

## Analisa Perbandingan Kinerja Mesin Pembuat Es Krim Menggunakan Variasi Diameter Pipa Kapiler

### INFORMASI ARTIKEL

**NASKAH DITERIMA** : 1 Maret 2024

**DIREVISI** : 4 April 2025

**DISETUJUI** : 15 Mei 2025

**\*KORESPONDENSI PENULIS :**

ferrysugara78@gmail.com

yudisworojoko@yahoo.co.id

doi:

<https://doi.org/10.47685/mestro.v2i1.98>

Ferry Sugara<sup>1</sup>, W.Djoko Yudisworo<sup>2</sup>, Karsid<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara Politeknik Negeri Indramayu

<sup>2</sup>Prodi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon

### Abstract

Current refrigeration technology has an important influence in improving the quality of food products. The purpose of this study is to find out how much the difference in performance generated from the expansion device in the form of two capillary pipes of different diameters and know the power consumption of electricity used, so that it knows the electric power per day. The method used in this study is to test the ice cream maker refrigeration system, by testing its performance by measuring the temperature and pressure in each main component when the system is steady. The results of the actual COP value of the average capillary pipe diameter of 0.028 inches are 2.16 while the actual COP value of the average capillary pipe diameter of 0.031 inches is 2.74. And the actual COP value of a 0.028 inch diameter capillary tube has a greater value of 2.16 while a capillary pipe with a diameter of 0.031 inches has a smaller value of 1.88. Whereas the biggest value of refractive efficiency at the average value is a capillary pipe with a diameter of 0.028 inches of 63.58%. While for capillary pipes with a diameter of 0.031 inches smaller the value of refraction efficiency averaged 59.49% and the cabin temperature in capillary pipes with a diameter of 0.028 inches, the average value was -9.82 °C. While for capillary pipes with a diameter of 0.031 inches smaller it has a cooler average value of -9.09 °C.

*Keywords: Pipa kapiler, Performansi, Refrigerasi, COP (coefficient of performance)*

### Abstrak

*Teknologi refrigerasi saat ini memberikan pengaruh yang penting dalam peningkatan kualitas produk makanan. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui seberapa besar perbedaan performansi yang dihasilkan dari alat ekspansi berupa dua pipa kapiler dengan diameter yang berbeda dan mengetahui daya konsumsi listrik yang dipakai, sehingga mengetahui daya listrik per-hari. Metode yang dipakai dalam penelitian kali ini adalah melakukan pengujian pada sistem refrigerasi mesin pembuat es krim, dengan menguji performansinya dengan mengukur temperatur dan tekanan di setiap komponen utamanya saat sistem dalam keadaan *steady*. Hasil penelitian nilai COP aktual rata-rata diameter pipa kapiler 0,028 inchi adalah 2,16 sedangkan nilai COP aktual rata-rata diameter pipa kapiler 0,031 inchi adalah 2,74. Dan nilai COP Aktual pipa kapiler diameter 0,028 inchi memiliki nilai lebih besar yaitu 2,16 sedangkan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi memiliki nilai lebih kecil yaitu 1,88. Sedangkan untuk nilai efisiensi refrigrasi terbesar pada nilai rata-rata adalah pipa kapiler diameter 0,028 inchi sebesar 63,58 %. Sedangkan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi lebih kecil memiliki nilai efesiensi refrigrasi rata-rata 59,49% dan temperatur kabin pada pipa kapiler diameter 0,028 inchi nilai rata-rata dengan temperatur sebesar -9,82 °C. Sedangkan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi lebih kecil memiliki nilai rata-rata lebih dingin yakni sebesar -9,09 °C.*

*Kata kunci: Pipa kapiler, Performansi, Refrigerasi, COP (coefficient of performance)*

