



Analisis Pengaruh Variasi Dimensi Panjang Pipa Kapiler Terhadap Karakteristik dan *Coefficient of Performance* Pada Kulkas R134A

**Royyan Firdaus¹, Supardi², Gatut Priyo Utomo³, Akhmad Baihaqi Karuniawan⁴,
Achmad Tedjo Sampoerno⁵**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya,
Indonesia

email: royyanf@untag-sby.ac.id, supardi@untag-sby.ac.id, gatut_pu@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Kinerja sistem pendingin pada kulkas sangat dipengaruhi oleh dimensi pipa kapiler, komponen penting yang mengatur aliran refrigeran dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Variasi dimensi pipa kapiler dapat memengaruhi koefisien performansi (*Coefficient of Performance/COP*) dan efisiensi energi, namun pengaruh spesifiknya belum sepenuhnya dipahami, terutama pada kulkas yang menggunakan refrigeran R134A. Penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan mengenai bagaimana variasi panjang pipa kapiler (50 cm, 100 cm, 150 cm) pada diameter (0,26 mm, 0,28 mm, 0,31 mm) memengaruhi karakteristik termodinamika, seperti suhu, tekanan, dan distribusi aliran refrigeran, serta untuk menentukan kombinasi dimensi optimal yang menghasilkan efisiensi terbaik. Metode penelitian meliputi kajian literatur, observasi lapangan, dan pengujian eksperimen dengan pengumpulan data suhu dan tekanan pada titik-titik kritis dalam siklus refrigerasi. Hasil menunjukkan bahwa dimensi pipa kapiler secara signifikan memengaruhi COP, kapasitas pendinginan, dan konsumsi energi. Performansi terbaik ada pada pipa kapiler panjang 50 cm dan diameter 0,28 mm dengan nilai COP 3,43. Diameter ini memberikan keseimbangan optimal antara laju aliran dan penurunan tekanan. Panjang pipa yang lebih pendek meminimalkan rugi tekanan dan menghasilkan kinerja sistem terbaik. Penelitian ini memberikan panduan praktis untuk desain sistem pendingin yang hemat energi dan ramah lingkungan, sekaligus membuka peluang penelitian lanjutan untuk mengoptimalkan dimensi pipa kapiler pada aplikasi pendinginan lainnya.

Kata kunci: *dimensi, kapiler, pendingin, refrigeran, tekanan, temperatur*

ABSTRACT

The performance of the cooling system in a refrigerator is greatly influenced by the dimensions of the capillary pipe, an important component that regulates the flow of refrigerant from high pressure to low pressure. Variations in capillary tube dimensions can affect the *coefficient of performance* (COP) and energy efficiency, but the specific influence is not fully understood, especially in refrigerators that use R134A refrigerant. This research aims to answer the problem of how variations in length (50 cm, 100 cm, 150 cm) in diameter (0.26 mm, 0.28 mm, 0.31 mm) capillary tube affect thermodynamic characteristics, such as temperature, pressure and refrigerant flow distribution, as well as to determine the optimal combination of dimensions that produces the best efficiency. Research methods include literature review, field

observations, and experimental testing by collecting temperature and pressure data at critical points in the refrigeration cycle. The results show that the capillary tube dimensions significantly influence the COP, cooling capacity, and energy consumption. The best performance is in a capillary tube with a length of 50 cm and a diameter of 0.28 mm with a COP value of 3.43. This diameter provides an optimal balance between flow rate and pressure drop. Shorter pipe lengths minimize pressure losses and provide the best system performance. This research provides practical guidance for the design of energy-efficient and environmentally friendly cooling systems, while opening up further research opportunities to optimize capillary tube dimensions in other cooling applications.

Keywords: *capillary, coolant, dimensions, pressure, refrigerant, temperature*

PENDAHULUAN

Sistem pendingin atau refrigerasi merupakan salah satu teknologi yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, baik untuk keperluan rumah tangga, komersial, maupun industri. Salah satu perangkat utama yang memanfaatkan teknologi refrigerasi adalah kulkas. Kulkas, sebagai salah satu perangkat yang memanfaatkan teknologi pendingin, berperan vital dalam menjaga kesegaran bahan makanan dan minuman dengan mempertahankan suhu rendah di dalam ruang penyimpanan. Salah satu komponen penting dalam sistem pendingin kulkas adalah pipa kapiler, yang bertanggung jawab mengatur aliran refrigeran dari tekanan tinggi di kondensor ke tekanan rendah di evaporator.

