

# Analisa Efisiensi Daya Kompresor Pada Mesin *Trainer Cold Storage*.

WIHARJO 1<sup>1</sup>, AGUS BUDIHADI ST.,MT 2<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Teknik Mesin (Universitas Mercu Buana Jakarta)

<sup>2</sup> Dosen Pembimbing Teknik Mesin (Universitas Mercu Buana Jakarta)

Email: wihar00@gmail.com  
Fakultas Teknik Universitas Mercubuana

## ABSTRAK

Awal ditemukannya prinsip refrigerasi pemakaiannya hanya untuk produksi es sekarang seiring pesatnya kemajuan teknologi, refrigerasi memiliki peran sangat penting dalam produksi maupun distribusi makanan, di samping untuk efisiensi operasi industri. Terdapat beberapa jenis makanan, sayuran, dan buah-buahan yang dapat disimpan dalam kondisi mentah, walaupun beberapa memerlukan proses awal. Refrigerasi seringkali memegang faktor kunci dalam proses ini industri – industri yang perlu keterlibatan teknik refrigerasi adalah industri susu (dairy products) yang menghasilkan milk, ice cream, dan mentega. Industri pengawetan daging dan daging unggas, pengawetan ikan saat pengapalan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi daya kompresor dengan diagram mollier pada mesin *Trainer Cold Storage*, mengetahui cara kerja sistem refrigerasi, mengetahui nilai temperatur sebelum dan sesudah kompresor, mengetahui nilai entalphy sebelum dan sesudah kompresor, mengetahui komponen-komponen mesin pendingin dan cara kerja komponen – komponen mesin pendingin, perhitungan (COP) Coefficient of performance dengan perhitungan data temperature yang akurat dengan sistem sensor temperatur digital dan Micro controller Arduino uno sehingga dapat menghitung temperature yang akurat dan bisa digunakan memakai komputer, mesin ini bisa acuan bagi mesin pendingin yang lain karena sistem pada mesin ini sudah terautomasi dan moderet.

**Kata kunci:** sistem refrigerasi, temperatur, Entalphy, COP, efisiensi daya kompresor

## 1. PENDAHULUAN

Sebelum penemuan kulkas, icehouses digunakan penyimpanan selama musim dingin dan dikemas dengan salju dan es selama musim dingin[1]. Mesin pendingin adalah sebuah alat siklus yang prinsip kerjanya hampir sama dengan mesin kalor yang menggunakan fluida kerja berupa refrigeran [2]. Cold Storage merupakan suatu alat mesin pendingin yang menampung benda-benda yang akan mengalami proses pendinginan. Unit cold storage biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk mendinginkan atau mengawetkan makanan seperti daging, sayuran dan buah-buahan begitu juga dengan minuman[3]. Adapun penggunaan cold storage di industri biasa digunakan untuk mendinginkan bahan baku atau bahan jadi dari satu produk. Salah satu tujuan cold storage adalah untuk memperpanjang umur penyimpanan dengan cara pendinginan. Industri pengawetan daging dan daging unggas, pengawetan ikan saat pengapalan. Pembekuan merupakan cara pengawetan dengan penyimpanan daging ayam dalam keadaan beku yang dilaksanakan pada suhu di bawah  $-15^{\circ}\text{C}$  dimana mikroorganisme tidak akan tumbuh[3].

Berkembangnya teknologi dibidang refrigerasi atau pendinginan memberikan banyak keuntungan bagi kebutuhan manusia, karena bahan makanan yang disimpan dengan System refrigerasi tersebut dapat terjaga kualitas dan kesegarannya sampai beberapa Minggu hingga saat diperlukan untuk diolah lebih lanjut. Mengingat betapa kompleks dan luasnya permasalahan yang terjadi pada cold storage terutama pada sistem refrigerasinya, untuk merumuskan masalah bagaimana mendesign sebuah cold storage yang efisien dan optimum terutama pada perhitungan beban kalor untuk keperluan penentuan peralatan pada sistem refrigerasi khususnya kompresor. [4]

