

## ANALISA PENGARUH PANJANG PIPA KAPILER TERHADAP *PERFORMASI HARD ICE CREAM MAKER* DENGAN MENGGUNAKAN R-22 DAN MC-22

Baiti Hidayati<sup>1</sup>, Ardiansyah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Sekayu, Sekayu 30711, Indonesia

*E-mail: bayy10@gmail.com*

### ABSTRAK

Pipa kapiler sebagai media penyempitan atau untuk menurunkan suhu dan tekanan agar suhu yang diinginkan dapat tercapai. Pipa kapiler adalah pipa yang memiliki diameter paling kecil jika dibandingkan dengan pipa lainnya. Cairan refrigeran memasuki pipa kapiler hampir melayani semua sistem refrigerasi yang berukuran kecil seperti trainer hard ice cream maker. Untuk membedakan cepatnya suatu proses pendinginan maka penulis melakukan analisis dengan perbedaan pada panjang pipa kapiler dengan menggunakan refrigerant R-22 dan MC-22 pada siklus refrigerasi kompresi uap. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kerja kompresor, kapasitas pendinginan, dan performance terhadap perbedaan panjang pipa kapiler dan refrigerant R-22 dan MC-22. Metodologi dimulai dari persiapan alat seperti pipa kapiler, R-22 dan MC-22, selanjutnya melakukan pengambilan data yaitu berupa temperatur dan tekanan. Pengambilan temperatur diambil dibagian evaporator, kompresor, dan kondensor serta pengambilan tekanan refrigeran pada masing-masing bagian tersebut. Dan kemudian dimasukkan ke diagram P-h diagram untuk mengetahui tekanan dan entalphy setelah didapat nilai tersebut dilakukan perhitungan kerja kompresor, kapasitas pendinginan, dan performance (COP) dan dimasukkan kedalam tabel dan grafik. Berdasarkan analisa dan pembahasan, didapat kesimpulan bahwa kerja kompresor yang paling tinggi adalah 651 W dengan panjang pipa kapiler 2 meter menggunakan R-22 sedangkan kerja kompresor yang paling rendah adalah 393 W dengan panjang pipa kapiler 1 meter menggunakan refrigeran MC-22. Untuk kapasitas pendinginan yang paling tinggi adalah 2,2 KW dengan panjang pipa kapiler 1 meter menggunakan refrigerant R-22, sedangkan kapasitas pendinginan yang paling rendah adalah 0.7 KW dengan panjang pipa kapiler 1 meter menggunakan refrigerant MC-22. Untuk performance (COP) yang paling tinggi adalah 4,4 dengan panjang pipa kapiler 1 meter menggunakan refrigerant R-22, sedangkan performance (COP) yang paling rendah adalah 1,5 dengan panjang pipa kapiler 1 meter menggunakan refrigerant MC-22.

**Kata kunci:** Pipa kapiler, R-22, MC-22, kapasitas pendinginan, dan COP

### 1. Pendahuluan

#### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan bidang teknologi pendingin dan tata udara semakin berkembang hingga saat ini dengan perkembangan kebijakan dibidang perlindungan lingkungan dan penghematan energi. Implementasinya dari sisi refrigeran dilakukan dengan pergantian jenis refrigeran dari jenis R-22 ke jenis yang lebih ramah lingkungan diantaranya MC22.

Untuk dapat membedakan cepatnya suatu proses pendinginan maka penulis melakukan analisis dengan perbedaan pada panjang pipa kapiler dengan menggunakan refrigeran R-22 & MC22 pada siklus refrigerasi kompresi uap. Maka penulis akan mengambil topik pembahasan mengenai Analisis Pengaruh panjang pipa kapiler terhadap *Performance Hard Ice Cream Maker* dengan menggunakan refrigeran R-22 & MC-22, yang akan membahas *performance* pada *hard ice cream*.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Untuk mengetahui perbandingan *performance* pada *hard ice cream maker* dengan perbedaan panjang pipa kapiler.
- 2) Untuk mengetahui perbandingan kapasitas pendinginan pada *hard ice cream maker* dengan perbedaan panjang pipa kapiler

