berdasarkan kemudahan terbakarnya refrigeran dibagi menjadi tiga kelas yaitu kelas 1, kelas 2 dan kelas 3, sesuai yang tertera pada SNI. Refrigeran yang mempunyai titik nyala di atas 750°C dianggap tidak mudah terbakar karena temperatur nyalanya sudah melebihi temperatur leleh material komponen refrigerasi. Refrigeran kelompok ini termasuk kelas 1. Refrigeran dengan titik nyala di bawah 750° dan batas bawah lebih besar dari 3.5% volume (campuran dalam udara), maka refrigeran ini termasuk refrigeran kelas 2. Sedangkan jika batas bawah penyalaan kurang dari 3.5% maka refrigeran tersebut masuk kelas 3. Berdasarkan SNI tingkat racun dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok A yaitu refrigeran tak beracun dan kelompok B refrigeran beracun. Refrigeran dikatakan tidak beracun jika mempunyai LC₅₀ (Lethal Concentration 50%) lebih besar dari 10,000 ppm, sedangkan refrigeran dianggap beracun jika LC₅₀ lebih kecil dari 10,000 ppm[3].

Mesin Pendingin AC- Split adalah suatu mesin pendingin yang digunakan sebagai penyegar ruangan mesin pendingin ini didesain menjadi dua bagian utama yaitu indoor dan outdoor unit, dihubungkan oleh instalasi pemipaan dengan panjang disesuaikan kapasitas pendinginan dari AC tersebut. Secara konstruksi dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



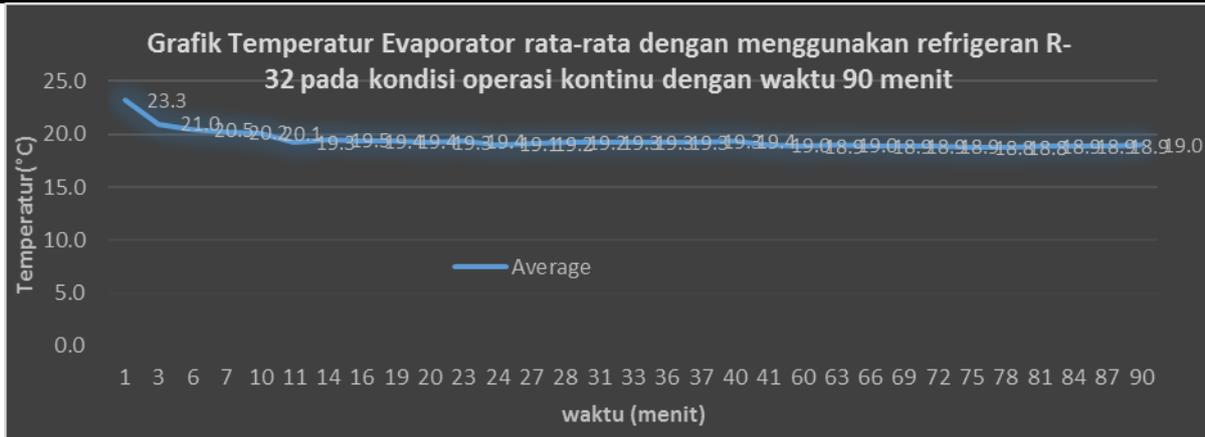
Gambar.2 Unit AC Split

Data hasil pengukuran temperatur udara evaporator dengan kondisi operasi kontinu sampai pada kondisi stabil sesuai dengan variasi tabel dibawah ini:



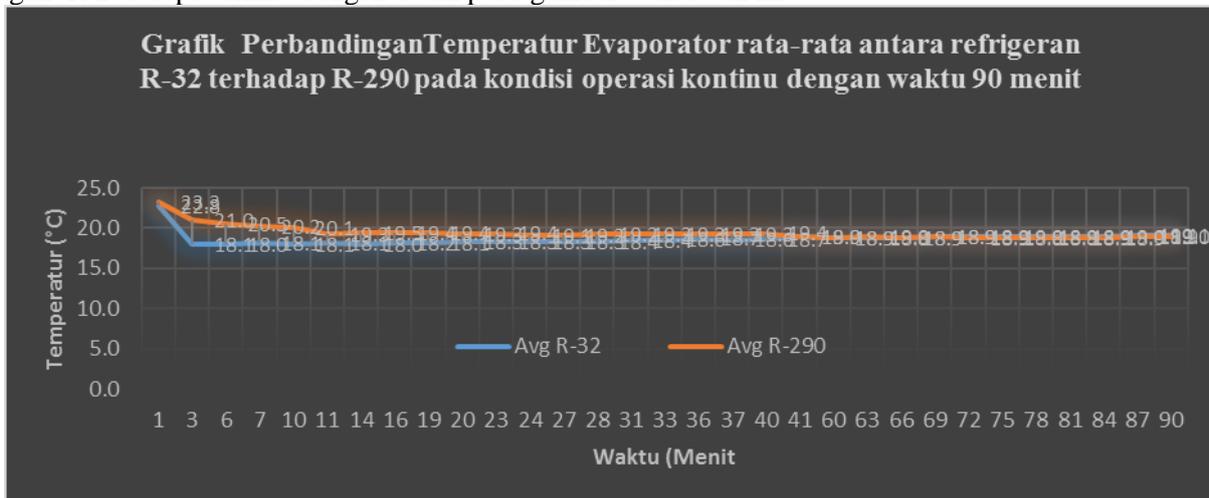
Gambar.3 Grafik hasil rata-rata temperatur udara evaporator kondisi operasi kontinu refrigeran R-32

Dengan cara yang sama pada saat unit menggunakan R-290 setelah dilakukan proses retrofit (penggantian bahan pendingin) selanjutnya dilakukan pengambilan data pada saat unit bekerja stabil. Data yang dicatat adalah sama seperti saat AC menggunakan R-290. Grafik rata rata temperatur blower evaporator pada kondisi operasi kontinu dengan refrigeran R-290.



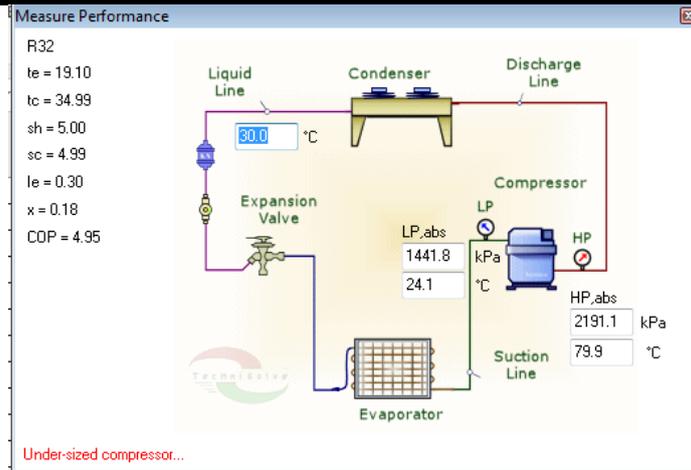
Gambar .4 Grafik temperatur rata rata blower evaporator kondisi operasi kontinu dengan refrigeran R-290.

Grafik perbandingan temperatur rata-rata blower evaporator kondisi operasi kontinu antara refrigeran R-32 dengan R-290 dapat dilihat dengan detail pada gambar 6 dibawah ini :