Dalam beroperasi sistem refrigerasi membutuhkan fluida yang mudah menyerap dan melepas kalor, yang disebut refrigeran [5]. Siklus refrigerasi kompresi uap merupakan suatu sistem memanfaatkan aliran

perpindahan kalor melalui refrigeran yang bersirkulasi secara terus – menerus. Proses utama dari kompresi, kondensasi (pengembunan), ekspansi, evaporasi (penguapan) [6]. Saat ini kebanyakan sistem refrigerasi atau mesin refrigerasi yang bekerja baik untuk industri maupun untuk keperluan rumah tangga menggunakan mesin refrigerasi yang menggunakan siklus kompresi uap. Salah satu komponen sistem refrigerasi yang mempunyai peranan penting adalah kompresor [7]. Kompresor adalah suatu mesin untuk memampatkan udara atau gas. Kompresor menerima energi/kerja dari luar berupa daya poros [8]. Kompresor hermetik jenis kompresor yang motor langsung memutar poros dari kompresor sehingga putaran motor penggerak sama dengan kompresor [9].

Mengingat besarnya peranan sistem refrigerasi ( pendinginan ) dalam industri penyimpanan produk makanan dan makin banyaknya produk yang dihasilkan sehingga menuntut agar produk tersebut tersimpan dalam kualitas yang baik [3]. Melihat betapa kompleks dan luasnya permasalahan yang terjadi pada cold storage terutama pada sistem refrigerasinya, untuk merumuskan masalah bagaimana mendesign sebuah cold storage yang efisien dan telah diautomasi [4]. Pemanfaatan mikrokontroler akan banyak membawa dampak pada kemudahan dan efektivitas kerja [10]. Beberapa penelitian tersebut diantaranya masih menggunakan mikrokontroler yang sudah lama dan dipasaran sudah jarang yang jual, oleh karena itu digunakan arduino uno dengan teknologi microcontroller yang lebih baru dan banyak tersedia dipasaran [11].

### 1.1 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian dan mencoba menganalisa mengenai :

1. perubahan temperatur sebelum ( $t_1$ ) dan sesudah ( $t_2$ ) kompresor
2. perubahan entalpi sebelum ( $h_1$ ) dan sesudah ( $h_2$ ) kompresor
3. daya kompresor
4. COP (coeffisien of performance)

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui temperatur sebelum ( $t_1$ ) dan sesudah ( $t_2$ ) kompresor
2. Menghitung entalpi sebelum ( $h_1$ ) dan sesudah ( $h_2$ ) kompresor
3. Menghitung daya kompresor
4. Menghitung COP (coeffisien of performance)

## 1.3 BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini akan dibatasi oleh beberapa masalah yaitu sebagai berikut :

1. Perhitungan temperatur sebelum ( $t_1$ ) dan sesudah ( $t_2$ ) kompresor.
2. Perhitungan entalpi sebelum ( $h_1$ ) dan sesudah ( $h_2$ ) kompresor.
3. Perhitungan daya kompresor
4. Perhitungan COP (coeffisien of performance)

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. LANDASAN TEORI

#### • Cold Storage

*Cold Storage* adalah ruang pendingin dengan temperatur rendah antara  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$  s/d  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , berfungsi untuk menyimpan daging, unggas, udang, dll. Produk yang disimpan bertujuan agar produk tidak rusak dalam jangka waktu yang agak lama. *Cold room* didesain berdasarkan produk apa yang akan disimpan di dalamnya karena tiap-tiap jenis produk akan membutuhkan penyimpanan yang berbeda. Pada tugas akhir ini, produk yang diuji ialah daging ayam.

Cold storage memiliki beberapa jenis yang umumnya dikenal dengan chilled room, freezer room, blast freezer, dan blast chiller. Chilled room dan freezer room biasanya digunakan untuk menyimpan produk sesuai dengan kondisi suhu tertentu, sedangkan untuk blast freezer dan blast chiller digunakan untuk penyimpanan produk dengan kondisi suhu tertentu namun dengan waktu yang cepat untuk pendinginannya. Chilled room memiliki kondisi suhu pada temperatur rendah antara  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ruangan pada chilled ini digunakan untuk menyimpan.

