

Kinerja Pendinginan Suhu Konstan 15°C dengan Variasi Dimensi Kondenser pada Truk Refrigerator

Cooling Performance 15°C Constant Temperature with Variations Condenser Dimensions in Refrigerator Trucks

I Gede Bawa Susana¹, I Ketut Perdana Putra²

¹Jurusan Teknik Mesin Universitas Mataram, Mataram-NTB, Indonesia

²Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram, Mataram-NTB, Indonesia

e-mail: gedebawa@unram.ac.id, iketutperdanaputra@gmail.com

Abstrak

Temperatur pendinginan konstan sangat dibutuhkan dalam penyimpanan bahan pangan agar awet dan tetap segar dalam suatu alat transportasi yaitu berupa truck refrigerator. Untuk mempertahankan temperature konstan 15°C, dilakukan pengujian terhadap aplikasi dimensi kondensor terhadap kinerja mesin pendingin. Dimensi kondensor yang digunakan meliputi (P 23 x T 14) inch² x 19 mm, (P 23 x T 14) inch² x 26 mm, dan (P 23 x T 14) inch² x 44 mm disesuaikan dengan kondisi operasi dari truck refrigerator. Dari pengujian yang dilakukan ditemukan bahwa dimensi kondensor paling besar memberikan waktu capai dingin paling cepat yaitu 460 detik dibandingkan dimensi paling kecil hanya menghasilkan 860 detik. Berdasarkan kinerja mesin pendingin yang dilihat dari indikator efek refrigerasi, kerja kompresi, dan *coefficient of performance* (COP) bahwa dimensi kondensor paling besar memberikan kinerja lebih baik. Kondensor dengan dimensi paling besar memiliki luas permukaan perpindahan panas paling besar, sehingga proses perpindahan panas yang terjadi lebih besar. Efek refrigerasi dan COP terjadi paling tinggi pada dimensi kondensor paling besar dengan kerja kompresi paling kecil. Suatu sistem refrigerasi yang efisien memiliki daya kompresi yang rendah dan COP yang tinggi.

Kata kunci: pendinginan; truck refrigerator; dimensi kondensor; *coefficient of performance*

Abstract

Constant cooling temperatures are needed in storing food so that it lasts and remains fresh in a means of transportation, namely a truck refrigerator. To maintain a constant temperature of 15°C, tests were carried out on the application of condenser dimensions to the performance of the cooling machine. The condenser dimensions used include (L 23 x H 14) inch² x 19 mm, (W 23 x H 14) inch² x 26 mm, and (W 23 x H 14) inch² x 44 mm, adjusted to the operating conditions of the truck refrigerator. From the tests carried out, it was found that the largest condenser dimension provided the fastest cooling time, namely 460 seconds, compared to the smallest dimension, which only produced 860 seconds. Based on the performance of the cooling machine, as seen from the indicators of refrigeration effect, compression work, and *coefficient of performance* (COP), the largest condenser dimensions provide better performance. The condenser with the largest dimensions has the largest heat transfer surface area, so

the heat transfer process that occurs is greater. The refrigeration effect and COP occur highest at the largest condenser dimensions with the smallest compression work. An efficient refrigeration system has low compression power and high COP.

Keywords : *cooling; truck refrigerator; condenser dimension; coefficient of performance*

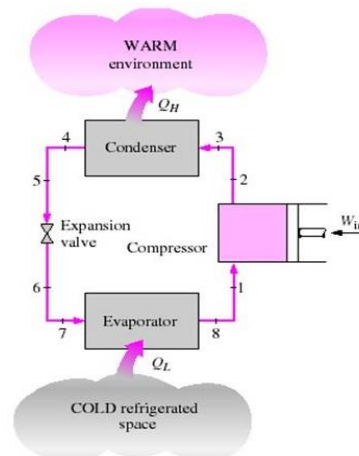
1. PENDAHULUAN

Kondensor sebagai bagian dari system air conditioner memegang peranan sangat penting untuk merubah gas bertekanan tinggi ke cairan bertekanan tinggi. Kondensor pada system pendinginan truck refrigerator menjadi salah satu bagian penting untuk membuat udara dingin berhembus dan menyejukkan kabin kendaraan maupun fungsinya menyejukkan bahan pangan dalam kendaraan. Pendinginan yang dilakukan terhadap bahan pangan bertujuan untuk memperpanjang umur simpan. Pada bahan pangan yang berpindah dan diangkut dengan alat transportasi, pendinginan sangat penting agar bahan pangan tetap awet dan segar. Seperti untuk pengiriman susu segar dalam 24-35 jam memerlukan temperatur pendinginan 15°C. Dalam tulisan ini dilakukan analisis kebutuhan temperature ruang pendingin konstan yaitu 15°C dengan beberapa variasi dimensi kondensor.

