

Analisis Efisiensi Kerja Kompresor Pada Mesin Refrigerasi di PT. XYZ

Ahmad Jibril¹⁾, Pandu Adi Cakranegara²⁾, Raudya Setya Wismoko Putri³⁾,
Cut Susan Octiva⁴⁾

¹⁾Program Studi Mekanisasi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo

²⁾Program Studi Manajemen, Universitas Presiden

³⁾Mahasiswa Pascasarjana, Universitas Negeri Yogyakarta

⁴⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Amir Hamzah

E-mail: ¹⁾ahmad.mekanisasi20@gmail.com, ²⁾pandu.cakranegara@president.ac.id,
³⁾raudyasetya.2020@student.uny.ac.id, ⁴⁾cutsusan875@gmail.com

Abstrak

Refrigerasi merupakan salah satu cara dalam mempertahankan temperatur suatu produk dalam kondisi pada temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan temperatur lingkungan yang berlangsung melalui proses perpindahan panas dari produk tersebut. Sistem refrigerasi yang banyak digunakan saat ini untuk keperluan industri ialah menggunakan siklus kompresi uap, dimana dalam siklus kompresi uap ini salah satu komponen yang mempunyai peranan penting adalah kompresor. Seiring dengan berjalannya waktu, kinerja kompresor akan mengalami penurunan, sehingga akan berpengaruh terhadap proses penyerapan panas dari bahan yang akan didinginkan. Dengan berkurangnya kemampuan terhadap proses penyerapan panas tersebut maka akan menurunkan tingkat efisiensi dari kompresor. Berdasarkan hasil analisis efisiensi terhadap kinerja kompresor sistem refrigerasi pada PT. XYZ, maka diperoleh nilai efisiensi sebesar 73.98%.

Kata Kunci: Efisiensi; Kompresor; Refrigerasi.

Abstract

Refrigeration is one way to maintain the temperature of a product in conditions at a lower temperature than the ambient temperature which takes place through the heat transfer process from the product. The refrigeration system that is widely used today for industrial purposes is to use a vapor compression cycle, where in this vapor compression cycle one of the components that has an important role is the compressor. Over time, the performance of the compressor will decrease, so it will affect the heat absorption process of the material to be cooled. With the reduced ability of the heat absorption process, it will reduce the efficiency level of the compressor. Based on the results of the efficiency analysis on the performance of the refrigeration system compressor at PT. XYZ, then the efficiency value is 73.98%.

Keywords: Compressor; Efficiency; Refrigeration.

1. PENDAHULUAN

Refrigerasi merupakan salah satu cara dalam mempertahankan temperatur suatu produk yang dihasilkan dalam kondisi pada temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan temperatur lingkungan yang berlangsung melalui proses perpindahan panas dari suatu produk yang telah dihasilkan tersebut [1]. Dengan kata lain refrigerasi merupakan suatu cara dalam melakukan proses perpindahan panas dari suatu produk untuk memperoleh temperatur yang lebih rendah.

Dalam dunia industri, sistem refrigerasi digunakan untuk mempertahankan kondisi suhu dari bahan baku ataupun produk yang dihasilkan dengan maksud untuk memperpanjang umur penyimpanan melalui proses pendinginan, dimana proses pendinginan dapat digunakan untuk mempertahankan kualitas dari suatu bahan baku sebelum digunakan pada proses produksi ataupun dapat mempertahankan kualitas dari produk yang telah dihasilkan sebelum di distribusikan ke konsumen melalui proses penyimpanan pada suhu di bawah -15°C sehingga akan menghambat pertumbuhan mikroorganisme [2] untuk menghindari terjadinya proses pembusukan pada bahan-bahan tersebut.