#### • Prinsip Sistem Pendingin / refrigerasi

sistem refrigerasi unit pendingin ini menggunakan kompresor yang memompa refrigerant dari sisi tekanan rendah hingga

menjadi uap tekanan tinggi. Sehingga pada sistem refrigerasi ini terdapat dua kondisi tekanan berbeda yaitu sisi tekanan tinggi dan sisi tekanan rendah. Pada sisi tekanan rendah inilah yang digunakan untuk proses pendinginan karena temperaturnya juga rendah hingga dapat menyerap panas dari lingkungan sekitarnya

Secara umum sistem refrigerasi ini terdiri dari 4 (empat) komponen utama, yaitu: kompresor, kondensor, alat ekspansi, dan evaporator. adalah sebagai berikut :

1. Proses 1 – 2 (kompresi), merupakan proses kompresi refrigeran dari keadaan awal tekanan dan temperatur rendah yang dikompresi secara reversibel dan isentropik sehingga sehingga mengakibatkan tekanan dan temperaturnya menjadi lebih tinggi daripada temperatur lingkungan.

2. Proses 2 – 3 (kondensasi), proses ini terjadi di kondensor dimana refrigeran dengan tekanan dan temperatur tinggi tersebut kemudian masuk ke kondensor untuk melepas panas ke lingkungan hingga berubah fasa menjadi refrigeran cair bertekanan tinggi.

3. Proses 3 – 4 (ekspansi), refrigeran cair yang masih bertekanan tinggi kemudian masuk alat ekspansi untuk diturunkan tekanannya sehingga temperaturnya pun turun (lebih rendah daripada temperatur lingkungan) dan sebagian refrigerant cair tersebut berubah fasa menjadi uap.

4. Proses 4 – 1 (evaporasi), proses ini terjadi di evaporator yang merupakan proses terjadinya penguapan refrigeran cair menjadi uap jenuh kembali akibat penambahan panas dari beban yang ada di evaporator untuk selanjutnya di kompresi kembali di kompresor.

#### • Kompresor

Kompresor adalah alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida yang mampu memampatkan gas atau udara. Dalam keseharian, kita sering memanfaatkan

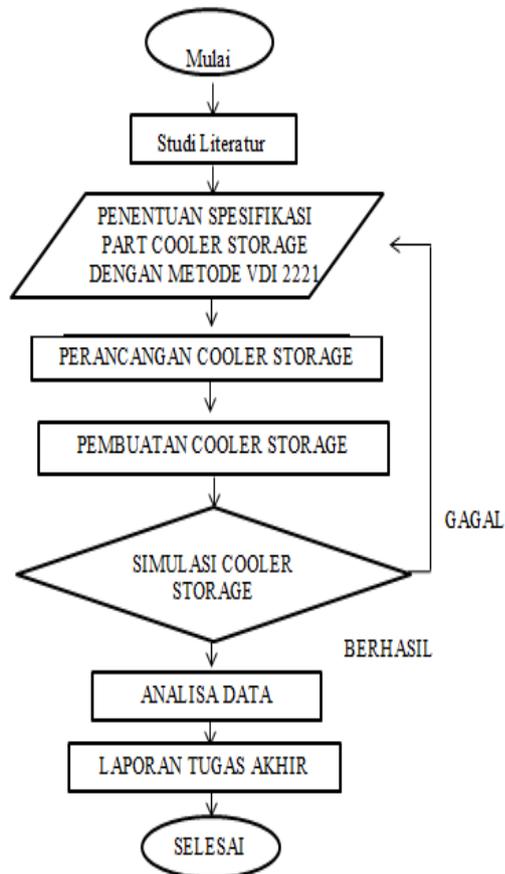
- **Koefisien Kinerja pada Sistem Refrigerasi –** Perbandingan antara besarnya kalor dari lingkungan yang dapat diambil oleh evaporator dengan kerja kompresor yang harus dilakukan disebut sebagai koefisien kinerja (*Coefficient Of Performance, COP*)

$$\text{COP Carnot} = \frac{T_e}{T_c - T_e}$$

$$\text{COP Aktual} = \frac{Q_e}{W}$$

$$\eta \text{ refrigerasi} = \frac{\text{COP Aktual}}{\text{COP Carnot}}$$

## 2.2. LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN



## 2.3. PERALATAN DAN BAHAN

Berikut ini peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan alat trainer cold storage, diantaranya :

1. Kompresor
2. Kondensor
3. Expansion Valve Thermostic
4. Evaporator
5. Thermostat
6. Refrigeran R-134 A
7. Filter Dryer
8. Sight Glasses
9. Hand Valve
10. Copper Tube 3/8" dan 1/2"
11. Relay
12. Kontaktor
13. Kabin
14. Tang ampere

