

RANCANG BANGUN SISTEM *BRINE COOLING* UNTUK PENYIMPANAN UDANG 5 KG MENGGUNAKAN *SECONDARY REFRIGERANT* JENIS *ETHYLENE GLYCOL*

¹ Sunanto, ²Aa setiawan, ³Abdul Aziz

^{1,2,3}Politeknik Negeri Indramayu
Email: ¹sunanto08@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbandingan nilai kinerja dari mesin brine cooling dengan media refrigeran sekunder menggunakan 100% ethylene glycol. Serta untuk mengetahui kinerja mesin pendingin (COP) dengan metode sistem konvensional dengan menambahkan refrigeran sekunder kedalam sistem untuk mendinginkan produk yang ada pada dalam kabin. Untuk mencapai tujuan tersebut peneliti melakukan perhitungan beban pendinginan pada sistem brine cooling. Beban pendinginan yang dihasilkan pada mesin brine cooling yaitu 0,85 kJ/s, temperatur ethylene glycol yang dicapai dalam 2 jam yaitu -16,5°C dan temperatur produk yang dicapai dalam 2 jam -4°C, COP_{actual} yang didapat dari sistem brine cooling ini ialah 3,14 dan efisiensi 72 %, daya listrik 29,2 Watt. Dan daya listrik perbulan Rp 26.317,86

Kata Kunci: Beban Pendinginan, Brine Cooling, Kinerja

Abstract

The purpose of this study was to determine the comparison of the performance value of the brine cooling machine with secondary refrigerant media using 100% ethylene glycol. As well as knowing the performance of the COP cooling engine with the conventional system method which added secondary refrigerant to cool the products in the cabin. To achieve this goal, the researchers calculated the cooling load on the brine cooling system. The cooling load generated in the brine cooling machine is 0.85 kJ/s, the ethylene glycol temperature reached in 2 hours is -16.5 ° C and the product temperature is reached in 2 hours -4 ° C, COP_{actual} obtained from the brine system This cooling is 3.14 and 72% efficiency, 299.2 Watt electric power. And the monthly electricity power is Rp. 26,317.86, -

Keywords: Cooling Load, Brine Cooling, Performance

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini teknologi mengenai sistem refrigerasi maupun tata udara telah banyak mengalami kemajuan dan aplikasinya telah banyak diterapkan baik dalam kehidupan sehari-hari atau rumah tangga dan juga industri besar, dan sampai saat ini sistem refrigerasi yang banyak digunakan yaitu sistem kompresi uap. Dilihat dari prosesnya sistem kompresi uap mempunyai dua proses yaitu proses (*direct expansion*) pendinginan langsung dan proses (*indirect expansion*) pendinginan tidak langsung. Proses *direct expansion* atau pendinginan langsung adalah proses pendinginan dimana koil secara langsung mendinginkan beban atau ruangan, sedangkan proses *indirect expansion* atau pendinginan tidak langsung adalah proses dimana koil tidak secara langsung mendinginkan beban

atau ruangan melainkan koil mendinginkan fluida terlebih dahulu lalu fluida tersebut disirkulasikan ke ruangan atau beban yang akan didinginkan. Fluida yang didinginkan tersebut dikenal dengan refrigeran sekunder. Meskipun teknologi refrigerasi mengalami banyak kemajuan tetapi di sisi lain juga mempunyai dampak negatif, salah satunya adalah penipisan lapisan ozon, dan krisis energi dan pemanasan global.

Melihat dampak negatif yang timbul dari teknologi refrigerasi maka penulis dalam laporan tugas akhir ini akan membahas tentang sistem refrigerasi dengan pendinginan tidak langsung (*indirect expansion*) dengan jenis refrigeran sekunder menggunakan 100% *ethylene glycol*. Dipilihnya pembahasan ini oleh penulis dikarenakan mempunyai keuntungan dari sistem yang dapat

mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan. Keuntungan dari sistem ini antara lain penggunaan refrigeran primer yang lebih sedikit dibandingkan dengan sistem langsung atau *direct expansion* lebih merata proses pendinginan terhadap produk, design untuk sistem refrigeran primernya lebih sedikit dibandingkan dengan sistem langsung dikarenakan dibandingkan dengan udara, air memiliki kapasitas termal yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara, salah satu factor yang mempengaruhi tersebut adalah karena densitas air lebih tinggi dibandingkan dengan udara. Berarti untuk volume yang sama, air mampu mentransportasikan panas lebih besar dibandingkan dengan udara. Dari kedua keuntungan tersebut juga dapat membuat efisiensi mesin pendingin meningkat jika air digunakan sebagai pendingin condenser (Milender, 1998).

