

Analisa Performa Refrigeran R-410a sebagai Alternatif Pengganti R-22

Cley Talakua

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ambon

E-mail: cley41v@gmail.com

Abstrak

Penggunaan R-22 sebagai media pendingin telah menimbulkan permasalahan terhadap lingkungan yaitu kerusakan lapisan ozon, maka dalam bidang pengkondisian udara kini mulai mencari alternative lain yaitu refrigerant -419a. Penilaian terhadap ketiga refrigeran didasarkan pada cooling index dimana diklaim bahwa penggunaan refrigeran R-32 lebih unggul dibanding R-22. Melalui penelitian ini hendak diketahui berapa besar Coefficient of Performance (COP) dan Kapasitas Refrigerasi (Q_e) yang dapat dihasilkan untuk kedua refrigeran tersebut, tujuannya untuk dapat membandingkan keunggulan tiap refrigeran berdasarkan besar COP antar refrigeran dan menilai manakah refrigeran yang memberi Kapasitas Refrigerasi (Q_c) terbaik sebagai pengganti R-22. Penelitian dilakukan secara teoritik pada perubahan sifat masing-masing refrigeran pada kondisi kerja siklus kompresi uap dengan temperatur evaporasi (T_{evap}) sebesar 0, -5, dan -10°C, temperatur refrigeran dipanaskan lanjut (ΔT_{SH}) sebesar 50 °C, temperatur kondensasi (T_{kond}) 45 °C dan temperatur refrigeran bawah-dingin (ΔT_{SC}) 10 °C dan daya kompresi sebesar 1 PK. Hasilnya Coefficient of Performance (COP) pada penggunaan refrigeran R-22 lebih tinggi dibandingkan pada penggunaan refrigeran refrigeran R-410a, jika dirancang untuk kondisi kerja siklus yang sama, masing-masing sebesar 3,617 dan 3,243 jika bekerja pada temperatur evaporasi sebesar 0 °C; 3,133 dan 2,804 jika bekerja pada temperatur evaporasi sebesar -5 °C; dan sebesar 2,741 dan 2,445 jika bekerja pada temperatur evaporasi sebesar -10 °C. Berdasarkan besar COP tersebut, jika instalasi ini bekerja dengan daya kompresi 1PK, maka kapasitas pendinginan (Cooling Capacity) penggunaan refrigerant R-22 lebih tinggi dibandingkan refrigeran R-410a.

Kata kunci: Perbandingan Refrigeran, R-22, R-410a, COP, Kapasitas Refrigerasi.

Abstract

The use of R-22 as a cooling medium has caused problems for the environment, namely damage to the ozone layer, so the field of air conditioning is now starting to look for other alternatives, namely refrigerant -419a. The assessment of the three refrigerants is based on the cooling index where it is claimed that the use of refrigerant R-32 is superior to R-22. Through this research we want to know how much the Coefficient of Performance (COP) and Refrigeration Capacity (Q_e) can be produced for the two refrigerants, the goal is to be able to compare the advantages of each refrigerant based on the amount of COP between refrigerants and assess which refrigerant provides Refrigeration Capacity (Q_c) best as a substitute for R-22. The research was carried out theoretically on changes in the properties of each refrigerant under the working conditions of the vapor compression cycle with an evaporation temperature (T_{evap}) of 0, -5 and -10oC, a superheated refrigerant temperature (ΔT_{SH}) of 50 oC, a condensation temperature (T_{kond}) of 45 oC and a bottom-cooled refrigerant temperature (ΔT_{SC}) of 10 oC and a compression power of 1 PK. The result is that the Coefficient of Performance (COP) for using refrigerant R-22 is higher than using refrigerant refrigerant R-410a, if it is designed for the same cycle working conditions,

respectively 3.617 and 3.243 if it works at an evaporation temperature of 0 oC; 3.133 and 2.804 if working at an evaporation temperature of -5 oC; and 2.741 and 2.445 if working at an evaporation temperature of -10 oC. Based on the COP value, if this installation works with a compression power of 1PK, the cooling capacity of refrigerant R-22 is higher than refrigerant R-410a.

