

LAJU PENDINGINAN *COOLANT ETHYLENE GLYCOL* PADA MESIN PENDINGIN *TYPE CHILLER* UNTUK *COLD STORAGE*

Hendrik Syahputra¹, Azridjal Aziz², Rahmat Iman Mainil³

Laboratorium Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

¹hendriksyahputra10121991@gmail.com, ²azridjal.aziz@gmail.com, ³rahmat.iman@yahoo.com

ABSTRACT

Refrigeration a necessity in life today's, especially for urban communities. Refrigeration can be in domestic refrigerators, cold storage, refrigeration of vegetables, fruits, meat, drinks and so on. Vapor compression refrigeration system also used in HVAC applications. The aim of this refrigerating machine the coolant ethylene glycol so that the temperature is below 0°C for cold storage. Coolant ethylene glycol functions as a heat absorber that in cold storage, cold storage cooling at a rate influenced by temperature changes in and out in the cold storage, the greater the heat absorbed by the coolant ethylene glycol, the greater the cooling rate.

Keywords: Cooling machine, cold storage, coolant ethylene glycol, refrigerant

1. Pendahuluan

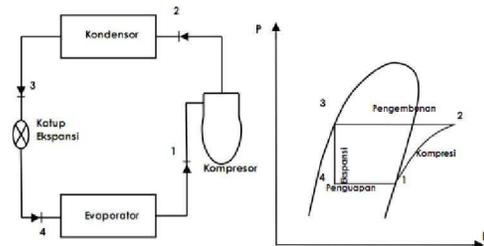
Pada temperatur biasa (temperatur kamar) makanan cepat menjadi busuk karena pada temperatur biasa bakteri akan berkembang cepat, sedangkan pada temperatur 4,4 °C atau 40 °F (temperatur yang biasa untuk mengawetkan makanan) bakteri berkembang sangat lambat sehingga makanan akan lebih tahan lama. Dengan 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 [1].

W, Djoko [2] 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.

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 refrigerasi. 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 [3]. Instalasi mesin pendingin siklus kompresi uap ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Daur siklus kompresi uap standar dan diagram P-h [3]

Proses yang terjadi pada siklus kompresi uap pada Gambar 1 adalah sebagai berikut [3] :

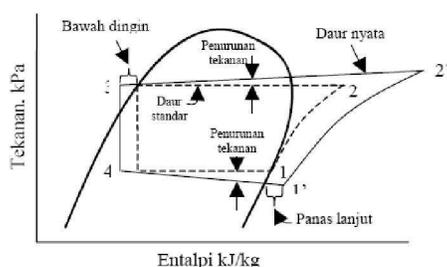
- Proses kompresi (1-2)
Proses ini dilakukan oleh kompresor dan berlangsung secara isentropik. Kondisi awal refrigeran pada saat masuk ke dalam kompresor adalah uap jenuh bertekanan rendah, setelah mengalami kompresi refrigeran akan menjadi uap bertekanan tinggi. Karena proses ini berlangsung secara 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 dijalur 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 [3], daur siklus kompresi uap aktual diagram P-h dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Daur siklus Kompresi Uap Aktual diagram P-h [3]

Untuk menyatakan unjuk kerja suatu siklus kompresi uap, yang ditinjau adalah kerja kompresi, laju aliran massa refrigeran, kapasitas kondensor, kapasitas evaporator, dan laju pendinginan.

1. Kerja Kompresi (W_c)

Adalah kerja yang diperlukan kompresor untuk menekan refrigeran agar besirkulasi ke sistem tersebut [4]

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

2. Laju aliran massa refrigeran (\dot{m}_{ref})

Laju aliran massa refrigerant dapat dihitung dengan membagi kerja kompresi dengan perubahan entalpi masuk dan keluar kompresor [3].

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

3. Kapasitas Kondensor (Q_{kond})

Kapasitas kondensor adalah besarnya panas yang dilepaskan persatuan massa refrigeran [3].

