

**ANALISIS TEORITIS PERBANDINGAN KINERJA PENGKONDISIAN UDARA
MENGUNAKAN REFRIGERAN R22 DAN R32**

Yeheskiel I. Radjah¹, Matheus M. Dwinanto² dan Nurhayati³

*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana,
Jl. Adi Sucipto, Kupang
Email: yeheskiel.i.radjah@gmail.com*

ABSTRAK

Dengan pesatnya perkembangan teknologi saat ini, maka banyak tercipta mesin pengkondisian udara dalam segala bidang dan bentuk. Dari sekian banyak mesin pengkondisian udara tersebut tentunya membutuhkan fluida pendingin yang sering disebut refrigeran yang mana memiliki nilai guna dan keuntungan yang tinggi. Makalah ini bertujuan untuk membandingkan refrigeran dan mengetahui performa dengan menggunakan refrigeran R22 dan R32. Cara yang dapat meningkatkan COP dari sistem refrigerasi tersebut adalah dengan memodifikasinya. Modifikasi dilakukan pada temperature subcooling (T_{sb}) dengan memvariasikan dalam beberapa nilai, yaitu 0K sampai 5K. Modifikasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Coolselector*®2 versi 3.5.2. Refrigeran yang digunakan pada sistem refrigerasi tersebut adalah R22 dan R32. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan memvariasikan temperatur subcooling (T_{sb}) pada R22 dan R32 tersebut dapat berpengaruh pada koefisien kinerja (COP) sistem dan efisiensi. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan semakin tinggi tingkat subcooling (T_{sb}) maka koefisien kinerja (COP) dan Efisiensi yang diperoleh ikut meningkat. Untuk tingkat subcooling 0K pada R22 dan R32 didapat sebesar R22 =5,93 dan pada R32 =5,71 dan juga untuk efisiensinya pada R22 dengan tingkat subcooling 0K =26,7% dan sebesar 25,7% pada R32. COP dan efisiensi selalu cenderung meningkat sampai tingkat subcooling 5K, dan dapat diambil kesimpulan bahwa R22 lebih hemat terhadap pemakaian listrik daripada R32 tetapi R32 lebih ramah lingkungan dibandingkan R22.

Kata kunci: Refrigeran, koefisien kinerja, temperatur *subcooling*

Author : Yeheskiel I. Radjah, Matheus M. Dwinanto dan Nurhayati

1. PENDAHULUAN

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

Komponen terpenting dalam mesin refrigerasi adalah refrigeran. Refrigeran adalah fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi karena menggunakan efek pendinginan dan pemanasan pada mesin refrigerasi dengan menyerap panas dari satu lokasi dan membuangnya ke lokasi yang lain melalui mekanisme evaporasi dan kondensasi. Meskipun pada dasarnya refrigerasi merupakan salah satu penyebab timbulnya masalah kontemporer terhadap adanya pemanasan global (*global warming*) (Alfons, dkk., 2013). Indonesia juga termasuk dalam negara yang sedang dalam upaya pengendalian penipisan lapisan ozon yang sudah dimulai pada tahun 1985 dalam kerangka kerjasama terkait upaya perlindungan ozon (konvensi Wina), pada tahun 1987 dengan menetapkan langkah-langkah pengurangan produksi dan konsumsi BPO (bahan perusak ozon), tahun 2007 membuat peraturan Menteri Perindustrian (No.33/M-IND/PER/4/2007) yang merupakan larangan memproduksi BPO (badan perusak ozon) serta memproduksi barang yang menggunakan BPO, pada tahun 2008 Indonesia melarang impor BPO jenis CFC, CTC, TCA, Halon dan Metal Bromida yang tercantum dalam peraturan Menteri Perindustrian (No.86/M/IND/PER/11/2008) dengan dibuatnya logo Non-CFC, pada 2009 dalam Technical Working Group (TWG) dan Multilateral Fund melalui UNDP dalam rangka menyusun strategi penghapusan HCFC di Indonesia, pada tahun 2011 dilakukan persetujuan Excom dan Indonesia untuk persiapan implementasi HPMP, dan pada tahun 2015 dilakukannya implementasi HPMP (HCFC Phase Out Management Plan) dan yang pertama dilakukan ialah penghapusan HCFC-22 pada sector refrigasi, *Air conditioner* dan yang kedua penghapusan HCFC-14 1b pada sector foam, pada tanggal 1 januari 2015 pemerintah Indonesia mengambil langkah dengan melarang produksi produk yang mengandung R22 untuk diganti R32 yang bekerjasama dengan MLF. Sebelum Indonesia mengambil langkah melarang produksi produk R22 banyak negara maju di dunia yang sudah

