

KAJI EKSPERIMENTAL PERFORMANSI MESIN PENDINGIN TYPE CHILLER UNTUK COLD STORAGE DAN INDOOR MENGGUNAKAN COOLANT ETHYLENE GLYCOL

Hendrik Syahputra

Laboratorium Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

*E-mail : hendriksyahputra10121991@gmail.com

ABSTRAK

Refrigerasi merupakan suatu kebutuhan dalam kehidupan saat ini terutama bagi masyarakat perkotaan. Refrigerasi dapat berupa lemari es pada rumah tangga, penyimpanan dingin, pendingin sayur, buah-buahan, daging, minuman dan sebagainya. Sistem refrigerasi kompresi uap juga digunakan pada aplikasi tata udara. Mesin pendingin ini bertujuan mendinginkan *coolant ethylene glycol* sehingga bertemperatur dibawah 0°C untuk penyimpanan dingin dan mengukur kemampuan mesin pendingin dalam mendinginkan ruangan. Performansi mesin pendingin untuk penyimpanan dingin dan ruangan terdapat perbedaan nilai COP, nilai COP yang ke ruangan lebih besar dibanding dengan yang ke penyimpanan dingin disebabkan kerja yang diberikan ke ruangan lebih besar dari pada ke penyimpanan dingin, perubahan entalpi evaporator juga sangat mempengaruhi nilai COP, semakin besar perubahan entalpi evaporator maka akan semakin besar pula nilai COP yang diberikan mesin tersebut.

Kata Kunci: Mesin pendingin, cold storage, indoor, coolant ethylene glycol, refrigeran

ABSTRACT

Refrigeration is a necessity in today's life, especially for urban communities. Refrigeration can be in the form of refrigerators in households, cold storage, vegetable coolers, fruits, meat, beverages and so on. Vapor compression refrigeration systems are also used in air conditioning applications. This cooling machine aims to cool ethylene glycol coolant so that the temperature is below 0°C for cold storage and measure the ability of the cooling machine to cool the room. The performance of the cooling machine for cold storage and the room there is a difference in COP value, the COP value to the room is greater than that to cold storage because the work given to the room is larger than cold storage, the change in the enthalpy of the evaporator also greatly affects the COP value, the greater the change in the enthalpy of the evaporator, the greater the COP value given by the machine.

Keywords: Refrigeration machine, cold storage, indoor, , coolant ethylene glycol, refrigeran

PENDAHULUAN

Pada temperatur biasa (temperatur kamar) makanan cepat menjadi busuk karena pada temperatur biasa bakteri akan berkembang cepat, sedangkan pada temperatur 4,4 °C atau 40 °F (temperatur yang biasa untuk mengawetkan makanan) bakteri berkembang sangat lambat sehingga makanan akan lebih tahan lama. Dengan kata lain makanan

tersebut diawetkan dengan cara mendinginkannya. Kegunaan lain dari mesin pendingin adalah penyejuk ruangan, mendinginkan minuman (*beverage cooling*), untuk membuat es batu, es mambo dan lain-lain, pada rumah tangga dapat kita lihat lemari es dapat menyimpan susu, sayuran, buah-buahan, daging dan lain-lain. Untuk pengawetan dalam jumlah yang lebih besar dapat dilihat pada tempat pemotongan ternak (*butcher*).

Dan juga pada kendaraan pengangkut daging, sayuran, dan ikan ketempat-tempat yang jauh agar tidak busuk sampai ditempat tujuan (Hanafi, 2006). Penelitian yang dilakukan tentang performansi mesin pendingin telah banyak dilakukan. (Kolang et al., 2010), telah melakukan penelitian tentang analisa performansi sistem pendingin ruangan dan efisiensi energi listrik pada sistem *water chiller* dengan penerapan metode *cooled energy storage* didapat nilai performansi sistem pendingin dengan penggunaan *full* sistem lebih rendah dari pada performansi sistem pendingin pada penggunaan *half* sistem. Hal ini dapat dilihat pada hasil perhitungan kerja kompresi, dampak refrigrasi dan COP. Performansi mesin refrigrasi kompresi uap ditentukan oleh beberapa parameter, diantaranya adalah kapasitas pendingin, kapasitas pemanasan, daya kompresi, koefisien performansi dan performansi faktor (Aziz, 2005).

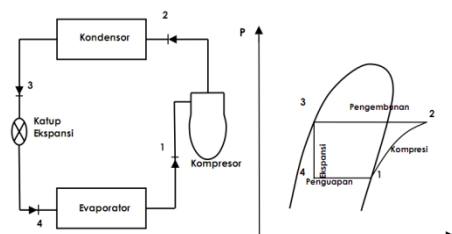
(Erdonal et al., 2009) juga telah melakukan penelitian tentang *cooling unit performance analysis of fish (cold storage) to Improve quality in fishermen catch* Cirebon didapat nilai COP aktual yang dicapai oleh *cold storage* tersebut adalah sekitar 2,24 lebih kecil dari COP *carnot* nya yang sebesar 4,13.

