

SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)

Hotel Swiss-Belinn Kristal Kupang, Kupang - 25 Oktober 2019

PERBANDINGAN KINERJA COLD STORAGE MENGGUNAKAN BEBERAPA REFRIGERAN ALTERNATIF

Lodowik Umbu Lu Wohangara¹, Matheus. M. Dwinanto², dan Verdy. A. Koehuan²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana,

Email : lodowik.wohangara@gmail.com

² Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana,

Email : matheus.dwinanto@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Ikan adalah bahan organik yang sebagian besar sel penyusunannya terdiri atas enzim dan protein. Kedua zat ini merupakan media perkebang-biakan yang sangat baik bagi bakteri pembusuk. Setelah ditangkap, ikan harus diberi perlakuan tertentu untuk menghambat pertumbuhan bakteri tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah meletakkan ikan pada wadah atau ruang yang dingin yaitu *cold storage*. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan R134a dan R404a terhadap koefisien kinerja (COP) *cold storage*. Kapasitas *cold storage* sesuai perhitungan dalam 123,5 ton tetapi yang digunakan hanya sampai 120 ton. Dari berkembangnya teknologi yang ada saat ini, banyak terciptanya mesin pendingin dalam segala bidang dan bentuk. Dari sekian banyak mesin pendingin tersebut tentunya membutuhkan fluida pendingin yang sering disebut refrigeran yang mana memiliki nilai guna dan keuntungan yang tinggi. Penulis laporan ini bertujuan untuk membandingkan refrigeran dan mengetahui performa pada mesin bar ice cream dengan menggunakan refrigeran R134a dan R404a. Metode penelitian menggunakan metode eksperimental dan metode literatur. Tahap pertama adalah persiapan, dilanjutkan pengambilan data. Tahap berikutnya adalah analisis data dan pembahasan, yang terakhir adalah kesimpulan. Proses Pengambilan data temperatur, tekanan, arus listrik, dan tegangan dalam waktu 60 menit dan dilakukan 4 kali data yang diambil menggunakan refrigeran R134a dan refrigeran R404a. Kesimpulan dari penulisan ini yaitu berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan dari refrigeran R134a COP yang di dapat yaitu: 2,93 pada menit ke 15 dan waktu yang seterusnya cenderung konstan dan pada R404a dengan waktu yang sama COP yang di dapat adalah 2,03 pada menit ke 15, kemudian performanya mengalami kecenderungan konstan.

Kata kunci: Cold storage, R134a, R404a, COP

Author : Lodowik Umbu Lu Wohangara, Matheus. M. Dwinanto, dan Verdy. A. Koehuan

1. PENDAHULUAN

Khususnya pada ikan, ada bermacam-macam jenis ikan yang dapat di jumpai, misalnya tuna, cakalang, tongkol, deho, layang, tude dan lain-lain, yang kesemuanya mempunyai nilai ekonomis yang tinggi dengan kandungan gizi yang tinggi pula. Hal ini sangat membantu bagi manusia dalam peningkatan kesejahteraan keluarga ataupun memenuhi kebutuhan protein yang sangat berguna dalam perkembangan tubuh manusia. Untuk daerah Sulawesi Utara yang dikelilingi oleh lautan, hasil perikanan cukup besar, ada yang dikonsumsi masyarakat Sulawesi Utara dan ada juga yang dikirim ke luar daerah bahkan sampai di ekspor ke luar Negeri. Dengan semakin majunya teknologi penangkapan ikan, maka kuantitas ikan yang ditangkap semakin meningkat pula. Dari hasil tangkapan ini, sebagian dapat segera dijual pada konsumen tetapi ada sebagian lagi yang belum sempat dipasarkan.

Mesin pendingin saat ini semakin banyak digunakan seiring dengan kemajuan teknologi dan kebutuhan konsumen dalam mengawetkan makanan dan membekukan ikan. Umumnya penggunaan mesin pendingin digunakan dalam industri perikanan, baik di darat maupun di laut karena memiliki peran yang sangat penting dalam mempertahankan mutu hasil tangkapan dan menjaga kualitas kesegaran ikan.