### 2. Tinjauan Pustaka

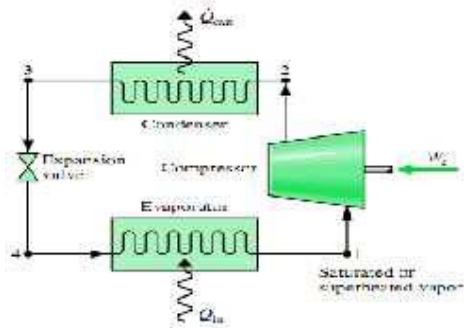
#### 2.1 Sistem Refrigerasi

Refrigerasi adalah proses memindahkan panas dari tempat di mana tidak diinginkan dan memindahkan panas ke tempat di mana sedikit panas atau tidak ada perbedaan. (Whitman, Bill dkk. Hal 23, 2006)

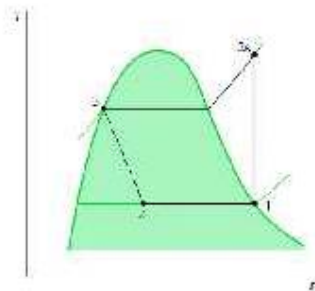
#### 2.1.1. Siklus kompresi uap

Sistem pendingin kompresi uap adalah sistem refrigerasi yang paling umum digunakan saat ini. Menurut M. J. Moran & H. N Shapiro kompresi uap. Fluida kerja dikompresikan di dalam kompresor dari tingkat keadaan 1 ke tingkat keadaan 2, pada tekanan tinggi ini fluida kerja ini

diembunkan di dalam kondensor ke tingkat keadaan 3 dan kemudian diekspansikan dengan katup ekspansi ke tingkat keadaan 4 dan berevaporasi di dalam evaporator kembali ke tingkat keadaan 1 (Gambar 2.1). (Shapiro, H. N, Moran, M.J. 2006)



**Gambar 2.1** Siklus Kompresi Uap  
(Sumber : Shapiro, H. N, Moran, M. J. 2006. Hal 457)



**Gambar 2.2** T-s Diagram Kompresi uap  
(Sumber : Shapiro, H. N, Moran, M. J. 2006. Hal 459)

**2.1.2. Prinsip kerja dan perpindahan panas pada siklus kompresi uap**

1. Proses Evaporasi dimana refrigeran melewati evaporator, terjadi perpindahan panas dari pendinginan, sehingga refrigeran menguap berubah menjadi gas bertekanan rendah.
2. Proses Kompresi dimana Refrigeran meninggalkan evaporator dikompresi sampai tekanan dan temperatur menjadi tinggi (*Superheated*) dengan kompresor. Dengan asumsi tidak ada perpindahan panas ke atau dari kompresor, Proses ini berlangsung di kompresor secara isentropik adiabatik.
3. Proses kondensasi dimana refrigeran yang melewati kondensor akan mengembun karena terjadi perpindahan kalor ke lingkungan sehingga fasanya berubah menjadi cair.
4. Proses ekspansi dimana terjadi penurunan tekanan pada katup ekspansi yang berbentuk pipa kapiler atau TXV yang berfungsi mengatur laju aliran refrigeran dan menurunkan tekanan.(Shapiro, H. N, Moran, M.J. 2006).

**2.2 Hard Ice Cream Maker**

*Hard ice cream maker* adalah mesin pembuatan es krim, mesin ini berfungsi untuk membuat hard ice cream skala industri. Mesin pembuat es krim yang praktis dengan menggunakan system pendingin (refrigerasi). Tabung dan kerangka terbuat dari stainless. Selain berfungsi sebagai alat produksi es krim, alat ini sekaligus bias berfungsi sebagai tempat penyimpanan es krim itu sendiri.

Prinsip kerja sistem refrigerasi pada *hard ice cream maker* ini sama seperti mesin pendingin lainnya, yaitu menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap, yaitu menggunakan empat komponen utama sistem refrigerasi kompresi uap yaitu kompresor, kondensor, pipa kapiler dan evaporator ( wadah tempat pembuatan es krim).Selain berfungsi sebagai alat produksi es krim, alat ini sekaligus bias berfungsi sebagai tempat penyimpanan es krim itu sendiri.

**2.3 Komponen Utama Siklus Kompresi Uap Hard Ice Cream Maker**

**a. Kompresor**

Kompresor merupakan jantung dari suatu sistem refrigerasi dan istilah yang paling tepat adalah pompa uap yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan rendah pada sisi *suction* kompresor menjadi tekanan tinggi di sisi *discharge* kompresor (Bill Whitman dkk, 2009).