Penelitian yang dilakukan tentang rancang bangun mesin pendingin bertemperatur dibawah 0°C untuk *Cold Storage System* (W. djoko, Junial, Hadi), telah berhasil dilakukan dengan lama pengujian 750 menit (12,5) jam dengan hasil koefisien perpindahan panas total (U_o) $85,703\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, luas permukaan perpindahan panas (A_o) $0,153\text{ m}^2$, dan panjang total pipa evaporator (L_{tot}) $4,88\text{ m}$, temperatur cairan khusus $-4,59^{\circ}\text{C}$, temperatur ruangan evaporator $-3,87^{\circ}\text{C}$, temperatur *cold storage* $-0,53^{\circ}\text{C}$, temperatur *indoor* $25,03^{\circ}\text{C}$, oleh karena itu dari penelitian ini maka mesin pendingin bertemperatur dibawah 0°C untuk *Cold Storage System* dapat diuji untuk mendapatkan performansinya, dari *box* refrigrasi dipompakan ke *cold storage*, dan dari *box* refrigrasi tersebut dipompakan ke ruangan (*indoor*).

Daur siklus Kompresi Uap Standar (Teoritis)

Daur kompresi uap standar merupakan siklus teoritis, Siklus kompresi uap disebut sebagai siklus yang dioperasikan oleh kerja (*work operated system*), karena kenaikan tekanan refrigeran dilakukan oleh kompresor yang memerlukan kerja dari luar. Mesin pendingin dengan siklus kompresi

uap (*Vapour Compression Cycle*) merupakan mesin yang paling banyak digunakan pada refrigrasi. Pada siklus ini uap ditekan, kemudian diembunkan menjadi cairan, kemudian tekanannya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali. Penyerapan panas pada siklus kompresi uap dilakukan dalam evaporator dengan temperatur dan tekanan rendah. Di dalam evaporator, refrigeran berubah dari fase cair menjadi fasa gas, lalu masuk ke kompresor. Karena kerja kompresor, refrigeran menjadi gas bertemperatur dan bertekanan tinggi. Untuk melepaskan panas yang diserap oleh evaporator, refrigeran diembunkan di dalam kondensor sehingga refrigeran menjadi cair. Sebelum refrigeran memasuki evaporator, refrigeran diekspansikan terlebih dahulu oleh katup ekspansi. Pada alat ini tekanan refrigeran yang masuk ke evaporator diturunkan. Penurunan tekanan ini disesuaikan dengan kondisi yang diinginkan, sehingga refrigeran tersebut dapat menyerap cukup banyak kalor dari evaporator. Komponen utama dari siklus kompresi uap adalah kompresor, evaporator, kondensor dan katup ekspansi. Instalasi mesin pendingin siklus kompresi uap ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Daur siklus kompresi uap standar dan diagram P-h

Proses yang terjadi pada siklus kompresi uap pada Gambar 1 adalah sebagai berikut (Cengel, 2002) :

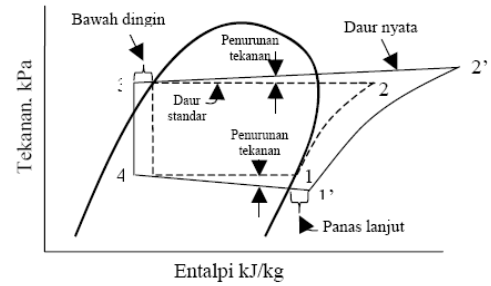
- Proses kompresi (1-2)
Proses ini dilakukan oleh kompresor dan berlangsung secara isentropik. Kondisi awal refrigeran pada saat masuk ke dalam kompresor adalah uap jenuh bertekanan rendah, setelah mengalami kompresi refrigeran akan menjadi uap bertekanan tinggi. Karena proses ini berlangsung secara isentropik, maka temperatur ke luar kompresor pun meningkat.
- Proses kondensasi (2-3)
Proses ini berlangsung didalam kondensor. Refrigeran yang bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi yang berasal dari kompresor akan membuang kalor sehingga fasanya berubah menjadi cair. Hal ini berarti bahwa di dalam kondensor terjadi pertukaran

kalor antara refrigeran dengan lingkungannya (udara), sehingga panas berpindah dari refrigeran ke udara pendingin yang menyebabkan uap refrigeran mengembun menjadi cair.

- c. Proses ekspansi (3-4)
 Proses ekspansi ini berlangsung secara isoentalpi. Hal ini berarti tidak terjadi perubahan entalpi tetapi terjadi *drop* tekanan dan penurunan temperatur, proses penurunan tekanan terjadi pada katup ekspansi yang berbentuk pipa kapiler atau *orifice* yang berfungsi untuk mengatur laju aliran refrigeran dan menurunkan tekanan.
- d. Proses evaporasi (4-1)
 Proses ini berlangsung secara isobar *isothermal* (tekanan konstan, temperatur konstan) di dalam evaporator. Panas dari dalam ruangan akan diserap oleh cairan refrigeran yang bertekanan rendah sehingga refrigeran berubah fasa menjadi uap bertekanan rendah. Kondisi refrigeran saat masuk evaporator sebenarnya adalah campuran cair dan uap.