mengambil langkah peralihan R22, seperti yang pertama di negara Jepang yang sudah melakukan produksi dan penjualan R32 pada negara-negara berkembang pada tahun 2013, di Amerika yang sudah mengganti R22 ke 410A pada tahun 2011, di benua Eropa yang sudah melakukan evaluasi regulasi F-Gas (HFC, PFC, SFC), di negara Australia yang pada tahun 2012 sudah melakukan *Syntetic Green House Gases*, dan di negara China yang pada komersial AC sudah digantikan R32 dan R410A.

REFRIGERAN

Refrigeran adalah fluida kerja utama pada suatu siklus refrigerasi yang bertugas menyerap panas pada temperatur dan tekanan rendah dan membuang panas pada temperatur dan tekanan tinggi.

Refrigeran R-22

Refrigeran R22 merupakan senyawa *hydrochlorocarbon* yang memiliki nama lain CH_2ClF_2 yang memiliki memegang peranan penting dalam sistem refrigerasi, sejak ditemukan pada tahun 1930. Hal ini dikarenakan CFC memiliki properti fisika dan termal yang baik sebagai refrigeran, stabil, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan kompatibel terhadap sebagian besar bahan komponen dalam sistem refrigerasi. Biasanya digunakan pada AC rumah dengan kapasitas rendah sampai menengah.

Refrigeran R-32

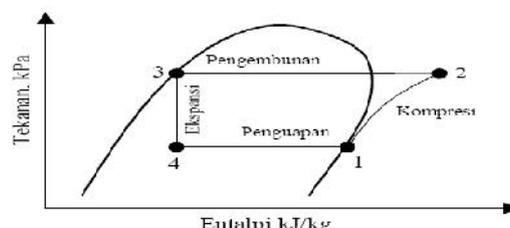
Refrigeran R32 merupakan senyawa *Difluoromethane* yang memiliki nama lain CH_2F_2 yang juga memegang peran penting dalam sistem refrigasi pada era modern, sejak ditemukan pada tahun 2013 di Jepang oleh Daikin. Sama halnya dengan R22 dikarenakan CFC memiliki properti fisika dan termal yang baik sebagai refrigeran, stabil, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan kompatibel terhadap sebagian besar bahan komponen dalam sistem refrigerasi. Biasanya digunakan pada AC rumah dengan kapasitas rendah sampai menengah tetapi memiliki potensi pemanasan Global yang lebih baik dibandingkan R22.

Coefficient of Performance (COP)

COP merupakan ukuran keefektifan kerja suatu sistem refrigerasi yang didapat dari perbandingan antara refrigerasi bermanfaat pada unit evaporator dengan kerja bersih yang dilakukan pada unit kompresor (Gritis Al hasbi MM dkk, 2016):

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{\text{usefull refrigeration}}{\text{net work}} & (1) \\ &= \frac{Q_e}{W_{\text{net.in}}} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_4)}{\dot{m}(h_2 - h_1)} \end{aligned}$$