Dengan banyaknya jenis *brine* atau *anti freezing* yang dapat digunakan sebagai *heat transfer* maka pada karya tulis ilmiah ini penulis menggunakan jenis *brine ethylene glycol* dikarenakan tingkat korosif yang rendah, produk yang digunakan pada tugas akhir adalah udang, sehingga sesuai dengan sistem yang berbahan aluminium maupun tembaga dan temperatur bekunya pun rendah hingga dapat di aplikasikan untuk kebutuhan -20°C hingga -40°C (-68°F hingga -104°F).

Tujuan Penelitian

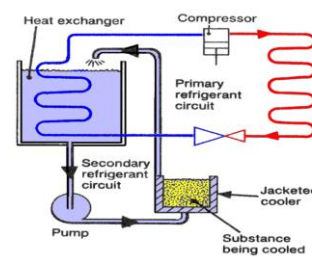
Adapun penelitian bertujuan untuk:

1. Untuk Mengetahui beban pendingin pada sistem *brine cooling*.
2. Mengetahui temperatur yang dapat dicapai pada produk menggunakan *ethylene glycol*

II. TINJAUAN PUSTAKA

Brine cooling merupakan alat pendinginan, yang digunakan untuk mendinginkan produk dengan refrigeran sekunder sebagai media penyerap kalor, supaya terbentuk produk yang diinginkan. Proses pendinginan pada sistem *brine cooling*, menggunakan sistem pendinginan tidak langsung, dengan menggunakan refrigeran perantara atau bisa dinamakan refrigeran sekunder. Refrigeran sekunder yaitu suatu fluida yang mengangkut kalor dari bahan yang sedang didinginkan ke evaporator. *Brine* membawa energi kalor bertemperatur rendah dari media pendinginan (cetakan) ke evaporator. Refrigeran sekunder mengalami perubahan temperatur bila menyerap kalor dari produk

kemudian membuang kalor tersebut di evaporator. Tetapi *Brine* tidak mengalami perubahan fasa. Secara umum refrigeran sekunder berupa air biasa, air garam *propylene glycol*, *ethylene glycol*, *propylene glycol*, *kalsium khlorida*, dan lain-lainnya. Refrigeran sekunder yang didinginkan di evaporator, kemudian disirkulasikan untuk membawa energi kalor bertemperatur rendah dan menyerap kalor dari sekitarnya terutama cetakan termasuk produk. Karena *brine* di sini tidak mengalami perubahan fasa, yaitu tetap cair (*liquid*), saat pertukaran kalor di evaporator antara *Brine* dengan R-134a maupun saat menyerap kalor dari cetakan dan produk, maka untuk sirkulasinya digunakan pompa.



Gambar 1. Brine Cooling System Piping

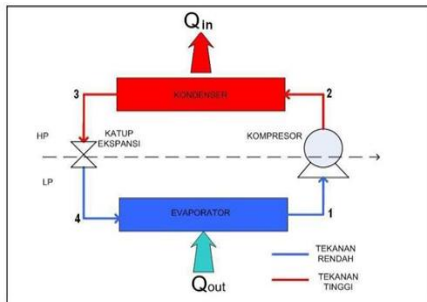
Secara umum sistem *Brine cooling* ini mempunyai dua siklus sistem pendinginan. Sistem pertama menggunakan sistem pendinginan kompresi uap sederhana dengan refrigeran primer. Yang kedua adalah sistem pendinginan yang menggunakan refrigeran sekunder (*ethylene glycol*) yang menyerap kalor terutama dari produk.

Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

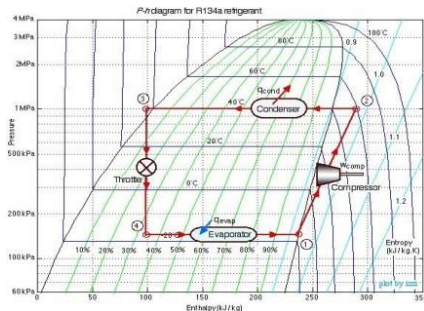
Siklus refrigerasi kompresi mengambil keuntungan dari kenyataan bahwa fluida yang bertekanan tinggi pada suhu tertentu cenderung menjadi lebih dingin jika di biarkan mengembang. Jika perubahan tekanan cukup tinggi, maka gas yang ditekan menjadi lebih panas dari pada sumber dingin diluar (contoh udara diluar) dan gas yang mengembang menjadi lebih dingin dari pada suhu dingin yang dikehendaki. Dalam kasus ini, fluida digunakan untuk mendinginkan lingkungan bersuhu rendah dan membuang panas kelingkungan yang bersuhu tinggi.

Siklus refrigerasi kompresi uap memiliki dua keuntungan. Pertama, sejumlah besar energi panas diperlukan untuk merubah cairan menjadi uap, dan oleh karena itu banyak panas yang dapat dibuang dari ruang yang disejukkan. Kedua, sifat-sifat

isothermal penguapan membolehkan pengambilan panas tanpa menaikkan suhu fluida kerja ke suhu berapapun didinginkan. Hal ini berarti bahwa laju perpindahan panas menjadi tinggi, sebab semakin dekat suhu fluida kerja mendekati suhu sekitarnya akan semakin rendah laju perpindahan panasnya (Hermawan W, 2008).



Gambar 2. Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Sederhana



Gambar 3. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap pada Diagram P-h

A. Proses Kompresi (1 - 2)

Proses ini berlangsung di kompresor secara isentropic adiabatik. Kondisi awal refrigeran pada saat masuk kompresor adalah uap jenuh bertekanan rendah, setelah dikompresi refrigeran menjadi uap bertekanan tinggi. Oleh karena proses ini dianggap isentropic, maka temperature keluar kompresor pun meningkat. Besarnya kerja kompresi per satuan massa refrigerant bisa dihitung dengan rumus di bawah ini (Hermawan W, 2008)

Kerja kompresi yang dilakukan kompresor:

$$q_w = h_2 - h_1 \quad (1)$$

Kapasitas kompresi Q_w adalah:

$$Q_w = \dot{m} \cdot q_w \quad (2)$$

Dimana:

Q_w = kapasitas kompresi (kW)

\dot{m} = laju aliran massa refrigerant (kg/s)

Q_w = besarnya kerja kompresi yang dilakukan (kJ/kg)

h_1 = entalpi refrigerant saat masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = entalpi refrigerant saat keluar kompresor (kJ/kg)

B. Proses Kondensasi (2 – 3)

Proses ini berlangsung di kondensor. Refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi keluaran dari kompresor membuang kalor sehingga fasanya berubah menjadi cair. Hal ini berarti bahwa di kondensor terjadi penukaran kalor antara refrigerant dengan udara, sehingga panas berpindah dari refrigerant ke udara pendingin dan akhirnya refrigerant mengembun jadi cair. Besar panas persatuan masa refrigerant yang di kondensor dinyatakan sebagai berikut (Hermawan W, 2008).

Pembuangan kalor (*heat rejection*) yang dilakukan kondensor:

$$q_c = h_2 - h_3 \quad (3)$$

Kapasitas kondensasi Q_c adalah:

$$Q_c = \dot{m} \cdot q_c \quad (4)$$

Dimana:

Q_c = kapasitas kondensasi (kW)

\dot{m} = laju aliran massa refrigerant (kg/s)

q_c = besarnya panas dilepas di kondensor (kJ/kg)

h_2 = entalpi refrigerant saat masuk kondensor (kJ/kg)

h_3 = entalpi refrigerant saat keluar kondensor (kJ/kg)

$h_3 = h_4$

C. Proses Ekspansi (3 – 4)

Proses ini berlangsung secara isoentalpi, hal ini berarti tidak terjadi penambahan entalpi tetapi drop tekanan dan penurunan temperatur. Proses penurunan tekanan terjadi pada katup ekspansi yang berbentuk pipa kapiler yang berfungsi mengatur aliran refrigerant dan menurunkan tekanan (Hermawan W, 2008).