Ikan adalah bahan biologis yang apabila tidak memperoleh perlakuan tertentu setelah ditangkap dan diangkat dari air, maka ia akan mengalami penurunan kualitas ke arah membusuk. Oleh karena itu perlu diadakan suatu teknik yang dapat dilakukan untuk mempertahankan kesegaran ikan agar supaya tetap awet dan layak dikonsumsi. Untuk cara yang lebih efisien, praktis dan rasa ikan tetap seperti semula maka digunakan *cold storage* untuk mempertahankan kualitas ikan, sehingga bakteri yang menyebabkan penurunan mutu ikan dapat terhambat perkembangannya dan ikan menjadi tidak cepat busuk (Afrianto, dan Liviawaty, 1992).

Apabila dalam pengoperasiannya mesin pendingin tidak dilakukan sesuai prosedur dan tahapan-tahapan kerjanya, maka akan timbul kerusakan. Hal inilah yang perlu diperhatikan oleh seorang teknisi dalam mengoperasikan mesin pendingin.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan R134a dan R404a terhadap koefisien kinerja (COP) *cold storage*.

Berdasarkan Perkembangan pada bidang teknologi pendingin dan tata udara semakin berkembang hingga saat ini. Pada bidang refrigerasi dan tata udara misalnya seperti air conditioning (AC), kulkas, cold storage dan sebagainya, terdapat berbagai kebutuhan baik diindustri maupun masyarakat, salah satunya yaitu kebutuhan terhadap es krim yang sering dijual untuk penyajian minuman, banyak orang lebih suka es krim ketika disajikan dalam minuman.

Dengan demikian banyaknya mesin pendingin tersebut menggunakan cairan pendingin yang sering di sebut refrigeran. Dari perkembangan sekarang sudah banyak ditemukan refrigeran yang baru yang lebih ramah lingkungan dan aman digunakan. Selain berguna sebagai media pendingin, refrigeran juga mempunyai dampak yang buruk bagi lingkungan terutama bagi lapisan atmosfer. Hal tersebut dari saah satu penyebabnya yaitu CFC, HFC dan HCFC (C-Chloro, F-Fluor, C-Carbon, H-Hydro) atau disini biasa dikenal dengan istilah FREON (syntetic refrigerant). Chlor adalah gas yang paling merusak ozon sedangkan flour adalah gas yang menimbulkan efek rumah kaca. Dari banyaknya refrigeran yang digunakan perlu diketahui perbedaan performa antara mesin manual es krim menggunakan refrigeran R134a dan R404a.

Refrigeran R134a

Refrigeran R134a golongan HFC merupakan refrigeran murni atau tidak campuran, refrigeran R134a sebagai pengganti refrigeran CFC-12 pada temperatur menengah dan tinggi, dalam refrigerasi dan tata udara, refrigeran R134a tergolong dalam *safety classification* A1. Pada refrigeran R134a tidak memiliki kandungan klorin sehingga nilai ODP = 0. Refrigeran R134a menggunakan oli POE (Polyol Ester). Refrigeran R134a dapat menggantikan R12 dan R500 dalam aplikasi *chiller sentrifugal*. Kelebihan refrigeran R134a (Whitman, 2008) adalah

1. Tidak Beracun
2. Tidak Mudah Terbakar
3. Nilai Ozon Depleting Potential (ODP) Sama dengan Nol
4. Perpindahan Kalor yang Baik
5. Kelarutan Yang Baik Dengan Pelumas mineral Kekurangan refrigeran R134a
6. Memiliki global warming potentials signifikan
7. Relatif mahal
8. Tidak bisa dijadikan pengganti R-12 secara langsung tanpa melakukan modifikasi sistem refrigerasi (*drop in substitute*)

Refrigeran R404a

Refrigeran R404a merupakan campuran dari refrigeran R125, R134a dan R143a. Refrigeran R404a pada umumnya digunakan pada temperatur menengah dan temperatur rendah dalam ruang lingkup komersial refrigerasi, dengan menggunakan oli jenis POE (Polyol Ester). Pada Aplikasi R404a pada dunia refrigerasi adalah untuk cold storage, supermarket, ice mesin. Kelebihan refrigeran R404a

1. Memiliki efisiensi yang baik
2. Tidak mudah terbakar
3. Perpindahan panas lebih cepat dibandingkan refrigeran ammonia
4. Memiliki biaya yang rendah kekurangan refrigeran R404a
5. Nilai GW Ptinggi
6. Efek yang sangat buruk pada lingkungan
7. Penggunaan HFC terbatas

