

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR *SUPERHEAT* TERHADAP KOEFISIEN KINERJA *COLD STORAGE* MENGGUNAKAN *COOLSELECTOR*®2

Fabianus F.R. Luan¹, Matheus M. Dwinanto² dan Ben V. Tarigan²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto Penfui Kupang
Email: luannaldo18@gmail.com

² Dosen Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto Penfui Kupang
Email: matheus.dwinanto@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Produk ikan hasil tangkapan memerlukan suatu perlakuan atau penanganan khusus dalam menghambat pembusukan yang akan terjadi. Proses pembusukan tersebut sebagai akibat dari mikroorganisme yang mulai aktif beroperasi ketika produk ikan tersebut mati. Hal ini merupakan suatu perhatian khusus apabila proses penanganan produk ikan tersebut tidak berjalan baik. Dalam menghambat proses pembusukan tersebut, pendinginan atau pembekuan produk ikan hasil tangkapan merupakan salah satu metode pengawetan yang diangkat pada makalah ini. Proses pengawetan tersebut beroperasi dengan bantuan mesin pendingin yang dipasang pada suatu ruangan yang disebut *cold storage*. Mesin pendingin tersebut beroperasi dengan menerapkan sistem refrigerasi kompresi uap dan memiliki beberapa komponen utama, seperti evaporator, kompresor, kondensor, dan katup ekspansi serta komponen-komponen pendukung lainnya. Supaya sistem beroperasi dengan baik, maka koefisien kinerja (COP) dari sistem refrigerasi tersebut harus tinggi. Cara yang dapat meningkatkan COP dari sistem refrigerasi tersebut adalah dengan memodifikasinya. Modifikasi dilakukan pada temperatur *superheat* dengan memvariasikan dalam beberapa nilai, yaitu 8K, 9K, 10K, 11K dan 12K. Tujuan dari makalah ini adalah untuk meningkatkan unjuk kerja mesin pendingin dengan jalan memodifikasi terhadap temperatur *superheat* dan juga untuk mengetahui pengaruh temperatur *superheat* terhadap koefisien kinerja *cold storage*. Modifikasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Coolselector*®2 versi 3.5.2. Refrigeran yang digunakan pada sistem refrigerasi tersebut adalah R404a. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan memvariasikan temperatur *superheat* tersebut dapat berpengaruh pada koefisien kinerja sistem. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan semakin tinggi temperatur *superheat* maka koefisien kinerja yang diperoleh ikut meningkat. Untuk temperatur *superheat* 8K, koefisien kinerja yang didapat sebesar 1,486. Koefisien kinerja ini akan cenderung mengalami peningkatan sampai temperatur *superheat* 12K yaitu 1,504.

Kata kunci: Refrigerasi kompresi uap, *cold storage*, temperatur *superheat*, koefisien kinerja

Author : Fabianus F.R. Luan, Matheus M. Dwinanto dan Ben V. Tarigan

1. PENDAHULUAN

Hasil perikanan harus ditangani dengan ekstra hati-hati karena daging ikan pada ikan yang telah mati akan mengalami proses *autolysis*, yaitu aktivitas enzimatik yang akan mencegah (degradasi) protein kompleks menjadi senyawa sulfida yang merupakan indikator kerusakan produk perikanan. Bila perubahan ini terus berlanjut, maka hasilnya adalah pembusukan (Bahar, 2006). Dalam hal mencegah pembusukan yang terjadi pada ikan, banyak cara atau metode pengawetan yang telah diterapkan baik itu untuk sementara maupun untuk jangka waktu yang cukup lama. Cara-cara pengawetan misalnya seperti diasapi, diasinkan, atau dengan bantuan teknologi yaitu pendinginan dan pembekuan. Dengan cara tersebut, ikan dapat bertahan dalam waktu yang relatif cukup lama.

Salah satu pengawetan ikan dapat dilakukan dengan cara pendinginan atau pembekuan. Peran teknologi dalam proses pengawetan ini sangat besar sehingga mutu dan kualitas ikan hasil tangkapan dapat dijaga semaksimal mungkin. Ikan yang masih segar dengan mutu dan kualitas yang baik merupakan suatu indikator penting berhasilnya proses pemasaran suatu perusahaan. Hasil tangkapan ikan dari para nelayan tidak semua langsung dapat dipasarkan. Sebagian ikan hasil tangkapan ada yang disimpan untuk didistribusikan kepada konsumen pada saat tertentu atau diekspor ke beberapa daerah bahkan luar negeri. Hal tersebut dapat menjadi suatu persoalan yang penting apabila proses penanganan ikan tersebut berjalan kurang baik. Banyak dari para produsen yang memanfaatkan cara

konvensional dalam menangani permasalahan tersebut, seperti pemanfaatan balok es untuk mendinginkan produk ikan hasil tangkapan tersebut. Pemanfaatan balok es ini memiliki beberapa kelemahan seperti air yang digunakan pada balok es tersebut tidak sesuai standard dan juga proses pengawetan dengan memanfaatkan balok es ini sangat singkat sehingga ikan hasil tangkapan harus dipasarkan sesegera mungkin untuk mengurangi kerugian sebagai akibat dari beberapa ikan yang tidak terjual habis.