D. Proses Evaporasi (4 – 1)

Proses ini berlangsung di evaporator secara isobar isothermal. Refrigeran dalam wujud cair bertekanan rendah menyerap kalor dari lingkungan atau media yang didinginkan sehingga wujudnya berubah menjadi gas bertekanan rendah. Kondisi

refrigerant saat masuk evaporator sebenarnya adalah campuran cair dan gas, hal ini terlihat dari gambar, yang mana posisi titik 4 berada di dalam kubah garis jenuh. Besarnya kalor yang diserap oleh evaporator adalah seperti dibawah berikut ini (Hermawan W, 2008)

Efek Refrigrasi pada evaporator:

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (6)$$

Kapasitas evaporasi Qe adalah:

$$Q_e = \dot{m} \cdot q_e \quad (7)$$

Dimana:

Qe = kapasitas evaporasi (kW)

\dot{m} = laju aliran massa refrigerant (kg/s)

qe = besar kalor yang diserap di evaporator (kJ/kg)

h₁ = entalpi saat keluar evaporator (kJ/kg)

h₄ = entalpi saat masuk evaporator (kJ/kg)

Koefisien Kinerja Sistem (COP)

Selain kerja kompresor dan kapasitas penyerapan panas di evaporator, pada sistem refrigrasi kompresi uap juga dikenal istilah coefficient of performance (COP) yang mana nilai COP tersebut merupakan suatu nilai perbandingan antara kapasitas penyerapan panas yang terjadi di evaporator. Dengan sejumlah kerja kompresi yang dilakukan di kompresor. Atau dengan kata lain: (Hermawan W, 2008)

COP ini digunakan untuk mengetahui kualitas kerja dari suatu mesin refrigrasi.

Efek refrigrasi $q_e = h_1 - h_4$ (kJ/kg)..... (8)

Kerja spesifik $w = h_2 - h_1$ (kJ/kg)..... (9)

Efek kondensasi $q_c = h_2 - h_3$ (kJ/kg)..... (10)

Prestasi aktual mesin refrigrasi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$COP_{aktual} = \frac{q_e}{w} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_3} \dots\dots\dots (11)$$

dengan,

COP_{aktual} = Coefficient of Performance aktual

q_e = Efek refrigrasi (kJ/kg)

w = Kerja kompresi (kJ/kg)

Dan kualitas idealnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan COP_{carnot}, sebagai berikut:

$$COP_{carnot} = \frac{T_e}{T_k - T_e} \dots\dots\dots (12)$$

dengan,

COP_{carnot} = Coefficient of Performance carnot

T_k = Temperatur evaporasi (K)

T_e = Temperatur kondensasi (K)

Sedangkan untuk menghitung efisiensi mesin refrigrasi dapat diperoleh dengan membandingkan nilai COP_{aktual} dengan COP_{carnot},

$$\eta_R = \frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}} \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

dengan,

η_R = Effisiensi refrigrasi

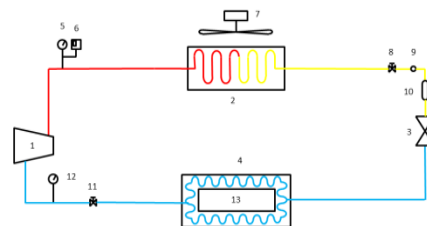
COP_{aktual} = Coefficient of Performance aktual

COP_{carnot} = Coefficient of Performance carnot

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan menyiapkan perangkat uji berupa Kompresor, Kondensor, Ekspansi, dan Evaporator, serta evaporator yang di rendem dalam kabin menggunakan refrigeran sekunder.

Sistem yang digunakan pada sistem brine cooling menggunakan ethylene glycol sebagai refrigeran sekunder ini adalah sistem kompresi uap, dengan sistem evaporator yang di rendem untuk mendinginkan kabin serta produk yang ada di dalam kabin.