Keywords: *Refrigeran, R-22, R-32, R-290; R-410a, COP, Capacity Refrigeration.*

PENDAHULUAN

Sejak ditetapkannya Protokol Montreal 1987 yang diikuti berbagai amandemennya, secara internasional terus dilakukan pembatasan dan penghapusan secara bertahap (phase-out) penggunaan jenis refrigeran yang termasuk dalam bahan perusak lapisan ozon dan juga upaya penggantian refrigeran baik yang sifatnya drop in substitute maupun jenis refrigeran dengan instalasi yang baru. Salah satu jenis refrigeran yang termasuk dalam kategori bahan perusak lapisan ozon yakni R-22 (Hydrochlorofluorocarbon, HCFC-22) yang banyak digunakan pada unit pengkondisian udara [1]. Refrigeran R-22 ini diketahui memiliki indek ODP (Ozone Depleting Potential) sebesar 0,05 dan juga indeks GWP (Global Warming Potential) sebesar 1800.

Sesuai Peraturan Menteri Perdagangan RI No. 55/M-DAG/PER/ 9/1014, semua barang berbasis sistem pendingin yang menggunakan refrigeran ini baik dalam keadaan terisi maupun kosong dilarang untuk diimpor sejak tanggal 1 januari 2015. Ini berarti unit pendingin R-22 dengan berbagai merek tidak lagi diperbolehkan untuk diimpor, walau instalasi yang ada masih ada tetap diizinkan untuk digunakan, menuju penghapusan total refrigeran ini pada januari 2030.

Mengingat penggunaan instalasi pendingin R-22 yang cukup luas, maka telah dilakukan upaya pencarian refrigeran pengganti untuk dapat digunakan pada instalasi dimaksud antara lain dikenal dengan nama HCR-22 dan Musicool-22. Kedua Refrigeran ini berbasis bahan propana (R-290) dan natural butane (R-400 dan R-400a) dan memiliki keunggulan yakni bersifat drop-in substitute yaitu dapat digunakan secara langsung tanpa penggantian komponen utama sistem refrigerasi yang ada [2]. Kaji eksperimental terhadap jenis refrigeran Hycool HCR-22 sebagai alternatif pengganti R-22 [3], dimana ditemukan bahwa nilai Coefficient of Performance (COP) dari refrigerant R-22 rata-rata masih lebih tinggi dari Hycool HCR-22.

Akhir-akhir ini mulai diperkenalkan penggunaan refrigeran berbasis R-290 [4][5][6], penggunaan refrigeran R-32 [7] dan R-410a sebagai instalasi pendingin [8]. Refrigeran R-410a diperkenalkan sebagai refrigeran yang ramah lingkungan yaitu karena memiliki ODP = 0 walaupun GWP masih cukup tinggi yaitu sebesar 2090, sedangkan berdasar pada cooling index diklaim bahwa R-32 lebih unggul dibanding R-22, selain sifatnya yang ramah lingkungan (ODP = 0 dan GWP = 675) walau termasuk dalam jenis refrigeran yang mudah terbakar [9].