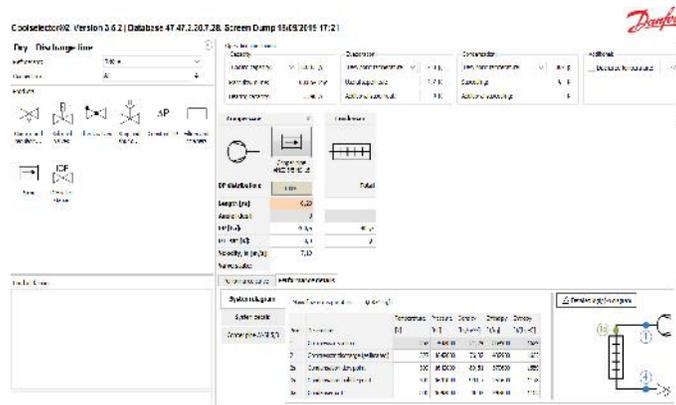
2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penggunaan R134a dan R404A terhadap koefisien kinerja *cold storage*. Awal penelitian ini dilakukan dengan mendesain sistem refrigerasi dalam *cold storage* 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, refrigeran, 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 refrigerasi 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 evaporasi dan kondensasi. Nilai temperatur evaporasi dan kondensasi ini divariasikan secara bergantian. Dimana variasi temperatur evaporasi pada 263K, 264K, 265K, 266K dan 267K dan temperatur kondensasinya konstan pada 315K. Begitu juga sebaliknya, temperatur evaporasi diasumsikan konstan pada 263K dan temperatur kondensasinya divariasikan pada 309K, 310K, 311K, 312K dan 313K. Pengambilan data ini dilakukan pada R134a dan R404a secara bergantian. Perangkat lunak *Coolselector®2* akan membaca hasil dari variasi nilai tersebut dengan memasukkannya satu per satu. Perangkat lunak akan menampilkan beberapa properti dari refrigeran ketika temperatur evaporasi dan kondensasi tersebut divariasikan. Properti tersebut kemudian dimanfaatkan untuk menganalisis koefisien kinerja dari sistem selama beroperasi.

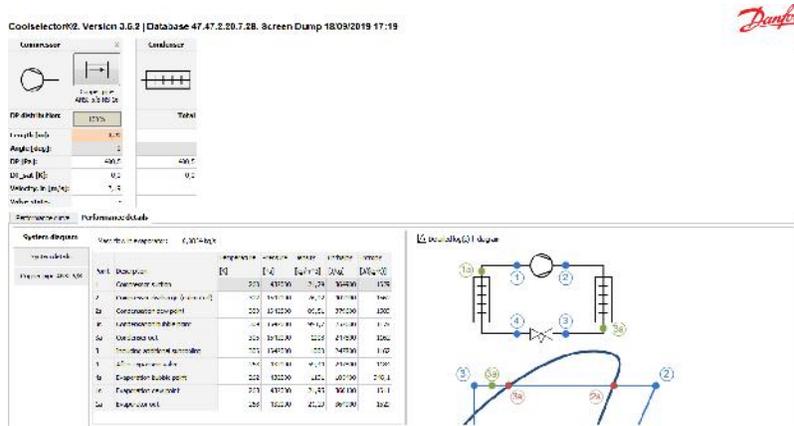
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil desain *cold storage* untuk kondisi dalam dan luar dapat disajikan pada gambar di bawah ini. Pada hasil desain tersebut, dua parameter yang terdapat pada gambar di bawah ini yaitu "*Evaporation Temperature*" dan "*Condensation Temperature*" menjadi objek penelitian dalam artikel ini. Nilai dari kedua parameter tersebut divariasikan dalam beberapa tingkat secara bergantian.



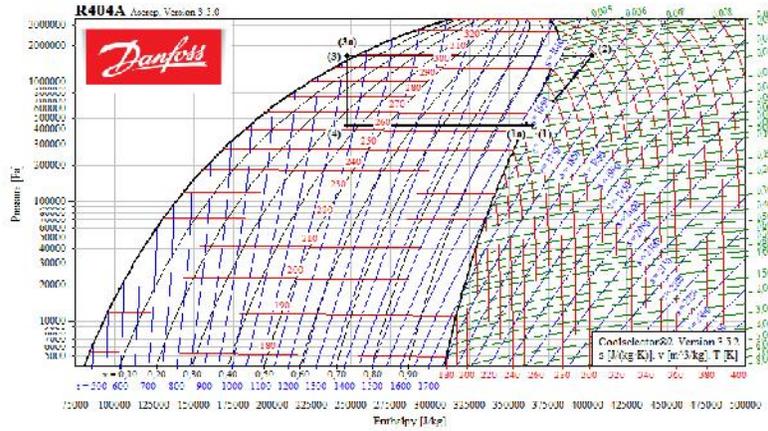
Gambar 2. Hasil perancangan *cold storage*