Truck refrigerator merupakan alat transportasi sebagai salah satu sarana yang bisa menjaga temperatur dan kualitas produk dapat bertahan lebih lama. Produk-produk yang diangkut menggunakan *truck refrigerator* sering mengalami kerusakan akibat temperatur yang tidak sesuai yang berdampak terhadap produk atau barang ditolak di pasaran. Sistem pendingin dalam unit *truck refrigerator* dirancang sedemikian untuk memperoleh kondisi udara segar dan nyaman yang terdistribusi secara merata. Untuk menjalankan fungsi dengan baik, ada beberapa komponen penting dalam sistem pendinginan salah satunya adalah kondensor. Pada sistem pendingin, kondensor merupakan komponen yang sangat penting agar proses pendinginan tetap berkelanjutan. Kondensor dianggap sebagai komponen penting pada mesin AC berfungsi melepaskan panas dari system pendingin karena energinya dikeluarkan dan udara yang terkondensasi terkuras keluar (Abdulwahab & Mysen, 2022). Kondensor berfungsi sebagai penukar panas dan kenyamanan dipengaruhi oleh jumlah panas yang dihasilkan kondensor, sehingga kondensor sebagai komponen penting dari Air Conditioning (Putri dkk., 2018). Temperature ruangan dapat dipertahankan konstan sebagai dampak dari kondensor mengeluarkan hawa panas dari ruangan yang didinginkan. Fungsi kondensor adalah mengembunkan fase uap menjadi cair dan kondensor merupakan alat penukar panas (Bergman dkk., 2011). Dalam system pendingin udara, kondensor digunakan untuk mengekstraksi panas yang tidak diinginkan dari zat pendingin dan mengirimkannya ke luar ruangan (Gowthami dkk., 2022). Kondensor sebagai bagian penting dari system refrigerasi dipalikasikan untuk proses pendinginan bahan pangan khususnya yang dikirim antar tempat atau daerah. Proses pendinginan menggunakan refrigerant sebagai fluida utama. Refrigerant merupakan material paling sensitive terhadap kondisi operasi yang didistribusikan ke kondensor dan total biaya pendingin (Chen dkk., 2019). Aplikasi kondensor melalui evaluasi bahan dan refrigerant dengan menganalisis terjadinya proses perpindahan panas, dan pengaturan pendinginan di kondensor melalui alat destilasi asap cair (Nwasuka dkk., 2020; Pukoliwutang dkk., 2017). Temperatur yang diturunkan melalui pendinginan untuk bahan pangan bertujuan menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Hal ini dapat mencegah makanan membusuk dan basi.

Aplikasi sistem refrigerasi pada alat transportasi paling banyak menggunakan siklus kompresi uap. Beberapa penelitian yang dilakukan terkait aplikasi system refrigerasi kompresi uap untuk bahan pangan seperti pada ketimun, tomat, bir; kapal ikan; cold box

untuk terong; dan kulkas (Buntu dkk., 2017; Al hasbi dkk., 2016; Al-Ajmi, 2015). Proses perpindahan panas pada system refrigerasi terjadi dari temperature rendah ke temperature lebih tinggi. Kalor diserap dari ruang dengan temperature rendah dan kalor dilepaskan ke ruang dengan temperatur lebih tinggi. Proses ini terjadi akibat adanya perbedaan temperature antara refrigerant dengan udara lingkungan. Aplikasi siklus kompresi uap system refrigerasi pada alat transportasi seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dalam keadaan siklus ideal (Çengel dkk., 2019). Kalor kompresi yang dikeluarkan kompresor dan energi yang diserap evaporator dilepaskan oleh kondensor. Peningkatan laju pelepasan kalor kondensor high stage menyebabkan koefisien performansi pada cascade system mengalami peningkatan (Firdaus & Putra, 2014). Kondensor memiliki fungsi utama yaitu menerima uap dari kompresor selanjutnya mengembunkan uap tersebut. Kondensor berfungsi mengembunkan gas ke wujud cair dan sebagai unit perpindahan panas (Alus dkk., 2017). Analisis proses perpindahan panas dengan mengaplikasikan kondensor melalui evaluasi alat destilasi asap cair dengan pengaturan pendinginan di kondensor, serta bahan dan refrigerant (Pukoliwutang dkk., 2017; Nwasuka dkk., 2020). Kondensor memiliki peran memaksimalkan efisiensi mesin pendingin sehingga dikatakan sebagai komponen yang sangat penting.