Pipa kapiler memegang peranan penting dalam menentukan laju aliran refrigeran yang masuk ke evaporator, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap kapasitas pendinginan dan konsumsi energi. Variasi pada dimensi pipa kapiler dapat mempengaruhi performa sistem pendingin, terutama dalam hal koefisien kinerja (COP) dan laju pendinginan ruangan. Peningkatan dimensi pipa, seperti diameter yang lebih besar, cenderung meningkatkan laju aliran refrigeran, tetapi pada saat yang sama dapat menurunkan efisiensi energi apabila tidak diimbangi dengan panjang yang optimal. (Darmawan dkk, 2017)

Pengaruh panjang dan diameter pipa subcooler juga menyimpulkan bahwa dimensi yang lebih besar memungkinkan distribusi refrigeran yang lebih merata di evaporator, yang meningkatkan stabilitas dan efisiensi sistem pendingin. Pengaturan yang tepat pada dimensi pipa kapiler tidak hanya meningkatkan distribusi aliran refrigeran tetapi juga menurunkan risiko pembentukan embun pada evaporator yang dapat menghambat proses pendinginan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pendingin yang dioptimalkan dengan variasi panjang dan diameter pipa kapiler memiliki performa yang lebih baik, baik dari segi kapasitas pendinginan maupun penghematan energi. (Nugroho, 2018)

Pengaruh variasi panjang pipa kapiler pada kinerja kulkas dengan evaporator ganda. Variasi panjang pipa kapiler memengaruhi distribusi refrigeran di evaporator, yang pada gilirannya memengaruhi stabilitas pendinginan dan efisiensi energi. Penggunaan pipa kapiler dengan panjang yang lebih optimal dapat mengurangi konsumsi energi hingga 10% sampai 15%, terutama pada kondisi beban tinggi. Hal ini sejalan dengan studi-studi sebelumnya yang menegaskan pentingnya penyesuaian dimensi pipa kapiler untuk mendapatkan performa yang optimal dan stabil. (Rosyadi dkk, 2019)

Semakin panjang pipa kapiler dan semakin kecil diameternya, maka kapasitas pendinginan evaporator, kerja kompresor dan COP pada sistem pendingin Air Conditioner (AC) akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan hambatan yang terjadi pada aliran refrigeran semakin besar yang mengakibatkan turunnya efisiensi. (Nugroho dkk, 2018)

Pemilihan jenis dan dimensi pipa kapiler sangat berpengaruh terhadap karakteristik termodinamika dan performa sistem refrigerasi. Salah satu refrigeran yang sering digunakan dalam kulkas adalah R134A. Tekanan refrigeran R134A memiliki pengaruh signifikan terhadap *Coefficient of Performance* (COP). Dalam studi tersebut, peningkatan tekanan

refrigeran menyebabkan penurunan nilai COP, yang menunjukkan bahwa kinerja kompresor semakin meningkat seiring dengan bertambahnya tekanan, tetapi efisiensi keseluruhan sistem berkurang. (Rifa'i dkk, 2018). Penggunaan refrigeran R134A pada sistem pendingin memiliki nilai COP yang lebih baik dibandingkan dengan refrigeran MC-22. Refrigeran R134A juga bersifat ramah lingkungan karena tidak memiliki potensi penipisan lapisan ozon (ODP=0), meskipun memiliki Global Warming Potential (GWP) sebesar 1300 yang berpotensi meningkatkan emisi gas rumah kaca (Cappenberg, 2020).

Secara umum, koefisien performa (COP) mengukur efisiensi energi sistem refrigerasi, dimana semakin tinggi nilai COP, semakin efisien sistem dalam menggunakan energi untuk menghasilkan pendinginan. Karena itu, faktor-faktor yang mempengaruhi COP, seperti dimensi pipa kapiler, perlu diteliti dengan baik untuk mendapatkan desain yang optimal.