Variasi temperatur evaporasi yaitu pada 263K, 264K, 265K, 266K dan 267K dan temperatur kondensasinya konstan. Kemudian, temperatur kondensasi divariasikan pada 309K, 310K, 311K, 312K dan 313K sedangkan temperatur evaporasinya konstan. Kedua cara tersebut dilakukan secara bergantian untuk mendapatkan nilai properti hasil variasi temperatur evaporasi dan kondensasi tersebut. Refrigeran yang digunakan yaitu R134a dan R404A, masing-masing divariasikan sesuai dengan beberapa nilai yang telah disebutkan di atas. Hasil variasi temperatur evaporasi dan kondensasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Properti refrigerant pada salah satu variasi temperatur

Berikut dapat ditunjukkan juga diagram $P-h$ pada hasil variasi nilai temperatur evaporasi dan kondensasi tersebut.



Gambar 4. Diagram $P-h$ salah satu tingkat variasi temperatur

Nilai properti hasil variasi temperatur evaporasi dan kondensasi kemudian dimasukkan ke dalam tabel dan dianalisis dengan bantuan grafik. Berikut tabel dan gambar grafik hasil variasi temperatur evaporasi dan kondensasi tersebut.

Tabel 1. Variasi temperatur kondensasi pada refrigeran R134a

No	T_e (K)	T_c (K)	h_1 (kJ/kg)	h_2 (kJ/kg)	h_4 (kJ/kg)	m (kg/s)
1	263	309	396.9	441.7	246.5	0.06649
2	263	310	396.9	442.7	248	0.06715
3	263	311	396.9	443.4	249.5	0.06782
4	263	312	396.9	444.2	251	0.06851
5	263	313	396.9	445	252.4	0.06922

Tabel 2. Variasi temperatur evaporasi pada refrigeran R134a

No	T_e (K)	T_c (K)	h_1 (kJ/kg)	h_2 (kJ/kg)	h_4 (kJ/kg)	m (kg/s)
1	263	315	396.9	446.6	255.4	0.07068
2	264	315	397.5	446.1	255.4	0.07037
3	265	315	398.2	445.5	255.4	0.07006
4	266	315	398.8	445	255.4	0.06975
5	267	315	399.4	444.5	255.4	0.06944

Tabel 3. Variasi temperatur kondensasi pada refrigeran R404A

No	T_e (K)	T_c (K)	h_1 (kJ/kg)	h_2 (kJ/kg)	h_4 (kJ/kg)	m (kg/s)
1	263	309	364.9	402.9	247.8	0.0854
2	263	310	364.9	403.6	249.4	0.08658
3	263	311	364.9	404.3	251	0.0878
4	263	312	364.9	404.9	252.6	0.08906
5	263	313	364.9	405.6	254.3	0.09037

Tabel 4. Variasi temperatur evaporasi pada refrigeran R404A

No	T _e (K)	T _c (K)	h ₁ (kJ/kg)	h ₂ (kJ/kg)	h ₄ (kJ/kg)	m (kg/s)
1	263	315	364.9	406.9	257.5	0.09314
2	264	315	365.5	406.5	257.5	0.09266
3	265	315	366	406	257.5	0.09218
4	266	315	366.6	405.6	257.5	0.09171
5	267	315	367.1	405.2	257.5	0.09125

Properti pada masing-masing tabel di atas digunakan untuk mengetahui pengaruh koefisien kinerja (COP) pada *cold storage*. Kapasitas pendinginan (*cooling capacity*) diasumsikan konstan pada 10 kW. Hasil analisis koefisien kinerja (COP) masing-masing refrigeran pada *cold storage* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Hasil analisis koefisien kinerja (COP) pada refrigeran R134a untuk variasi temperatur kondensasi

No	T _e (K)	T _c (K)	m (kg/s)	Q _e (kW)	W _c (kW)	COP
1	263	309	0.06649	10	2.979	3.357
2	263	310	0.06715	10	3.082	3.245
3	263	311	0.06782	10	3.153	3.171
4	263	312	0.06851	10	3.240	3.086
5	263	313	0.06922	10	3.329	3.004