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

4. Kapasitas Evaporator (Q_{eva})

Kapasitas evaporator adalah besarnya panas yang diserap persatuan massa refrigeran [3].

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

5. Laju pendinginan

Laju pendinginan adalah kecepatan penurunan temperatur oleh sistem pendingin terhadap ruangan per satuan waktu atau selang waktu tertentu [5].

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

Ethylene glycol

Ethylene glycole merupakan senyawa turunan *ethylena* yang termasuk golongan *poly alcohol*. *Ethylene glycole* ini mudah larut dalam air dan mempunyai titik beku yang cukup rendah yaitu $-11,5^\circ\text{C}$. 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, [6].

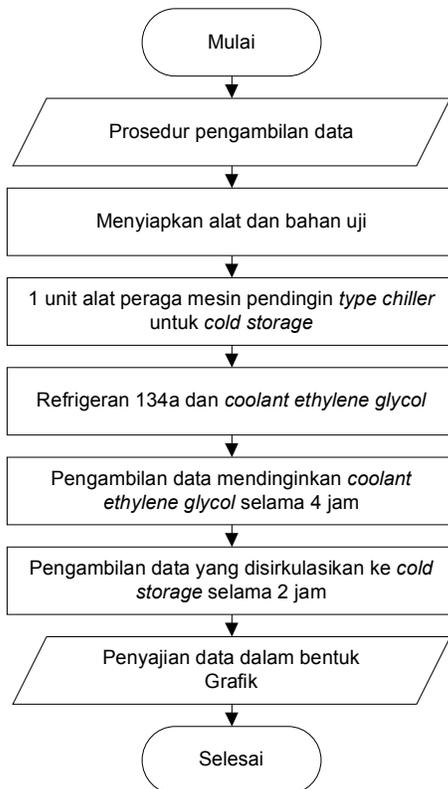
Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui temperatur *coolant ethylene glycole* yang didinginkan selama 4 jam.

2. Mengetahui temperatur *coolant ethylene glycol* setelah disirkulasikan selama 2 jam ke *cold storage*.
3. Mengetahui laju pendinginan pada *cold storage* setelah disirkulasikan selama 2 jam.
4. Mengetahui temperatur ruangan *cold storage* setelah didinginkan selama 2 jam.
5. Memahami prinsip kerja mesin pendingin menggunakan *coolant ethylene glycol*.

2. Metodologi

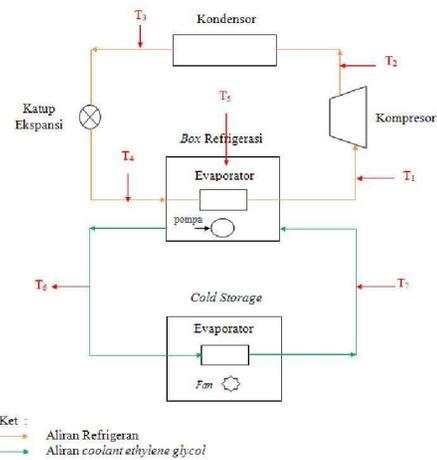
Adapun diagram alir penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



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*, menggunakan R134a, dengan memanfaatkan evaporator dari *box* refrigerasi sebagai sumber pendinginya, dimana evaporator dipasang saluran menuju *cold storage* sebagai penyimpanan dingin, pengujian dilakukan selama 6 jam, 4 jam pertama itu untuk mendingin *coolant ethylene glycol*, dan setelah 4 jam temperatur *coolant* akan mencapai lebih kurang -14°C maka disalurkan ke *cold storage* selama 2 jam, kemudian data dicatat setiap 10 menit.