Dengan memanfaatkan sistem refrigerasi dalam proses pengawetan tersebut, diharapkan kesegaran ikan hasil tangkapan dapat dijaga dalam waktu yang cukup lama. Sistem refrigerasi tersebut dipasang pada sebuah ruangan yang dikhususkan untuk mendinginkan atau membekukan ikan hasil tangkapan. Ruangan yang dimaksud tersebut adalah *cold storage*. *Cold storage* merupakan suatu ruangan penyimpanan dengan kapasitas penyimpanan yang relatif cukup besar dengan bantuan sebuah mesin pendingin dalam pengoperasiannya. *Cold storage* banyak dimanfaatkan pelaku industri untuk menjaga kualitas makanan hingga minuman menjadi lebih awet. Ruang penyimpanan ini bekerja dengan menjaga suhu ruangan terkendali untuk keperluan penyimpanan. Suhu ruangan dijaga untuk tidak menyebar melainkan terjaga tetap dingin sesuai kebutuhan suhu penyimpanan. Penggunaan *cold storage* juga untuk mencegah kontaminasi bakteri dan jamur mengenai bahan makanan atau minuman yang disimpan di dalamnya.

Mesin pendingin yang digunakan dalam *cold storage* merupakan aplikasi dari sistem refrigerasi yang memanfaatkan refrigeran sebagai media pemindah kalor, dimana refrigeran menyerap kalor pada tekanan rendah dan melepaskan kalor pada tekanan tinggi (Siagian, 2015). Dalam pengoperasiannya, mesin pendingin menerapkan sistem refrigerasi kompresi uap dan terdiri dari beberapa komponen utama seperti, evaporator, kompresor, kondensor, dan alat ekspansi serta beberapa komponen pendukung lainnya. Secara garis besar, prinsip kerja mesin pendingin tersebut adalah sebagai berikut. Evaporator menyerap kalor dengan bantuan refrigeran yang bertekanan rendah dari ruangan yang dikondisikan dan setelah itu dikompresikan di dalam kompresor. Akibat dari kompresi tersebut, tekanan dan temperatur dari refrigeran menjadi tinggi. Uap refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi tersebut dilepaskan ke lingkungan melalui kondensor sedangkan refrigeran mengalami kondensasi sehingga refrigeran berubah fasa menjadi cairan pada tekanan tinggi. Cairan refrigeran tersebut kemudian diekspansikan ke tekanan evaporator untuk siklus selanjutnya oleh alat ekspansi.

Salah satu cara untuk meningkatkan unjuk kerja dari mesin pendingin adalah dengan melakukan modifikasi. Modifikasi pada mesin pendingin tersebut dapat dilakukan pada temperatur superheat. Superheating adalah proses pemanasan kembali yang mengakibatkan temperatur refrigeran pada saat keluar evaporator meningkat di atas temperatur uap jenuh, sehingga refrigeran berubah fasa dari uap jenuh kering menjadi uap panas lanjut sebelum masuk kompresor. Tujuan dari makalah ini adalah untuk meningkatkan unjuk kerja mesin pendingin dengan jalan memodifikasi terhadap temperatur *superheat* dan juga untuk mengetahui pengaruh temperatur superheat terhadap koefisien kinerja *cold storage*.