I. PENDAHULUAN

Teknologi pembekuan makanan saat ini telah berkembang pesat sedemikian rupa sehingga peranannya begitu terasa sekali dan telah menyentuh berbagai aspek kehidupan manusia, terutama yang berkaitan dengan proses pengolahan dan pembekuan makanan ataupun minuman. Es krim merupakan Salah satu jenis makanan atau minuman yang umum dijumpai ditengah-tengah masyarakat. Rasanya yang manis dan teksturnya yang lembut menjadikan makanan ini hampir ada disetiap tempat seperti pasar tradisional, supermarket, bahkan ada di kantin sekolah. Secara umum jenis es krim yang sering dijumpai disekitar lingkungan adalah jenis yang kasar atau yang disebut *hard ice cream*. Banyak studi yang dilakukan untuk mendapatkan pengaruh geometri pipa kapiler terhadap performansi sistem. Pathak (2014) dari *review* literatur yang dilakukan bahwa geometrik pipa kapiler seperti panjang dan diameter berpengaruh terhadap penurunan tekanan, COP, dan laju aliran massa refrigeran. Hal ini yang melatarbelakangi dilakukannya pengujian pada mesin pembuat es krim, dengan menggunakan diameter pipa kapiler yang berbeda untuk mendapatkan profil performansi sistem. Maka dengan ini penulis membuat judul “analisa perbandingan kinerja mesin pembuat es krim menggunakan variasi diameter pipa kapiler”.

2. Metode experimental

2.1 Dimensi pipa kapiler

Konfigurasi dan dimensi pipa kapiler dengan berbagai macam variasi seperti yang diperlihatkan table berikut:

Table 1. Geometries of test sections.

Helical-coiled capillary tubes														
$d_1 = 80$			$d_2 = 100$			$d_3 = 120$			$d_4 = 160$			$d_5 = 200$		
$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_1$	$p_2$	$p_3$
4	6	10	6	8	10	6	8	10	6	8	10	6	8	10
Serpentine-coiled capillary tubes														
$h_1 = 80$			$h_2 = 100$			$h_3 = 120$			$h_4 = 160$			$h_5 = 200$		

(using straight capillary tube) in this investigation fall within the results of Jung *et al.* (1999), Kim *et al.* (2002) and Akintunde (2004a)

2.2 Koefisien Kinerja Sistem atau *Coeffisient of Performance (COP)*

Selain kerja kompresor dan kapasitas penyerapan panas di evaporator, pada sistem refrigrasi kompresi uap juga dikenal istilah *coefficient of performance (COP)* yang mana nilai COP tersebut merupakan suatu nilai perbandingan antara kapasitas penyerapan panas yang terjadi di evaporator. Dengan sejumlah kerja kompresi yang dilakukan di kompresor. Atau dengan kata lain :

(Hermawan W, 2008)

COP ini digunakan untuk mengetahui kualitas kerja dari suatu mesin refrigrasi.

Efek refrigrasi  $q_e = h_1 - h_4$  (kJ/kg)

Kerja spesifik  $w = h_2 - h_1$  (kJ/kg)

Efek kondensasi  $q_c = h_2 - h_3$  (kJ/kg)

Prestasi aktual mesin refrigrasi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$COP_{aktual} = \frac{q_e}{w} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_3}$$

dengan,

$COP_{aktual}$  = *Coefficient of Performance* aktual

$q_e$  = Efek refrigrasi (kJ/kg)

$w$  = Kerja kompresi (kJ/kg)

dan kualitas idealnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan  $COP_{carnot}$ , sebagai berikut :

$$COP_{carnot} = \frac{T_e}{T_k - T_e}$$
 dengan;

$COP_{carnot}$  = *Coefficient of Performance* carnot

$T_k$  = Temperatur evaporasi (K)

$T_e$  = Temperatur kondensasi (K)

Sedangkan untuk menghitung efisiensi mesin refrigrasi dapat diperoleh dengan membandingkan nilai  $COP_{aktual}$  dengan  $COP_{carnot}$ ,

$$\eta_R = \frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}} \times 100\%$$
 dengan ;