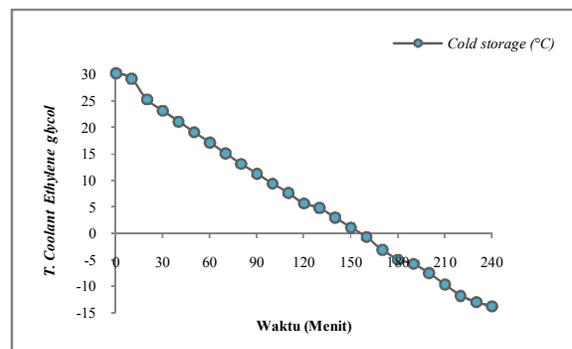
Skema mesin pendingin *type chiller* untuk *cold storage* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



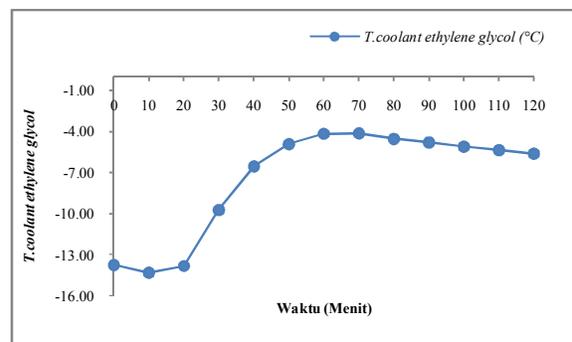
Gambar 4 Siklus mesin pendingin *type chiller* untuk *cold storage* dan *indoor*

3. Hasil

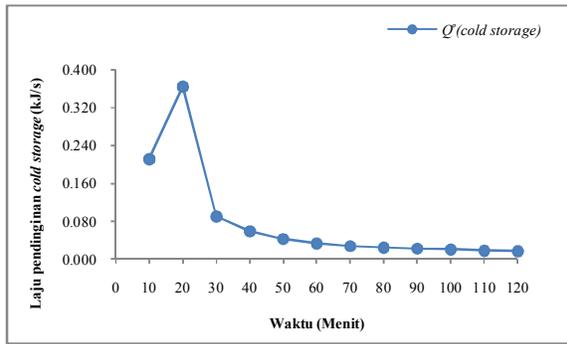
Hasil dibawah ini merupakan Gambar yang menunjukkan Grafik hubungan waktu terhadap lama pengujian selama 4 jam untuk mendinginkan *cold storage*, dan selama 2 jam disirkulasikan ke *cold storage*, laju pendinginan dan temperatur pada ruangan *cold storage*.



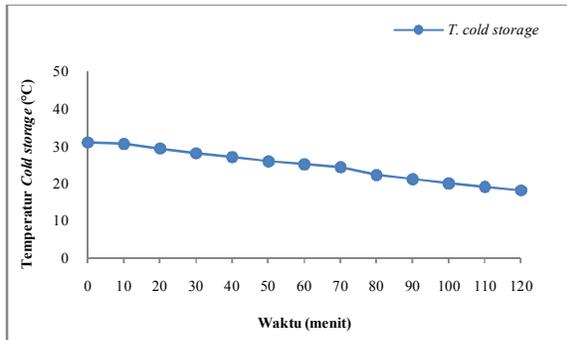
Gambar 5 Grafik temperatur *coolant ethylene glycol* didalam *box* refrigerasi terhadap waktu selama 4 jam sebelum disirkulasikan ke *cold storage*



Gambar 6 Grafik temperatur *coolant ethylene glycol* didalam *box* refrigerasi terhadap waktu selama 2 jam setelah disirkulasikan ke *cold storage*