Daur siklus Kompresi Uap Aktual (Nyata)

Daur kompresi uap yang sebenarnya (aktual), berbeda dari siklus standar (teoritis). Perbedaan ini muncul karena asumsi-asumsi yang ditetapkan dalam siklus standar. Pada siklus aktual terjadi *superheat* atau pemanasan lanjut uap refrigeran yang meninggalkan evaporator sebelum masuk ke kondensor. Pemanasan lanjut ini terjadi akibat tipe peralatan ekspansi yang digunakan atau dapat juga karena penyerapan panas dijalar masuk (*suction line*) antara evaporator dan kompresor. Pemanasan lanjut yang terjadi pada evaporator juga merupakan sesuatu yang menguntungkan karena peristiwa ini dapat mencegah refrigeran yang masih dalam fase cair memasuki kompresor. Begitu juga dengan refrigeran cair mengalami *sub cooling* pendinginan lanjut atau bawah dingin sebelum masuk katup ekspansi atau pipa kapiler. Pendinginan lanjut yang terjadi pada kondensor merupakan peristiwa yang normal dan menguntungkan karena dengan adanya proses ini maka refrigeran yang memasuki katup ekspansi seluruhnya dalam keadaan cair, sehingga menjamin efektifitas alat ini, daur siklus kompresi uap aktual diagram P-h dapat dilihat pada Gambar 2 (Muchammad, 2006).



Gambar 2. Daur siklus Kompresi Uap Aktual diagram P-h

Untuk menyatakan unjuk kerja suatu siklus kompresi uap, yang ditinjau kerja kompresi, laju aliran massa refrigeran, kapasitas kondensor, kapasitas evaporator, laju pendinginan, *coefficient of performance* (COP), faktor prestasi (PF) (Stoecker, w.j, Jerold, J.W., 1992).

1. Kerja Kompresi (W_c)

Adalah kerja yang diperlukan kompresor untuk menekan refrigeran agar besirkulasi ke sistem tersebut.

$$W_c = \frac{V \times I \times \cos \theta}{1000} \text{ (kW)} \quad (1)$$

2. Laju aliran massa refrigeran (ṁ_{ref})

$$\dot{m}_{ref} = \frac{W_c}{(h_2 - h_1)} \text{ (kg/s)} \quad (2)$$

3. Kapasitas Kondensor (Q_{kond})

Kapasitas kondensor adalah besarnya panas yang dilepaskan persatuan massa refrigerant .

$$Q_{kond} = \dot{m}_{ref} (h_2 - h_3) \text{ (kW)} \quad (3)$$

4. Kapasitas Evaporator (Q_{eva})

Kapasitas evaporator adalah besarnya panas yang diserap persatuan massa refrigeran.

$$Q_{eva} = \dot{m}_{ref} (h_1 - h_4) \text{ (kW)} \quad (4)$$

5. Laju pendinginan

Laju pendinginan adalah kecepatan penurunan temperatur oleh sistem pendingin terhadap ruangan per satuan waktu atau selang waktu tertentu.

$$\dot{Q} = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \text{ (kJ/s)} \quad (5)$$

6. Coefisien of Performance (COP)

Adalah jumlah kalor yang diserap refrigeran tiap satuan massa refrigeran dibagi kerja kompresor.

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{eva}}}{W_c} \quad (6)$$

7. Faktor Prestasi (PF)

Adalah jumlah kalor yang dilepaskan refrigeran tiap satuan massa refrigeran dibagi kerja kompresor.

$$\text{PF} = \frac{Q_{\text{kond}}}{W_c} \quad (7)$$

Refrigeran

Refrigeran adalah media perpindahan panas yang menyerap panas atau kalor dengan penguapan (evaporator) pada temperatur rendah dan memberikan kalor dengan pengembunan (kondensor) pada temperatur dan tekanan tinggi. Refrigeran bersirkulasi di dalam mesin pendingin yang mana fasenya bisa dirubah dari uap menjadi cair ataupun sebaliknya. Untuk sistem refrigerasi kompresi uap, refrigeran menyerap panas di dalam evaporator pada temperatur dan tekanan rendah serta melepaskan panas pada kondensor pada tekanan serta temperatur tinggi. Dalam menentukan refrigeran yang akan digunakan, (Sumanto, 2004) maka harus mengetahui sifat-sifat refrigeran sebagai berikut :

1. Tekanan penguapan harus tinggi;
2. Tekanan pembekuan yang rendah;
3. Kalor laten penguapan harus tinggi;
4. Konduktivitas termal yang tinggi;
5. Viskositas yang rendah dalam fasa gas maupun cair;
6. Tidak bereaksi dengan material yang dipakai;
7. Tidak beracun dan menimbulkan polusi;
8. Tidak mudah terbakar dan meledak;
9. Harganya terjangkau atau murah.