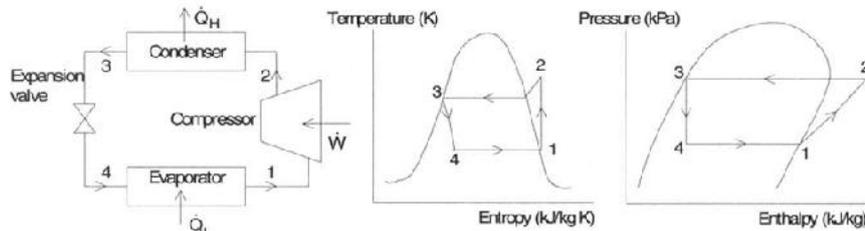
2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang menunjang makalah ini telah tersedia dalam beberapa tahun terakhir. Selbas, dkk. (2006) melakukan penelitian tentang optimisasi termoekonomi terhadap siklus kompresi uap *superheated* dan *subcooled*. Sasongko (2017) menganalisis unjuk kerja mesin pendingin kompresi uap dengan memvariasikan temperatur *superheating* dan *subcooling* untuk meningkatkan unjuk kerja dari instalasi AC. Pada tahun yang sama, Rasta dan Sunu (2017) melakukan investigasi pengaruh *superheat* terhadap performansi sistem *air conditioning* tipe *water chiller*. Garcia de Valle, dkk. (2018) mengidentifikasi pengaruh tingkat *superheating* terhadap performa kondensor R134a dengan menerapkan studi eksperimental dan numerik. Al Rashed, dkk (2010) melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur evaporator di sistem refrigerasi kompresi uap dengan menggunakan beberapa refrigeran pada evaporator pipa bersirip dan dianalisis pengaruhnya terhadap COP sistem. Morriesen dan Deschamps (2012) menginvestigasi penelitian terhadap aliran fluida sementara dan *superheating* pada sisi masuk dari kompresor tipe *reciprocating* dengan putaran 3600 rpm. Hendri, dkk. (2014) melakukan studi eksperimental terhadap pengaruh temperatur evaporasi terhadap unjuk kerja mesin pendingin menggunakan refrigeran R134a dan MC134. Xiao dan Hrnjak (2019) mengidentifikasi aliran dua fasa selama proses kondensasi di sekitar tabung pipa horizontal halus dengan menggunakan refrigeran R245fa, R1233zd(E), R1234ze(E), R134a dan R32 pada keadaan uap *superheated*. Zhao, dkk. (2015) mealukan studi eksperimental di lapisan kondensasi uap *superheated* dari tabung pipa horizontal. Setyawan dan Prasetyo (2016) menginvestigasi pengaruh LSHX (*Liquid-to-Suction Heat Exchanger*) pada kinerja mesin refrigerasi dengan berbagai temperatur evaporasi menggunakan refrigeran R404a.

Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Sistem refrigerasi kompresi uap merupakan sistem refrigerasi yang paling umum digunakan saat ini dan masing-masing sistem refrigerasi menggunakan sebuah kompresor. Siklus dari sistem refrigerasi kompresi uap dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Diagram dan siklus refrigerasi kompresi uap

Berdasarkan langkah-langkah yang telah diberikan pada gambar di atas, pengoperasian sistem ini adalah sebagai berikut (Dincer, 2003).

- (1-2) Kompresi adiabatik reversibel. Dari evaporator, uap jenuh refrigeran bertekanan rendah masuk ke kompresor dan dikompresikan lalu masuk ke kondensor dengan pengurangan volume dan peningkatan tekanan dan temperatur.
- (2-3) Pelepasan panas reversibel pada tekanan konstan. Dari kompresor, uap refrigeran bertekanan tinggi masuk ke kondensor dan dicairkan dengan menggunakan air atau udara.
- (3-4) Ekspansi irreversibel pada entalpi konstan. Dari kondensor, cairan jenuh refrigeran bertekanan tinggi melewati katup ekspansi serta tekanan dan temperatur dikurangi.
- (4-1) Penambahan panas reversibel pada tekanan konstan. Dari katup ekspansi, cairan refrigeran bertekanan rendah tiba di evaporator dan cairan refrigeran bertekanan rendah tersebut mengalami penguapan sebagai akibat dari penyerapan panas dari area yang didinginkan. Dengan demikian efek pendinginan dapat terjadi.