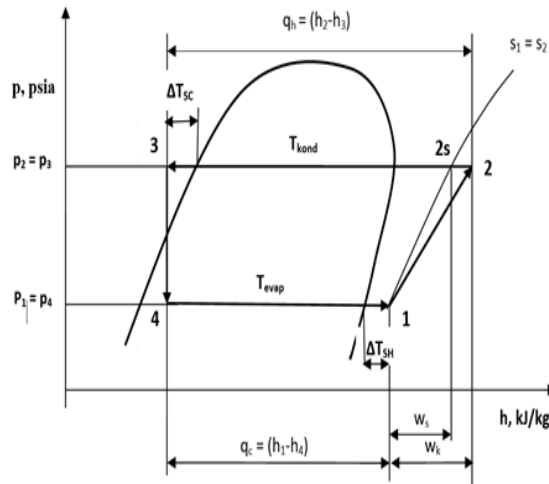
Dalam penelitian ini dilakukan kajian teoritik untuk membandingkan besar nilai COP dari ke-empat jenis refrigeran yakni R-22 dan R-410a untuk kondisi kerja siklus kompresi uap yang sama dan menilai manakah di antara ke-empat refrigeran tersebut yang memberi kapasitas refrigerasi yang tertinggi untuk daya kompresi yang sama. Kajian ini dipandang perlu untuk mendapatkan penilaian berdasar sudut pandang termodinamika terlepas dari berbagai klaim yang diajukan para produsen. Penelitian ini dilakukan pada Lab. Teknik Pendingin dan Pengkondian Udara Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Kondisi Kajian

Kajian dilakukan untuk penggunaan refrigeran R-22 dan R410a, masing-masing pada unit pengkondisian udara dengan daya kompresi sebesar 1 PK atau setara dengan 0,7355 kW, yang diandaikan bekerja pada kondisi sebagai berikut:

1. Temperatur evaporasi (Tevap), sebesar 0°C, -50°C, -100°C.

2. Kenaikan temperatur refrigeran akibat pemanasan lanjut sebelum memasuki kompresor (ΔT_{SH}), sebesar 50 °C.
3. Temperatur evaporasi sebesar 45°C.
4. Penurunan temperatur refrigeran akibat pendinginan lanjut (bawah-dingin) sebelum memasuki peralatan ekspansi (ΔT_{SC}), sebesar 100C.
5. Efisiensi isentropik kompresor (η_{is}) sebesar 0,95



Gambar 1. Kondisi kajian sesuai skema diagram tekanan-entalpi (p-h)

Prosedur Perhitungan

Perhitungan akan dilakukan untuk penggunaan refrigeran R-22, R-32, R-290, dan R-410a, masing-masing untuk tiga kondisi kerja, yaitu pada temperatur evaporasi sebesar 0 °C, -5 °C dan -10 °C, dengan prosedur sebagai berikut:

1. Sesuai besar temperatur evaporasi ditentukan lebih dulu besar tekanan evaporasi ($p_1=p_4$) dan tekanan kondensasi ($p_2=p_3$) sesuai data sifat refrigeran yang bersangkutan.
2. Berdasarkan tekanan evaporasi dan kenaikan temperatur evaporasi pada proses pemanasan lanjut (ΔT_{SH}), ditetapkan temperatur refrigeran pada tingkat keadaan 1 yakni saat memasuki kompresor ($T_1 = T_{evap} + \Delta T_{SH}$).
3. Berdasarkan tekanan kondensasi dan penurunan temperatur evaporasi pada proses pendinginan lanjut (ΔT_{SC}), ditetapkan temperatur refrigeran pada tingkat keadaan 3 yakni saat memasuki peralatan ekspansi ($T_3 = T_{kond} - \Delta T_{SC}$).
4. Dengan mengikuti garis entropi konstan yang ditarik dari tingkat keadaan 1, selanjutnya ditetapkan tingkat keadaan 2s pada perpotongan garis ini dengan garis tekanan evaporasi ($s_1=s_{2s}$).
5. Berdasarkan data sifat refrigeran selanjutnya dicari nilai entalpi (h_1 , h_{2s} , dan $h_3=h_4$) masing-masing pada tingkat keadaan 1, 2s, dan 3.
6. Dilakukan perhitungan nilai entalpi (h_2) pada tingkat keadaan 2, dengan persamaan:

$$h_2 = h_1 + (h_{2s} - h_1) / \eta_{is} \quad (1)$$

Berdasarkan nilai entalpi untuk tiap tingkat keadaan dilakukan perhitungan besar dampak refrigerasi (q_0) [10],