## 3. HASIL DAN ANALISA DATA

### 3.1. HASIL ANALISA AKTUAL

Untuk dapat menganalisa performa kompresor dari Cooler Storage kapasitas ½ PK ketika menggunakan data pada Freon R-134 A dengan data aktual, maka diperlukan data temperatur sebelum (t1) dan sesudah (t2) kompresor, entalphi sebelum (h1) dan sesudah (h2) kompresor, daya kompresor dan nilai COP (coeffisien of performance). Data-data tersebut didapatkan dengan melakukan perhitungan berdasarkan data yang didapat saat analisa langsung dilapangan. Perhitungan Efisiensi kompresor memerlukan data data pendukung sebagai berikut:

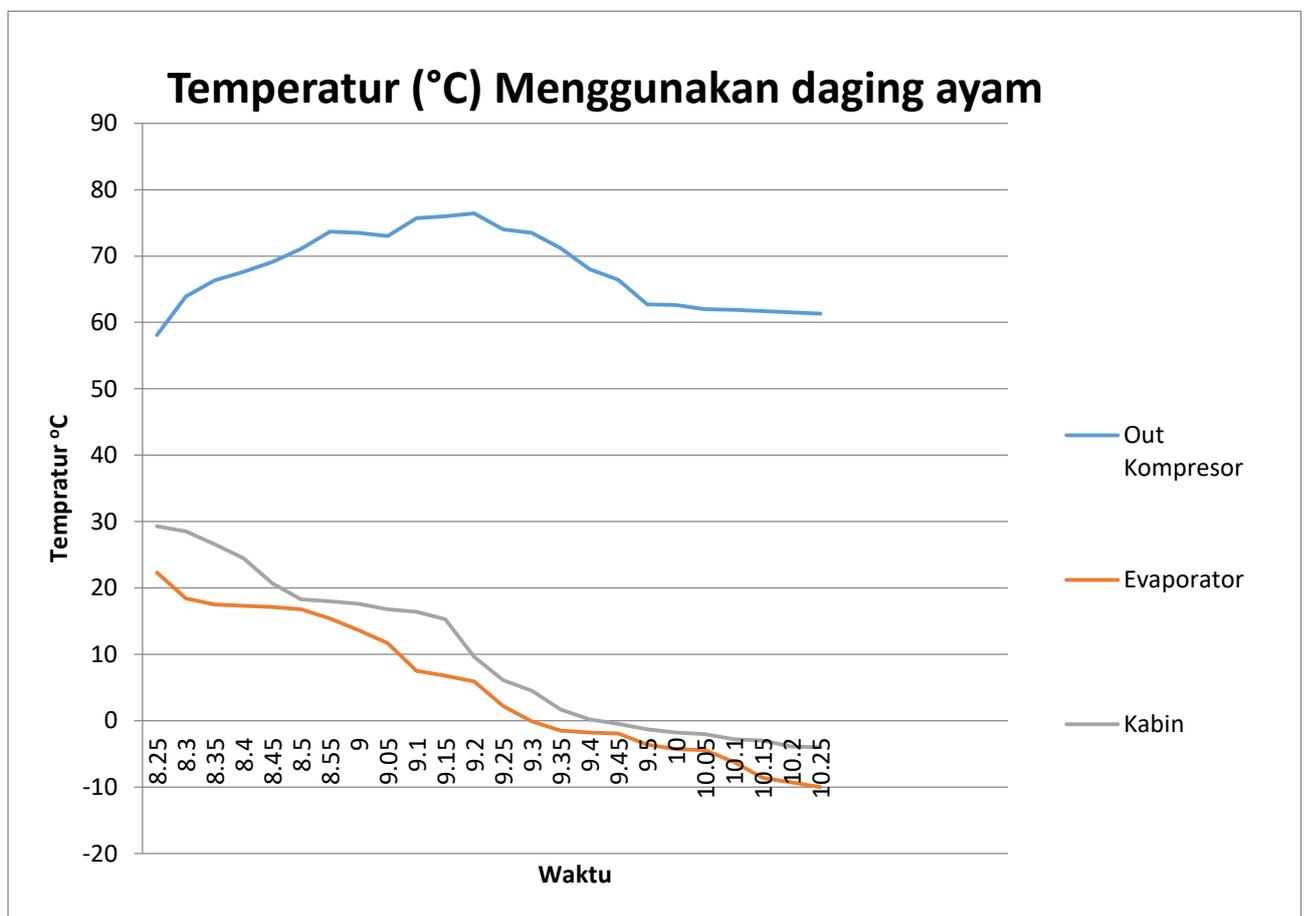
1. temperatur sebelum (t1) dan sesudah (t2) kompresor
2. entalphi sebelum (h1) dan sesudah (h2) kompresor
3. daya kompresor
4. nilai COP (coeffisien of performance)

Hasil analisa trainer cooler storage dengan menggunakan daging ayam selama 120 menit.