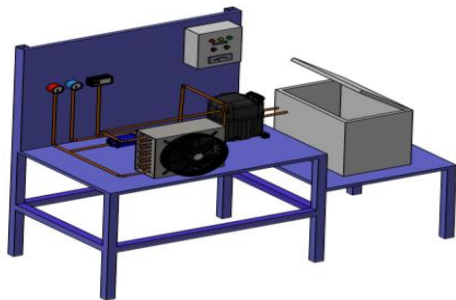


Gambar 4. Piping Brine Cooling Penyimpanan Udang

Sistem kerja brine cooling ini sama seperti sistem kompresi uap pada umumnya yaitu kompresor (1) akan mengompresi refrigeran yang memiliki fasa gas untuk menaikkan tekanan dan temperaturnya, yang selanjutnya akan dialirkan ke kondensor (2) yang sebelumnya melewati high pressure gauge (2) dan high pressure switch (3). Di kondensor tersebut kalor dilepaskan dengan bantuan fan kondensor (7), setelah melewati kondensor refrigeran akan dialirkan ke ekspansi/pipa kapiler (3) yang sebelumnya melewati hand vakve (8) sight glass (9) dan strainer (10). Di ekspansi/pipa kapiler tersebut tekanan dan temperatur di turunkan secara drastis, kemudian refrigeran mengalir ke evaporator (4) untuk menyerap kalor refrigeran sekunder (ethylene glycol) setelah itu refrigeran sekunder

menyerap kalor dari kabin (13) dan produk. Setelah dari evaporator (4) refrigeran akan melewati low pressure gauge (12) kemudian di hisap pipa suction, proses tersebut bekerja secara berulang.

Diskripsi Perangkat Uji



Gambar 5. Desain Trainer

Komponen Perangkat Uji:

1. Komponen utama sistem refrigerasi seperti, Kompresor, Kondensor, Ekspansi, dan Evaporator
2. Refrigeran R134a
3. Alat-alat ukur: thermometer digital, tang ampre, pressure gauge.

Prosedur Pengujian

Perancangan dimulai dengan studi pendahuluan meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian. Selanjutnya adalah landasan teori, dilakukan studi literature dari berbagai jurnal dan buku yang berkaitan dengan penelitian. Berikutnya dilakukan metodologi penelitian yaitu pengadaan alat dan bahan untuk kebutuhan penelitian. Setelah alat dan bahan lengkap, lalu dilakukan proses perakitan mesin. Setelah alat jadi kemudian lakukan test kebocoran juga pemvakuman. Jika tidak terjadi kebocoran lalu dilakukan pemvakuman maka dilakukan *test running* serta pengambilan data untuk penelitian. Apabila data tidak sesuai dengan data rancangan maka akan dilakukan pengecekan pada saat instalasi alat dan perbaikan terlebih dahulu. Setelah alat penelitian siap, maka dilakukan pengambilan data ulang sehingga diperoleh data yang sesuai.

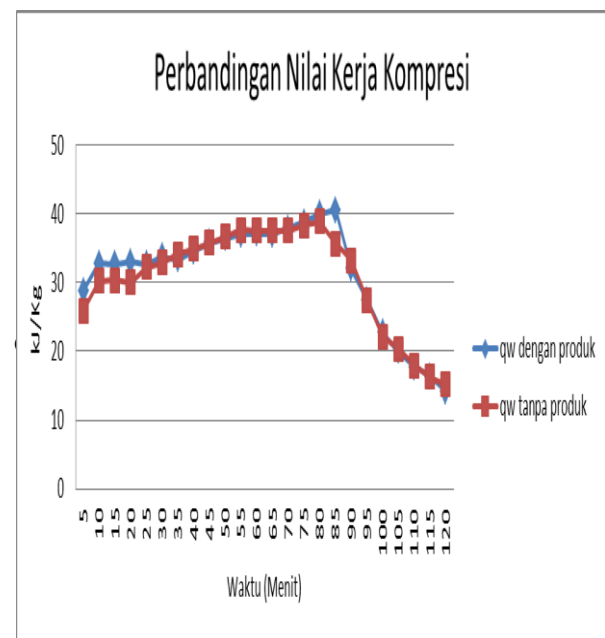
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dan analisa di dapat data yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Perbandingan Data Rancangan dan Hasil Rancangan

Variable	Data Rancangan	Hasil Rancangan
Temperatur Kabin	-5°C	-7,2°C
Temperatur Kondensor	50°C	45,°C
Temperatur Evaporator	-15°C	-16,2°C
Temperatur Produk	-2,2°C	-4°C
COPaktual	2,7	3.14
COPcarnot	3,9	4,34
Efisiensi	68%	72%