$$q_0 = h_1 - h_4 \text{ (kJ/kg)} \quad (2)$$

$$\text{Kerja kompresi isentropik spesifik (ws),} \\ w_s = h_2 - h_1 \quad (3)$$

$$\text{laju alir massa refrigeran (m),} \\ \dot{m}_{ref} = \frac{q_e}{h_1 - h_4} \text{ (kg/s)} \quad (4)$$

kerja kompresi aktual spesifik (w_k),

$$w_k = \dot{m}_{ref} \cdot w_s \quad (5)$$

kalor spesifik yang dilepas kondensor (q_k),

$$q_k = \dot{m}_{ref} \cdot q_k \quad (6)$$

besar Coefficient of Performance (COP)

$$COP = \frac{q_0}{w_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (7)$$

7. Sesuai hasil perhitungan *Coefficient of Performance* (COP) dan daya kompresi (W_k), dihitung kapasitas refrigerasi (Q_c) tiap refrigeran,

$$Q_c = \dot{m}_{ref}(h_1 - h_4) \quad (8)$$

HASIL

Tabel 1. Hasil perhitungan dampak refrige-rasi (q_0) antara R-22 dan R-410a.

No	Jenis Refri-geran	Besar Kerja Kompresi Spesifik (w_k) Sesuai Variasi Temperatur Evaporasi			Sat
		0	-5	-10	
1	R-22	0,7355	0,7355	0,7355	kg/s
2	R-410a	0,7355	0,7355	0,7355	kg/s

Tabel 2. Hasil perhitungan perbandingan laju alir massa refrigeran (m) antara refrigeran R-22 dan R-410a

No	Jenis Refri-geran	Besar Dampak Refrigerasi (q_0) Sesuai Variasi Temperatur Evaporasi			Sat
		0	-5	-10	
1	R-22	165.7200	163.7300	161.6800	kg/s
2	R-410a	161.9700	160.1800	158.2600	kg/s

Tabel 3. Hasil perhitungan perbandingan besar kerja kompresi spesifik (w_k)

No	Jenis Refri-geran	Besar Laju Alir Massa (m) Sesuai Variasi Temperatur Evaporasi			Sat
		0	-5	-10	
1	R-22	0,022	0,019	0,017	kg/s
2	R-410a	0,020	0,018	0,015	kg/s

Tabel 4. Hasil perhitungan perbandingan besar kalor yang dilepas kondensor (q_k)

No	Jenis Refrigeran	Besar Kalor Yang Dilepas Kondensor (Q_k) Sesuai Variasi Temperatur Evaporasi			Sat
		0	-5	-10	
1	R-22	197,73	200,25	202,89	kg/s
2	R-410a	196,87	200,10	203,49	kJ/kg

Tabel 5. Hasil perhitungan perbandingan besar COP

No	Jenis Refrigeran	Besar Coefficient of Performance (COP) sesuai variasi Temperatur evaporasi			Sat
		0	-5	-10	
1	R-22	4,92	4,26	3,73	kg/s
2	R-410a	4,409	3,812	3,324	kJ/kg

Tabel 6. Hasil perhitungan perbandingan kapasitas refrigerasi (Q_c)

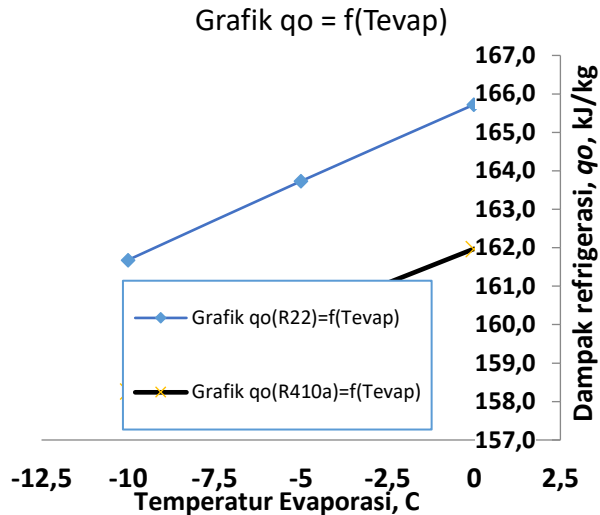
No	Jenis Refrigeran	Besar Kapasitas Pendinginan Sesuai Variasi Temperatur Evaporasi			Sat
		0	-5	-10	
1	R-22	3.617	3.133	2.741	kW
2	R-410a	3.243	2.804	2.445	kW