Dengan \dot{m} = laju aliran massa refrigerant (kg/s), Q_e = jumlah kalor yang diserap oleh evaporator (kW), $W_{\text{net.in}}$ = kerja bersih oleh kompresor (kW), h_1, h_2, h_3 dan h_4 berturut-turut adalah nilai entalpi (kJ/kg) pada titik 1, 2, 3, dan 4. Nilai COP yang tinggi sangat diharapkan karena hal itu menunjukkan bahwa sejumlah tertentu refrigerasi hanya memerlukan sejumlah kecil kerja. Grafik P-h pada gambar di bawah ini untuk menyatakan sifat refrigeran yang bekerja di dalam suatu sistem refrigerasi. Karena dengan grafik ini dapat ditentukan nilai entalpi pada setiap titik yang merupakan parameter penting untuk perhitungan nilai koefisien kinerja dan efisiensi sistem.



Gambar 2. Diagram P-h siklus kompresi uap

Salah satu cara untuk meningkatkan unjuk kerja dari mesin pendingin adalah dengan melakukan modifikasi. Modifikasi pada mesin pendingin tersebut dapat dilakukan pada temperatur subcooling. Subcooling adalah kondisi dimana refrigerant cair lebih dingin dari suhu minimum (temperatur saturasi) ini diperlukan untuk menjaga dari mendidihnya refrigeran oleh karena perubahan dari air ke fase gas. Tujuan

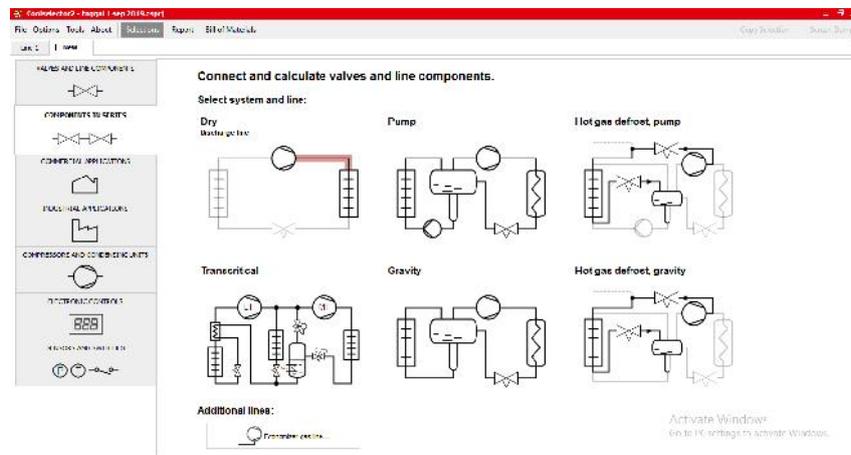
dari makalah ini adalah untuk membandingkan kinerja unit pengkondisian udara yang menggunakan R22 dan R32.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian tentang perbandingan kinerja pengkondisian udara menggunakan R22 dan R32. Awal penelitian ini dilakukan dengan mendesain sistem refrigasi dalam ruangan menggunakan perangkat lunak *Coolselector*®2 versi 3.5.2 yang dibuat dan dikembangkan oleh Danfoss. Perangkat lunak ini membantu mengoptimalkan konsumsi energi dan meningkatkan efisiensi dari beberapa sistem HVACR. Desain menggunakan perangkat lunak ini berdasarkan pada pengaturan kondisi operasi seperti kapasitas pendinginan, refrigerant, temperatur evaporasi dan kondensasi serta kemudian memilih komponen yang terbaik dalam perancangan. Perangkat lunak ini membantu mengatasi kerumitan dari perhitungan secara manual sehingga dapat lebih fokus pada apa yang dilakukan. Setelah mendesain kondisi operasi dari *cold storage*, dapat dipilih komponen-komponen yang terbaik pada sistem refrigasi kompresi uap yang akan digunakan pada ruang penyimpanan tersebut. Komponen-komponen yang dipilih merupakan produk dari Danfoss yang sudah terdaftar dalam perangkat lunak tersebut sesuai dengan standar yang berlaku. Perangkat lunak akan membaca kondisi operasi yang tepat sesuai dengan standar yang telah berlaku. Pada salah satu hasil pembacaan dari perangkat lunak tersebut terdapat salah satu parameter yang diambil sebagai topik penelitian ini. Parameter yang dimaksud itu adalah temperatur subcooling. Nilai temperatur superheat ini divariasikan dalam beberapa tingkat, yaitu 0K, 1K, 2K, 3K, 4K dan 5K. Perangkat lunak *Coolselector*®2 akan membaca hasil dari variasi nilai tersebut dengan memasukkannya satu per satu. Perangkat lunak akan menampilkan beberapa properti dari refrigerant ketika temperatur superheat tersebut divariasikan. Properti tersebut kemudian dimanfaatkan untuk menganalisis koefisien kinerja dari sistem selama beroperasi.