Prestone

Prestone merupakan salah satu produk *coolant* terbaik dari Amerika, mulai dikembangkan pada tahun 1927 dan merupakan perusahaan pertama yang menggunakan bahan dasar *coolant ethylene glycole* untuk cairan pelindung sistem pendingin mesin terus berlanjut sampai sekarang, *prestone coolant* sendiri di kembangkan karena permasalahan pada mesin mobil yang cepat panas, dan oksidasi pada radiator yang dikarenakan penggunaan cairan pendingin yang biasa atau bahkan air mineral *Prestone radiator coolant* adalah

cairan pendingin mesin yang diformulasikan untuk semua jenis kendaraan bermotor yang menggunakan cairan sebagai media pendingin mesin (*engine cooling system*). *Prestone radiator coolant* bukan sekedar cairan yang diberi pewarna tetapi lebih dari itu merupakan cairan yang meningkatkan titik didih air, karena mesin membutuhkan suhu kerja minimum untuk berfungsi secara maksimal, *prestone radiator coolant* merupakan cairan yang dilengkapi dengan beberapa *Additive* tambahan yang memiliki fungsi utama (Joseph A, 1989).

Ethylene glycol

Ethylene glycole merupakan senyawa turunan *ethylena* yang termasuk golongan *poly alkohol*. *Ethylene glycole* ini mudah larut dalam air dan mempunyai titik beku yang cukup rendah yaitu - 11,5 °C. Air membeku pada temperatur 0°C. Namun, dengan menambahkan *ethylene glycole* kedalamnya, titik beku air akan turun. Pada merek dagang radiator *coolant, prestone*, yang berisi *water, ethylene glycole, diethylene glycole, Sodium ethyle hexanoate* dan *sodium neodecanoate*, diperoleh titik beku hingga -37° C. Hal ini sesuai dengan sifat koligatif larutan, bahwa penambahan zat terlarut kedalam air murni (zat pelarut) akan menurunkan titik beku air tersebut. Dalam hal ini, penggunaan *ethylene glycole* sebagai radiator *coolant* dapat menurunkan titik beku air pada radiator. Dengan kata lain, air pada radiator mesin yang digunakan di daerah beriklim dingin, seperti, di daerah kutub, tidak akan mudah membeku. Ikatan *hydrogen* antara molekul *ethylene glycole* dan molekul air akan sangat berperan dalam menurunkan titik beku. Molekul *ethylene glycole* akan menghalangi pembekuan molekul air, sehingga air yang ditambahkan *ethylene glycole* akan sukar membeku, Tabel 2.4 menjelaskan titik didih berbagai konsentrasi *ethylene glycol* (<http://coolant.id/tentang-prestone>).

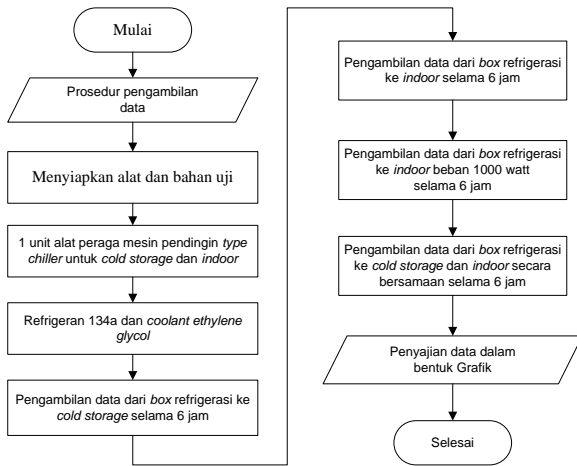
Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui perbedaan temperatur *coolant ethylene glycol* dari masing-masing pengujian selama 6 jam sebelum atau sesudah disirkulasikan ke *cold storage* dan *indoor*
2. Mengetahui performansi mesin pendingin *type chiller* untuk *cold storage* dan *indoor* menggunakan *coolant ethylene glycol*
3. Membandingkan nilai parameter-parameter berdasarkan analisis termodinamika.
4. Mengetahui perbedaan temperatur dari *box* refrigerasi yang dipompakan ke *cold storage*, dan dari *box* refrigerasi dipompakan ke *indoor*.

5. Mengetahui prinsip kerja performansi mesin pendingin *type chiller* untuk *cold storage* dan *indoor* menggunakan *coolant ethylene glycol*.
6. Menyajikan data dalam bentuk Grafik.