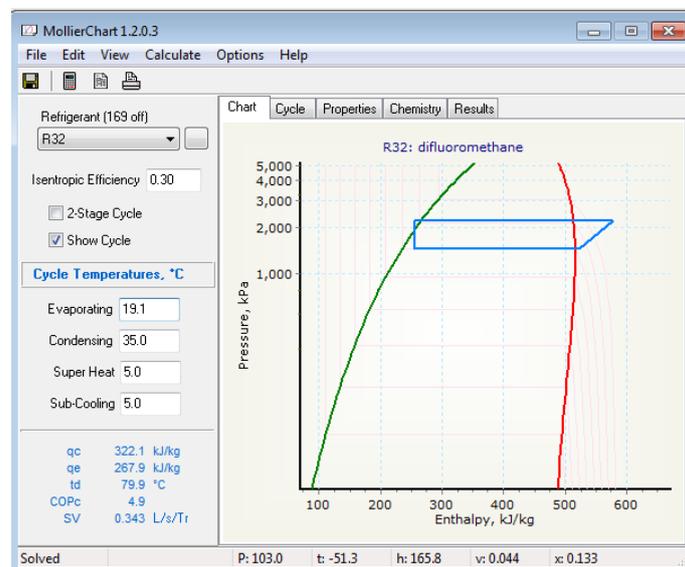


Gambar 5 Grafik temperatur rata-rata blower evaporator kondisi operasi kontinu dengan refrigeran R-32 vs R-290

Dalam melakukan perhitungan dengan menggunakan Software aplikasi “ *MollierChart*” Dengan software tersebut dapat diketahui : nilai-nilai kalor Kerja kompresi, Efek refrigerasi, COP(Coefficient of Performance). Dalam pengujian dilakukan dengan memvariasikan tekanan suction untuk masing-masing refrigeran. Tekanan suction dengan menggunakan R-32: 115 Psig temperature evaporator : 19.1 °C temperatur kondensor : 35°C.

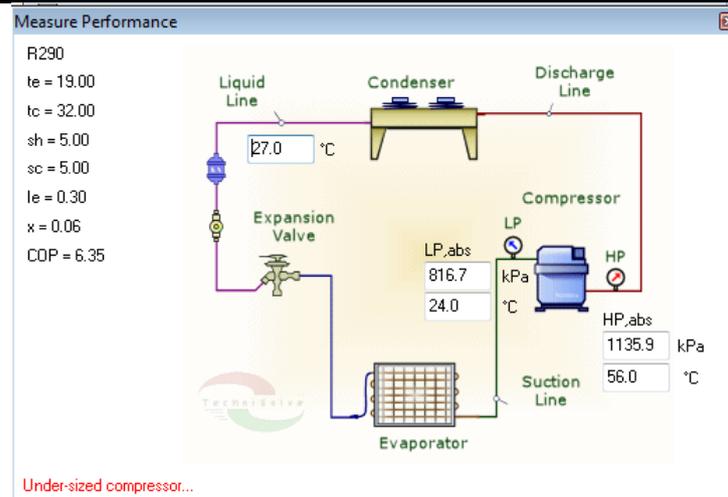


Gambar 6 Hasil Kinerja untuk masing-masing komponen pada tekanan suction : 115 psig, temperatur evap : 19.1°C dan Temperatur Kond. : 35°C dengan R-32

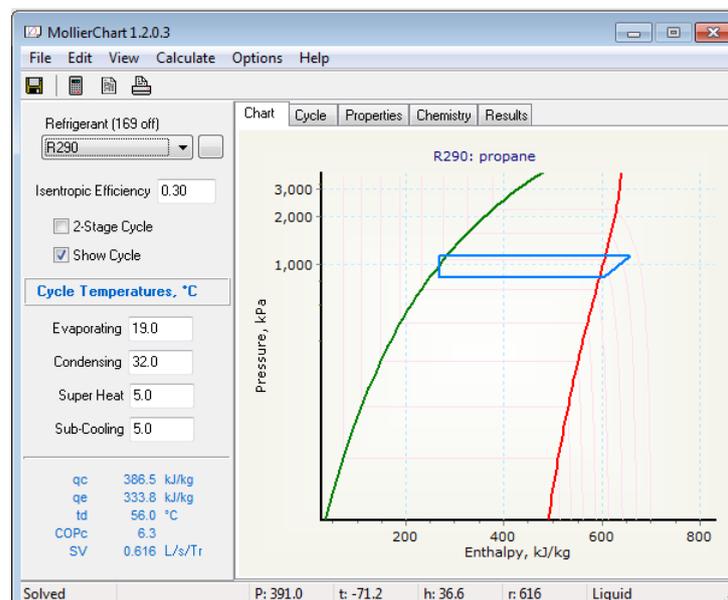


Gambar 7 Hasil kinerja tekanan dan entalpi pada kondisi tekanan suction : 115 psig, temperatur evap : 19.1°C dan temperatur Kondensor : 35°C dengan R-32

- Tekanan suction dengan menggunakan R-290: 75 Psig temperatur evaporator: 19.0 °C temperatur kondensor : 32°C.