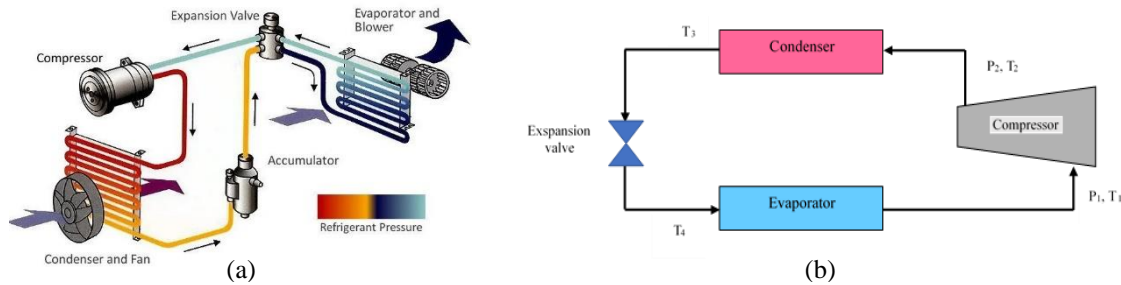
Gambar 1. *Ideal vapor-compression refrigeration cycle* (Çengel dkk., 2019)

Kondensor sebagai alat penukar kalor merupakan media untuk proses perpindahan panas antara dua fluida yang memiliki temperature berbeda. Adanya perbedaan temperature antara dua fluida yang dipisahkan dinding tanpa terjadinya pencampuran fluida sebagai aplikasi dari penukar kalor (Çengel, 2002; Bergman dkk., 2011). Di dalam kondensor terjadi laju perpindahan panas sebagai fungsi dari temperatur pengembunan, temperatur penguapan, dan kapasitas refrigerasi (Stoecker dkk., 1987). Refrigerant yang terdistribusi ke dalam kondensor berpengaruh terhadap temperature pada setiap tube, penurunan tekanan, perpindahan panas, dan massa refrigerant (Uttariyani, 2016). Metode aliran fluida pada kondensor dapat berupa refrigerant di dalam pipa sedangkan gas di luar pipa atau sebaliknya. Energi yang diserap dari evaporator dan kalor yang dikeluarkan kompresor harus mampu dikeluarkan oleh kondensor. Penelitian ini membahas kinerja pendingin truck refrigerator pada suhu konstan 15°C dengan variasi dimensi kondensor.

2. METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi oli refrigerasi, refrigerant 134a (R134a), dan kondensor. Tiga kondensor digunakan untuk tebal yang berbeda masing-masing dengan dimensi (P 23 x T 14) inch² x 19 mm (kondensor-1), (P 23 x T 14) inch² x 26 mm

(kondensor-2), dan (P 23 x T 14) inch² x 44 mm (kondensor-3). Pengambilan data dilakukan pada satu unit truck refrigerator dengan siklus kompresi uap pada sistem refrigerasinya dengan refrigerant 134a (R134a). Pengujian dilakukan untuk beban dan temperatur konstan yaitu 2000 W dan 15°C. Alat ukur menggunakan timbangan digital, mesin vakum, tachometer digital, thermometer digital, dan manifold gauge. Pengukuran dilakukan pada pipa isap kompresor (P₁ dan T₁) terhadap temperatur dan tekanan refrigeran, pipa masuk kondensor (P₂ dan T₂) terhadap tekanan refrigeran, dan pipa keluar kondensor (T₃) untuk temperatur refrigeran seperti ditunjukkan pada Gambar 2b.



