

Pengaruh Variasi Temperatur Lingkungan terhadap Performansi Unit *Chest Freezer*

Muhammad Razzan Irawan^{1,*}, Andriyanto Setyawan²

^{1,2}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : ^{1,*}Muhammad.razzan.tptu20@polban.ac.id; ²andriyanto@polban.ac.id

ABSTRAK

Mesin refrigerasi biasa digunakan untuk penyimpanan bahan baku makanan dan minuman guna menjaga keawetan, salah satu aplikasi dari mesin refrigerasi adalah *chest freezer*. Faktor yang dapat mempengaruhi terhadap performansi mesin salah satunya adalah faktor lingkungan, maka dari itu dilakukan pengujian dengan variasi temperatur lingkungan sebesar 20°C, 25°C, 30°C, dan 35°C dengan kelembaban konstan 80%. *Chest freezer* yang digunakan berkapasitas 114 Watt dengan menggunakan refrigeran R 134-a, analisis kinerja yang diamati adalah nilai COP (*Coefficient Of Performance*), nilai kerja kompresi, nilai daya dan nilai efek refrigerasi. Dari hasil pengolahan data pengujian maka di dapatkan nilai kenaikan pada kerja kompresi terjadi setiap kenaikan variasi temperatur lingkungan, kemudian penurunan nilai efek refrigerasi terjadi setiap kenaikan variasi temperatur lingkungan, selanjutnya penurunan nilai COP_a terjadi setiap kenaikan variasi temperatur lingkungan, dan kenaikan daya terjadi setiap kenaikan variasi temperatur lingkungan.

Kata Kunci

Chest Freezer, Variasi Temperatur Lingkungan.

1. PENDAHULUAN

Mesin refrigerasi adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas dalam kabin ke luar kabin yang bertujuan agar temperatur kabin lebih rendah dari temperatur lingkungan. Mesin refrigerasi biasa digunakan untuk bahan baku makanan guna menjaga keawetan. Selain itu biasa digunakan untuk minuman guna menjaga kualitas rasa dan suhu rendah minuman. [1]

Salah satu aplikasi dari mesin refrigerasi adalah *chest freezer*. Prinsip kerja dari *chest freezer* adalah siklus sistem refrigerasi kompresi uap, siklus ini memiliki 4 tahap, yaitu proses kompresi, proses kondensasi, proses ekspansi, dan proses evaporasi. [2]

Pada proses kompresi yang terjadi di kompresor, uap refrigeran bertekanan rendah yang berasal dari pipa suction akan dihisap dan didorong sehingga tekanan dan temperatur naik, lalu uap refrigeran bertekanan tinggi akan masuk ke kondenser dan mengalami proses kondensasi, sehingga uap refrigeran bertekanan tinggi berubah fasa menjadi refrigeran cair bertekanan tinggi. [3]

Selanjutnya refrigeran akan masuk ke alat ekspansi untuk diturunkan tekanannya sehingga temperatur menjadi turun. Pada proses ekspansi ini, refrigeran cair bertekanan tinggi akan berubah fasa menjadi campuran dengan fasa cair lebih banyak didalamnya. Selanjutnya, refrigeran berfasa campuran akan mengalami proses evaporasi, yaitu berubah fasa menjadi uap refrigeran bertekanan rendah dikarenakan refrigeran menyerap kalor dari kabin yang akan dikondisikan. [4]

Pada penelitian sebelumnya pengaruh kenaikan temperatur lingkungan berpengaruh terhadap kinerja mesin secara keseluruhan. Setiap kenaikan temperatur udara luar 1°F dapat menurunkan kapasitas pendinginan (*refrigerating effect*) dan menurunkan sirkulasi refrigeran serta menurunkan koefisien kinerja atau *Coefficient of Performance* (COP) dalam sistem tata udara. Kenaikan temperatur udara luar juga berpengaruh besar terhadap kenaikan daya kompresor secara teoritis. Selain itu udara lingkungan ternyata dapat meningkatkan konsumsi energi listrik pada sistem tata udara. [5]