BAHAN DAN METODE

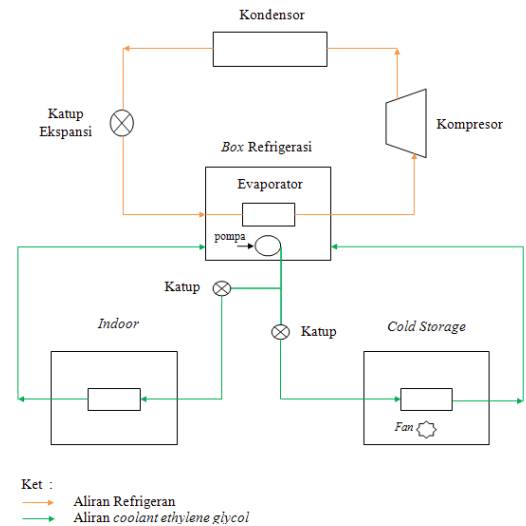
Adapun diagram alir penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan melakukan pengambilan data lapangan dan pengolahan data secara matematis. Menggunakan 1 unit alat mesin pendingin *type chiller* untuk *cold storage* dan *indoor*, menggunakan R134a, dengan memanfaatkan evaporator dari *box refrigerasi* sebagai sumber pendinginya, dimana evaporator dipasang selang menuju *cold storage* sebagai penyimpanan dingin, dan dari *box refrigerasi* tersebut juga disalurkan menuju *indoor* (ruangan) menggunakan selang yang dibatasi dengan katup. Pengujian dilakukan dengan membandingkan empat cara pengoperasian. Pertama sistem siklus mesin pendingin *type chiller* disalurkan ke *cold storage*, kedua disalurkan ke *indoor*, ketiga disalurkan ke *indoor* dengan beban 1000 watt, keempat disalurkan *full system* ke *cold storage* dan *indoor* secara bersamaan. Waktu untuk mendinginkan cairan khusus sebelum disirkulasi selama 4 jam, temperatur dan tekanan diamati setiap 10 menit selama 2 jam (120 menit) terhadap perubahan pada *box refrigerasi*, tekanan dicatat di *pressure gauge*.

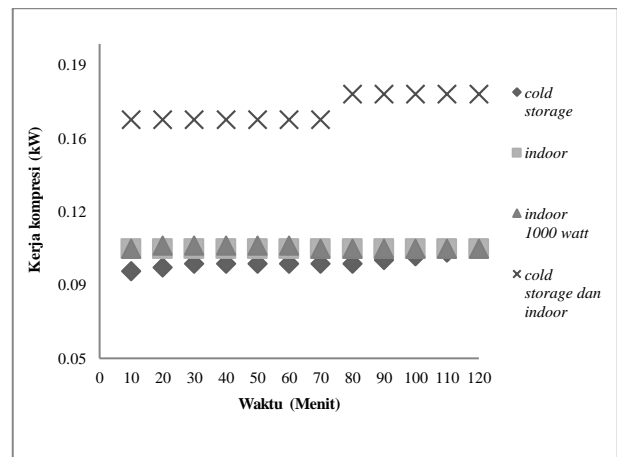
Skema mesin pendingin *type chiller* untuk *cold storage* dan *indoor* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Siklus mesin pendingin *type chiller* untuk *cold storage* dan *indoor*

HASIL DAN PEMBAHASAN

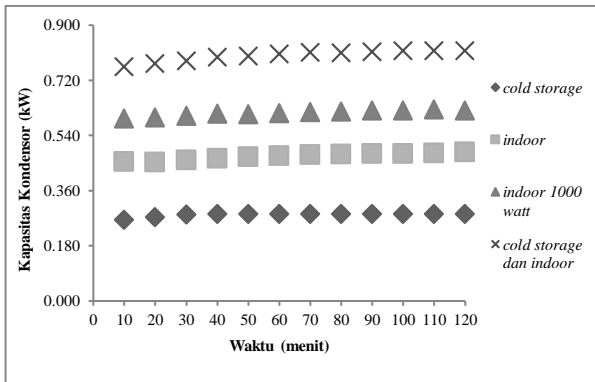
Hasil dibawah ini merupakan Gambar yang menunjukkan Grafik perbandingan kerja kompresi terhadap waktu, kapasitas kondensor, kapasitas evaporator, laju pendinginan, Temperatur, COP, PF.



Gambar 5. Grafik perbandingan kerja kompresi terhadap waktu

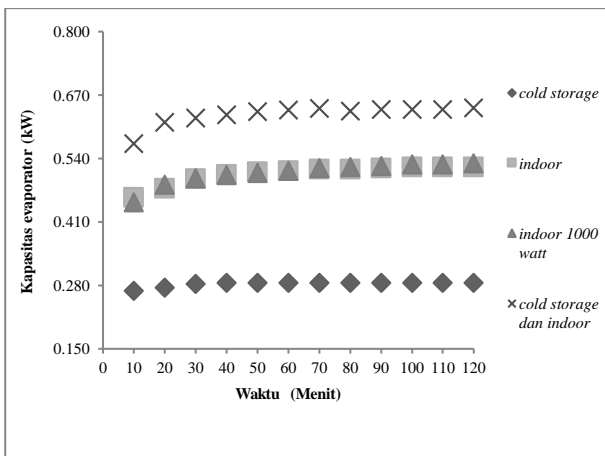
Dari Gambar 5, terlihat bahwa perbandingan kerja kompresi terhadap waktu mengalami peningkatan, hasil pengujian pada *cold storage* mencapai nilai rata-rata 0.096 kW, pengujian pada *indoor* nilai rata-ratanya 0.1021 kW, pengujian pada *indoor* dengan beban 1000 watt nilai rata-ratanya 0.1028 kW, dan pada *cold storage* dan *indoor* secara bersamaan nilai rata-ratanya adalah 0.1688 kW, nilai tertinggi diperoleh pada pengujian ke *cold storage* dan *indoor* secara bersamaan, dan nilai terendah diperoleh pada pengujian ke *cold storage*,

hal ini dikarenakan kerja kompresi sangat dipengaruhi oleh arus listrik, semakin besar arus listrik yang diserap kompresor maka semakin besar pula kerja kompresi yang diberikan begitu pula sebaliknya.