Gambar 2. Siklus kompresi uap (a) actual (Nenwell, 2023), dan (b) pengambilan data ukur

Tekanan dihitung berdasarkan rata-rata dari pengulangan dan dikonversi dalam tekanan absolut (P_{abs}) dalam satuan kPa menggunakan persamaan 1.

$$P_{abs} = P_{gauge} + P_{atm} \quad (1)$$

Tekanan pengukuran (P_{gauge}) dalam satuan Psig, sedangkan tekanan atmopsfir (P_{atm}) memiliki nilai 101,325 kPa. Berdasarkan tekanan rata-rata absolut, selanjutnya dengan termometer digital diperoleh data temperatur dan dicari rata-ratanya. Nilai entalpi diperoleh berdasarkan tabel R134a berdasarkan nilai temperatur dan tekanan. Kerja kompresi (W_c), efek refrigerasi (q_r), dan coefficient of performance (COP) dihitung dari nilai entalpi menggunakan masing-masing persamaan 2, 3, dan 4.

$$W_c = h_1 - h_2 \quad (2)$$

Kerja kompresi (W_c) dalam satuan kJ/kg, laju aliran massa (ṁ) dalam satuan kg/s, h₁ dan h₂ masing-masing entalpi awal dan akhir kompresi dalam satuan kJ/kg.

Persamaan 3 menyajikan proses 4-1 yaitu proses pada evaporator berupa penyerapan kalor yang disebut sebagai efek refrigerasi (q_r) dalam satuan kJ/kg dan h₄ merupakan entalpi akhir ekspansi dalam satuan kJ/kg.

$$q_r = h_1 - h_4 \quad (3)$$

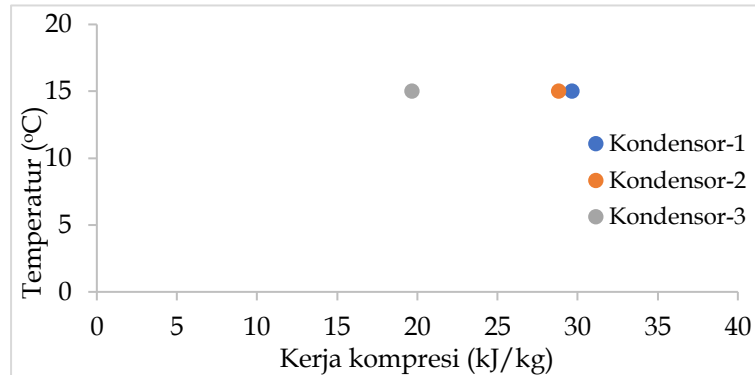
Persamaan 4 menyajikan perbandingan antara efek refrigerasi dengan kerja kompresi yang disebut coefficient of performance (COP) dari siklus kompresi uap standar.

$$COP = \frac{q_r}{W_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerja kompresi yang terjadi pada kompresor yaitu proses peningkatan tekanan uap refrigeran yang berasal dari evaporator. Peningkatan tekanan diikuti oleh meningkatnya

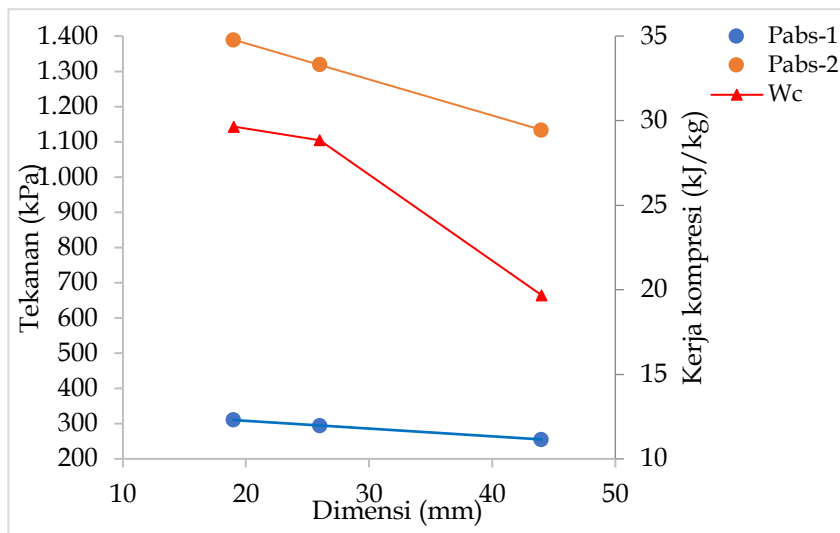
temperatur refrigeran. Untuk dapat melewati kondensor, refrigeran melepaskan energi dari temperatur yang tinggi. Pelepasan energi ke lingkungan terjadi di kondensor. Kondensor berperan sebagai alat penukar kalor dan refrigerant mengalami proses pengembunan di kondensor. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa kerja kompresi paling tinggi terjadi dengan kondisi kondensor yang memiliki dimensi paling kecil. Sebaliknya, kondensor dengan dimensi paling besar terjadi kerja kompresi paling kecil. Keadaan ini untuk temperatur ruang konstan 15°C seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerja kompresi pada temperature 15°C untuk tiga variasi dimensi kondensor