Seiring bertambahnya temperatur lingkungan maka nilai COP semakin menurun karena tingkat

efisiensi dari sistem tersebut semakin tidak efisien [6], selain itu temperatur lingkungan mempengaruhi performansi mesin, semakin temperatur lingkungan yang di kondisikan tinggi maka kinerja mesin cenderung tidak baik dan konsumsi daya yang di keluarkan semakin besar. [7]

Dalam sistem refrigerasi kompresi uap pendinginan terjadi karena adanya penarikan kalor oleh refrigerant yang menguap di evaporator. [8] Temperatur penguapan (evaporasi) di evaporator berpengaruh pada besarnya energy listrik yang diperlukan, semakin rendah temperatur evaporasi energi listrik persatuan kalor yang di ambil dari kabin akan semakin besar. Temperatur kabin yang rendah pada freezer memerlukan temperatur penguapan refrigeran yang rendah, sehingga energi yang diperlukan oleh freezer relatif besar artinya kompresor yang digunakan kapasitasnya besar. [9]

Dari sisi konsumsi energi listrik, daya input yang semakin besar akan meningkatkan konsumsi energi listrik. Namun, bila peningkatan daya input tidak disertai peningkatan kapasitas pendinginan maka freezer menjadi tidak efisien. [10]

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi temperatur lingkungan dan kelembaban konstan terhadap daya konsumsi energi, kerja kompresi, efek refrigerasi, dan *Coefficient of Performance* (COP) chest freezer.

2. METODE

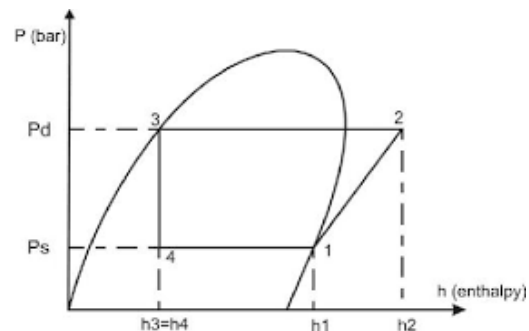
Pengujian dilakukan pada *chamber espec* untuk menjaga suhu dari temperatur lingkungannya, jenis unit freezer yang digunakan adalah tipe chest freezer berkapasitas 200 liter 114 Watt dengan menggunakan refrigeran R134a. Pengujian ini merubah suhu temperatur lingkungan dengan nilai variasi temperatur sebesar 20°C, 25°C, 30°C dan 35°C pada kondisi kelembaban konstan 80%. Hasil dari pencatatan nilai dilakukan hingga data yang tercatat stabil. Kinerja yang diamati adalah nilai kerja kompresi, nilai daya input, nilai efek refrigerasi, dan nilai *Coefficient Of Performance* (COP). Berikut merupakan persamaan untuk menentukan nilai nilai kinerja yang akan diamati dengan menggunakan persamaan (1), (2), dan (3)

$$Q_e = h_1 - h_4 \quad (1)$$

$$W_{komp} = h_2 - h_1 \quad (2)$$

$$COP_a = \frac{q_e}{W_{komp}} \quad (3)$$

Dimana h_1 , h_2 , h_3 , dan h_4 adalah entalpi pada keluaran dan masukan evaporator yang nilai nya di cari menggunakan diagram P-h (*pressure-enthalpy*) dan COP_a yang di dapatkan dari perhitungan persamaan (1) dan (2).



Gambar 1. Siklus refrigerasi freezer pada diagram P-h

Pengambilan data dilakukan selama rata rata 120 menit (2 jam) dan dicatat setiap dua menit, proses pengambilan data menggunakan *chamber espec* sebagai pendukung pengkondisian variasi temperatur lingkungan dengan kelembaban konstan sehingga unit chest freezer dimasukkan ke dalam ruangan *chamber espec* agar temperatur lingkungannya terjaga sesuai dengan variasi yang sudah ditentukan. Selain itu alat ukur yang dibutuhkan dalam proses pengambilan data adalah *thermometer* dan *power source*.