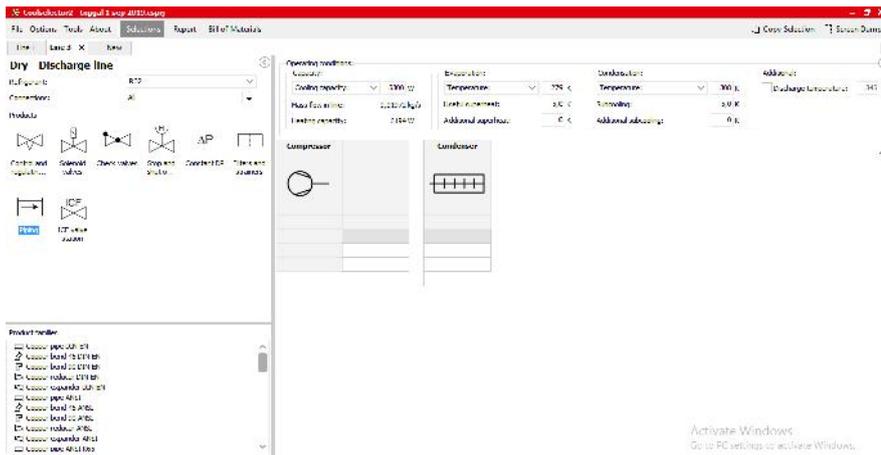
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses awal penelitian ini dimulai dengan memilih components in series dan secara otomatis akan menunjukkan beberapa pilihan, karena perancangan pada sistem menggunakan sistem dan perpipaan tipe “dry”. Lalu, klik pada salah satu garisnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah:



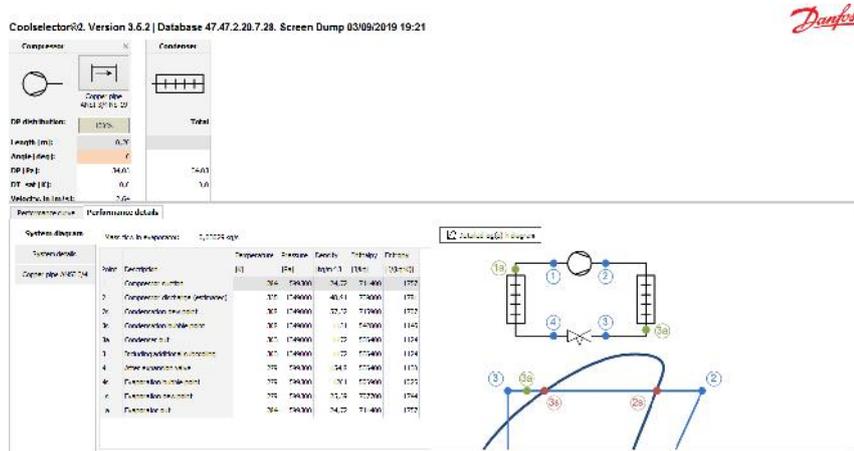
Gambar 3. Pemilihan sistem yang perpipaan yang digunakan