Tabel.3.1 Hasil Analisa aktual

| Jam   | Out Komp (°C) | In Komp (°C) | Temp Kabin (°C) | Evap (°C) | Out Kond (°C) | Out Evap (°C) | Arus (A) | Pressure (psi) |
|-------|---------------|--------------|-----------------|-----------|---------------|---------------|----------|----------------|
| 08.25 | 58.1          | 29.3         | 29.3            | 22.3      | 31.1          | 24.3          | 2.9      | 20             |
| 08.30 | 63.9          | 28.7         | 28.5            | 18.4      | 32.7          | 21.7          | 3        | 20             |
| 08.35 | 66.3          | 26.6         | 26.6            | 17.5      | 33.4          | 20.5          | 3        | 20             |
| 08.40 | 67.6          | 26.4         | 24.5            | 17.3      | 33.6          | 19.6          | 3        | 20             |
| 08.45 | 69.1          | 26.0         | 20.7            | 17.1      | 33.6          | 18.2          | 3        | 20             |
| 08.50 | 71.1          | 25.1         | 18.3            | 16.8      | 33.8          | 17.8          | 3        | 20             |
| 08.55 | 73.7          | 24.3         | 18              | 15.4      | 34            | 16.4          | 3        | 20             |
| 09.00 | 73.5          | 22.8         | 17.6            | 13.6      | 35.8          | 15.9          | 3        | 20             |
| 09.05 | 73            | 21.5         | 16.8            | 11.7      | 37.1          | 13.5          | 3        | 20             |
| 09.10 | 75.7          | 20.1         | 16.4            | 7.5       | 37.2          | 10.1          | 3        | 20             |
| 09.15 | 76            | 19.4         | 15.3            | 6.8       | 37.1          | 7.5           | 2.9      | 20             |
| 09.20 | 76.4          | 19.0         | 9.6             | 5.9       | 38            | 6.8           | 2.9      | 20             |
| 09.25 | 74            | 18.8         | 6.1             | 2.2       | 37.3          | 5.9           | 2.9      | 20             |
| 09.30 | 73.5          | 18.5         | 4.5             | -0.1      | 37.6          | 2.2           | 2.8      | 20             |
| 09.35 | 71.2          | 18.2         | 1.7             | -1.5      | 38.1          | -0.1          | 2.9      | 20             |
| 09.40 | 68            | 17.8         | 0.2             | -1.8      | 38.9          | -2.8          | 2.9      | 20             |
| 09.45 | 66.4          | 16.4         | -0.5            | -1.9      | 38.8          | -5.1          | 2.9      | 20             |
| 09.50 | 62.7          | 15.9         | -1.3            | -3.6      | 38.8          | -6.4          | 2.9      | 20             |
| 10.00 | 62.6          | 13.5         | -2.0            | -4.3      | 38.6          | -6.8          | 2.9      | 20             |
| 10.05 | 62            | 10.1         | -2.8            | -4.4      | 38.6          | -7.3          | 2.9      | 20             |
| 10.10 | 61.9          | 7.5          | -3.9            | -6.2      | 38.4          | -7.6          | 2.8      | 20             |
| 10.15 | 61.7          | 6.8          | -5.1            | -8.6      | 38.1          | -7.8          | 2.8      | 20             |

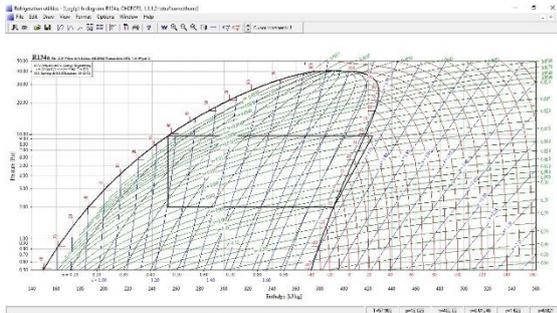
|           |        |       |        |       |        |      |       |    |
|-----------|--------|-------|--------|-------|--------|------|-------|----|
| 10.20     | 61.5   | 5.9   | -6.3   | -9.3  | 38.1   | -7.9 | 2.8   | 20 |
| 10.25     | 61.3   | 2.2   | -7     | -10   | 38.0   | -8.1 | 2.8   | 20 |
| Rata-Rata | 66.648 | 7.496 | 10.592 | 6.032 | 36.308 | 6.82 | 2.912 | 20 |
| Max       | 76.4   | 29.3  | 29.3   | 22.3  | 38.9   | 24.3 | 3     | 20 |
| Min       | 58     | 2.2   | -7     | -10   | 31.1   | -8.1 | 2.8   | 20 |