Gambar 7 Grafik laju pendinginan cold storage terhadap waktu selama 2 jam



Gambar 8 Temperatur pada ruangan cold storage terhadap waktu selama 2 jam

Tabel 1 Data hasil pengujian selama 2 jam disirkulasikan ke cold storage

Waktu (Menit)	$T_{coolant}$ ethylene glycol (°C)	\dot{Q} (cold storage) (kJ/s)	$T_{cold storage}$ (°C)
10	-14.31	0.212	30.7
20	-13.81	0.365	29.5
30	-9.74	0.091	28.2
40	-6.54	0.060	27.2
50	-4.91	0.043	26.1
60	-4.15	0.034	25.3
70	-4.14	0.028	24.4
80	-4.52	0.025	22.4
90	-4.8	0.023	21.2
100	-5.1	0.021	20.1
110	-5.36	0.019	19.2
120	-5.62	0.017	18.3

4. Pembahasan

Dari Gambar 5 terlihat bahwa temperatur *coolant ethylene glycol* pada menit ke 240 mencapai $-13,74^{\circ}\text{C}$ sebelum disirkulasikan ke *cold storage*, penurunan temperatur ini terjadi karena belum ada beban yang diserap oleh *coolant ethylene glycol*.

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa perubahan temperatur *coolant ethylene glycol* berangsur meningkat, pada menit ke 10 temperaturnya mencapai $-14,31^{\circ}\text{C}$, dan setelah menit ke 120 menjadi $-5,62^{\circ}\text{C}$, hal ini disebabkan oleh beban yang diserap oleh *coolant ethylene glycol* pada *cold storage* berupa air dengan volume $0,001\text{ m}^3$, semakin besar beban yang akan diserap maka temperatur *coolant* juga akan semakin meningkat.

Pada Gambar 7 dapat dilihat laju pendinginan pada *cold storage* pada menit ke 10 adalah $0,212^{\circ}\text{C}$, dan pada menit ke 120 mencapai $0,017^{\circ}\text{C}$, terjadi penurunan laju pendinginan ini disebabkan oleh temperatur masuk dan keluar pada *cold storage*, semakin besar temperatur pada *cold storage* maka akan semakin besar pula laju pendinginannya, pada *cold storage* terjadi penurunan laju pendinginan karena beban kalor yang diserap *coolant* juga semakin kecil.

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa temperatur pada *cold storage* konstan menurun, pada menit ke 10 adalah $30,7^{\circ}\text{C}$, dan setelah menit ke 120 mencapai $18,3^{\circ}\text{C}$, penurunan ini terjadi karena beban pada *cold storage* ini semakin kecil, sehingga temperatur juga akan semakin turun.

5. Kesimpulan

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

1. Temperatur *coolant ethylene glycol* pada *box* refrigerasi selama 4 jam sebelum disirkulasikan cenderung turun mencapai $-13,74^{\circ}\text{C}$.
2. Temperatur *coolant ethylene glycol* pada *box* refrigerasi selama 2 jam setelah disirkulasikan juga konstan turun mencapai $-5,62^{\circ}\text{C}$.
3. Laju pendinginan pada *cold storage* semakin kecil.
4. Temperatur yang dapat dihasil kan *cold storage* selama 2 jam mencapai $18,3^{\circ}\text{C}$.
5. Volume air pada *cold storage* adalah $0,001\text{ m}^3$.

Daftar pustaka

- [1] Hanafi, Nuri. 2006. Mencari dan memperbaiki kerusakan lemari ES, Edisi pertama, PT kawan pustaka, Jakarta.
- [2] W. djoko, Junial, Hadi. *Cooling unit performance analysis of fish (cold storage) to Improve quality in fishermencatch* Cirebon, Faculty of Engineering, UNTAG Cirebon.
- [3] Stoecker, w.j, Jerold, J.W., 1989, refrigerasi dan pengkondisian udara, erlangga, Jakarta.
- [4] Muchammad. 2006. Pengujian *performance* dan analisa *pressure drop* sistem *water cooled chiller* menggunakan refrigerant R22 dan HCR 22. UNDIP.
- [5] Cangel, A Yunus. 2005. *Heat transfer A practical approach second edition*. Mc Graw Hill. Boston.
- [6] <http://coolant.id/tentang-prestone/>