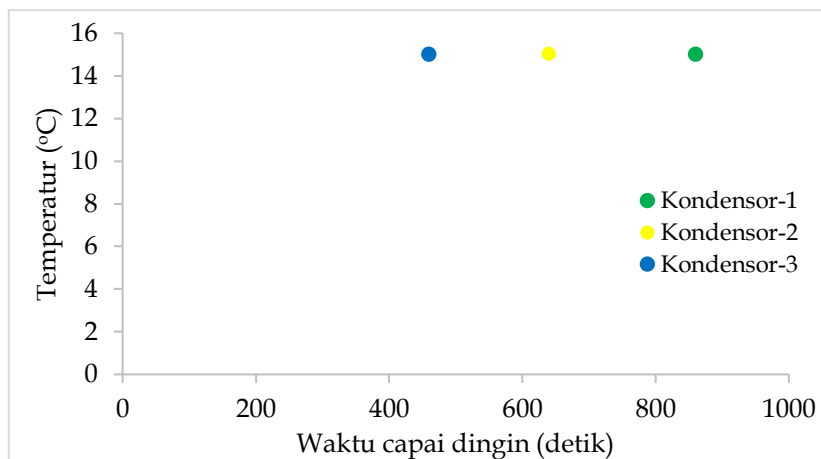
Kerja kompresi paling tinggi terjadi pada dimensi kondensor paling kecil dari tiga variasi dimensi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu (P 23 x T 14) inch² x 19 mm (kondensor-1) sebesar 29,647 kJ/kg. Dari tiga variasi ini, semakin besar dimensi kondensor yang digunakan berdampak terhadap kerja kompresor yang semakin kecil. Untuk dimensi (P 23 x T 14) inch² x 26 mm (kondensor-2) dan (P 23 x T 14) inch² x 44 mm (kondensor-3) masing-masing menghasilkan kerja kompresor sebesar 28,840 kJ/kg dan 19,684 kJ/kg. Kondensor sebagai alat penukar kalor dan tempat terjadinya proses pelepasan kalor pada sistem kompresi uap dan proses perpindahan panas terjadi akibat adanya perbedaan temperatur. Perpindahan panas ini dipengaruhi oleh dimensi dari kondensor. Luas permukaan perpindahan panas yang semakin besar maka proses perpindahan panas yang terjadi juga semakin tinggi. Kondisi ini mempengaruhi kinerja sistem AC, hal ini dapat dilihat dari keadaan waktu capai dingin dan COP yang lebih bagus terjadi pada dimensi kondensor yang paling besar dari tiga variasi yang digunakan. Perbaikan proses perpindahan panas pada kondensor dapat diguanakn sebagai acuan untuk meningkatkan kinerja sistem AC (Pribadi dkk., 2019).

Gambar 4 menyajikan keadaan tekanan masuk (P_{abs-1}) dan ke luar (P_{abs-2}) pada kompresor untuk variasi dimensi kondensor untuk temperatur pendinginan konstan 15°C. Dimensi kondensor yang semakin besar menghasilkan tekanan absolut yang terjadi pada kondisi masuk dan ke luar kompresor semakin kecil. Tekanan absolut masuk kompresor pada variasi kondensor-1 (P_{abs-1}), kondensor-2 (P_{abs-2}), dan kondensor-3 (P_{abs-3}) masing-masing 310,471 kPa, 294,385 kPa, dan 255,311 kPa. Sedangkan untuk tekanan absolut ke luar kompresor masing-masing 1388,387 kPa, 1319,444 kPa, dan 1133,279 kPa. Pola tekanan absolut ini berbanding lurus dengan kerja kompresi yaitu semakin kecil tekanan yang terjadi memberikan dampak semakin kecil kerja kompresi yang dihasilkan dengan dimensi kondensor yang semakin besar. Ukuran komponen utama dalam sistem pendingin berpengaruh terhadap terjadinya penurunan tekanan, tergantung pada kondisi operasional (Constantino & Kanizawa, 2022).