Melalui penelitian ini, kami berfokus pada analisis pengaruh variasi panjang dan diameter pipa kapiler terhadap karakteristik dan performa sistem pendingin kulkas yang menggunakan refrigeran R134A. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi mengenai desain pipa kapiler yang lebih efisien dan dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi energi serta performa pendinginan. Diharapkan penelitian ini juga mampu memberikan wawasan lebih mendalam terkait hubungan antara variasi dimensi pipa kapiler dan distribusi aliran refrigeran di evaporator, yang dapat berdampak pada stabilitas termal dan kinerja keseluruhan sistem pendingin.

PROSEDUR EKSPERIMEN

Studi Literatur

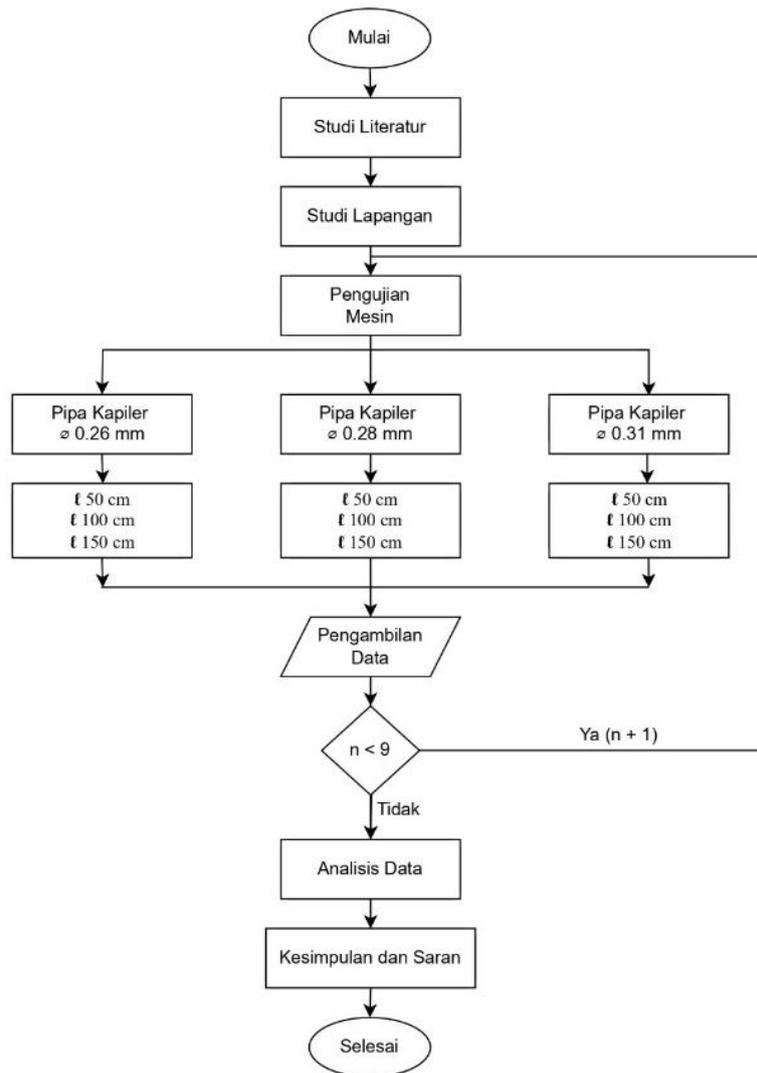
Pada tahap ini, dilakukan kajian literatur terkait penelitian sebelumnya dan teori yang relevan dengan pengaruh dimensi pipa kapiler pada karakteristik dan *Coefficient of Performance* (COP) pada kulkas. Studi ini mencakup pengumpulan informasi dari berbagai sumber seperti buku jurnal ilmiah dan makalah yang membahas siklus refrigerasi, pipa kapiler dan kinerja refrigeran R134A. Tujuan dari studi literatur ini adalah untuk memperkuat pemahaman tentang teori dasar dan metode yang akan diterapkan dalam penelitian ini.

Studi Lapangan

Setelah kajian literatur, dilakukan studi lapangan untuk memahami kondisi nyata dari sistem refrigerasi yang akan diuji. Tahapan ini dapat mencakup observasi terhadap komponen yang akan digunakan dalam sistem kulkas, khususnya terkait dengan penggunaan pipa kapiler. Informasi yang dikumpulkan dari lapangan ini akan menjadi landasan dalam melakukan pengujian dan evaluasi berikutnya.