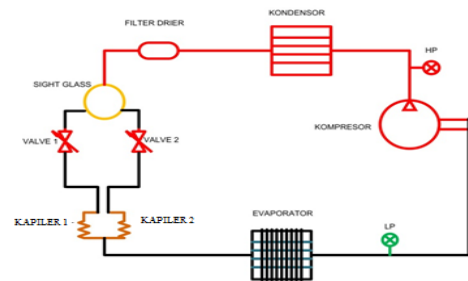
$\eta_R$  = Efisiensi refrigrasi

$COP_{aktual}$  = *Coefficient of Performance* aktual

$COP_{carnot}$  = *Coefficient of Performance* carnot

3. Komponen modifikasi

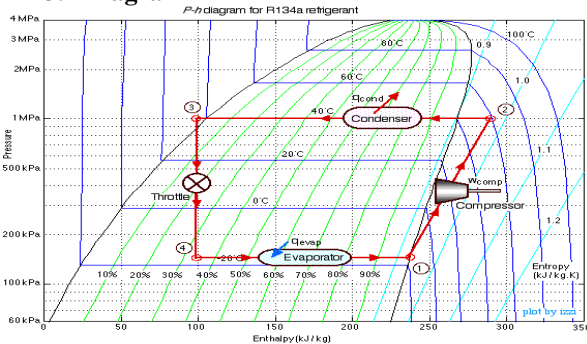
1. Dua unit pipa kapiler, pipa kapiler 1. diameter 0,028 inci dengan panjang 1,3 meter. pipa kapiler 2. Diameter 0,034 inci dengan panjang 1,3 meter.
2. **Pipa tembaga**, untuk instalasi rangkaian sistem refrigrasi modifikasi.
3. **Soldering Fitting**, Digunakan untuk perakitan instalasi yang terbuat dari :
  1. Socket (coupling),
  2. Reducing solder coupling,
  3. T- socket (socket cabang T), dan Flare fitting dan flare Nuts.
4. **Stop valve**, berfungsi sebagai kran pengatur sirkulasi



Gambar 3. Skema instalasi pengujian

1. Kompresor
2. Kondensor
3. Sight glass
4. Hand valve
5. Pipa kapiler
6. Evaporator

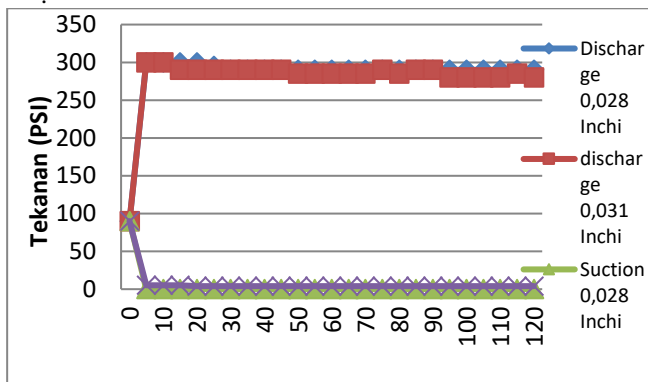
**3.2 Diagram PH**



**Gambar3.2 Diagram P-h sistem refrigerasi dengan kapiler.**

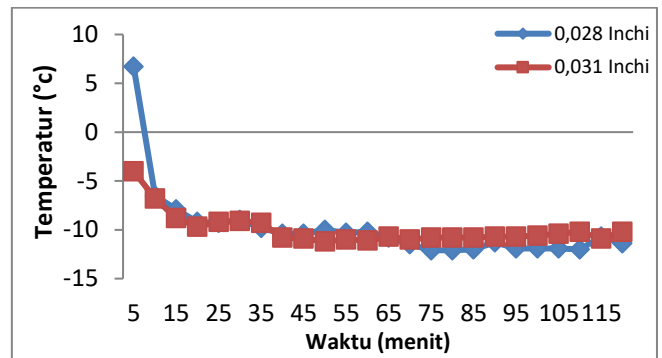
Pada gambar 3.2 menunjukkan proses refrigerasi antara titik,1 – 2 kompresi ,Proses ini berlangsung di kompresor secara isentropic adiabatic. Titik 2-3 proses penurunan temperature pada kondensor.Titik 3-4 Proses ekspansi Proses ini berlangsung secara isoentalpi, hal ini berarti tidak terjadi penambahan entalpi tetapi drop tekanan dan penurunan temperature. Titik 4-1 Proses Evaporasi. Proses ini berlangsung di evaporator secara isobar isothermal.