Pengaruh *Superheating*

Superheating (mengacu pada pemanasan lanjut uap refrigeran yang meninggalkan evaporator) merupakan salah satu cara untuk memberikan kinerja (COP) sistem refrigerasi kompresi uap lebih baik. Selama proses evaporasi, refrigeran seutuhnya diuapkan melalui evaporator. Lalu, uap refrigeran dingin selanjutnya keluar dari evaporator. Tambahan kalor diserap oleh refrigeran dan menjadi uap *superheat*. Dalam beberapa kondisi seperti kekurangan tekanan yang disebabkan oleh gesekan, akan menaikkan jumlah *superheat*. Jika *superheating* terjadi dalam evaporator, entalpi refrigeran meningkat, menyerap tambahan kalor dan meningkatkan efek refrigerasi di evaporator. Jika itu diberikan di pipa masuk kompresor, tidak berguna untuk terjadinya pendinginan. Dalam beberapa sistem refrigerasi, penukar kalor cairan-uap dapat digunakan untuk memanaskan lebih lanjut uap refrigeran jenuh dari evaporator dengan cairan refrigeran yang datang dari kondensor. Dengan adanya penukar kalor tersebut dapat memberikan COP sistem lebih tinggi. Pemanasan lanjut refrigeran juga diperoleh dari kompresor. Dalam kasus ini, uap refrigeran jenuh masuk kompresor dan dipanaskan lebih lanjut dengan meningkatkan tekanan dan temperatur. *Superheating* yang diperoleh dengan melakukan proses kompresi tidak memperbaiki efisiensi siklus tetapi menghasilkan perlengkapan kondensasi dan pipa keluar kompresor lebih besar. Peningkatan efek refrigerasi diperoleh dengan pemanasan lanjut dalam evaporator dan biasanya menutup kerugian dengan menurunkan efek refrigerasi di kompresor. Karena laju aliran volumetrik konstan, maka laju aliran massa dan efek refrigerasi dikurangi dengan menurunnya densitas refrigeran akibat *superheating*. Dalam prakteknya, kekurangan kapasitas pendinginan 1% tiap 2.5°C mengakibatkan pemanasan lanjut dalam pipa masuk. Isolasi di pipa masuk menjadi solusi untuk mengurangi tambahan kalor yang tidak diinginkan. *Desuperheating* merupakan suatu proses untuk melepaskan jumlah kalor yang berlebihan dari uap refrigeran *superheated*, dan jika berhasil dicapai dengan menggunakan pengaruh eksternal itu akan lebih berguna untuk COP. *Desuperheating* sering dipertimbangkan tidak praktis, disebabkan karena temperatur rendah (kurang dari 10°C) dan jumlah energi yang tersedia kecil (Dincer, 2003).

Coefficient of Performance (COP)

Nilai COP yang tinggi sangat diharapkan karena hal itu menunjukkan bahwa sejumlah tertentu refrigerasi hanya memerlukan sejumlah kecil kerja. 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):

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

dengan \dot{m} = laju aliran massa refrigeran (kg/s), Q_e = kapasitas refrigerasi (kW), $W_{net.in}$ = 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.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian tentang pengaruh superheat ini dilakukan untuk menganalisis koefisien kinerja pada bangunan *cold storage*. Sistem refrigerasi yang digunakan adalah sistem refrigerasi kompresi uap dengan memanfaatkan refrigeran R404a sebagai fluida kerjanya. Awal penelitian ini dilakukan dengan mendesain bangunan *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 *superheat*. Nilai temperatur *superheat* ini divariasikan dalam beberapa tingkat, yaitu 8K, 9K, 10K, 11K dan 12K. Perangkat lunak *Coolselector*®2 akan membaca hasil dari variasi nilai temperatur tersebut dengan memasukkannya satu per satu. Perangkat lunak akan menampilkan beberapa properti dari refrigeran ketika temperatur *superheat* tersebut divariasikan. Properti tersebut kemudian dimanfaatkan untuk menganalisis koefisien kinerja dari sistem selama beroperasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

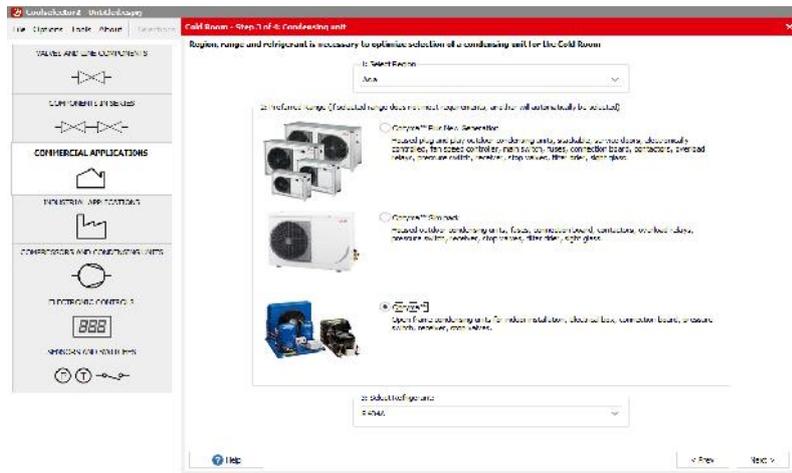
Proses awal penelitian ini dimulai dengan memperkirakan “*cooling capacity*” dari desain *cold storage* menggunakan perangkat lunak *Coolselector*®2. Parameter-parameter yang dibutuhkan dan contoh desain dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