Gambar 8 Hasil kinerja untuk masing-masing komponen pada tekanan suction : 75 psig, temperatur evap : 19.0°C dan Temperatur Kondensor : 32°C dengan R-290



Gambar 9 Hasil kinerja tekanan dan entalpi pada kondisi tekanan suction : 75 psig, temperatur evap : 19.0°C dan temperatur Kondensor : 32°C dengan R-290

Setelah dilakukan pengambilan data selanjutnya akan dilakukan analisis kinerja dari masing-masing bagian dan komponen utama sesuai dengan referensi dari diagram kompresi uap dan mengacu pada teori sistem refrigerasi kompresi uap. Analisis yang akan dilakukan adalah :

- Pada komponen kompresor (tekanan suction, discharge, rasio kompresi, amper starting dan running).
- Pada komponen Kondensor (proses kondensasi, suhu kondensor dan entalphi/kalor pada proses kondensasi).
- Pada pipa kapiler (proses ekspansi, kalor dan entalpi pada proses ekspansi).
- Pada evaporator suhu evap, fungsi sensor, kalor/entalphi evaporasi).
- Kinerja sistem pendingin (efek refrigerasi, kerja kompresi, kalor kondensasi, kalor Ekspansi, COP, efisiensi konsumsi listrik).

Pada kinerja kompresor terjadi penurunan tekanan dari 115 Psig menjadi 75 Psig dari efek penurunan tekanan ini kompresor menjadi lebih ringan kerjanya dibandingkan dengan menggunakan R-32. Hal ini akan mempengaruhi konsumsi listrik dan membuat kompresor menjadi lebih awet.

Tabel 1 Hasil kinerja R-32 dan R-290 (*propane*)

Parameter	R-32	R-290(Propane)	Keterangan
Tekanan Suction (Psig)	115	75	40 Psig
Tekanan Discharge (Psig)	400	180	220 Psig
Rasio kompresi	3.5	2.4	1.1
Temperatur Evaporator (°C)	19.1	19.0	0.1°C
Efek refrigerasi (kJ/kg)	267.9	333.8	53.9 kJ/kg
Kerja kompresi (kJ/kg)	54.7	52.98	1.98 kJ/kg
COP	4.9	6.3	1.4
Kuat Arus Listrik (Amper)	3.5	2.3	hemat 34.3 %

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan dapat kami simpulkan sebagai berikut :

- Pencapaian pendinginan rata-rata pada blower evaporator di daerah indoor unit untuk R-32 : 19.1°C dan R-290 19.0°C , 0.1°C lebih rendah.
- Coefficient of performance* (COP) untuk R-32 : 4.9 dan R-290 : 6.3, 1.4 lebih tinggi.
- Perbedaan konsumsi listrik dilihat melalui kuat arusnya terdapat selisih : 1.2 dari R-32 : 3.5 dan R-290 : 2.3 jadi dapat menurunkan konsumsi listrik sebesar : 34.3%.
- Untuk menjaga kestabilan lingkungan atmosfer sangat dibutuhkan penggunaan refrigeran Non ODP dan GWP.

DAFTAR PUSTAKA

- Arora, C. P, Refrigeration and Air Conditioning, Mc.Graw-Hill International Editions, Second Edition, 2001.
- SNI-06-6500-2000, Refrigeran: Penggunaan pada Instalasi Tetap
- ASHRAE HANDBOOK, REFRIGERATION, System and Application, 1994