Gambar. 3.1. Diagram Hasil Analisa

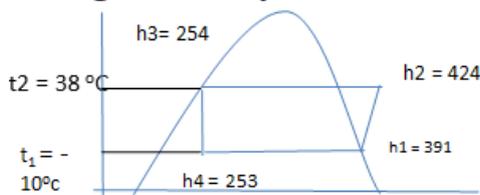
### 3.2. PERHITUNGAN HASIL ANALISA

Dari hasil tabel diatas di dapat nilai panas akhir kondensor 38 °c dan nilai temperatur evaporator -10°c



Gambar. 3.2 Gambar Diagram P-H Hasil Analisa Aktual

#### Diagram Temperatur - Entalphy



Gambar 3.2.1 Diagram Nilai Temperatur dan Entalphy

Dari gambar 3.2.1. dapat diketahui nilai  $t_1 = -10\text{ }^\circ\text{C}$  dan  $t_2 = 38\text{ }^\circ\text{C}$  dan nilai *entalphy* (h) dari setiap titik sudut (data nilai h diambil

| (Kj/kg)      |     |     |     |         |         |         |
|--------------|-----|-----|-----|---------|---------|---------|
| Enthalpy (h) |     |     |     | W       | Qcon    | Qevap   |
| h1           | h2  | h3  | h4  | (h2-h1) | (h2-h3) | (h1-h4) |
| 391          | 424 | 254 | 253 | 32      | 170     | 138     |

menggunakan software coolPack)

Qc = kerja kondensor

Qe = kerja Evaporator

W = Daya kompresor

h = entalphy

diketahui :

$$h1= 391$$

$$h2= 424$$

$$h3= 253$$

$$h4=253$$

Maka dapat dihitung nilai W, Qcon dan Qevap.

$$\begin{aligned} W &= (h2-h1) \\ &= 424 - 391 \\ &= 33 \text{ Kj/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qcon &= (h2-h3) \\ &= 424 - 253 \\ &= 171 \text{ Kj/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qevap &= (h1-h4) \\ &= 391 - 253 \\ &= 138 \text{ Kj/kg} \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat dihitung nilai COP Carnot dan aktualnya dari hasil diatas.

#### 1. COP Carnot

Diketahui :

$$\text{Temperatur evaporatoror (Te) } = -10^\circ\text{C} + 273,15 = 263,15 \text{ K}$$

$$\text{Temperatur kondensor (Tc) } = 38\text{ }^\circ\text{C} + 273,15 = 311,15 \text{ K}$$

Dit: COP Carnot ...?

$$\begin{aligned} \text{COP Carnot} &= \frac{T_k}{T_c - T_k} \\ &= \frac{263,15\text{K}}{311,15 \text{ K} - 263,15 \text{ K}} \\ &= \frac{263,15\text{K}}{48 \text{ K}} = 5,48 \end{aligned}$$

## 2. COP Aktual

Diketahui:

$$Q_c = 171 \text{ kJ/kg}$$

$$W = 29 \text{ kJ/kg}$$

Dit: COP Aktual...?