Dengan semakin berkembangnya teknologi sistem refrigerasi ini sehingga memberikan banyak manfaat bagi manusia, karena dengan adanya sistem refrigerasi ini akan dapat mempertahankan kualitas dari bahan makanan dalam waktu yang cukup lama. Dalam melakukan kerjanya, proses refrigerasi menggunakan fluida yang akan digunakan dalam proses perpindahan panas pada bahan yang akan didinginkan yang dinamakan dengan refrigeran [3]. Dalam melakukan proses kerjanya, siklus refrigerasi kompresi uap menerapkan proses perpindahan panas melalui refrigeran yang berputar secara berkesinambungan pada sistem refrigerasi, siklus operasional utama pada sistem refrigerasi yaitu kompresi, kondensasi (pengembunan), ekspansi dan evaporasi (penguapan) [4].

Sistem refrigerasi yang banyak digunakan saat ini untuk keperluan industri ataupun keperluan rumah tangga ialah menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap, dimana salah satu komponen yang berperan penting dalam melakukan proses kerja pada sistem refrigerasi ini adalah kompresor [5]. Kompresor merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai penekan fluida gas yang menerima energi/kerja dari luar yang berupa poros [6].

Seiring dengan berjalannya waktu, kinerja kompresor akan mengalami penurunan yang diakibatkan oleh ausnya komponen-komponen dari unit kompresor tersebut sehingga akan berpengaruh terhadap proses penyerapan panas dari bahan yang akan didinginkan. Dengan berkurangnya kemampuan terhadap proses penyerapan panas tersebut maka akan menurunkan tingkat efisiensi dari kompresor.

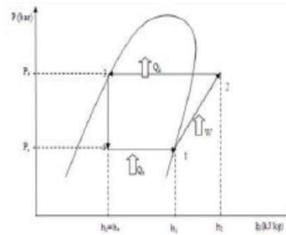
Oleh karena itu perlu untuk dilakukan perhitungan terhadap efisiensi kompresor yang digunakan untuk mengetahui tingkat efisiensi kompresor yang digunakan dalam melakukan proses pendinginan, disamping itu dengan mengetahui tingkat efisiensi dari kompresor akan dapat memberikan gambaran terhadap jadwal perawatan pada sistem refrigerasi tersebut, sehingga proses pendinginan dapat dijaga dengan baik.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui proses observasi dilapangan terhadap kinerja dari sistem refrigerasi pada PT. XYZ beserta komponen-komponen pendukungnya untuk mengetahui kondisi operasional dan kondisi-kondisi lainnya yang berkaitan dengan perhitungan efisiensi dari kompresor pada sistem refrigerasi tersebut. Untuk memperoleh sejumlah data primer yang diperlukan dalam melakukan perhitungan efisiensi dari kompresor ini ialah dengan melakukan obseravsi atau pengamatan secara langsung terhadap kondisi operasional sistem refrigerasi serta melakukan wawancara terhadap karyawan bagian produksi dan bagian engineering pada PT. XYZ.

Untuk melakukan perhitungan terhadap efisiensi kompresor, terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap beberapa parameter berikut ini [7]:

- a. Proses Kompresi di Kompresor. Uap refrigeran keluar kompresor memiliki tekanan yang tinggi, hal ini disebabkan karena adanya kerja yang dilakukan oleh kompresor terhadap refrigeran (W). Perhitungan dari nilai kompresi ini dapat dilakukan berdasarkan data primer yang telah kita peroleh dari proses observasi dilapangan terhadap nilai tekanan rata-rata pada *suction* dan *discharge* kompresor. Berdasarkan nilai tekanan rata-rata tersebut, dengan menggunakan diagram tekanan – entalpi, maka akan diperoleh nilai entalpi refrigeran masuk dan keluar kompresor.



Gambar 1. Siklus Refrigerasi Pada Diagram P – h

Setelah nilai entalpi refrigeran masuk dan keluar kompresor diperoleh, selanjutnya kita dapat melakukan perhitungan terhadap kerja yang dilakukan oleh kompresor melalui persamaan:

$$W_{\text{kompresor}} = m (h_2 - h_1) \quad \dots (1)$$

Berdasarkan persamaan (1), kerja kompresi merupakan selisih antara entalpi output refrigeran dengan entalpi input refrigeran dikalikan dengan massa refrigeran yang melewatinya. Pada saat proses kompresi, refrigeran mengalir dengan kecepatan tertentu, sehingga mengalami kesulitan untuk mengetahui massa refrigeran yang melewati sistem tersebut. Untuk dapat menghitung jumlah refrigeran yang melewati sistem kompresi tersebut, maka persamaan (1) dapat dinyatakan dalam satuan energi per satuan waktu (daya) melalui perkalian antara selisih entalpi output dan input refrigeran terhadap massa refrigeran yang melewati sistem kompresi.