Tabel 1 Spesifikasi *Thermometer Digital*

Tipe	PTM 10
Ketelitian	0,1 °C
Voltage	1,5 V
Range temperature	-50 °C- 110 °C
Arus kerja	Max 4 microampere
Tipe sensor	NTC (10K / 3435)

Tabel 2 Spesifikasi *Power Source*

Model	APS-5130
Arus	220 V
Frekuensi	45-250 Hz
Distorsi harmoni	2%

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengujian dilakukan dengan empat variasi temperatur lingkungan yang berbeda dengan kelembaban konstan. Untuk mengkondisikan temperatur lingkungan yang divariasikan pengujian ini menggunakan *chamber espec* dan untuk alat uji menggunakan *chest freezer* 114 watt. Empat analisis kinerja yang diamati antara lain adalah nilai *Coefficient Of Performance* (COP), nilai kerja kompresi, nilai daya dan nilai efek refrigerasi.

3.1 Pengolahan Data Hasil Pengukuran

Hasil dari persamaan yang sudah di hitung dan di olah terlampir pada Tabel 3 dan akan dilakukan analisis dalam grafik terhadap variasi temperatur lingkungan yang sudah ditentukan.

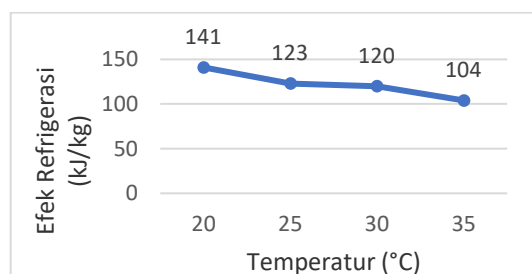
Tabel 3 Data hasil perhitungan

RH	T _{DB}	Parameter					
		h ₁	h ₂	h ₄	q _e	W _{komp}	COP _a
80%	°C	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	
	20	381	476	240	141	95	1,48
	25	380	476	257	123	96	1,28
	30	380	478	260	120	98	1,22
	35	380	480	276	104	100	1,04

3.2 Efek Refrigerasi

Efek refrigerasi merupakan jumlah kalor yang diserap oleh refrigerant didalam evaporator untuk setiap satu satuan refrigeran, terjadi pada proses 4 ke 1 pada Gambar 1, semakin tinggi temperatur lingkungan maka semakin turun nilai efek refrigerasi nya terlihat pada Gambar 2. Digunakan persamaan (1) untuk menghitung efek refrigerasi,yaitu,

$$\begin{aligned}
 Q_e &= h_1 - h_4 \\
 &= 380 \text{ kJ/kg} - 257 \text{ kJ/kg} \\
 &= 123 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$



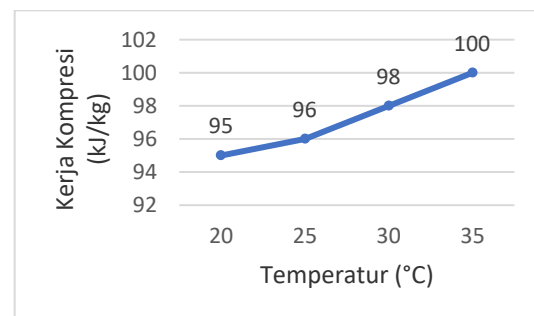
Gambar 2 Grafik efek refrigerasi terhadap temperatur

Dengan variasi yang sudah ditentukan sebesar 20°C, 25°C, 30°C dan 35°C, dengan kelembaban konstan sebesar 80%, nilai efek refrigerasi yang dihasilkan dari pengolahan data mengalami penurunan yang signifikan dilihat pada temperatur 20°C memiliki nilai yang tinggi sebesar 141 kJ/kg, sedangkan pada temperatur 35°C memiliki nilai yang paling rendah sebesar 104 kJ/kg, dapat disimpulkan semakin tinggi temperatur lingkungan, maka semakin rendah nilai efek refrigerasi yang dihasilkan.