PEMBAHASAN

Perbandingan Besar Dampak Refrigerasi

Perbandingan besar dampak refrigerasi antara refrigeran R-22 dan R-410a sesuai hasil perhitungan pada Tabel 1, ditunjukkan secara grafik pada Gambar 2.

Sesuai Gambar 2, terlihat bahwa dampak refrigerasi pada penggunaan refrigeran lebih tinggi dibandingkan dengan pada penggunaan refrigeran R-22 dengan R-410a. Oleh karena dampak refrigerasi ini dihitung sebagai selisih antara besar entalpi antara tingkat keadaan 1 dan tingkat keadaan 4 ($q_o = h_1 - h_4$), maka hal ini semata-mata tergantung pada sifat refrigeran yang bersangkutan. Untuk tiap refrigeran terlihat pula bahwa dampak refrigerasi semakin membesar dengan meningkatnya temperatur evaporasi.



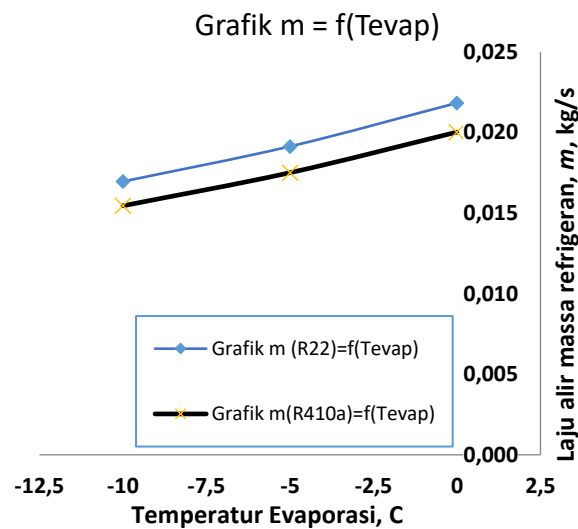
Gambar 2. Grafik perbandingan besar dampak refrigerasi

Perbandingan Besar Laju Alir Massa Refrigerant

Perbandingan besar laju alir massa refrigeran antara refrigeran R-22 dan R-410a sesuai hasil perhitungan pada Tabel 2, ditunjukkan secara grafik pada Gambar 3.

Gambar 3, terlihat bahwa laju alir massa refrigerasi yang dibutuhkan pada penggunaan refrigeran R-22 dan R-410a lebih tinggi dibandingkan dengan pada penggunaan refrigeran . Hal ini disebabkan karena pada beban pendinginan yang konstan laju alir massa refrigeran ini berbanding terbalik dengan dampak refrigerasi yang dihasilkan oleh tiap refrigeran.

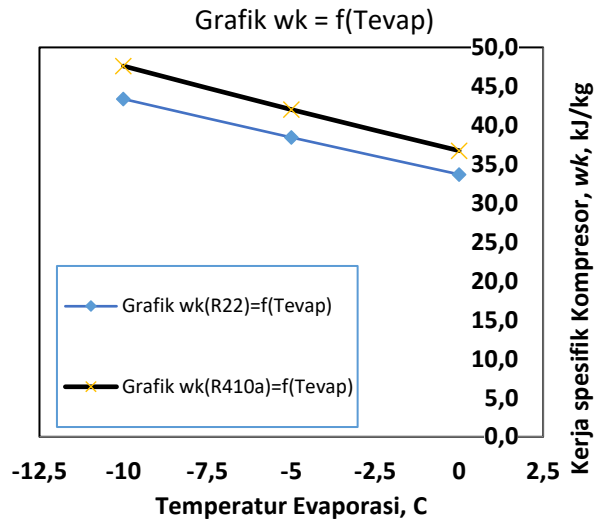
Pada beban konstan, semakin kecil dampak refrigerasi akan berakibat pada semakin besar laju alir massa yang dibutuhkan. Kenyataan ini dapat dilihat dengan membandingkan grafik pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 3. Grafik perbandingan laju alir massa