Pengujian Mesin

Pada tahap ini, dilakukan pengujian mesin dengan menggunakan pipa kapiler yang bervariasi panjang dan diameternya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui bagaimana variasi dimensi pipa kapiler mempengaruhi kinerja sistem refrigerasi. Pengujian dilakukan dengan panjang pipa kapiler 50 cm; 100 cm; 150 cm dengan pipa kapiler diameter 0,26 mm, panjang pipa 50 cm; 100 cm; 150 cm dengan pipa kapiler diameter 0,28 mm, panjang pipa kapiler 50 cm; 100 cm; 150 cm dengan pipa kapiler diameter 0,31 mm. Variasi ini dirancang untuk mengetahui perbedaan kinerja sistem refrigerasi berdasarkan perubahan dimensi fisik pipa kapiler yang diharapkan berdampak pada tekanan, laju aliran serta COP dari sistem.



Gambar 1. Skema Pengujian

Pengambilan Data

Setelah pengujian dilakukan, data terkait karakteristik aliran refrigeran, tekanan serta temperatur diambil. Data-data ini kemudian akan dihitung dimana akan ditemukan COP pada setiap variasi dimensi panjang pipa kapiler yang kemudian akan dianalisis untuk mengidentifikasi pengaruhnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

Panjang Pipa Kapiler (cm)	Diameter Pipa Kapiler (mm)	Temperatur (°C)				Tekanan (bar)			
		T1	T2	T3	T4	P1	P2	P3	P4
150	0,26	-2,73	61,90	58,43	-4,40	1,47	19,83	18,17	1,57
100		-2,50	61,33	58,53	-3,43	1,62	19,50	18,30	1,70
50		-2,43	61,43	58,60	-3,20	1,62	19,50	18,50	1,75

150	0,28	-2,13	63,40	56,23	-5,20	1,33	18,17	17,17	1,43
100		-0,30	60,07	55,97	-1,27	1,60	18,00	16,50	1,80
50		0,70	56,17	54,27	-0,60	1,77	16,33	15,17	1,93
150	0,31	-9,30	59,77	53,57	-10,40	1,17	16,67	15,50	1,05
100		-5,53	62,17	54,97	-6,70	1,20	17,67	16,50	1,40
50		-2,00	60,33	56,07	-3,03	1,60	18,50	17,17	1,80

Hasil Perhitungan Entalpi

Tabel 2. Hasil Perhitungan Entalpi

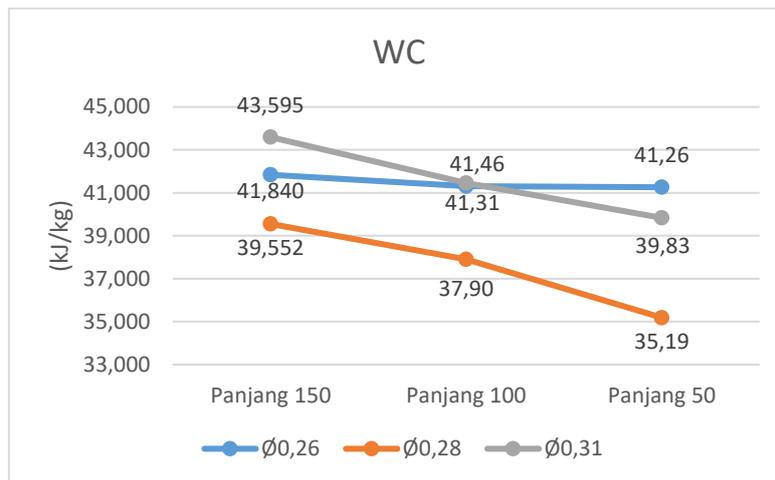
Panjang Pipa Kapiler (cm)	Diameter Pipa Kapiler (mm)	Entalpi		
		h ₁ (kJ/kg)	h ₂ (kJ/kg)	h ₃ = h ₄ (kJ/kg)
150	0,26	397,16	439	285,34
100		397,30	438,61	285,51
50		397,34	438,60	285,62
150	0,28	397,52	437,07	281,77
100		398,62	436,52	281,35
50		399,22	434,41	278,63
150	0,31	393,32	436,92	277,51
100		395,58	437,04	279,75
50		397,60	437,43	281,51