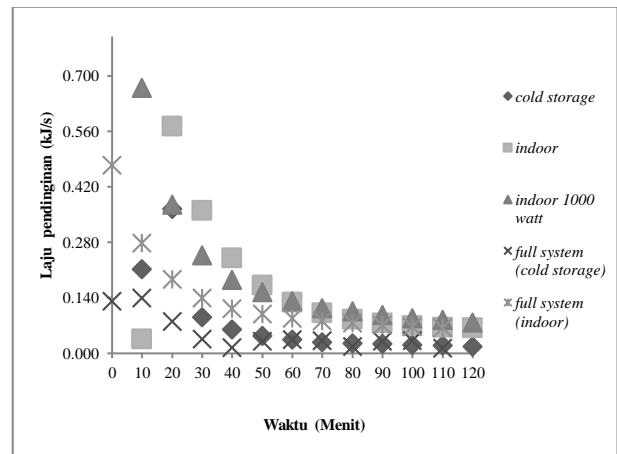
Gambar 6. Grafik perbandingan Kapasitas Kondensator terhadap waktu

Dari Gambar 6, terlihat bahwa kapasitas kondensator dari masing-masing pengujian tampak berbeda, kapasitas kondensator pada *cold storage* rata-ratanya yaitu 0,286 kW, pada *indoor* rata-rata nya sebesar 0,4728 kW, pada *indoor* dengan beban 1000 Watt sebesar 0,6139 kW, dan pada *cold storage* dan *indoor* secara bersamaan rata-rata nya sebesar 0,8015 kW, nilai rata-rata kapasitas kondensator terbesar diperoleh pada pengujian ke *cold storage* dan *indoor* secara bersamaan, dan nilai rata-rata terkecil diperoleh pada pengujian dipompakan ke *cold storage*, perbedaan ini diakibatkan karena kapasitas kondensator dipengaruhi oleh laju aliran massa refrigeran dan perbandingan nilai entalpi pada kondensator masuk dan keluar, semakin besar nilai ini maka kapasitas kondensator juga akan meningkat.



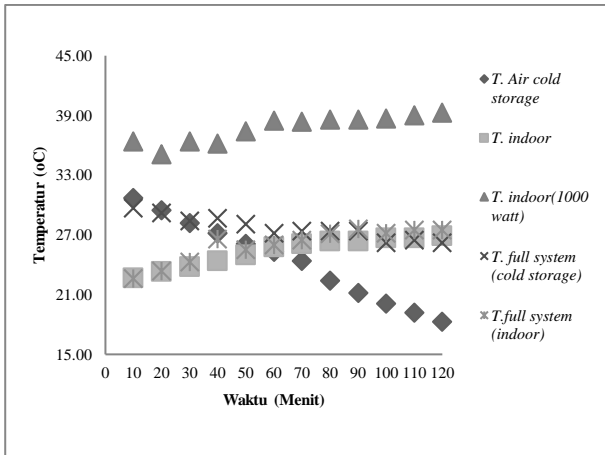
Gambar 7. Grafik Perbandingan Kapasitas Evaporator Terhadap Waktu

Dari Gambar 7 dapat dilihat nilai rata-rata kapasitas evaporator ke *cold storage* 0.2831 kW, nilai rata-rata kapasitas evaporator ke *indoor* 0.508 kW, nilai rata-rata kapasitas evaporator ke *indoor* dengan beban 1000 Watt 0.5100 kW, dan nilai rata-rata kapasitas evaporator ke *cold storage* dan *indoor* secara bersamaan adalah 0.6298 kW, nilai tertinggi diperoleh pada pengujian ke *cold storage* dan *indoor* secara bersamaan, dan nilai terendah diperoleh pada pengujian ke *cold storage*, hal ini dikarenakan karena kapasitas evaporator dipengaruhi oleh laju aliran massa refrigeran dan perubahan entalpi pada evaporator, semakin besar laju aliran massa refrigeran maka semakin besar pula kapasitas evaporator nya, begitu juga semakin besar perubahan entalpi pada evaporator akan mempengaruhi kapasitas evaporator.