$$P_{\text{kompresor}} = m (h_2 - h_1) \quad \dots (2)$$

Persamaan (2) diatas merupakan persamaan yang digunakan dalam melakukan perhitungan terhadap nilai daya mekanik kompresor yang merupakan kerja sebagai akibat dari pergerakan piston kompresor.

- b. Kecepatan Perpindahan Panas di Evaporator. Refrigeran yang melewati evaporator sebagian besar dalam fase liquid dengan temperatur yang lebih rendah dari temperatur lingkungan. Pada evaporator refrigeran dalam fase *liquid* akan diuapkan menjadi fase gas, jumlah penyerapan panas yang dilakukan oleh refrigeran pada evaporator dapat dihitung menggunakan data yang diperoleh dari siklus refrigerasi kompresi uap pada diagram tekanan – entalpi (diagram P – h). Kita dapat melakukan perhitungan terhadap kecepatan perpindahan panas yang terjadi di evaporator dengan persamaan:

$$Q_e = m (h_1 - h_4) \quad \dots (3)$$

- c. *Coefficient of Performance* (COP) aktual. Merupakan rasio antara nilai

kecepatan perpindahan panas yang terjadi di evaporator terhadap nilai kerja kompresi yang dilakukan oleh kompresor.

$$COP_{actual} = \frac{Q_e}{P_{kompessor}} \quad \dots (4)$$

- d. *Coefficient of Performance* (COP) carnot. Merupakan nilai *Coefficient of Performance* ideal dengan menganggap bahwa jumlah panas yang dibuang pada proses kondensasi sama dengan jumlah panas yang diserap di evaporator.

$$COP_{carnot} = \frac{T_{evaporasi}}{T_{kondensasi} - T_{evaporasi}} \quad \dots (5)$$

- e. Efisiensi. Merupakan perbandingan antara nilai COP aktual terhadap nilai COP carnot.

$$\eta = \frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}} \quad \dots (6)$$

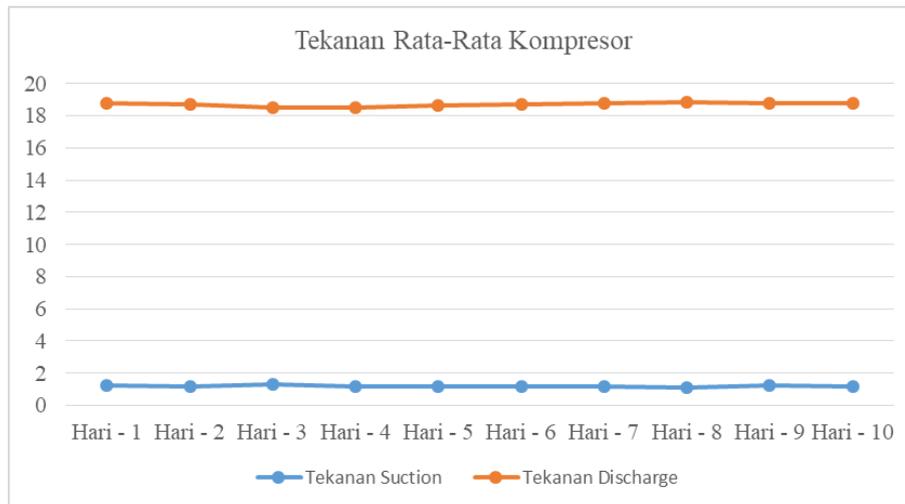
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses observasi dan pengambilan data terhadap parameter proses sistem refrigerasi dilakukan pada saat sistem refrigerasi beroperasi secara *steady* (tidak adanya gangguan pada proses sistem refrigerasi) agar data parameter proses yang diperoleh dapat memberikan hasil perhitungan yang maksimal. Berikut ini data dari tekanan rata-rata pada suction dan discharge kompresor berdasarkan hasil observasi terhadap parameter proses sistem refrigerasi:

Tabel 1. Tekanan Rata-Rata Suction dan Discharge Kompresor

Waktu	P _{Suction} (Bar)	P _{Discharge} (Bar)
Day-01	1,25	18.80
Day-02	1,20	18.70
Day-03	1,30	18.50
Day-04	1,20	18.50
Day-05	1,20	18.65
Day-06	1,15	18.70
Day-07	1,20	18.80
Day-08	1,10	18.85
Day-09	1,25	18.80
Day-10	1,20	18.75
Rata-Rata	1,20	18.70

Dari data pada Tabel 1 di atas, kemudian data tekanan rata-rata pada *suction* dan *discharge* kompresor disajikan dalam bentuk grafik agar memberi kemudahan untuk membaca data serta dapat mengetahui fluktuasi atau perubahan yang terjadi selama proses pengambilan data.

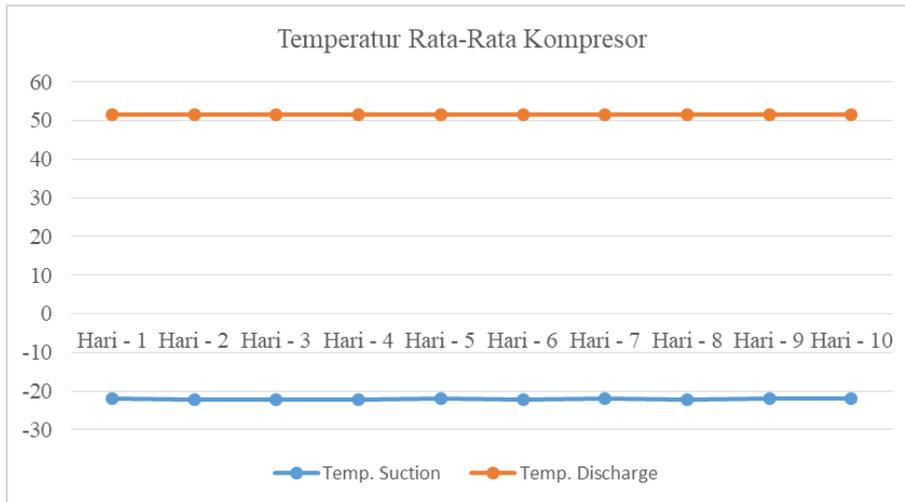


Gambar 2. Grafik Tekanan Rata-Rata Kompresor

Tabel 2. Temperatur Rata-Rata Suction dan Discharge Kompresor

Waktu	T _{Suction} (°C)	T _{Discharge} (°C)
Day-01	-22.00	51.50
Day-02	-22.10	51.60
Day-03	-22.15	51.50
Day-04	-22.10	51.55
Day-05	-22.00	51.40
Day-06	-22.10	51.60
Day-07	-21.95	51.50
Day-08	-22.10	51.50
Day-09	-22.00	51.40
Day-10	-22.00	51.60
Rata-Rata	-22.05	51.50

Dari data pada Tabel 2 di atas, kemudian data temperatur rata-rata pada suction dan discharge kompresor disajikan dalam bentuk grafik agar memberi kemudahan untuk membaca data serta dapat mengetahui fluktuasi atau perubahan yang terjadi selama proses pengambilan data.