Gambar 4. Kerja kompresi pada temperature 15°C untuk tiga variasi dimensi kondensor

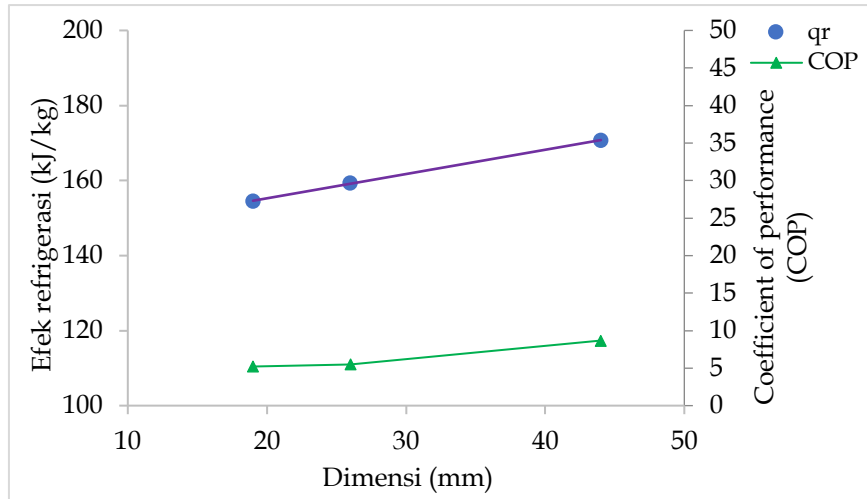
Dimensi kondensor memberikan pengaruh terhadap waktu capai dingin yaitu waktu untuk mencapai temperatur konstan 15°C seperti disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan waktu capai dingin 15°C untuk tiga variasi dimensi kondensor

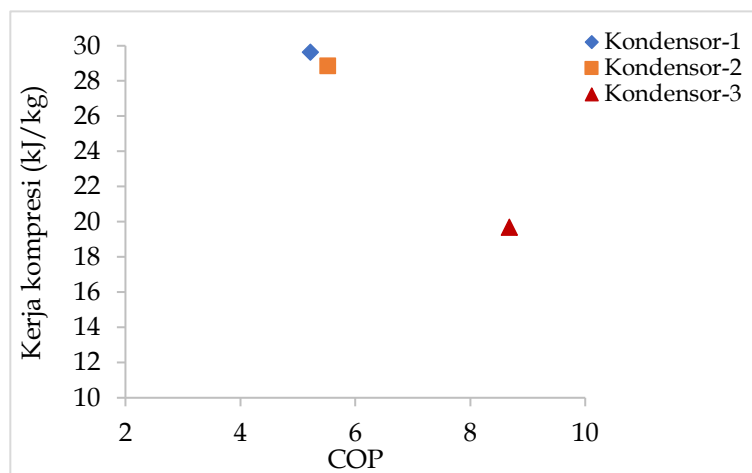
Berdasarkan penelitian yang dilakukan menggunakan tiga variasi dimensi kondensor ditemukan bahwa pada dimensi kondensor yang paling besar memberikan waktu capai dingin yang lebih singkat. Sebaliknya, waktu capai dingin paling lama dicapai saat menggunakan dimensi kondensor yang paling kecil. Secara berurutan dari dimensi kondensor yang paling kecil, waktu capai dingin untuk mencapai temperatur 15°C adalah 860 detik, 640 detik, dan 460 detik. Ditemukan bahwa kondisi ini dipengaruhi oleh kerja kompresor yaitu penurunan kerja kompresor diikuti oleh waktu capai dingin yang semakin singkat. Pada dimensi kondensor paling besar (kondensor-3) dihasilkan waktu capai dingin yang lebih singkat dibandingkan dimensi kondensor yang lebih kecil (kondensor-1 dan 2). Waktu capai dingin dipengaruhi proses perpindahan panas ke lingkungan pada kondensor. Dimensi kondensor yang lebih besar memberikan luas permukaan panas yang lebih besar sehingga panas yang dilepaskan semakin tinggi. Hal yang sama juga dihasilkan oleh Bawa Susana dan Santosa, bahwa untuk mencapai temperatur ruangan konstan 5°C pada aplikasi dimensi kondensor paling besar memberikan waktu capai dingin paling singkat (Bawa Susana &