3.3 Kerja Kompresi

Kerja kompresi merupakan suatu kemampuan kerja dimana pada saat temperatur lingkungan semakin panas maka kompresor pada sistem akan bekerja lebih cepat dan menghasilkan kerja kompresi yang semakin tinggi, karena pada saat temperatur lingkungan panas maka pelepasan kalor menjadi kurang maksimal dan membutuhkan kompresi yang lebih untuk menurunkan temperatur dalam kabin. Dalam proses perhitungan mencari kerja kompresi digunakan persamaan (2) untuk menghitung kerja kompresi,yaitu,

$$\begin{aligned}
 W_{komp} &= h_2 - h_1 \\
 &= 476 \text{ kJ/kg} - 380 \text{ kJ/kg} \\
 &= 96 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$



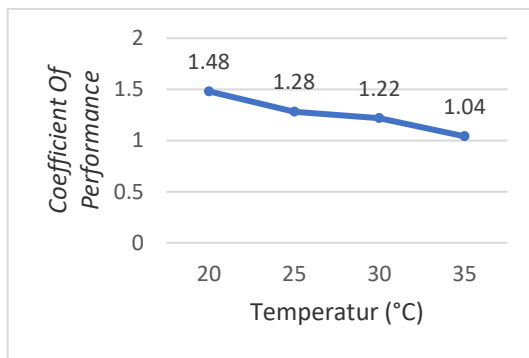
Gambar 3 Grafik kerja kompresi terhadap temperatur

Dengan variasi yang sudah ditentukan sebesar 20°C, 25°C, 30°C dan 35°C, kelembaban konstan sebesar 80%, dapat dilihat pada Gambar 3 pengaruh variasi temperatur lingkungan dapat mempengaruhi nilai kerja kompresi. Pada temperatur 20°C nilai kerja kompresi didapatkan sebesar 95 kJ/kg, sedangkan pada temperatur 35°C nilai kerja kompresi didapatkan sebesar 100 kJ/kg, dapat disimpulkan semakin tinggi temperatur pada variasi yang ditentukan maka semakin tinggi juga nilai kerja kompresi pada mesin chest freezer.

3.4 Coefficient Of Performance (COP)

COP merupakan hasil perbandingan antara efek refrigerasi dengan kerja kompresor. Jika efek refrigerasi yang dihasilkan tinggi dan kerja kompresor yang dihasilkan rendah maka COP yang akan dihasilkan akan tinggi, begitupun sebaliknya jika efek refrigerasi yang dihasilkan rendah dan kerja kompresor yang dihasilkan tinggi maka COP yang dihasilkan akan rendah. Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin tinggi nilai COP, maka semakin efisien mesin refrigerasi tersebut. Dalam perhitungan mencari nilai COP digunakan persamaan (3), yaitu,

$$\begin{aligned} \text{COP}_a &= \frac{q_e}{W_{\text{komp}}} \\ &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\ &= \frac{123 \text{ kJ/kg}}{96 \text{ kJ/Kg}} \\ &= 1,28 \end{aligned}$$

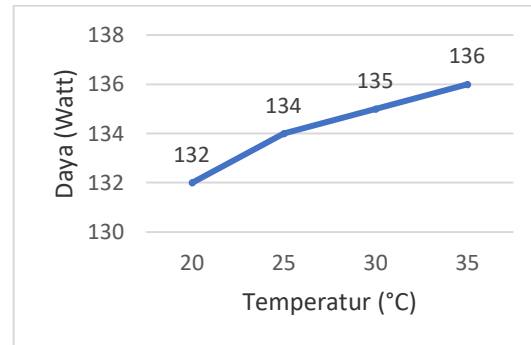


Gambar 4 Grafik COP terhadap temperatur

Dengan variasi yang sudah ditentukan sebesar 20°C, 25°C, 30°C dan 35°C, dengan kelembaban konstan sebesar 80%, nilai COP tertinggi dihasilkan pada temperatur 20 °C sebesar 1,48, dan nilai COP terendah dihasilkan pada temperatur 35 °C sebesar 1,04. Nilai COP merupakan hasil perbandingan dari efek refrigerasi dengan kerja kompresi, yaitu ketika efek refrigerasi yang dihasilkan tinggi dan kerja kompresi yang dihasilkan rendah maka nilai COP yang akan dihasilkan tinggi, begitupun sebaliknya jika efek refrigerasi yang dihasilkan rendah dan kerja kompresi tinggi maka COP yang dihasilkan rendah.