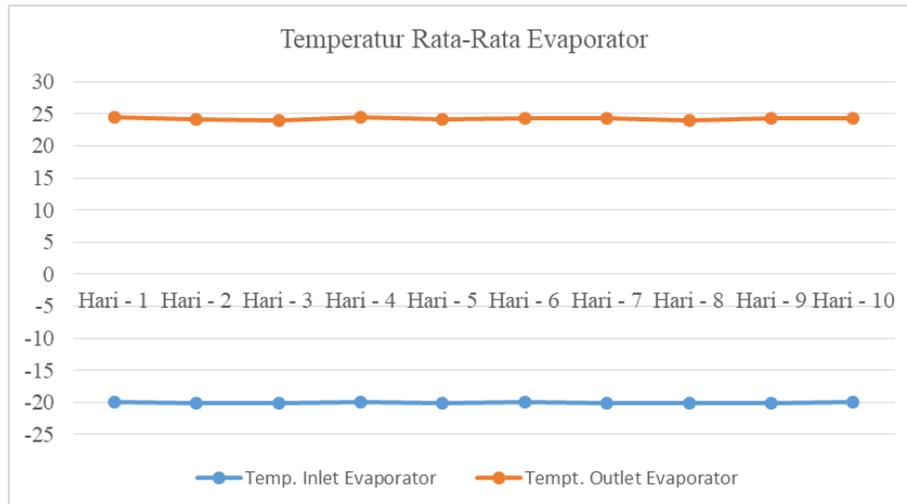


Gambar 3. Grafik Temperatur Rata-Rata Kompresor

Tabel 3. Temperatur Rata-Rata Inlet Evaporator dan Outlet Kondensor

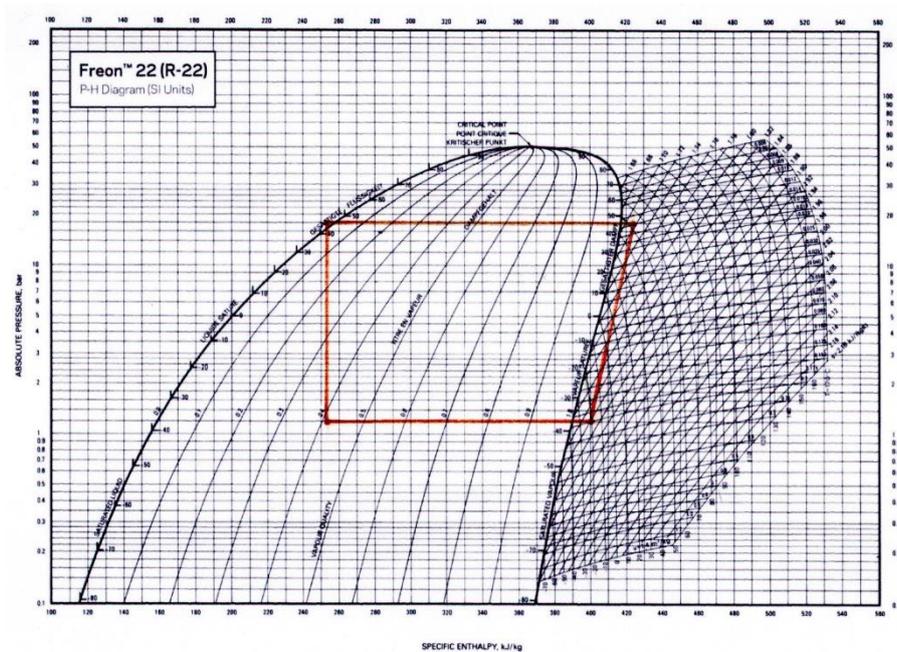
Waktu	T _{Inlet} Evaporator (°C)	T _{Outlet} Kondensor (°C)
Day-01	-20.00	44.50
Day-02	-20.10	44.20
Day-03	-20.20	44.20
Day-04	-20.00	44.50
Day-05	-20.15	44.25
Day-06	-20.00	44.30
Day-07	-20.10	44.50
Day-08	-20.20	44.25
Day-09	-20.15	44.50
Day-10	-20.00	44.25
Rata-Rata	-20.10	44.35

Dari data pada Tabel 3 di atas, kemudian data temperatur rata-rata pada inlet dan outlet evaporator disajikan dalam bentuk grafik agar memberi kemudahan untuk membaca data serta dapat mengetahui fluktuasi atau perubahan yang terjadi selama proses pengambilan data.