Santosa, 2021). Perpindahan panas semakin efektif terjadi akibat semakin panjang kondensor, hal ini disebabkan karena proses mekanisme fluida semakin pendek untuk mengembalikan fluida dari kondensor ke evaporator (Fachrudin, 2020). Perubahan dimensi kondensor memberikan dampak terhadap proses di evaporator berupa penyerapan kalor yang disebut sebagai efek refrigerasi (q_r) dan coefficient of performance (COP). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan dimensi kondensor dengan efek refrigerasi (q_r) dan coefficient of performance (COP) untuk mencapai temperature 15°C

Dari Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa dimensi kondensor memberikan pengaruh terhadap efek refrigerasi dan COP. Dimensi kondensor paling besar dalam penelitian ini memberikan hasil terjadinya efek refrigerasi paling tinggi. Selain itu, dimensi kondensor paling besar menghasilkan kerja kompresi paling kecil seperti disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan kerja kompresi (W_c) dengan coefficient of performance (COP)

Berdasarkan Gambar 6 dan 7 dapat ditunjukkan bahwa dimensi kondensor berpengaruh terhadap efek refrigerasi, kerja kompresi, dan COP. Dimensi kondensor paling besar memberikan kerja kompresi paling kecil. Penggunaan dimensi kondensor paling besar memberikan hasil COP paling tinggi. COP paling tinggi pada dimensi kondensor paling besar akibat terjadinya efek refrigerasi paling besar dengan kerja kompresi paling kecil. Secara

berurutan dari dimensi kondensor paling kecil ke besar menghasilkan efek refrigerasi masing-masing 154,530 kJ/kg, 159,260 kJ/kg, dan 170,750 kJ/kg. Sedangkan kerja kompresi yang terjadi masing-masing 29,647 kJ/kg, 28,840 kJ/kg, dan 19,684 kJ/kg. COP merupakan perbandingan antara efek refrigerasi dengan kerja kompresi. Hal ini memberikan hasil masing-masing 5,212, 5,522, dan 8,675. Jadi dimensi kondensor paling besar menghasilkan efek refrigerasi dan COP paling tinggi pada truck refrigerator untuk mempertahankan temperatur pendinginan konstan sebesar 15°C. COP yang tinggi dengan daya kompresi yang rendah berdampak terhadap sistem refrigerasi yang efisien. Hal ini sejalan dengan tulisan dalam Suyanto dan Setiawan yang menjelaskan bahwa unjuk kerja mesin pendingin ditunjukkan oleh indikator efek refrigerasi dan COP yaitu semakin tinggi efek refrigerasi dan COP maka kinerja mesin pendingin semakin baik (Suyanto & Setiawan, 2022).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Truck refrigerator sebagai alat untuk penyimpanan bahan pangan yang bergerak atau berpindah tempat sangat dibutuhkan agar bahan pangan tetap awet dan segar. Kinerja pendingin dalam menghasilkan temperatur konstan sebesar 15°C dalam penelitian ini dihasilkan dari penggunaan dimensi kondensor paling besar dari tiga variasi yang diuji. Dimensi kondensor (P 23 x T 14) inch² x 44 mm memberikan efek refrigerasi dan coefficient of performance (COP) yang paling tinggi masing-masing 170,750 kJ/kg dan 8,675 dengan kerja kompresi paling kecil sebesar 19,684 kJ/kg jika dibandingkan dengan dimensi (P 23 x T 14) inch² x 19 mm dan (P 23 x T 14) inch² x 26 mm. Pada dimensi kondensor (P 23 x T 14) inch² x 19 mm menghasilkan efek refrigerasi, COP, dan kerja kompresi masing-masing 154,530 kJ/kg, 5,212, dan 29,647. Dimensi kondensor (P 23 x T 14) inch² x 26 mm menghasilkan efek refrigerasi, COP, dan kerja kompresi masing-masing 159,260 kJ/kg, 5,522, dan 28,840 kJ/kg. Semakin kecil dimensi kondensor yang digunakan maka semakin rendah kinerja sistem pendingin tersebut tergantung kondisi operasinya. Sedangkan dimensi kondensor semakin besar menghasilkan kinerja mesin pendingin semakin bagus.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdulwahab, A., & Mysen, S. (2022). Experimental study of condenser material in the air conditioning system. *Materials Today: Proceedings*, 61, 860-864.
- Alus, M., Elrawemi, M., & Eldabee, F. (2017). Thermo-economic optimisation of steam condenser for combined cycle power plant. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 6(3), 70-75.
- Al-Ajmi, E.N.R.M. (2015). Coefficient of performance enhancement of refrigeration cycles. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, 5(3), 117-125.
- Al hasbi, G., Budiarto, U., & Amiruddin, W. (2016). Analisa unjuk kerja desain sistem refrigerasi kompresi uap pada kapal ikan ukuran 5 GT di wilayah Rembang. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(4), 768-778.
- Bawa Susana, I G., & Santosa, I G. (2021). Thermal performance evaluation of the variation of condenser dimension for foodstuffs transportation cooling systems. *LOGIC*, 21(3), 184-189.