Hasil Karakteristik dan Performansi

Tabel 3. Hasil Karakteristik dan Performansi

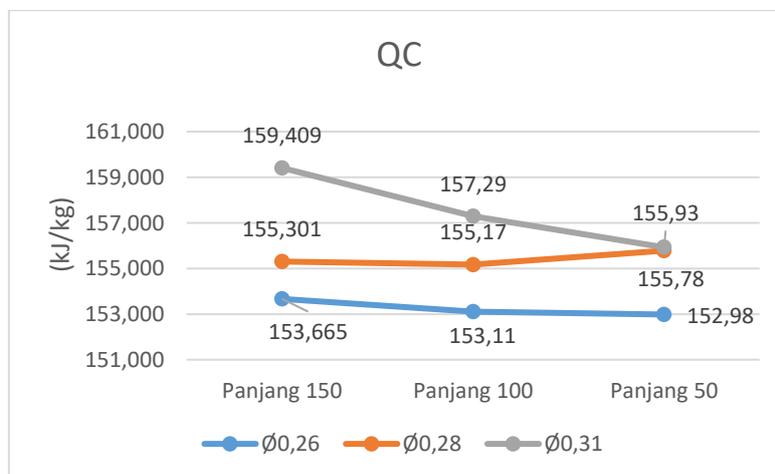
Panjang Pipa Kapiler (cm)	Diameter Pipa Kapiler (mm)	Karakteristik dan Performansi			
		W _c (kJ/kg)	Q _c (kJ/kg)	Q _e (kJ/kg)	COP _{aktual}
150	0,26	41,840	153,67	111,83	2,67
100		41,314	153,11	111,79	2,71
50		41,260	152,98	111,72	2,71
150	0,28	39,55	155,30	115,75	2,93
100		37,90	155,17	117,27	3,09

50		35,19	155,78	120,59	3,43
150	0,31	43,60	159,41	115,81	2,66
100		41,46	157,29	115,84	2,79
50		39,83	155,93	116,09	2,91



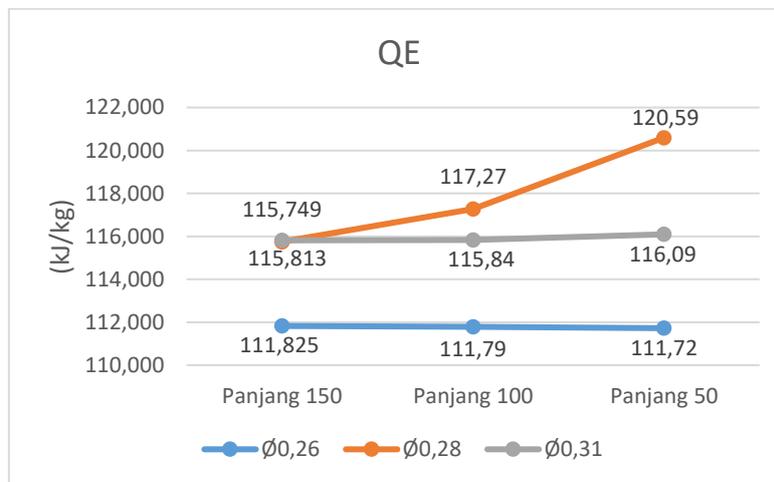
Gambar 2. Grafik Perhitungan Wc

Dari grafik pada gambar 2 didapatkan bahwa nilai kerja kompresor nyata terbesar pada pipa kapiler diameter 0,31 mm dan panjang 150 cm dengan 43,595 kJ/kg, sedangkan nilai kompresor nyata terkecil yaitu pada pipa kapiler berdiameter 0,28 mm dan panjang 50 cm dengan 35,19 kJ/kg. Terlihat bahwa semakin pendek panjang pipa kapiler, semakin rendah nilai kerja kompresor yang diperlukan, baik untuk diameter 0,26 mm, 0,28 mm, maupun 0,31 mm. Pada panjang 50 cm, nilai Wc adalah yang terendah dibandingkan panjang 100 cm dan 150 cm, menunjukkan bahwa pemendekan pipa kapiler dapat meningkatkan efisiensi sistem dan mengurangi beban kompresor. Meskipun terdapat perbedaan nilai Wc antara diameter yang berbeda, tren penurunan kerja kompresor tetap konsisten seiring berkurangnya panjang pipa. Hal ini mengindikasikan bahwa panjang pipa mempengaruhi kinerja secara umum tanpa memandang variasi diameter.