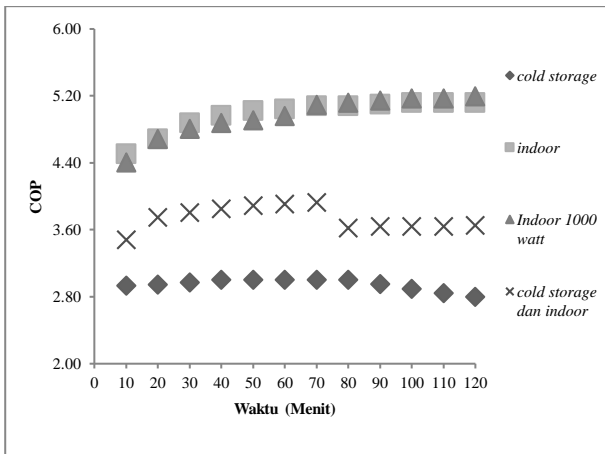
Gambar 8. Grafik Perbandingan Laju Pendinginan Terhadap Waktu

Dari Gambar 8 dapat dilihat nilai rata-rata laju pendinginan ke *cold storage* 0.0781 kJ/s, nilai rata-rata ke *indoor* 0.164 kJ/s, nilai rata-rata ke *indoor* dengan beban 1000 Watt 0.194 kJ/s, dan nilai rata-rata ke *cold storage* dan *indoor* secara bersamaan yaitu *full system cold storage* 0.0489 kJ/s, *full system indoor* 0.1445 kJ/s, nilai tertinggi diperoleh pada pengujian ke *indoor* dengan beban 1000 watt, dan nilai terendah diperoleh pada pengujian ke *full system cold storage*, laju pendinginan ini sangat dipengaruhi oleh laju aliran massa *ethylene glycol* dan perubahan temperatur, semakin besar laju aliran massa *ethylene glycol* dan perubahan temperatur maka semakin besar pula nilai laju pendinginan pada masing-masing ruangan.



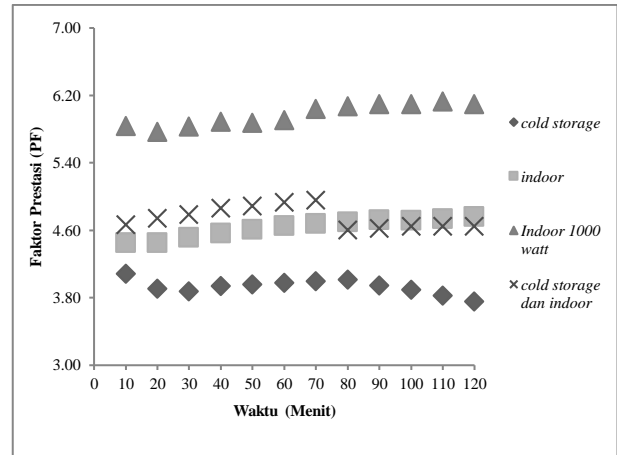
Gambar 9. Grafik Perbandingan Temperatur Terhadap Waktu

Dari Gambar 9 dapat dilihat nilai tertinggi diperoleh pada pengujian ke *indoor* dengan beban 1000 Watt, dan nilai terendah pada pengujian ke *cold storage*, semua itu diakibatkan perubahan temperatur sangat dipengaruhi oleh beban yang ada pada masing-masing *box*. Semakin besar beban yang diberikan maka semakin besar pula temperatur yang diperoleh, begitu pula sebaliknya semakin kecil beban yang diberikan semakin kecil pula temperatur yang di peroleh.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Coefficient Of Performance (COP) Terhadap Waktu

Dari Gambar 10 dapat dilihat nilai COP rata-rata pada *cold storage* 2.95, nilai rata-rata COP pada *indoor* 4.98, nilai rata-rata COP pada *indoor* dengan beban 1000 Watt 4.96, nilai rata-rata COP pada *cold storage* dan *indoor* secara bersamaan 3.73, nilai COP merupakan hasil bagi antara kapasitas evaporator terhadap kerja kompresi, semakin besar Kapasitas evaporator maka nilai COP yang diperoleh akan meningkat.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Faktor Prestasi (PF) Terhadap Waktu

Dari Gambar 11 dapat dilihat nilai rata-rata pada *cold storage* sebesar 3,93, pada *indoor* sebesar 4,63, pada *indoor* dengan beban 1000 Watt sebesar 5,97, dan pada *cold storage* dan *indoor* secara bersamaan sebesar 4,75, performansi factor tertinggi diperoleh dari pengujian yang dipompakan ke *indoor* dengan beban 1000 Watt dan nilai performansi factor terendah diperoleh dari pengujian yang dipompakan ke *cold storage*, ini semua disebabkan karena performansi faktor sangat dipengaruhi oleh Kapasitas kondensor terhadap kerja kompresi, semakin besar kapasitas kondensor yang dibuang maka semakin besar pula nilai Performansi faktornya.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain ialah :