Tabel 6. Hasil analisis koefisien kinerja (COP) pada refrigeran R134a untuk variasi temperatur evaporasi

No	T _e (K)	T _c (K)	m (kg/s)	Q _e (kW)	W _c (kW)	COP
1	263	315	0.07068	10	3.513	2.846
2	264	315	0.07037	10	3.419	2.925
3	265	315	0.07006	10	3.292	3.038
4	266	315	0.06975	10	3.222	3.104
5	267	315	0.06944	10	3.132	3.193

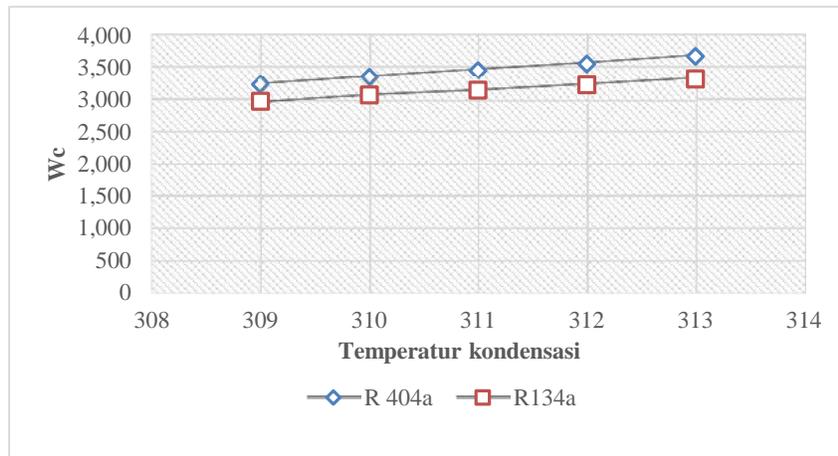
Tabel 7. Hasil analisis koefisien kinerja (COP) pada refrigeran R404A untuk variasi temperatur kondensasi

No	T _e (K)	T _c (K)	m (kg/s)	Q _e (kW)	W _c (kW)	COP
1	263	309	0.0854	10	3.245	3.082
2	263	310	0.08658	10	3.351	2.984
3	263	311	0.0878	10	3.459	2.891
4	263	312	0.08906	10	3.562	2.807
5	263	313	0.09037	10	3.678	2.719

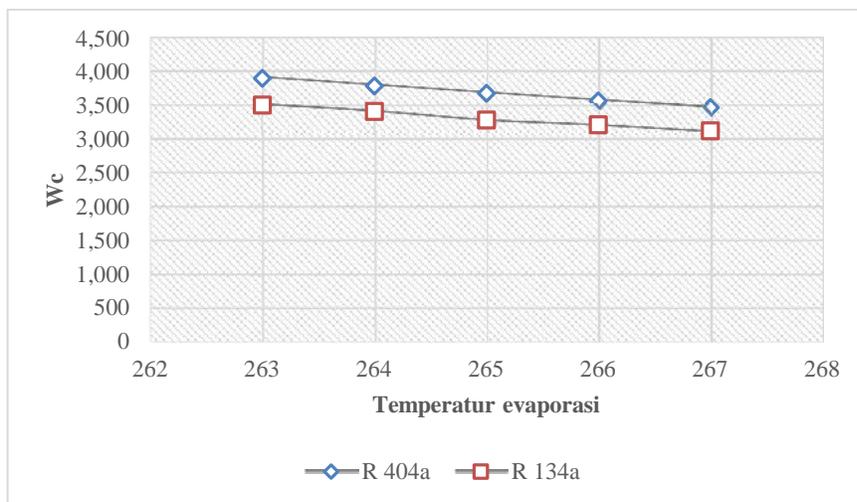
Tabel 8. Hasil analisis koefisien kinerja (COP) pada refrigeran R404A untuk variasi temperatur evaporasi

No	T _e (K)	T _c (K)	m (kg/s)	Q _e (kW)	W _c (kW)	COP
1	263	315	0.09314	10	3.912	2.556
2	264	315	0.09266	10	3.799	2.632
3	265	315	0.09218	10	3.687	2.712
4	266	315	0.09171	10	3.576	2.796
5	267	315	0.09125	10	3.476	2.877

Gambar grafik hasil analisis pada tabel 5, 6, 7, dan 8 dapat digambarkan dalam bentuk grafik di bawah ini. Grafik di bawah ini digunakan untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur evaporasi dan kondensasi terhadap koefisien kinerja (*cold storage*).