Perbandingan besar kerja kompresi (wk)

Perbandingan besar kerja kompresi spesifik (wk) yang diperlukan antara penggunaan refrigeran R-22 dan R-410a sesuai hasil perhitungan pada Tabel 3, ditunjukkan secara grafik pada Gambar 4.

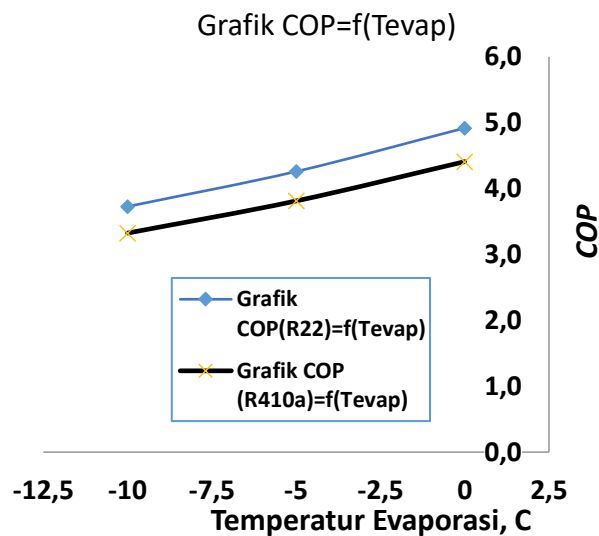


Gambar 4. Grafik perbandingan besar kerja kompresi

Gambar 4, terlihat bahwa kerja kompresi spesifik pada penggunaan refrigeran R-410a lebih tinggi dibandingkan dengan pada penggunaan refrigeran R-22. Oleh karena kerja kompresi spesifik ini dihitung sebagai selisih antara besar entalpi antara tingkat keadaan 2 dan tingkat keadaan 14 ($w_k = h_2 - h_1$).

Perbandingan besar kalor yang dilepaskan kondensor

Perbandingan besar kalor yang dilepas kondensor antara refrigeran R-22 dan R-410a sesuai hasil perhitungan pada Tabel 4, ditunjukkan secara grafik pada Gambar 5



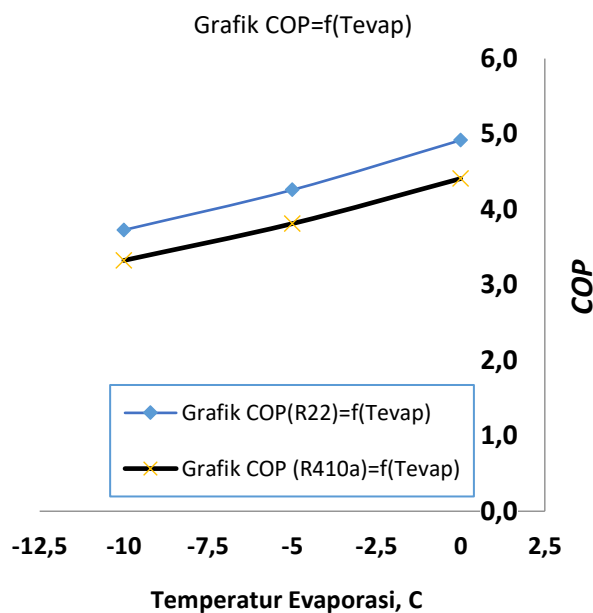
Gambar 5. Grafik perbandingan besar kalor yang dilepas kondensor