**4.Hasil dan Pembahasan**



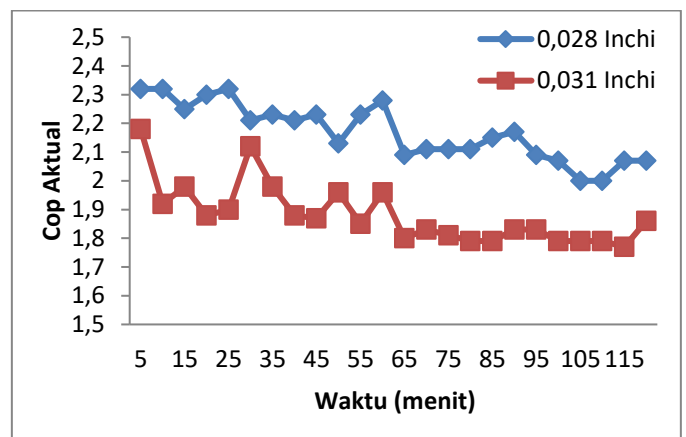
**Gambar4.1 Perbandingan tekanan kompresor terhadap waktu pada diameter pipa kapiler 0,028 Inchi Dan 0,031**

Pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa penggunaan pipa kapiler dengan diameter 0,028 inchi diketahui nilai rata-rata tekanan suction 0 psi, diketahui nilai rata-rata tekanan suction dengan diameter pipa kapiler 0,031 inchi memiliki nilai rata-rat sebesar 4,12 psi. Pada alat pipa kapiler diameter 0,031 inchi dengan dengan keadaan steady state pada menit ke-20 dan pada pipa kapiler diameter 0,028 inchi keadaan steady state pada menit ke-5.



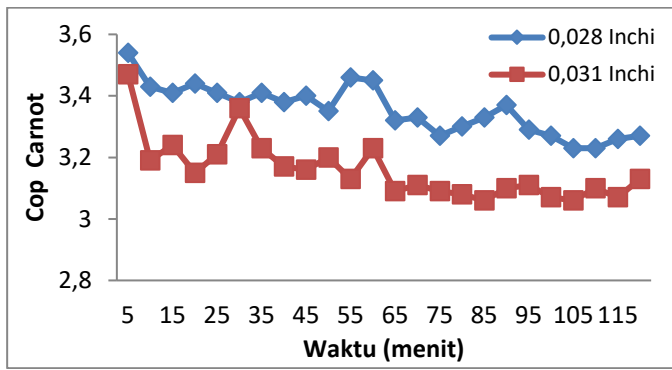
**Gambar4.2 temperatur kabin terhadap waktu pada diameter pipa Kapiler 0,028 Inchi Dan 0,031**

Pada gambar 4.2 menunjukan temperatur udara kabin pada pipa kapiler diameter 0,031 inchi rata – rata dengan temperature sebesar -9,82<sup>0</sup>C. sedangkan untuk pipa kapiler diameter 0,028 inchi memiliki nilai rata – rata lebih dingin sebesar -9,09. Penggunaan diameter pipa kapiler yang baik adalah dengan menggunakan diameter pipa kapiler 0,028 inchi.



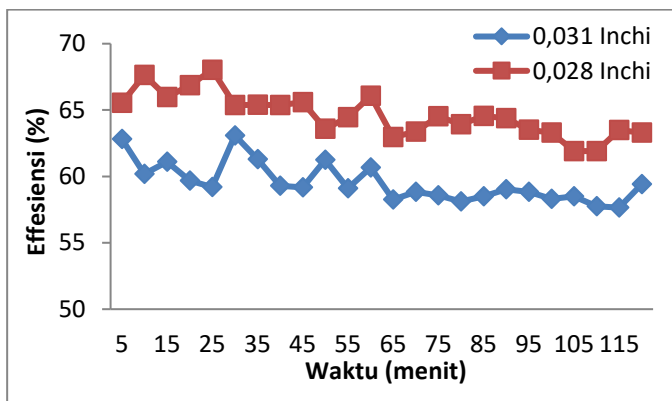
**Gambar 4.3 perbandingan COP<sub>actual</sub> terhadap waktu pada pipa kapiler 0,028 Inchi Dan 0,031 Inchi**

Gambar 4.3 menunjukan bahwa perbedaan yang jelas bahwa koefisien prestasi pada masing-masing perlakuan diameter pipa kapiler 0,028 inchi dan diameter pipa kapiler 0,031 inchi cenderung stabil. Disamping itu dapat diketahui bahwa penggunaan diameter pipa kapiler 0,028 inchi COP Aktual lebih tinggi dibandingkan dengan diameter pipa kapiler 0,031 inchi, dengan nilai COP aktual maksimal dapat mencapai 2,16.