1. Rata-rata nilai kerja kompresi yang di pompakan ke *cold storage* adalah 0,096 kW, nilai rata-rata ke *indoor* tanpa beban adalah 0,1021 kW, nilai rata-rata ke *indoor* dengan beban 1000 Watt adalah 0,1028 kW, sedangkan pada *cold storage* dan *indoor* dipompakan secara bersamaan adalah 0,1688 kW, perbandingan pengujian nilai kerja kompresi ini terletak pada besarnya arus yang dipakai oleh kompresor yang dipompakan ke masing-masing 4 keadaan pengujian, semakin besar arus yang dihasilkan kompresor maka kerja kompresi ini akan semakin besar.
2. Rata-rata nilai kapasitas kondensor yang dipompakan ke *cold storage* adalah 0,286 kW, nilai rata-rata ke *indoor* tanpa beban adalah 0,4728 kW, nilai rata-rata ke *indoor* dengan beban 1000 Watt adalah 0,6139 kW,

sedangkan pada *cold storage* dan *indoor* dipompakan secara bersamaan adalah 0,8015 kW, perbandingan nilai kapasitas kondensor disebabkan beban masing-masing pengujian berbeda, beban dari masing-masing pengujian akan dibuang kalornya pada kondensor ke lingkungan, beban pada *indoor* itu lebih besar dibandingkan pada *cold storage*.

3. Rata-rata nilai kapasitas evaporator yang dipompakan ke *cold storage* adalah 0,2831 kW, nilai rata-rata ke *indoor* tanpa beban adalah 0,508 kW, nilai rata-rata ke *indoor* dengan beban 1000 Watt adalah 0,5100 kW, sedangkan pada *cold storage* dan *indoor* dipompakan secara bersamaan adalah 0,6298 kW, nilai kapasitas evaporator dari masing-masing pengujian mengalami perbedaan disebabkan beban yang diserap evaporator juga berbeda, semakin besar beban pada saat pengujian maka akan semakin besar kerja dari evaporator untuk menyerap panas.
4. Laju pendinginan yang dipompakan ke *cold storage* rata-rata adalah 0,0781 kJ/s, nilai rata-rata pada *indoor* tanpa beban adalah 0,164 kJ/s, nilai rata-rata pada *indoor* dengan beban 1000 Watt 0,194 kJ/s, sedangkan pada *cold storage* dan *indoor* dipompakan secara bersamaan adalah 0,0489 kJ/s dan 0,1445 kJ/s, perbedaan ini disebabkan laju *coolant ethylene glycol* yang dipompakan ke masing-masing pengujian untuk menyerap beban pada *cold storage* dan *indoor* berbeda.
5. Faktor prestasi yang dipompakan ke *cold storage* rata-ratanya adalah 3,93, rata-rata pada *indoor* tanpa beban adalah 4,63, rata-rata pada *indoor* dengan beban 1000 Watt adalah 5,97, sedangkan pada *cold storage* dan *indoor* dipompakan secara bersamaan adalah 4,75, nilai terbesar diperoleh pada pengujian ke *indoor* dengan beban 1000 Watt, ini semua disebabkan banyaknya beban pada *indoor* yang akan dibuang oleh kondensor, dan nilai terkecil diperoleh pada pengujian ke *cold storage*.
6. Rata-rata nilai COP pengujian ke *cold storage* adalah 2,95, nilai rata-rata pengujian ke *indoor* tanpa beban adalah 4,98, nilai rata-rata pengujian ke *indoor* dengan beban 1000 Watt adalah 4,94, dan nilai rata-rata pengujian ke *cold storage* dan *indoor* secara bersamaan adalah 3,73

menggunakan refrigeran hidrokarbon, Jurnal Teknik Mesin. Pekanbaru.

Cengel, A.Yunus. 2002. *Thermodynamics An Engineering Approach Fifth. Edition*. New York: Mc Graw Hill Companies.

Erdonal, Wahyudi, Dkk. 2009. Rancang bangun mesin pendingin bertemperatur dibawah 0°C untuk *cold storage system*. Universitas Riuau. Pekanbaru.

Hanafi, Nuri. 2006. Mencari dan memperbaiki kerusakan lemari ES, Edisi pertama, PT kawan pustaka, Jakarta.

<http://coolant.id/tentang-prestone/>

Joseph A. 1989. *Manual on Selection and Use of Engine Coolants and Cooling System Chemicals 4th Edition*. American.

Komang, Hendra, Nengah, Made, 2010. Analisa Performansi sistem pendingin ruangan dan efisiensi *energy* listrik pada sistem *water chiller* dengan penerapan metode *cooled energy storage*. Kampus Bukit Jimbaran. Bandung.

Muchammad. 2006. Pengujian *performance* dan analisa *pressure drop* sistem *water cooled chiller* menggunakan refrigerant R22 dan HCR 22. UNDIP.

Stoecker, w.j, Jerold, J.W., 1992, refrigerasi dan pengkondisian udara, erlangga, Jakarta.

Sumanto. 2004. Dasar-Dasar Mesin Pendingin. Yogyakarta

W. djoko, Junial, Hadi. *Cooling unit performance analysis of fish (cold storage) to Improve quality in fishermencatch* Cirebon, Faculty of Engineering, UNTAG Cirebon.

DAFTAR PUSTAKA

Aziz, Azridjal. 2005. Performansi mesin refrigerasi kompresi uap terhadap massa refrigeran optimum