Sesuai Gambar 5, terlihat bahwa kalor yang harus dilepas oleh kondensor pada penggunaan refrigerant R-22 lebih tinggi dibandingkan dengan pada penggunaan refrigeran R-410a. Dengan semakin kalor yang harus dilepas oleh kondensor maka semakin besar pula ukuran kondensor yang dibutuhkan. Terlihat pula bahwa untuk tiap refrigeran kerja kompresi spesifik yang dibutuhkan semakin membesar dengan meningkatnya temperatur evaporasi.

Perbandingan Besar COP

Perbandingan besar *Coefficient of Performance* (COP) antara refrigeran R-22, R-32, R-290 dan R-410a sesuai hasil perhitungan pada Tabel 5, ditunjukkan secara grafik pada Gambar 6.

Sesuai Gambar 6, terlihat bahwa *Coefficient of Performance* (COP) pada penggunaan refrigeran R-22 dan R-290 lebih tinggi dibandingkan pada penggunaan refrigeran R-32 dan terakhir pada refrigeran R-410a. Oleh *Coefficient of Performance* (COP) ini merupakan perbandingan antara besar kapasitas pendinginan yang bisa dihasilkan terhadap daya kompresi ($COP = Q_c/W_k$), maka untuk daya kompresi yang sama, refrigeran yang mempunyai nilai COP yang tinggi akan menghasilkan kapasitas pendinginan yang tinggi pula. Terlihat pula bahwa untuk tiap refrigeran nilai COP semakin membesar dengan meningkatnya temperatur evaporasi, walaupun untuk kepentingan pengkondisian udara maupun pendinginan produk, temperatur evaporasi harus dipertahankan pada harga yang relatif cukup rendah.



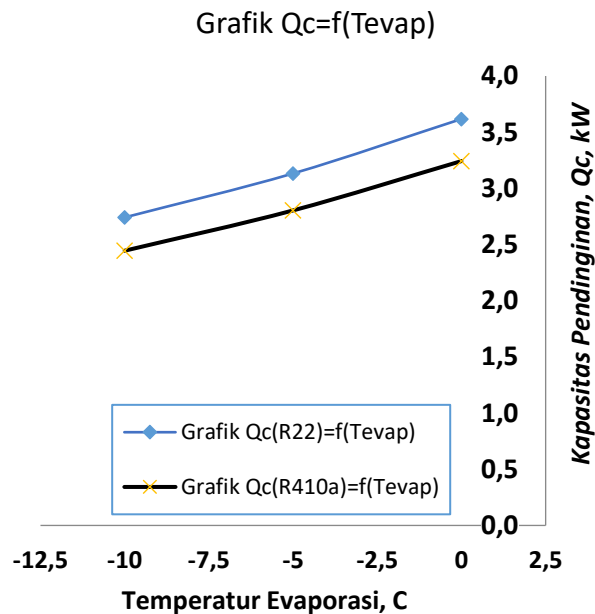
Gambar 6. Grafik perbandingan besar Coefficient of Performance (COP)

Perbandingan Besar Kapasitas Pendinginan

Perbandingan besar Kapasitas Pendinginan yang dapat dihasilkan antara refrigeran R-22 dan R-410a sesuai hasil perhitungan pada Tabel 6, ditunjukkan secara grafik pada Gambar 7.

Sesuai Gambar 7, terlihat bahwa Kapasitas Pendinginan yang dapat dihasilkan pada penggunaan refrigeran R-22 lebih tinggi dibandingkan pada penggunaan refrigeran pada refrigeran R-410a. Sesuai persamaan untuk menghitung koefisien performansi, $COP = Q_c/W_k$, maka untuk daya kompresi yang sama dengan demikian penggunaan refrigeran R-22 akan menghasilkan kapasitas refrigerasi yang lebih besar dibanding pada R-410a.