Setelah itu memilih tipe pipa yang akan digunakan dan dalam penelitian digunakan pipa jenis *cooper pipe* ANSI seperti yang terlihat pada Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4. Pemilihan jenis pipa

Setelah itu mengisi data yang ada yaitu panjang pipa antara Kompresor dan kondesor sebesar 20 cm, *cooling capacity* 5,3 Kw, Temperatur Evaporation 279 K, *useful superheat* 5 K, Temperatur Condensation 308 K dan memvariasikan Subcooling yaitu 0K, 1K, 2K, 3K, 4K, dan 5K dengan menggunakan 2 jenis Refrigerant yaitu R22 dan R32. Setelah itu, perangkat lunak tersebut akan menampilkan “*performance details*” dari sistem yang dipilih.



Gambar 5. Performance details dari sistem

“*Performance details*” tersebut berguna untuk menghitung koefisien kinerja (COP) dari sistem dengan beberapa properti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Data “*performance details*” sistem dapat dimanfaatkan dalam dalam membandingkan kinerja pengkondisian udara menggunakan R22 dan R32. Salah satu parameter yang ada pada Gambar 6, yaitu nilai *subcooling* divariasikan dalam beberapa temperatur (0 K, 1 K, 2 K, 3 K, 4 K dan 5 K). Sedangkan parameter lain yang ada pada Gambar 6 konstan. Selanjutnya dapat dianalisis koefisien kinerja (COP) dan Efisiensi dari sistem. Berikut data-data yang diperlukan dalam proses perhitungan koefisien kinerja (COP) sistem hasil pembacaan perangkat lunak dari beberapa nilai yang divariasikan.

Tabel 1. Data R22 dan R32 pada beberapa variasi temperature subcooling (T_{sb})

No	T_{sb} (K)	h_1 (kJ/kg) R22	h_1 (kJ/kg) R32	h_2 (kJ/kg) R22	h_2 (kJ/kg) R32	\dot{m} (kg/h) R22	\dot{m} (kg/h) R32
1	0	711,4	522,9	739,8	567,9	0,03144	0,02048
2	1	711,4	522,9	739,8	567,9	0,0312	0,02033
3	2	711,4	522,9	739,8	567,9	0,03097	0,02017
4	3	711,4	522,9	739,8	567,9	0,03074	0,02002
5	4	711,4	522,9	739,8	567,9	0,03051	0,01987
6	5	711,4	522,9	739,8	567,9	0,03029	0,01972

Berdasarkan data-data properti pada Tabel 1 di atas, maka koefisien kinerja (COP) dari sistem dengan variasi nilai temperatur *subcooling* adalah sebagai berikut.

Untuk $T_{sb} = 0$ K, maka COP pada temperatur tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

$$q_L = \text{Konstan yaitu } 5,3 \text{ kw}$$

$$W_{net.in} = \dot{m}(h_2 - h_1) = 0,03144 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (739,8 - 711,4) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 0,8929 \text{ kW}$$

Dengan menggunakan persamaan 1, maka koefisien kinerja (COP) sistem pada $T_{sb} = 0$ K adalah

$$COP = \frac{q_L}{W_{net.in}} = \frac{5,3}{0,8929} = 5,93$$

Berdasarkan cara perhitungan yang sama, dapat dihitung koefisien kinerja (COP) dari sistem pada masing-masing variasi T_{sb} . Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Dan juga menggunakan pembandingan Efisiensi dan temperature subcooling dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{\dot{E}xQ_e}{W_c} \text{ di mana } \dot{E}xQ_e = -Q_e \left(1 - \frac{T_o}{T_L}\right)$$

$T_o = 302\text{K}$ (suhu lingkungan)

$T_L = 289\text{K}$ (suhu ruangan)