Gambar 4. Grafik Temperatur Rata-Rata Evaporator

Dari data primer yang telah diperoleh berdasarkan hasil observasi dilapangan terhadap parameter proses sistem refrigerasi, kemudian data primer tersebut di plotkan terhadap diagram P – h untuk memperoleh nilai entalpi. Berikut grafik hasil pembacaan terhadap nilai entalpi pada diagram P – h.



Gambar 5. Pembacaan Nilai Entalpi Pada Diagram P – h

Berdasarkan hasil pembacaan nilai entalpi pada diagram P – h, diperoleh data:

$$h_1 = 380 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 430 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 235 \text{ kJ/kg}$$

Berdasarkan persamaan (2), maka diperoleh massa refrigeran:

$$P_{\text{kompresor}} = m (h_2 - h_1)$$

$$28 \text{ kW} = m (430 \text{ kJ/kg} - 380 \text{ kJ/kg})$$

$$m = 0.560 \text{ kg/s}$$

Berdasarkan persamaan (3), maka diperoleh nilai kecepatan perpindahan panas yang terjadi di evaporator:

$$Q_e = m (h_1 - h_4)$$

$$= 0.560 \text{ kg/s} (380 \text{ kJ/kg} - 235 \text{ kJ/kg})$$

$$= 81.20 \text{ kW}$$

Berdasarkan persamaan (4), maka diperoleh nilai COP aktual:

$$\text{COP}_{\text{aktual}} = \frac{Q_e}{P_{\text{kompresor}}}$$

$$= \frac{81.20 \text{ kW}}{28 \text{ kW}}$$

$$= 2.9$$

Berdasarkan persamaan (5), maka diperoleh nilai COP carnot:

$$\text{COP}_{\text{carnot}} = \frac{T_{\text{evaporasi}}}{P_{\text{kondensasi}} - T_{\text{evaporasi}}}$$

$$= \frac{253 \text{ K}}{317.5 \text{ K} - 253 \text{ K}}$$

$$= 3.92$$

Berdasarkan persamaan (6), maka diperoleh nilai efisiensi:

$$\eta = \frac{\text{COP}_{\text{aktual}}}{\text{COP}_{\text{carnot}}} \times 100\%$$

$$= \frac{2.9}{3.92} \times 100\%$$

$$= 73.98\%$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis efisiensi terhadap kinerja kompresor sistem refrigerasi pada PT. XYZ, maka diperoleh nilai efisiensi sebesar 73.98%, dimana nilai ini berada dibawah standar nilai efisiensi dari sistem refrigerasi pada PT. XYZ. Hal ini disebabkan oleh sudah banyaknya komponen dari sistem refrigerasi tersebut yang membutuhkan perhatian *sparepart*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. W. Ziliwu, "Perhitungan Beban Pendinginan Pada Sistem Refrigerasi Air Blast Freezer," *Jurnal Teknologi Terapan.*, vol. 6, no. 2, pp. 163-171, 2020.
- [2] M. R. Rahmat, "Perancangan Cold Storage Untuk Produk Reagen," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin.*, vol. 3, no. 1, pp. 16-30, 2015.
- [3] G. R. Wilis, "Penggunaan Refrigeran R22 dan R134a Pada Mesin Pendingin," *Jurnal Oseatek.*, vol. 3, no. 2, pp. 1-7, 2015.
- [4] S. Heru, "Efek Pencampuran Refrigeran R12 dan R134a Pada Variasi Tekanan Kerja Terhadap Kapasitas Pendinginan Sistem Siklus Kompresi Uap," *Jurnal Forum Penelitian Kependidikan.*, vol. 13, no. 1, pp. 74-85, 2017.
- [5] I. Faozan, "Analisis Perbandingan Evaporator Kulkas (Lemari ES) Dengan Menggunakan Refrigeran R-22 dan R-134A," *Jurnal Teknik Mesin.*, vol. 4, no. 3, pp. 99-105, 2015.
- [6] M. Suadra, *Bahan Ajar Pompa dan Kompresor Bagian II: Kompresor*. Bali: Universitas Udayana, 2016.
- [7] Dossat Roy. J, *Principles Of Refrigeration*, Newyork and London: John Willey & Sons, INC, 1961.