Gambar 4.4 COP Carnot Terhadap waktu pada diameter Kapiler 0,028 Inchi Dan 0,031 Inchi

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa diameter pipa kapiler 0,028 inchi rata-rata COP Carnot 3,35 dan diameter pipa kapiler 0,031 inchi rata-rata 3,15. Menyimpulkan semakin besar diameter pipa kapiler maka COP semakin menurun.



Gambar 4.5 Perbandingan Effisiensi terhadap waktu, pada Diameter Pipa Kapiler 0,028 Inchi Dan 0,031 Inchi

menunjukkan bahwa penggunaan pipa kapiler dengan diameter 0,028 inchi diketahui nilai rata-rata effisiensi 63,58%. Diketahui nilai rata-rata penggunaan diameter pipa kapiler 0,031 inchi memiliki nilai effisiensi sebesar 59,49%.

Tabel 4.1 kinerja pipa kapiler terhadap mesin pendingin.

No	Alat Ekspansi	$q_w$ (kJ/kg)	$q_e$ (kJ/kg)	$q_c$ (kJ/kg)	COP aktual	COP carnot	$\pi$ (%)	$\dot{m}$ (kg/s)
1	Kapiler 0,028 inchi	52	111	163	2,13	3,35	63,58	0,00338
2	Kapiler 0,031 inchi	53	100	153	1,88	3,16	59,49	0,00332

### Kesimpulan

- Nilai COP aktual yang diperoleh secara rata-rata adalah dengan nilai yang terbesar dari alat ekspansi pipa kapiler diameter 0,028 inchi yaitu 2,16 dan kemudian yang paling kecil adalah COP aktual pipa kapiler diameter 0,031 inchi dengan nilai rata-rata COP aktual sebesar 1,88.
- Rata-rata nilai COP carnot pipa kapiler diameter 0,028 inchi memiliki nilai lebih besar yaitu 3,35 sedangkan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi nilai rata-rata COP carnot paling kecil yaitu 3,15 meskipun jarak perbedaannya tidak terlalu jauh.
- Untuk nilai efisiensi refrigrasi terbesar pada nilai rata-rata adalah pipa kapiler diameter 0,028 inchi sebesar 63,58 %. Sedangkan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi lebih kecil memiliki nilai efisiensi refrigrasi rata-rata 59,49%.
- Temperatur kabin pada pipa kapiler diameter 0,028 inchi nilai rata-rata dengan temperatur sebesar -9,82 °C. Sedangkan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi lebih kecil memiliki nilai rata-rata lebih dingin yakni sebesar -9,09 °C

### REFERENSI

Wei, C.Z : 2001. An experimental study of the performance of capillary tubes for R-407c refrigerant. *ASHRAE Trans.* 27: 634-8

Wayan Adi Subagia dan I Dewa Made Susila. 2016. Pengaruh Variasi Diameter Pipa Kapiler Pada Siklus Temperatur Rendah Terhadap Performansi Trainer Unit Sistem Refrigerasi Cascade. Bali : Teknik Pendingin dan Tata Udara. Politeknik Negeri Bali Bukit Jimbaran.

Pathak S.S., Shukla P., Chauhan S., Effect of Capillary Tube on The Performance of a Simple Vapour Compression Refrigeration System, *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, Vol 11,2014, p5-7.

Syarief, Hidayat, Ramadan. 2013. Rancang Bangun Sistem Pendingin Asi Pada Penyimpanan Portebel Dengan Menggunakan Termoelektrik. Indramayu Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri indramayu.

Stoecker, W.F dan J.W. Jones. 1982. Refrigrasi dan Pengkondisian Udara Edisi Kedua. Jakarta : Erlangga

Widodo, Sapto dan Syamsuri Hasan. 2008. Sistem Refrigrasi dan Tata Udara Jilid 1. Jakarta : Direktorat