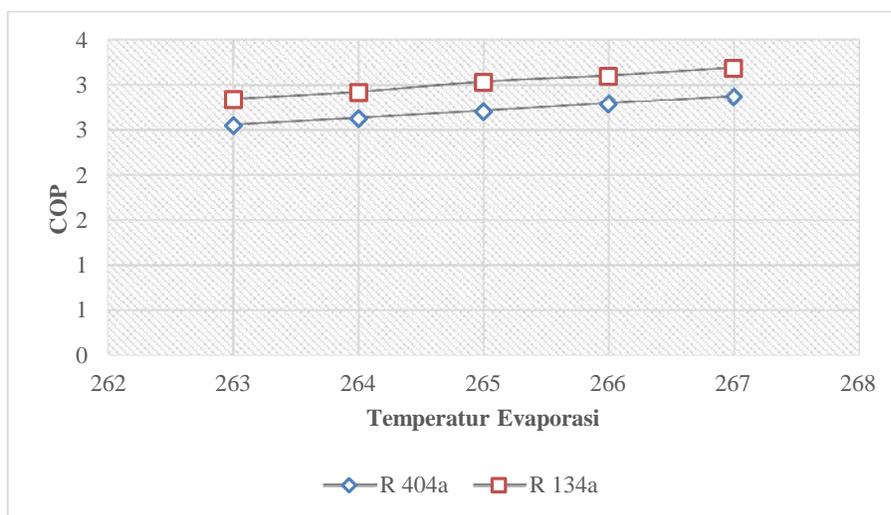


Gambar 5. Grafik hubungan temperatur kondensasi terhadap kerja kompresor pada R134a dan R404A

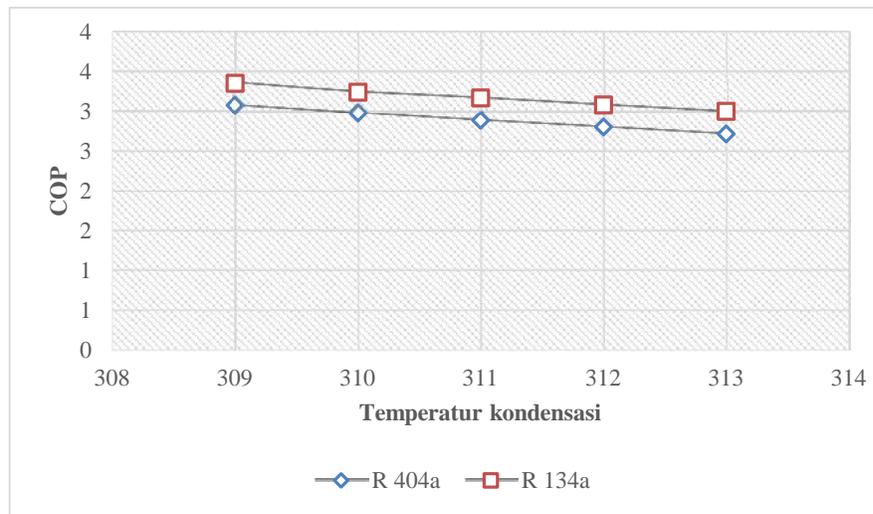


Gambar 6. Grafik hubungan temperatur evaporasi terhadap kerja kompresor pada R134a dan R404A

Dari gambar 5 dan 6, dimana hubungan temperatur evaporasi dan kondensasi terhadap kerja kompresi suatu sistem menunjukkan hasil yang berbeda. Dimana, pada gambar 5, semakin tinggi temperatur kondensasi maka kerja kompresi yang dihasilkan semakin tinggi pula. Refrigeran yang ditunjukkan pada gambar tersebut juga menunjukkan bahwa R404A lebih tinggi dari pada R134a. Untuk temperatur kondensasi pada R404A apabila divariasikan nilai kerja kompresi akan semakin meningkat dari 3,245 kW (309K) sampai 3,678 kW (313K). Sedangkan, untuk variasi temperatur kondensasi pada R134a apabila divariasikan nilai kerja kompresi juga ikut meningkat dari 2,979 kW (309K) sampai 3,329 kW (313K). Hasil yang berbeda ditunjukkan pada gambar 6, dimana kerja kompresi yang dihasilkan untuk variasi temperatur evaporasi semakin menurun untuk tiap refrigerannya. Dimana, untuk temperatur evaporasi pada R404A apabila divariasikan nilai kerja kompresi akan semakin menurun dari 3,912 kW (263K) sampai 3,476 kW (267K). Sedangkan untuk variasi temperatur evaporasi pada R134a apabila divariasikan juga akan menurun nilainya dari 3,513 kW (263K) sampai 3,132 kW (267K).