3.5 Daya

Daya menunjukkan besar konsumsi listrik yang digunakan oleh sistem, semakin tinggi daya maka semakin besar konsumsi listrik yang digunakan untuk sistem tersebut. Kenaikan daya input disebabkan karena refrigeran yang masuk ke kompresor semakin panas sehingga kerja kompresor akan semakin berat, arus naik dan menyebabkan daya inputnya naik.



Gambar 5 Grafik daya terhadap temperatur

Dengan variasi yang sudah ditentukan sebesar 20°C, 25°C, 30°C dan 35°C, dengan kelembaban konstan sebesar 80%, menunjukkan nilai daya yang dihasilkan pada temperatur 20°C sebesar 132 Watt merupakan nilai daya terendah dan nilai daya tertinggi dihasilkan pada temperatur 35°C sebesar 136 Watt, maka dapat disimpulkan semakin tinggi variasi temperatur lingkungan maka semakin tinggi juga nilai daya yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Pengujian variasi temperatur lingkungan terhadap performansi unit *chest freezer* telah selesai dilaksanakan, variasi temperatur lingkungan yang dilakukan sebesar 20°C, 25°C, 30°C dan 35°C dengan kelembaban konstan 80%. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada saat temperatur lingkungan lebih tinggi terjadi penurunan efek refrigerasi dengan persentase penurunan sebesar 26%, dan terjadi kenaikan kerja kompresi dengan persentase kenaikan sebesar 5,2%, selain itu terjadi penurunan nilai COP dengan persentase penurunan sebesar 29,7%, dan terjadi kenaikan pada konsumsi daya dengan persentase kenaikan 3%, hal ini terjadi karena faktor temperatur lingkungan yang terus di kondisikan semakin panas sehinga berpengaruh terhadap efek refrigerasi, kerja kompresi, COP, dan daya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara atas sarana dan prasarana yang dapat dimanfaatkan dalam menunjang pengambilan data, dan Balai Besar Barang dan Bahan Teknik (B4T) yang sudah mengizinkan pengambilan data dan memberikan sarana dan prasarana yang menunjang untuk pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Lukitobudi, Bahan Ajar Dasar Refrigerasi, Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, 2011.
- [2] W. A. Arief Ranu Saputra, "COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP) MINI FREEZER DAGING AYAM KAPASITAS 4 KG," Jurnal Teknologi Pendingin dan Tata Udara Politeknik Sekayu, vol. 1, 2015.
- [3] B. K. Ferry Sugara, "PERBANDINGAN PERFORMANSI MESIN REFRIGERASI KOMPRESI UAP CHEST FREEZER MENGGUNAKAN PIPA KAPILER DAN ORIFICE," JTT, vol. 7, 2021.
- [4] W. H. Mitrakusuma, Bahan Ajar Dasar Refrigerasi, Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, 2011.
- [5] K. Sumardi, "Pengaruh Kenaikan Temperatur Lingkungan Terhadap Konsumsi Energi Listrik Pada Sistem Tata Udara," Bumi Lestari, vol. 13, no. 2, 2013.
- [6] D. N. Irawan, "Pengaruh Variasi Temperatur Dry Bulb dan Kelembaban Relatif Konstan Pada Outdoor Air Terhadap Kinerja AC Split," 2020.
- [7] R. Ramadhan, "Pengaruh Temperatur Lingkungan dan Beban Produk Terhadap Performansi Refrigerator Untuk Penyimpanan Whole Blood," 2017.
- [8] T. P. Pramudantoro, "ANALISIS PERFORMANSI MINI FREEZER YANG DILENGKAPI DENGAN FLUIDA PENYIMPAN DINGIN (THERMAL STORAGE)," IRWSN , 2010.
- [9] I. B. A. M. B. K. Heriyanto Rusmaryadi, "STUDI PERBANDINGAN KINERJA FREEZER 1/5PK DENGAN R134a DAN MUSICOOL (MC-134)," TURBULEN, vol. 2, pp. 68-74, 2019.
- [10] S. Triaji Pangripto Pramudantoro, "Pengaruh Variasi Massa Pengisian R290 Sebagai Refrigeran Pengganti R22 Pada Kinerja Freezer," Prosiding Seminar Nasional XII, 2017.