$Q_e = Q_L$

Tabel 2. Hasil perhitungan q_L , $W_{net.in}$ dan COP sistem dari berbagai T_{sb} pada R22

No	T_{sb} (K)	\dot{m} (kg/h)	q_L (kW)	$W_{net.in}$ (kW)	COP
1	0	0,03144	5,3	0,8929	5,93
2	1	0,0312	5,3	0,886	5,98
3	2	0,03097	5,3	0,8795	6,03
4	3	0,03074	5,3	0,873	6,07
5	4	0,03051	5,3	0,8665	6,12
6	5	0,03029	5,3	0,8602	6,16

Tabel 4. Hasil perhitungan q_L , $W_{net.in}$ dan COP sistem dari berbagai T_{sb} pada R32

No	T_{sb} (K)	\dot{m} (kg/h)	q_L (kW)	$W_{net.in}$ (kW)	COP
1	0	0,02048	5,3	0,9277	5,71
2	1	0,02033	5,3	0,9209	5,76
3	2	0,02017	5,3	0,9137	5,80
4	3	0,02002	5,3	0,9069	5,84
5	4	0,01987	5,3	0,90	5,89
6	5	0,01972	5,3	0,893	5,94

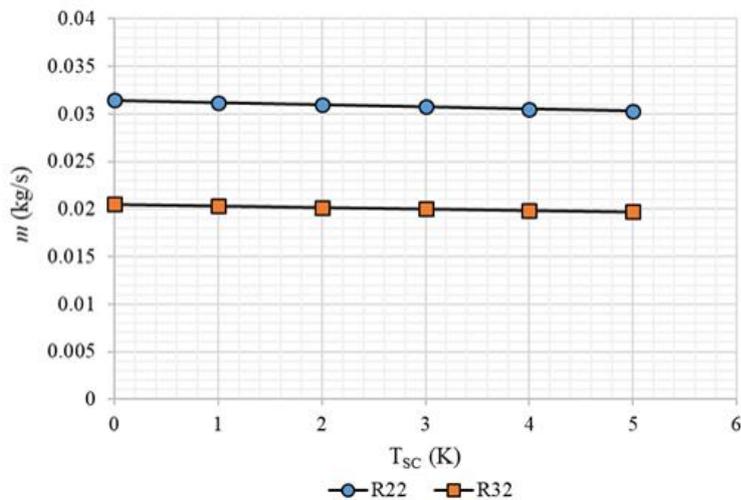
Dengan Variasi temperatur *subcooling* maka didapat efisiensi dari R22 dan R32 disajikan dalam Tabel 5 di bawah ini:

Tabel.5 Hasil perhitungan Efisiensi dari R22 dan R32

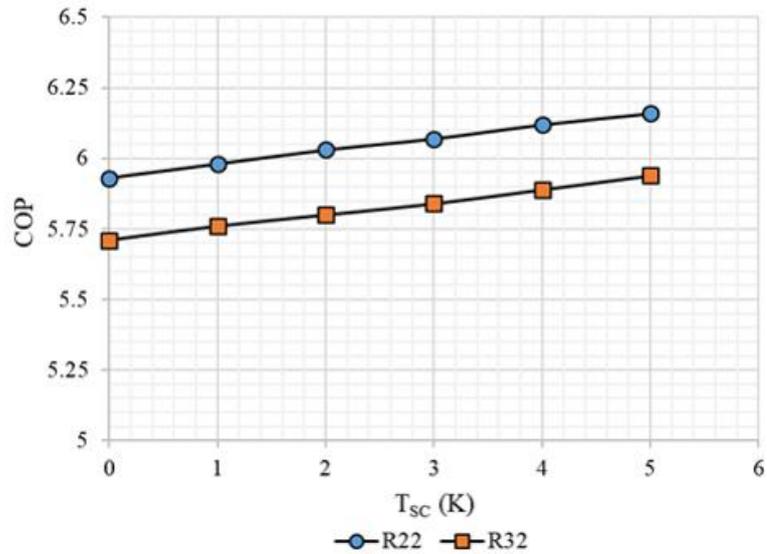
No	T_{sb} (K)	$\dot{E}xQ_e$	q_L (kW)	$W_{net.in}$ (kW) R22	$W_{net.in}$ (kW) R32	Efisiensi R22	Efisiensi R32
1	0	0,238	5,3	0,8929	0,9277	26,7%	25,7%
2	1	0,238	5,3	0,886	0,9209	26,9%	25,8%
3	2	0,238	5,3	0,8795	0,9137	27,1%	26%
4	3	0,238	5,3	0,873	0,9069	27,3%	26,2%
5	4	0,238	5,3	0,8665	0,90	27,5%	26,4%
6	5	0,238	5,3	0,8602	0,893	27,7%	26,7%