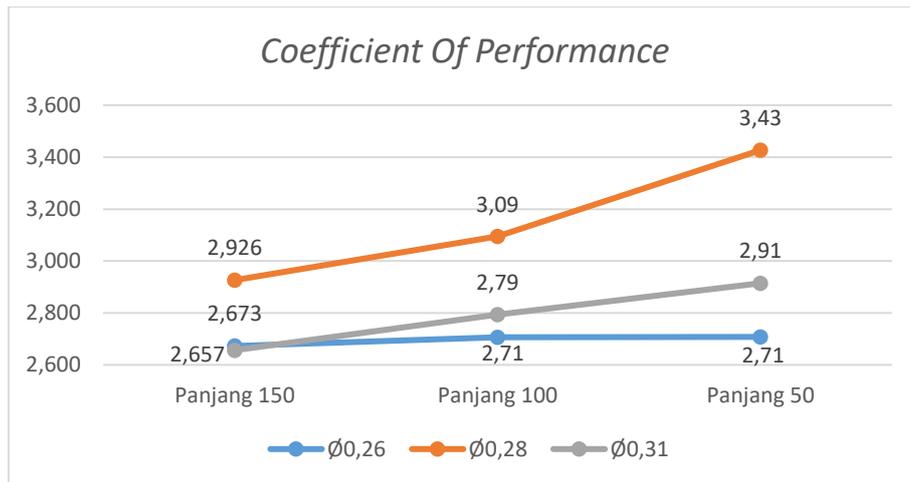
Gambar 3. Grafik Perhitungan Qc

Dari grafik terlihat bahwa seiring dengan pemendekan panjang pipa kapiler dari 150 cm ke 50 cm, nilai Q_c cenderung menurun secara bertahap. Penurunan ini paling terlihat pada diameter 0,31 mm, di mana panjang 150 cm menghasilkan kalor tertinggi (159,409 kJ/kg), sedangkan panjang 50 cm memiliki nilai terendah (152,98 kJ/kg). Sementara itu, untuk diameter 0,26 mm dan 0,28 mm, nilai Q_c menunjukkan perubahan yang relatif kecil di berbagai panjang pipa, tetapi tetap ada tren penurunan seiring pemendekan pipa. Interpretasi ini menunjukkan bahwa semakin pendek pipa kapiler, semakin rendah jumlah kalor yang dilepas di kondensor. Hal ini mengindikasikan bahwa panjang pipa kapiler memengaruhi proses pelepasan kalor, dengan pipa yang lebih pendek cenderung menurunkan kapasitas pelepasan kalor. Pemilihan panjang pipa kapiler yang optimal menjadi penting untuk menjaga keseimbangan antara efisiensi sistem dan kemampuan kondensasi, agar tidak mengurangi kapasitas pelepasan kalor yang diperlukan dalam sistem pendingin.



Gambar 4. Grafik Perhitungan Q_e

Dari grafik terlihat bahwa seiring dengan pemendekan panjang pipa kapiler dari 150 cm ke 50 cm, terjadi tren peningkatan nilai Q_e , terutama pada pipa dengan diameter 0,31 mm. Pada diameter ini, kalor yang diserap meningkat signifikan dari 115,749 kJ/kg pada panjang 150 cm menjadi 120,59 kJ/kg pada panjang 50 cm. Sebaliknya, untuk pipa dengan diameter 0,26 mm, nilai Q_e cenderung stabil di seluruh panjang, dengan perubahan yang sangat kecil, berkisar antara 111,825 kJ/kg hingga 111,72 kJ/kg. Sementara itu, diameter 0,28 mm menunjukkan peningkatan yang moderat, dengan Q_e yang naik dari 115,813 kJ/kg menjadi 116,09 kJ/kg seiring pemendekan panjang pipa. Interpretasi ini menunjukkan bahwa semakin pendek panjang pipa kapiler, semakin besar kalor yang diserap oleh evaporator, khususnya untuk diameter yang lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa panjang pipa kapiler memengaruhi kapasitas penyerapan kalor, di mana pipa yang lebih pendek dapat meningkatkan efisiensi penyerapan kalor. Oleh karena itu, dalam desain sistem refrigerasi, pemilihan panjang pipa yang optimal menjadi krusial untuk memastikan evaporator dapat menyerap kalor secara maksimal dan meningkatkan kinerja keseluruhan sistem.