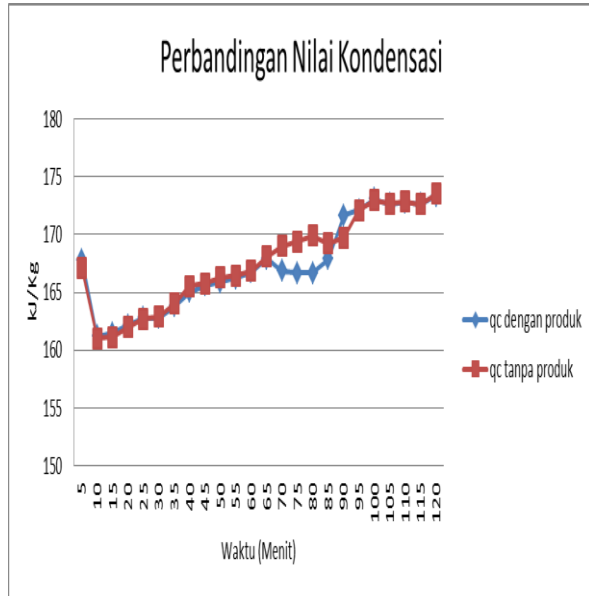
Berdasarkan data hasil pengujian kinerja mesin *brine cooling* dengan produk dan tanpa produk dapat ditampilkan kedalam grafik berikut:



Gambar 6. Grafik Perbandingan nilai kerja kompresi Produk dan Tanpa Produk

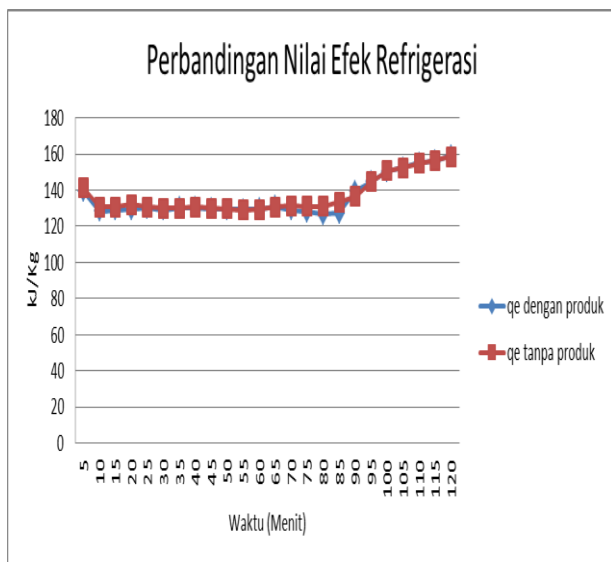
Dari grafik diatas dijelaskan pada menit ke-5 sampai menit ke-85 qw produk dan tanpa produk nilai kerja kompresinya terjadi kenaikan, setelah itu di menit ke-90 sampe menit ke-120 nilai kerja kompresinya produk dan tanpa produk terjadi penurunan dikarenakan sistem dalam kondisi off kompresornya berdasarkan setpointnya atau dalam kata lain mati temperatur mencapai set point. Dapat disimpulkan rata-rata kerja kompresi dengan produk yaitu 31.36 kJ/Kg dan rata-rata kerja kompresi tanpa

produk yaitu 30.79 kJ/Kg. Kerja kompresi pada produk lebih besar dikarenakan beban produk yang ada di dalam kabin. Dengan adanya beban maka sudah tentu akan berpengaruh pada kinerja mesin tersebut



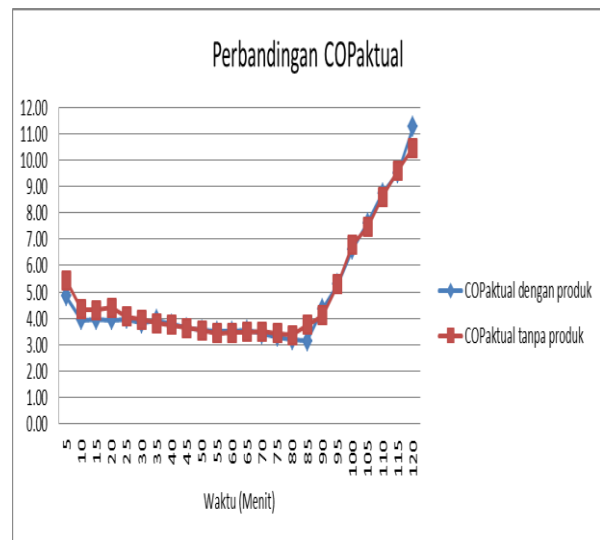
Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai Kondensasi Produk & Tanpa Produk