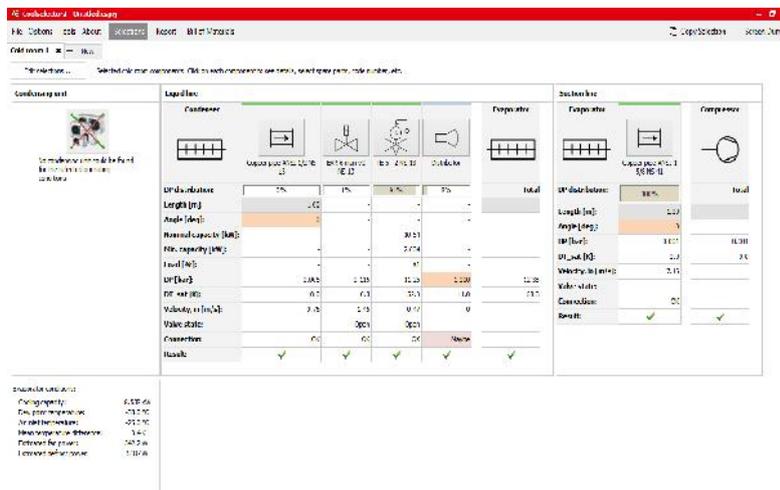
Gambar 2. Perancangan kondisi luar dan dalam *cold storage*

Prosedur selanjutnya adalah memilih wilayah, unit kondensasi dan refrigeran untuk mengoptimalkan kinerja sistem *cold storage*. Setelah proses perancangan kondisi luar dan dalam serta pemilihan wilayah, unit kondensasi dan

refrigeran, kemudian perangkat lunak akan membaca hasil desain secara keseluruhan dari *cold storage* yang dirancang termasuk dengan “cooling capacity”.

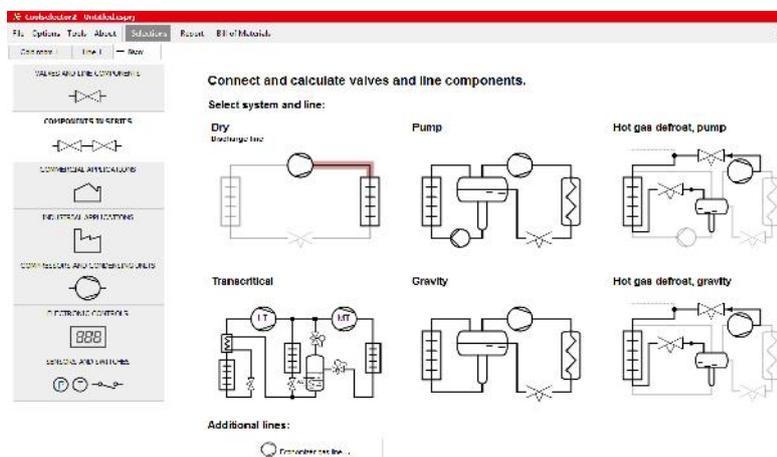


Gambar 3. Pemilihan wilayah, unit kondensasi dan refrigeran



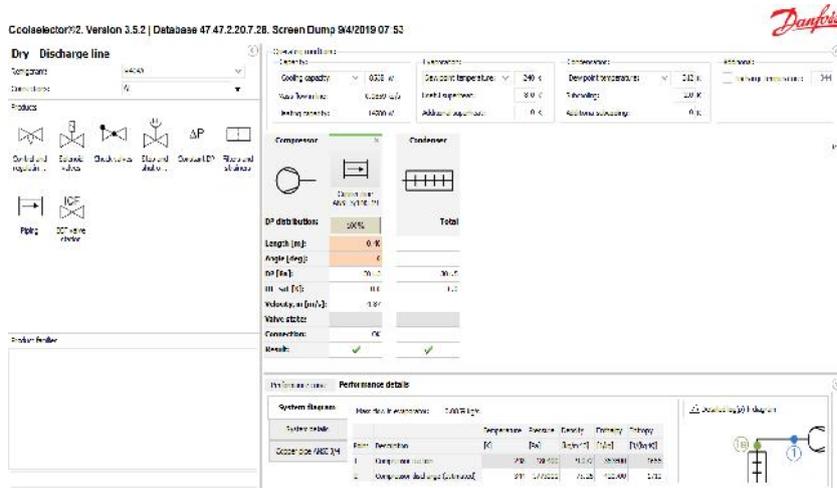
Gambar 4. Hasil perancangan

Selanjutnya dapat dilakukan analisis pengaruh temperatur superheat dengan menampilkan “performance details” dari sistem. Sebelum menampilkan “performance details” dari sistem yang dirancang, kita kembali ke menu utama dan pilih “components in series”. “Components in series” akan menampilkan beberapa pilihan sistem dan perpipaan. Dalam hal ini, perancangan pada sistem menggunakan sistem dan perpipaan tipe “dry”. Lalu, klik pada salah satu garisnya.