$$Q_c = \text{kerja kondensor}$$

$$W = \text{kerja kompresor}$$

$$\text{COP Aktual} = \frac{Q_c}{W}$$

$$= \frac{171 \text{ kJ/kg}}{32 \text{ kJ/kg}}$$

$$= 5.3$$

Setelah nilai COP dihitung,

maka bisa didapatkan nilai efisiensiya

$$\eta \text{ refrigerasi} = \frac{\text{COP Aktual}}{\text{COP Carnot}}$$

$$= \frac{5,3}{5,48}$$

$$= 0,93$$

$$= 93 \%$$

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 KESIMPULAN

Dari perancangan mesin *Cooler Storage* dengan kapasitas kompresor  $\frac{1}{2}$  PK dengan metode VDI 2221, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan kompresor  $\frac{1}{2}$  PK pada alat *trainer Cold Storage* hanya mendapat nilai efisiensi sebesar 93%.
2. Sedangkan untuk COP aktual yang dicapai oleh cold storage tersebut adalah sekitar 5,3 lebih kecil dari COP Carnot-nya yang sebesar **5,48**.
3. nilai  $t_1$  yang didapat adalah  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $t_2\text{ }38\text{ }^{\circ}\text{C}$
4. dari diagram mollier nilai yang didapat adalah  $h_1 = 391\text{ kJ/kg}$  dan  $h_2 = \text{kJ/kg}$

### 4.2 SARAN

Bagi yang ingin melanjutkan penelitian pada mesin ini agar dapat meningkatkan nilai efisiensi dari mesin Cold storage ini, maka penulis menyarankan beberapa hal berikut :

1. Perubahan posisi kompresor yang saat ini sejajar dengan kondensor, agar udara panas dari kompresor tidak terhisap kondensor.
2. Penambahan pelindung / cover diantara kompresor dan kondensor agar meminimalisir udara panas dari kompresor yang terhisap ke kondensor.
3. Pemberian isolasi termal pada pipa-pipa tembaga di *suction line*, *discharge line* dan *liquid line* sangat direkomendasikan untuk mengurangi *losses* panas yang lepas ke lingkungan pada saat freon melewati pipa-pipa tembaga tersebut..

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] T. Pendingin and T. Udara, "REFRIGERATOR."
- [2] H. Isyanto and D. Hidayat, "Monitoring Sistem Refrigerasi Pada Cold Storage," no. November, pp. 1–2, 2017.
- [3] M. R. Rahmat, "Perancangan Cold Storage Untuk Produk Reagen," *J. Imiah Tek. Mesin Februari Univ. Islam*, vol. 3, no. 4516, pp. 16–30, 2015.
- [4] A. I. Ramadhan, E. Diniardi, J. T. Mesin, F. Teknik, and U. M. Jakarta, "Perancangan Cold Storage untuk Produk Kedelai dengan Kapasitas 2410 Ton / hari," vol. 5, no. 2, pp. 3–7, 2017.
- [5] G. R. Willis, "Penggunaan Refrigeran R22 dan R134a pada Mesin Pendingin," 2015.
- [6] JH. Suryanto, "EFEK PENCAMPURAN REFRIGERAN R12 DAN R134a PADA VARIASI TEKANAN," no. June 2001, 2017.
- [7] I. Faozan, P. Studi, T. Mesin, F. Teknik, U. Mercu, and B. Jakarta, "ANALISIS PERBANDINGAN EVAPORATOR KULKAS ( LEMARI ES ) DENGAN MENGGUNAKAN REFRIGERANT R-22 DAN R-134A," vol. 04, no. 3, pp. 33–39, 2015.
- [8] M. SUARDA, "BAHAN AJAR POMPA DAN KOMPRESOR BAGIAN II: KOMPRESOR OL E H: UNIVERSITAS UDAYANA Agustus 2016," 2016.
- [9] DUWI SEPTIYANTO, "Kulkas dua pintu dengan daya  $\frac{1}{8}$  pk, panjang pipa kapiler 150 cm dan refrigeran r134a skripsi," 2015.
- [10] D. Prihatmoko, "Perancangan dan implementasi pengontrol suhu ruangan berbasis mikrokontroler arduino uno," *Simetris*, vol. 7, no. 1, pp. 117–122, 2016.
- [11] R. Aziz, P. N. Indramayu, and S. Pendingin, "SISTEM KONTROL SUHU PENYIMPAN BUAH-SAYUR PADA MESIN PENDINGIN," vol. 3, no. September, pp. 32–36, 2017.
- [12] S. Siagian, "PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN PADA COLD STORAGE UNTUK PENYIMPANAN IKAN TUNA PADA PT . X," vol. 13, pp. 139–149, 2017.
- [13] Dossat, Roy, J. 1981." PRINCIPLE OF REFRIGERATION" SI Edition. Canada: Jhon Willey and Son.1981
- [14] Holman, JP. E. Jasifi (penerjemah). Perpindahan Panas, Edisi Keenam. Penerbit Erlangga. Jakarta. 1994