Dari grafik diatas dijelaskan pada menit ke-5 qc produk dan tanpa produk nilai kondensasinya hampir sama, setelah itu di menit ke-10 sampe menit ke-120 nilai kondensasi produk dan tanpa produk terjadi kenaikan dan stabil. Dapat disimpulkan rata-rata nilai kondensasi dengan produk yaitu 167.33 kJ/Kg dan rata-rata nilai kondensasi tanpa produk yaitu 167.67 kJ/Kg. Nilai kondensasi tanpa produk cenderung lebih besar dibandingkan dengan produk.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Efek Refrigerasi Produk & Tanpa Produk

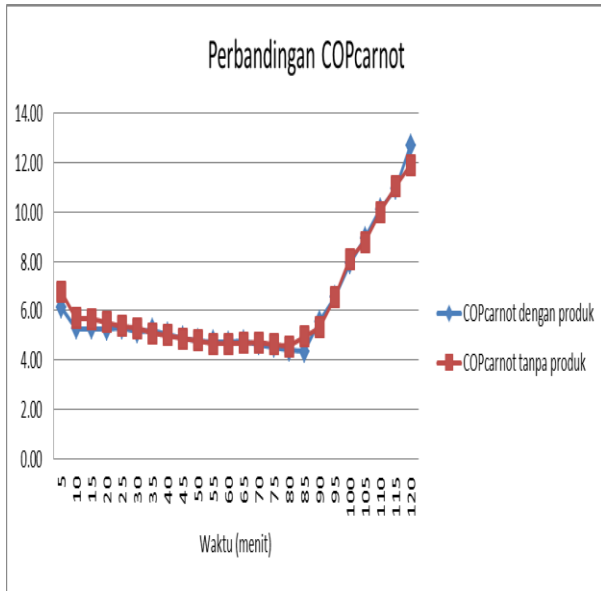
Dari grafik diatas dijelaskan bahwa menit ke-5 qc produk terjadi penurunan kerja dan selanjutnya stabil sampe menit ke-85 nilai efek refrigerasinya terjadi kenaikan di menit 90 sampe menit ke-120, setelah itu qc menit ke-5 qc Tanpa produk terjadi penurunan kerja dan selanjutnya stabil sampe menit ke-85 nilai efek refrigerasinya terjadi kenaikan di menit 90 sampe menit ke-120. Dapat disimpulkan rata-rata nilai efek refrigerasi dengan produk yaitu 135.97 kJ/Kg dan rata-rata efek refrigerasi tanpa produk yaitu 136.89 kJ/Kg. Nilai efek refrigerasi tanpa produk cenderung lebih besar dibandingkan dengan produk.



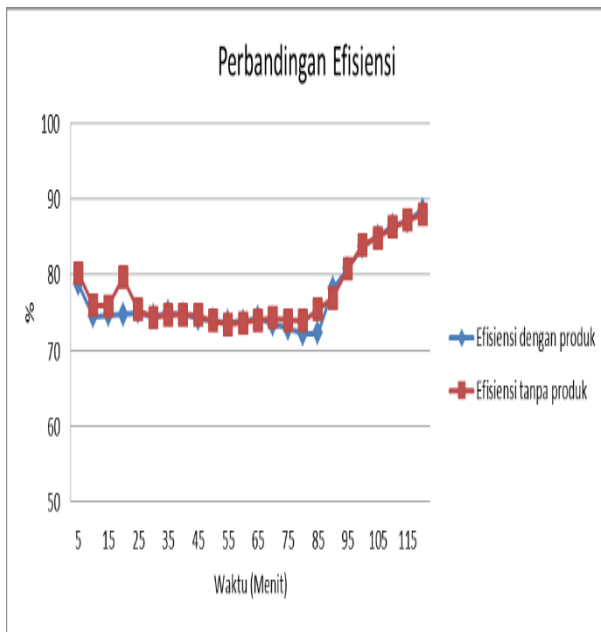
Gambar 9. Grafik Perbandingan COPaktual Produk dan Tanpa Produk

Dari grafik diatas dijelaskan bahwa di menit ke-5 COPaktual produk dan tanpa produk terjadi penurunan dan di menit ke-85 COPaktual produk dan tanpa produk cenderung stabil sampe menit ke-120. Dapat disimpulkan rata-rata nilai COPaktual dengan produk yaitu 4,84 dan rata-rata COPaktual tanpa produk yaitu 4,91. Nilai COPaktual tanpa produk cenderung lebih besar dibandingkan dengan produk.