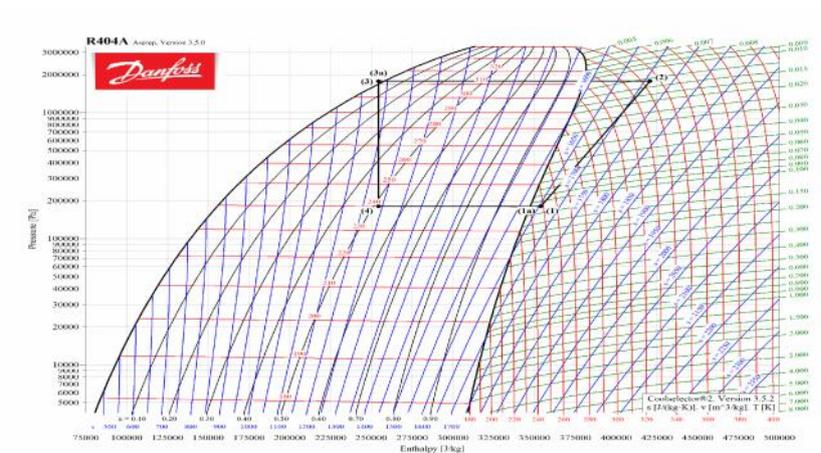


Gambar 5. Pemilihan sistem yang perpipaan yang digunakan

Setelah itu, perangkat lunak tersebut akan menampilkan “performance details” dan diagram P-h dari sistem yang dipilih. “Performance details” dan diagram P-h tersebut berguna untuk menghitung koefisien kinerja sistem dengan menggunakan beberapa properti yang ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 6. Performance details dari sistem



Gambar 7. Diagram P-h properti pada tingkat temperatur superheat (T_{sh}) 8K

Properti refrigeran R404a yang muncul pada data “performance details” sistem dapat dimanfaatkan dalam analisis pengaruh temperatur *superheat* terhadap koefisien kinerja dari sistem. Salah satu parameter yang ada pada Gambar 6, yaitu nilai “useful superheat” divariasikan dalam beberapa temperatur (8K, 9K, 10K, 11K dan 12 K) sedangkan parameter lain yang ada pada Gambar 6 konstan. “Cooling capacity” yang telah diperoleh pada hasil perancangan yaitu 8,538 kW akan digunakan sebagai nilai kapasitas refrigerasi (Q_e) yang dianggap konstan selama perhitungan. Selanjutnya dapat dianalisis koefisien kinerja sistem menggunakan Persamaan 1. Berikut data-data yang diperlukan dalam proses perhitungan koefisien kinerja sistem hasil pembacaan perangkat lunak dari beberapa nilai yang divariasikan.

Tabel 1. Data properti R404a pada beberapa variasi temperatur *superheat*

No	T_{sh} (K)	h_1 (kJ/kg)	h_2 (kJ/kg)	\dot{m} (kg/s)
1	8	353,8	420,7	0,0859
2	9	354,7	421,9	0,08519
3	10	355,5	423,1	0,08449
4	11	356,3	424,3	0,0838
5	12	357,2	425,5	0,08312

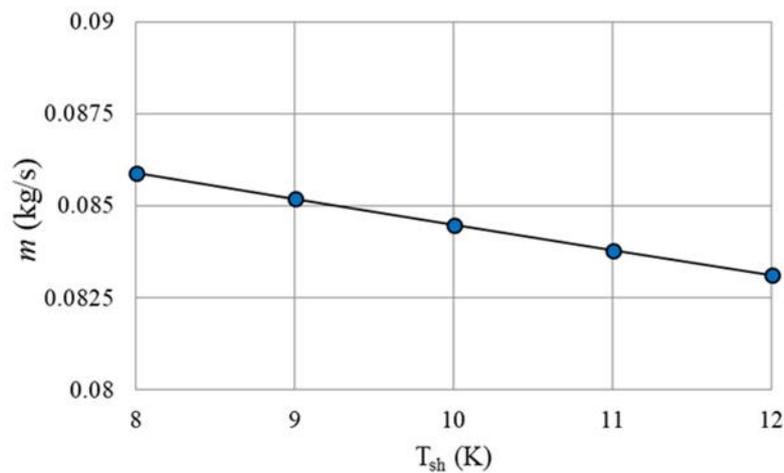
Berdasarkan data-data properti pada Tabel 1 di atas, maka koefisien kinerja (COP) dari sistem dengan variasi tingkat temperatur superheat dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 1. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Nilai Q_e , $W_{net.in}$ dan COP pada berbagai variasi temperatur *superheat*