Gambar 7. Grafik hubungan temperatur evaporasi terhadap COP sistem pada R134a dan R404A



Gambar 8. Grafik hubungan temperatur kondensasi terhadap COP sistem pada R134a dan R404A

Untuk koefisien kinerja (COP) sistem dimana pada temperatur evaporasi R404A memiliki pengaruh yang penting dalam meningkatkan COP suatu sistem pendingin. Dimana pada variasi temperatur evaporasi 263K, COP yang dihasilkan adalah 2,556 dan cenderung meningkat sampai pada 267K yaitu 2,877. Hasil yang sama diperlihatkan pada R134a dimana semakin tinggi temperatur evaporasi maka COP yang dihasilkan juga ikut meningkat. Pada variasi temperatur evaporasi 263K, COP yang dihasilkan adalah 2,846 dan akan meningkat sampai pada 267K yaitu 3,193. Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh variasi temperatur kondensasi terhadap koefisien kinerja (COP) sistem. Dimana, semakin tinggi temperatur kondensasi maka COP sistem akan semakin menurun untuk masing-masing refrigeran. Untuk variasi temperatur kondensasi R404A pada 309K, COP yang dihasilkan adalah 3,082 dan cenderung menurun sampai pada temperatur kondensasi 313K yaitu 2,719. Variasi temperatur kondensasi pada R134a juga menunjukkan hasil yang demikian serupa, dimana apabila temperatur tersebut divariasikan, COP yang dihasilkan akan semakin menurun dari 3,357 (309K) sampai 3,004 (313K).

4. KESIMPULAN

Makalah tentang perbandingan kinerja *cold storage* menggunakan refrigeran R-134a dan R-404 A terhadap kinerja koefisien (COP) dan Efisiensi sistem telah dilaporkan. Dari hasil yang telah diperoleh bahwa variasi temperatur kondensasi (T_c) terhadap koefisien kinerja (COP) dan Efisiensi sangat penting. Hal ini dibuktikan dengan semakin tinggi tingkat kondensasi maka nilai koefisien kinerja (COP) juga ikut meningkat begitu pula dengan Efisiensi yang juga meningkat. Pada tingkat evaporasi, koefisien kinerja (COP) yang diperoleh adalah 3,357 untuk R134a dan untuk R404A 3,082 dan cenderung meningkat bersamaan dengan meningkatnya temperatur kondensasi (T_c). Begitu juga dengan Efisiensi pada tingkat evaporasi 263K, Efisiensi yang diperoleh untuk R134a adalah 2,846 dan R404A adalah 2,556. Temperatur evaporasi (T_e) juga berpengaruh pada kerja bersih kompresor (kW). seperti terdapat dalam Grafik diatas yang menunjukkan Kerja kompresor yang menurun tetapi nilai R134a lebih besar dibandingkan R404A yang menunjukkan R134a lebih memerlukan konsumsi listrik yang lebih besar di bandingkan dengan R404A yang hanya memerlukan sedikit konsumsi listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE Handbook Refrigeration. 2009. Chapter 29 Thermophysical Properties Of Refrigerant.
 ASHRAE Handbook Refrigeration. 2009. Chapter 30 Refrigerant.
 ASHRAE Handbook Refrigeration. 2009. Chapter 33 Physical Properties Of Materials.
 ASHRAE Handbook. 2009. Fundamental. N, E., Atlanta.

ASHRAE, Standar 34 Resignation and safety Classification of Refrigerant, American Society of Heating Refrigerant and Air Conditioning Engineer, 2010.

Cengel. Yunus A and Michael A Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach 5th edition.*: McGraw-Hill, 2006.

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

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

Moran, M., J and Saphiro H., N. 2006. *Fundamentals Of Engineering Thermodynamic Fifth Edition.*

Sutrisno., dkk., 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 2015.