Gambar 5. Grafik Perhitungan COP

Dari grafik pada gambar 4.4 didapatkan bahwa nilai COP aktual terbesar pada pipa kapiler diameter 0,28 mm dan panjang 50 cm dengan 3,43, sedangkan nilai COP aktual terkecil yaitu pada pipa kapiler berdiameter 0,31 mm dan panjang 150 cm dengan 2,657. Hal ini mengindikasikan bahwa pada panjang pipa kapiler yang lebih pendek, sistem pendingin lebih efisien dalam mengubah energi listrik menjadi efek pendinginan. Kemungkinan hal ini terjadi karena pada pipa kapiler yang lebih pendek, terjadi penurunan tekanan yang lebih rendah, sehingga refrigeran dapat mengalir lebih lancar dan proses perpindahan panas menjadi lebih efektif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan artikel ilmiah yang berjudul “Analisis Pengaruh Variasi Dimensi Panjang Pipa kapiler Terhadap Karakteristik dan *Coefficient of Performance* pada kulkas R134A” ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Dimensi panjang pipa kapiler dapat mempengaruhi laju aliran refrigeran, tekanan kondensasi serta tekanan evaporasi.
2. Nilai COP tertinggi terdapat pada pipa kapiler panjang 50 cm dan diameter 0,28 mm dengan nilai 3,43. Ini terjadi karena pada panjang 50 cm akan mengurangi penurunan tekanan sepanjang pipa kapiler yang membuat refrigeran memasuki evaporator dengan tekanan dan temperatur yang sesuai dan diameter 0,28 mm menghasilkan laju aliran refrigeran yang cukup optimal untuk memungkinkan evaporator bekerja pada kondisi yang mendukung perpindahan panas sehingga menghasilkan nilai COP tinggi. Sedangkan nilai COP terendah pada pipa kapiler panjang 150 cm dan berdiameter 0,31 mm dengan nilai 2,657 dikarenakan panjang yang lebih besar dan diameter yang lebih besar mengurangi hambatan aliran menyebabkan penurunan tekanan lebih signifikan. Kondisi ini mengurangi kapasitas pendinginan dan efisiensi secara keseluruhan.
3. Dimensi optimal pipa kapiler yang memberikan kinerja terbaik pada sistem pendinginan kulkas dengan refrigeran R134A adalah panjang 50 cm dengan diameter 0,28 mm. Kombinasi ini menghasilkan nilai COP tertinggi yang mencerminkan efisiensi energi tertinggi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis menyarankan pada pengembangan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi pengaruh faktor eksternal seperti

variasi beban pendinginan, suhu lingkungan dan jenis refrigeran lain. Kombinasi dimensi optimal perlu diuji skala industri untuk memastikan performanya dalam kondisi penggunaan sehari-hari.