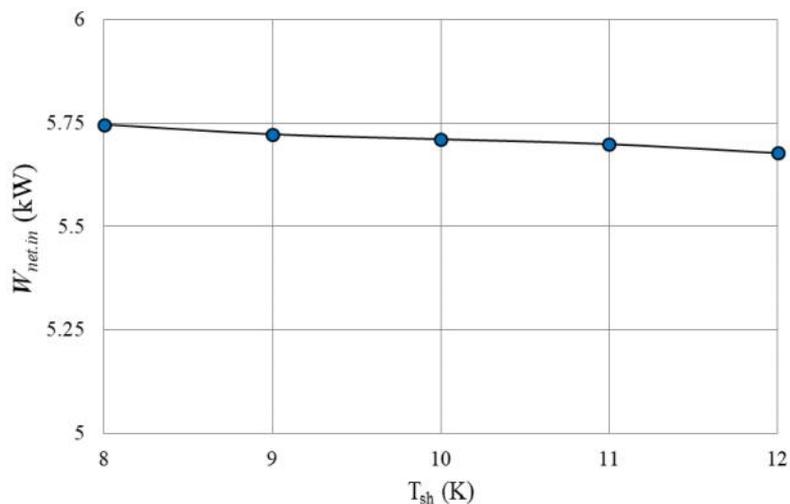
No	T_{sh} (K)	\dot{m} (kg/s)	Q_e (kW)	$W_{net.in}$ (kW)	COP
1	8	0,0859	8,538	5,747	1,486
2	9	0,08519	8,538	5,723	1,492
3	10	0,08449	8,538	5,711	1,495
4	11	0,0838	8,538	5,699	1,498
5	12	0,08312	8,538	5,677	1,504

Pengaruh Temperatur *Superheat*

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan koefisien kinerja (COP), laju aliran massa refrigeran (\dot{m}) dan kerja bersih dari kompresor ($W_{net.in}$) dengan beberapa variasi temperatur superheat (T_{sh}). Hasil tersebut dapat menjelaskan bahwa pengaruh superheat sangat penting dalam meningkatkan koefisien kinerja (COP) dari sistem. Hal ini dapat ditunjukkan dengan semakin meningkatnya temperatur superheat maka koefisien kinerja (COP) dari sistem juga ikut meningkat. Berikut grafik hubungan temperatur superheat (T_{sh}) dengan koefisien kinerja (COP), laju aliran massa refrigerant (\dot{m}) dan kerja bersih kompresor ($W_{net.in}$).

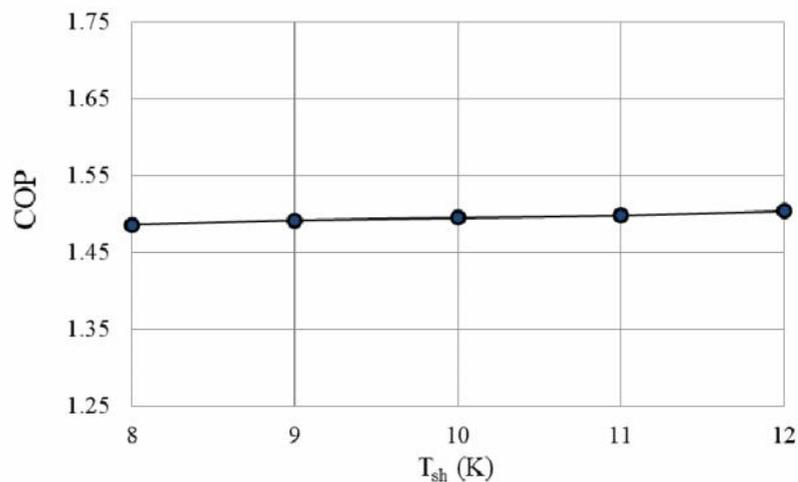


Gambar 8. Pengaruh temperatur *superheat* terhadap laju aliran massa



Gambar 9. Pengaruh temperatur *superheat* terhadap kerja bersih kompresor

Pada gambar 8, grafik hubungan antara temperatur *superheat* terhadap laju aliran massa refrigeran menunjukkan hasil yang cenderung menurun. Ketika temperatur *superheat* pada 8K hasil laju aliran massa refrigeran yaitu 0,0859 kg/s dan cenderung menurun seiring dengan meningkatnya temperatur *superheat*. Hasil yang serupa ditunjukkan oleh hubungan antara kerja bersih kompresi dengan beberapa temperatur *superheat*. Berdasarkan Gambar 9, hubungan antara temperatur *superheat* dengan kerja bersih kompresor menurun drastis. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *superheat* maka nilai kerja bersih kompresor semakin menurun. Pada variasi temperatur *superheat* 8K, nilai kerja bersih kompresor adalah 5,747 kW dan semakin menurun sampai variasi temperatur *superheat* 12K yaitu 5,677 kW. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi temperatur *superheat* maka kerja bersih yang dibutuhkan untuk mengompresi refrigeran semakin menurun.