Pengaruh Temperatur *Subcooling*

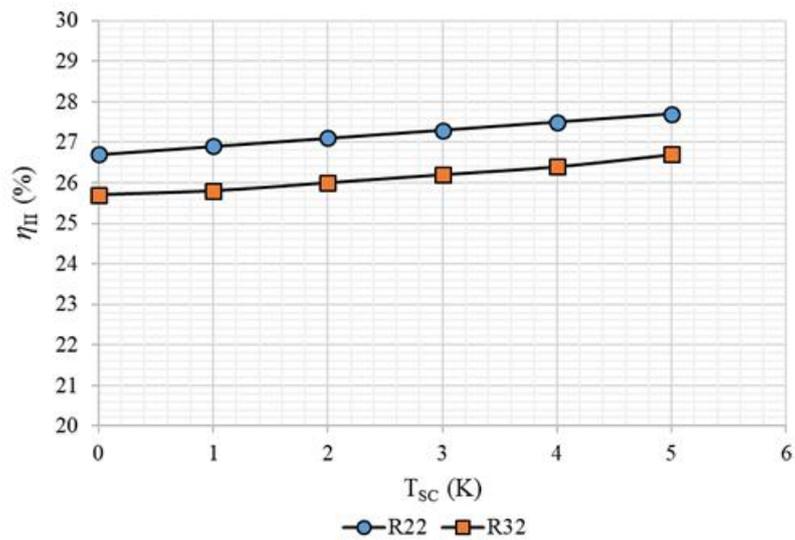
Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan koefisien kinerja (COP), efek refrigerasi (q_L) dan kerja bersih dari kompresor ($W_{net.in}$) dengan beberapa variasi temperatur *subcooling* (T_{sb}). Hasil tersebut dapat menjelaskan bahwa pengaruh *subcooling* sangat penting dalam meningkatkan koefisien kinerja dan efisiensi hukum kedua dari sistem. Hal ini dapat ditunjukkan dengan semakin meningkatnya temperatur *subcooling* maka koefisien kinerja dan efisiensi dari sistem juga ikut meningkat baik pada refrigeran 22 ataupun 32 sama-sama mengalami peningkatan. Berikut grafik hubungan temperatur *subcooling* (T_{sb}) dengan koefisien kinerja (COP), dan temperatur *subcooling* (T_{sb}) dengan efisiensi.