REFERENSI

- Adnyana, I Gusti A. P. 2014. Termodinamika, Denpasar: Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana.
- Amrullah, Djafar, Z., Piarah, W. 2017. Analisa Kinerja Mesin Refrigerasi Rumah Tangga dengan Variasi Refrigeran. Makassar: Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Barita, Silaban, E., ZAinuddin, Eswanto. 2018. Pengaruh Kinerja Kompresor pada Mesin Pendingin dengan Penggunaan Variasi Bahan Refrigeran. Medan: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan.
- Cappenberg, A. D. 2020. Analisis Chiller Dengan Menggunakan R123 Dan R134a Pada Kinerja Pendinginan. Jurnal kajian teknik mesin, 5(1), 48-57.
- Darmawan, A. S., & Putra, A. B. K. 2017. Studi Eksperimen Pengaruh Dimensi Pipa Kapiler Pada Sistem Air Conditioning Dengan Pre-Cooling. Jurnal Teknik ITS, 5(2).
- Gemintang, Qesha A. 2016. "Entalpi dan Entropi". <https://id.scribd.com/doc/316967047/Entalpi-Dan-Entropi>. Diakses pada 12 Juni 2024.
- Hundy, G.H., Trott, A.R. and Welch, T. 2016. Refrigeration, air conditioning and heat pumps. 5th edn. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier.
- Imannusa, Dwiki. 2022. Analisis Performa Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan Pemanfaatan Flue Gas Menggunakan Siklus Rankine Organik. Pekanbaru: Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Khoirudin, Mochamad. 2019. Variasi Filter-Drier Terhadap *Coefficient of Performance* (COP) Lemari Pendingin 172 Liter Merek Sharp. Semarang: Pendidikan Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Marfuatun. 2023. Panah Waktu: Sebuah Tinjauan Epistemologi pada Entropi. Yogyakarta: Prodi Pendidikan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta.
- Nugroho, Tri Agung. 2021. Analisis Thermal Behavior pada Kondensor Kulkas yang Menggunakan Variasi Refrigeran Campuran R-290/R-600a Basis R-134a. Tegal: Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.
- Nurhasanah, Roswati. 2017. Pengaruh Penggunaan LSHX Terhadap Performa Mesin Pendingin dengan Laju Aliran Massa yang Sama pada Kondisi Transient. Jakarta Barat: Sekolah Tinggi Teknik-PLN
- Raihan, Maulis, Subekti, P., Sucipto H. 2022. Article Review: Konsep Dasar Termodinamika. Rokan Hulu: Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengairan.
- Raja, Glory D. 2016. Analisis Karakteristik untuk Kerja Sistem Pendingin (Air Conditioner) Split Berdasarkan pada Variasi Putaran Kipas Pendingin Kondensor. Medan: Universitas HKBP Nommensen.
- Rifa'i, A. I. 2020. Pengaruh Tekanan Refrigeran R-134a Terhadap Nilai *Coefficient of Performance* (COP). Jurnal Inovator, 3(2), 27-30.
- Rompas, Parabele T.D. 2015. Buku Ajar Termodinamika Teknik I. Tandano: Unima Press.
- Rosyadi, A. A., Prizkiabi, W., & Triono, A. 2019. Analisis Variasi Panjang Pipa Kapiler Dengan Separation Condenser Terhadap Prestasi Mesin Pendingin Menggunakan Double Evaporator. J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin, 4(1), 22-27.
- Setyawan, Digdo L., Widodo, E., Hasby, R. 2016. Analisis Variasi Media Pendingin Kondensor Terhadap Rasio Pelepasan Kalor dan Coefisien of Performance (COP) pada Mesin Pendingin. Jember: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

- Sianturi, Erwin. 2015. Analisa Penggunaan Heatsink pada Lemari Pendingin Portable. Medan: Universitas Medan Area.
- Sudarmo, Nata A. 2018. Analisis Kemampuan Berargumentasi Ilmiah Siswa SMAN 1 Jember pada Konsep Termodinamika. Jember: Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan Matematika dan IPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
- Sumardi, Kamin dan Asri Ratnasari. 2023. Kinerja Lemari Es dengan Penukar Panas Pipa Ganda Refrigeran Alami (R1270). Bandung: Pendidikan Teknik Mesin Universitas Pendidikan Indonesia.
- Utami, Mawaddati S., Mitrakusuma, Windy H., Simbolon, Luga m., Rosulindo, Parisya P. 2023. Uji Kinerja Freezer Menggunakan Dimethyl Ether Sebagai Refrigeran Pengganti R134a. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Widiono, Ignasius Joko. 2015. Kulkas 2 Pintu Panjang Pipa Kapiler 170 cm dengan Refrigeran R134a dan dengan Daya 1/8 PK. Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma.
- Yoga, N. G., & Putri, A. M. 2018. Studi Eksperimen Variasi Panjang Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Kinerja AC. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 5(2), 85 - 89. <https://doi.org/10.21009/JKEM.5.2.5>