Gambar 10. Pengaruh temperatur *superheat* terhadap koefisien kinerja

Grafik hubungan antara temperatur *superheat* dengan koefisien kinerja ditunjukkan pada Gambar 10 di mana semakin tinggi temperatur *superheat*, maka semakin besar pula koefisien kinerja sistem. Hal ini disebabkan karena semakin besar temperatur *superheat* maka temperatur refrigeran keluar evaporator akan semakin tinggi. Semakin besar temperatur *superheat* akan mengakibatkan nilai dari kapasitas refrigerasi akan semakin meningkat. Meningkatnya kapasitas refrigerasi mengakibatkan semakin besar nilai dari efek refrigerasi dan berdampak pada nilai COP yang semakin tinggi. Untuk temperatur *superheat* 8K didapat sebesar 1,486. COP ini akan cenderung mengalami peningkatan sampai temperatur *superheat* 12K yaitu 1,504.

5. KESIMPULAN

Makalah ini membahas tentang pengaruh temperatur *superheat* terhadap koefisien kinerja (COP) sistem dan dari hasil yang telah diperoleh maka variasi temperatur *superheat* berpengaruh sangat penting terhadap koefisien kinerja. Hal ini dibuktikan dengan semakin tinggi temperatur *superheat* maka nilai koefisien kinerja juga ikut meningkat. Pada temperatur *superheat* 8K, koefisien kinerja yang diperoleh adalah 1,486 dan cenderung meningkat bersamaan dengan meningkatnya temperatur *superheat*. Variasi temperatur *superheat* juga berpengaruh pada laju aliran massa refrigeran dan kerja bersih kompresor. Semakin tinggi temperatur *superheat* maka laju aliran massa refrigeran dan kerja bersih kompresor akan semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Rashed, A. A. (2011). "Effect of evaporator temperature on vapor compression refrigeration system", *Alexandria Engineering Journal* , Volume 50, pp. 283-290.
- del Valle, J. G., Sierra-Pallares, J., Vega, A. R., and Ruiz, F. C. (2019). "Influence of the degree of superheating on the performance of a R134a condenser by means of experimental and numerical studies", *International Journal of Refrigeration*, Volume 28, pp. 25-34.
- Dincer, I., and Kanoglu, M. (2010). *Refrigeration Systems and Applications*, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd, United Kingdom.
- Hendri, Prayudi, dan Nurhasanah, R. (2014). "Studi eksperimental pengaruh temperatur evaporasi terhadap unjuk kerja mesin pendingin dengan refrigeran R134a dan MC134. *Proceeding SNTTM XIII* .

- MM, G. A., Budiarto, U., dan Amiruddin, W. (2016). “Analisa unjuk kerja desain sistem refrigerasi kompresi uap pada kapal ikan ukuran 5 GT di wilayah Rembang”, *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 4, No. 4, hal. 768-778.
- Morriesen, A., and Deschamps, C. (2012). “Experimental investigation of transient fluid flow and superheating in the suction chamber of a refrigeration reciprocating compressor”, *Applied Thermal Engineering*, Volume 41, pp. 61-70.
- Rasta, I. M., dan Sunu, P. W. (2017). “Pengaruh superheat terhadap performansi sistem air conditioning jenis water chiller”, *SNITT-Politeknik Negeri Balikpapan*, hal. 288-291.
- Sasongko, M. N. (2017). “Unjuk kerja mesin pendingin kompresi uap pada beberapa variasi superheating dan subcooling”, *Saintek II, ISSN 2407-4845*, hal. 123-127.
- Selbas, R., Kizilkan, O., and Sencan, A. (2006). “Thermoeconomic optimization of subcooled and superheated vapor compression refrigeration cycle”, *Energy*, Volume 31, Issue 12, pp. 2108-2128.
- Setyawan, A., dan Prasetyo. (2016). “Pengaruh penggunaan LSHX pada kinerja mesin refrigerasi pada berbagai temperatur evaporasi”, *Industrial Research, Workshop and National Seminar*, hal. 229-235.
- Siagian, S. (2015). “Analisis karakteristik unjuk kerja kondensor pada sistem pendingin (Air Conditioning) yang menggunakan freon R-134a berdasarkan pada variasi putaran kipas pendingin”, *Bina Teknika*, Volume 11, Nomor 2, hal. 124-130.
- Xiao, J., and Hrnjak, P. (2019). “Flow regimes during condensation from superheated vapor”, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Volume 132, pp. 301-308.
- Zhao, Z., Li, Y., Wang, L., Zhu, K., and Xie, F. (2015). “Experimental study on film condensation of superheated vapour on a horizontal tube”, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Volume 61, pp. 153-162.