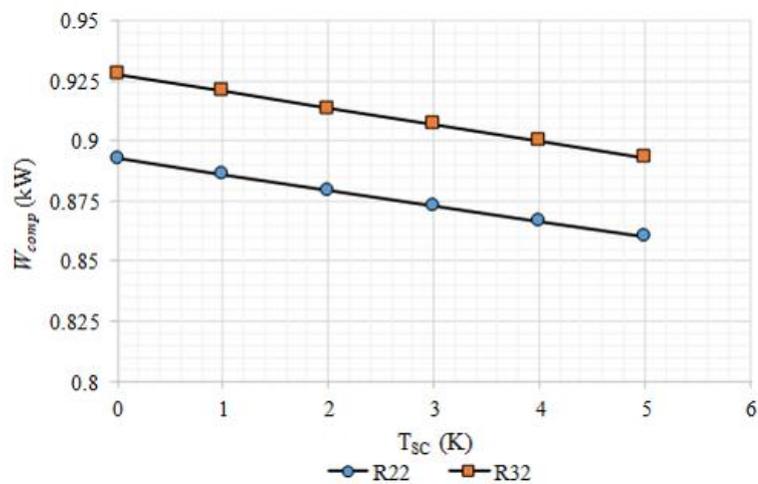
Gambar 7. Pengaruh temperatur *subcooling* terhadap laju aliran massa refrigeran



Gambar 7. Pengaruh temperatur *subcooling* terhadap koefisien kinerja



Gambar 7. Pengaruh temperatur *subcooling* terhadap efisiensi hukum kedua



Gambar 8. Pengaruh temperatur *subcooling* terhadap kerja kompresor

4. KESIMPULAN

Makalah tentang perbandingan kinerja pengkondisian udara dengan menggunakan R22 dan R32 terhadap koefisien kinerja (COP) dan Efisiensi sistem telah dilaporkan. Dari hasil yang telah diperoleh bahwa variasi

temperatur subcooling (T_{sb}) terhadap koefisien kinerja (COP) dan Efisiensi sangat penting. Hal ini dibuktikan dengan semakin tinggi tingkat subcooling maka nilai koefisien kinerja (COP) juga ikut meningkat begitu pula dengan Efisiensi yang juga meningkat. Pada tingkat subcooling 0K, koefisien kinerja (COP) yang diperoleh adalah 5,93 untuk R22 dan 5,71 untuk R32 dan cenderung meningkat bersamaan dengan meningkatnya temperatur subcooling (T_{sb}). Begitu juga dengan Efisiensi pada tingkat subcooling 0K, Efisiensi yang diperoleh untuk R22 adalah 26,7 % dan R32 adalah 25,7 % Temperatur subcooling (T_{sb}) juga berpengaruh pada kerja bersih kompresor ($W_{net.in}$). seperti terdapat dalam Grafik diatas yang menunjukkan Kerja kompresor yang menurun tetapi nilai R32 lebih besar dibandingkan R22 yang menunjukkan R32 lebih memerlukan konsumsi listrik yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Alfons E.P., dkk,(2013), “Analisis Pengaruh Variasi Massa LPG sebagai Refrigeran terhadap Prestasi Kerja dari Lemari Es”, *Jurnal ROTOR*, Vol. 6 Nomor 1, Januari.

Amrullah, dkk., (2017), “Analisa kinerja mesin refrigerasi rumah tangga dengan variasi refrigeran”, *Jurnal Teknologi Terapan*, Vol. 3, No. 2, September.

Galuh R. Willis. *Penggunaan refrigerant pada mesin pendingin*. Universitas Sumatera Utara, 2007.

Lothar P, (2015), “Freezer dengan Daya 1/6 PK dan Panjang Pipa Kapiler 150 cm”, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Darma, Yogyakarta, pp.71.

Moran, M. J and Saphiro H. N. (2006). *Fundamentals of Engineering Thermodynamic*, Fifth Edition, McGraw-Hill Comp., New York.

Sutrisno, dkk, (2015), “Analisis perbandingan kinerja menggunakan refrigeran R134a dan refrigeran R404a pada mesin bar ice cream manual maker”, *Jurnal Teknologi Pendingin dan Tata Udara Politeknik Sekayu (PETRA)*, Volume 1, No. 1, Oktober.

Wibowo D. B. (2006), “Pengaruh Variasi massa RefrigerantR-12 dan putaran Blower Evaporator terhadap COP pada sistem pengkondisian udara mobil”, *Jurnal Unimus Acidun*, Vol 4. No 1.