- Bergman, T.L., Lavine, A.S., Incropera, F.P., & DeWitt, D.P. (2011). *Fundamental of Heat and Mass Transfer*. 7th ed., New York: John Wiley & Sons.
- Buntu, T.R., Sappu, F.P., & Maluegha, B.L. (2017). Analisis beban pendinginan produk makanan menggunakan *cold box* mesin pendingin LUCAS NULLE type RCC2. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, 6(1), 20-31.
- Çengel, Y.A. (2002). *Heat Transfer: A Practical Approach*. 2th ed., New York: McGraw-Hill.
- Çengel, Y.A., Boles, M.A., & Kanoglu, M. (2019). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. 9th ed., McGraw-Hill.
- Chen, X., Li, Z., Zhao, Y., Jiang, H., Liang, K., & Chen, J. (2019). Modelling of refrigerant distribution in an oil-free refrigeration system using R134a. *Energies*, 12(24), 1-15.
- Constantino, M.C., & Kanizawa, F.T. (2022). Evaluation of pressure drop effect on COP of single-stage vapor compression refrigeration cycles. *Thermal Science and Engineering Progress*, 28, 101048.
- Fachrudin, A.R. (2020). Pengaruh panjang kondensor terhadap kinerja termal heat pipe. *Jurnal INTEKNA*, 20(1), 47-52.
- Firdaus, R., & Putra, A.B.K. (2014). Studi variasi laju pelepasan kalor kondensor *high stage* sistem refrigerasi *cascade* R22 dan R404a dengan *heat exchanger* tipe *concentric tube*. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(1), 64-69.
- Gowthami, K., Lakshmi Narayana, N. N. M. D., Bhargav Kumar, S., Ajay Ratan, D., & Luther Praful, D. (2022). Design and thermal analysis of condenser in air conditioning system using FEA. *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*, 8(S06), 59-68.
- Nenwell. *Working principle of refrigeration system - how does it work?* Available online: <https://www.nenwell.com/news/working-principle-of-refrigeration-system-how-does-it-work/> (accessed on 26 September 2023).
- Nwasuka, N.C., Nwaiwu, U., Nwadinobi, C.P., Echidebe, C., & Ikeh, V.C. (2020). Design and performance evaluation of a condenser for refrigeration and air-conditioning system using R-134a. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 10(3), 6435-6450.
- Pribadi, M.A., Meydiant, E., & Sukardi. (2019). Pengaruh diameter dan kecepatan kipas kondensor terhadap suhu AC mobil. *Rekayasa Mesin*, 10(2), 193-198.
- Pukoliwutang, R., Sompie, S.R.U.A., & Allo, E.K. (2017). Pengaturan pendinginan pada kondensor untuk alat destilasi asap cair. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, 6(1), 27-34.
- Putri, S.W.K., Yushardi, & Supriadi, B. (2018). Analisis variasi tipe kondensor air conditioning (AC) terhadap besar peningkatan suhu yang dihasilkan. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(3),

293-298.

Stoecker, W.F., Jones, J.W., & Hara, S. (1987). *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga.

Suyanto, & Setiawan, A. (2022). Pengaruh variasi evaporator terhadap unjuk kerja mesin pendingin menggunakan refrigerant R134a. *Marine Science and Technology Journal*, 3(1), 12-18.

Uttariyani, I G.A. (2016). Design optimization of evaporator and condenser for cooling system of passenger vehicle cabin. *M.P.I.*, 10(2), 195-200.