Pada Gambar 10 dijelaskan bahwa di menit ke-5 COPcarnot produk dan tanpa produk terjadi penurunan dan di menit ke-85 COPcarnot produk dan tanpa produk cenderung stabil sampe menit ke-120. Dapat disimpulkan rata-rata nilai COPcarnot dengan produk yaitu 6,13. dan rata-rata COPcarnot tanpa produk yaitu 6,19. Nilai COPaktual tanpa produk cenderung hampir sama dengan COPcarnot dengan produk.



Gambar 10. Grafik Perbandingan COPcarnot Produk dan Tanpa Produk



Gambar 11. Grafik Perbandingan Efisiensi Produk dan Tanpa Produk

Dari grafik diatas dijelaskan bahwa di menit ke-5 efisiensi dengan produk terjadi penurunan dan setelah itu terjadi kenaikan di menit ke-85 dan selanjutnya cenderung stabil, di menit ke-90 efisiensi dengan produk terjadi kenaikan sampe menit ke-120 di karenakan temperatur mencapai set point. Sementara efisiensi tanpa produk di menit ke-5 terjadi penurunan setelah itu tarjadi kenaikan dan selanjutnya cenderung setabil, di menit ke-85, di menit ke-90 efisiensi tanpa produk mengalami

kenaikan sampe menit ke-120. Dikarenakan temperatur mencapai set point. Dapat disimpulkan rata-rata efisiensi dengan produk mendapatkan nilai 77,24% dan rata rata efisiensi tanpa produk mendapatkan nilai 77,81%. Nilai efisiensi tanpa produk lebih besar sedikit dibandingkan dengan produk.

V. KESIMPULAN

Dapat diketahui dari hasil perhitungan beban pendinginan pada mesin *brine cooling* yaitu 0,85 kJ/s dan daya kompresor pada mesin *brine cooling* 0,311 kJ/s. Berdasarkan hasil pengujian dan pengambilan data, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian dan pengambilan data temperatur produk dapat mencapai -4°C menggunakan refrigeran sekunder jenis *ethylene glycol*.
2. Nilai COPaktual yang diperoleh pada hasil pengujian adalah 3,14. nilai COPcarnot 4,34 dan efisiensi 72%

VI. DAFTAR PUSTAKA

ASHRAE, 2018, *Handbook Refrigeration SI*.
ASHRAE Refrigeration HandBook 2006. *Unfrozen Composition Data, Intial Freezing Point, and Specific Heats of Foods*. Chapter 9.4
Dossat, Roy J. 1981. *Prinsiples of Refrigeration Second Edition SI Version*. Canada: Jhon Wiley and Sons, Inc.
Frank Hillern, Ph.D., 2001. TYFOROP GmbH, Hamburg, *Thermophysical Properties and Corrosion Behaviour of Secondary Coolans*, ASHRAE WINTER Meeting, Atlanta, GA.
Hermawan, W. 2008. Penelitian Resapan Buatan Melalui Sumur Dalam Terhadap Air Tanah Terkekang Secara Gravitasi. Peneliti Bidang Teaknik Hidrologi Puslitbang Sumber Daya Air. Bandung.
Milender, A 1998, *A Critical Review on Thermophysical Properties of Liquid Secondary Refrigerant, Natural Working Fluids '98*, HR – Gustav Lorentzen Conf.Oslo.
Zafer, U., 2003, “*Secondary Refrigeration European Experiences, 2003 ASHRAE Winter Meeting Chicago*”, USA, Environmental Process Sისტems Limited Unit 32, Mer View Industrial Estate,

Yaxley, Cambridgeshire, PE7 3HS.
Physical Properties of Ethylene Glycol,
2008 The MEGlobal Group of Companis.

Tao Jia at al. march 2020, page 63-70, Solubilities
of difluoromethane (R32) in polyol ester,
polyvinylether, and polyalkylene glycol
base oils at temperatures from 237 K to 351
K.

Tao Jia At al. may 2021 page 84-89, Experimental
investigation for the solubilities of 2,3,3,3-
tetrafluoroprop-1-ene (R1234yf) in
polyolester, polyvinylether, and
polyalkylene glycol base oils.