Terlihat pula bahwa untuk tiap refrigeran kapasitas refrigerasi akan semakin membesar dengan meningkatnya temperatur evaporasi, walaupun sebagaimana telah dikemukakan, untuk kepentingan pengkondisian udara maupun pendinginan produk, temperatur evaporasi harus dipertahankan pada harga yang relatif cukup rendah.



Gambar 7. Grafik perbandingan besar Kapasitas Pendinginan (Q_c) antara penggunaan refrigeran R-22, R-32, R-290 dan R-410a sesuai variasi temperatur evaporasi

SIMPULAN

Sesuai hasil penelitian ini maka untuk unit pengkondian udara, dapatlah disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. *Coefficient of Performance* (COP) pada penggunaan refrigeran R-22 lebih tinggi dibandingkan pada penggunaan refrigeran refrigeran R-410a.
2. Berdasarkan besar COP tersebut, maka jika instalasi ini bekerja dengan daya kompresi 1 PK (0,7355kW) maka Kapasitas Pendinginan (*Cooling Capacity*) pada yang dapat diperoleh pada penggunaan refrigeran R-22 lebih tinggi dibandingkan pada penggunaan refrigeran refrigeran R-410a, yaitu masing-masing sebesar 3,617 kW dan 3,243 kW jika bekerja pada temperatur evaporasi sebesar 0°C; 3,133 kW dan 2,804 kW jika bekerja pada temperatur evaporasi sebesar -5°C; dan sebesar 2,741 kW; dan 2,445 kW jika bekerja pada temperatur evaporasi sebesar -10°C.

DAFTAR PUSTAKA

- KOH, J. & Zakaria, Zulkifli. (2017). Hydrocarbons as Refrigerants-A Review. ASEAN Journal on Science and Technology for Development. 34.35. 10.29037/ajstd.73
- Venkataiah, S., & Rao, G.V. (2014). Analysis of Alternative Refrigerants to R22 for Air-Conditioning Applications at Various Evaporating Temperatures.
- Arijanto dan Ojo Kurdi (2007) Pengujian Refrigeran Hycool HCR-22 pada AC Splitte sebagai pengganti Freon R-22, ROTASI, Volume 9 Nomor 2 April 2007.
- Ega Taqwali; HASAN, Syamsuri. Analisis Performa Refrigeran R 290 Pada Sistem AC Yang Menggunakan Accumulator Heat Exchanger. Jurnal Energi Dan Manufaktur, [S.l.],v.8,n.1, July 2015. ISSN 2541-5328.
- Pramudantoro, T. P. (2018) "Pengaruh Variasi Massa Pengisian R290 Sebagai Refrigeran Pengganti R22 Pada Kinerja Freezer", ReTII, 00. Available at: //journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/652.
- Parashurama, S., Saleel, C. A., Govindgowda, M. S., and Khan, S. A., (2019). Hydrocarbon s as Alternative Refrigerants in Domestic Refrigerators, *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8: 496 – 501

- Kusnandar, Kurniawan, Y., Rohmat N. Y. Analisa Performansi Mesin Pengkondisi Udara Menggunakan Refrigerant R32. Seminar Nasional Penelitian Pengabdian Masyarakat, Universitas Bangka Belitung, 194-196. 2018.
- Amrullah, Zuryati Djafar, Wahyu H. Piarah. (2017), Analisa Kinerja Mesin Refrigerasi Rumah Tangga Dengan Variasi Refrigeran, Jurnal Teknologi Terapan, vol 3, No 2.
- Lumentut, Samuel R. (2020) Perbandingan Freon, R-32, R-22, R-410a, dan R-290, Sumber: <https://www.nationalelektronik.com/2020/01/perbandingan-freon-r32-r22-r410a-dan-r290/> diakses pada 28 Juni 2020. Pukul 10:00 PM.
- ASHRAE, (1990): *Fundamentals Handbook*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Contioning Enggineer, Inc. Atlanta.