**Gambar 2.3** kompresor hermetik  
( Lab.Refrigerasi Politeknik Sekayu )

**b. Evaporator**

Evaporator adalah media pemindahan energi panas melalui permukaan agar refriferan cair menguap dan menyerap panas dari udara dan produk yang ada di dalam ruang tersebut.Karena begitu banyaknya variasi kebutuha refriferasi, maka evaporator juga dirancang dalam berbagai tipe, bentuk, ukuran dan desain. (Sistem *Refrigerasi* dan Tata Udara Jilid 1 untuk SMK/oleh Sapto Widodo, Syamsuri Hasan ; Hal 158)



**Gambar 2.4** evaporator  
( Lab.Refrigerasi Politeknik Sekayu )

**c. Kondensor**

Fungsi kondenser di dalam sistem Refrigerasi Kompresi Uap adalah untuk merubah wujud refrigeran dari gas yang bertekanan dan bersuhu tinggi dari *discharge* kompresor menjadi cairan refrigeran yang masih bersuhu dan bertekanan tinggi. Untuk membuang kalor yang dikandung refrigeran yang berada di dalam coil kondenser diperlukan cooling medium. (*Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid 2, Widodo Sapto dkk.*)



**Gambar 2.5 kondensor**  
( Lab.Refrigerasi Politeknik Sekayu )

**d. Pipa Kapiler**

Pipa kapiler adalah salah satu alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaan yaitu untuk menurunkan tekanan refrigeran cair dan untuk mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Cairan refrigeran memasuki pipa kapiler tersebut dan mengalir sehingga tekanannya berkurang akibat dari gesekan dan percepatan refrigeran. Pada ukuran panjang dan diameter tertentu, pipa kapiler memiliki tahanan gesek yang cukup tinggi sehingga dapat menurunkan tekanan kondensasi yang tinggi ke tekanan evaporasi yang rendah. Pipa kapiler berfungsi menakar jumlah refrigeran cair ke evaporator dan untuk menjaga beda tekanan antara tekanan kondensasi dan tekanan evaporasi tetap konstan. (*Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid 1 untuk SMK/oleh Sapto Widodo, Syamsuri Hasan*)



**Gambar 2.6 pipakapiler**  
( Lab.Refrigerasi Politeknik Sekayu )

**2.4 Refrigeran**

Refrigeran merupakan suatu media pendingin yang dapat berfungsi untuk menyerap kalor dari lingkungan atau untuk melepaskan kalor ke lingkungan.

**a. Refrigeran R22**

Setelah periode CFCs, R22 (HCFC) merupakan refrigeran yang paling banyak

digunakan di dalam mesin refrigerasi dan pengkondisian udara.

Pemakaian refrigeran R22 terutama untuk air conditioning yang sedang dan kecil, juga dipakai untuk freezer, cold storage, display cases dan banyak lagi pada pemakaian sistem refrigerasi suhu rendah. Titik didih -14,4 F (-40,8 °C) pada 1 atmosfer. Tekanan penguapan 28,3 psig pada 5 F dan tekanan kondensasi 158,2 psig pada 86 F. Kalor laten uap 100,6 Btu/lb pada titik didih.

Mula-mula diperkenalkan pada tahun 1936 dikembangkan untuk pemakaian pada suhu rendah, lalu kemudian banyak dipakai pada packaged air conditioner. R-22 mempunyai tekanan dan suhu kerja yang lebih tinggi daripada R-12, maka jika memakai kondensor dengan pendingin udara ukurannya harus disesuaikan jangan terlalu kecil. Untuk kapasitas yang sama R-22 dibandingkan R-12 memerlukan pergerakan torak (piston displacement) yang lebih kecil, maka bentuk kompresor juga kecil sehingga dapat ditempatkan dalam ruang yang terbatas. Ini adalah keuntungan dari R-22.



**Gambar 2.7 Refrigeran R22**

R-22 tidak korosif terhadap banyak logam yang dipakai pada sistem refrgerasi dan air conditioning seperti : besi, tembaga, aluminium, kuningan, baja tak berkarat, las perak, timah solder, babit dan lain-lain. R-22 mempunyai kemampuan menyerap air tiga kali lebih besar daripada R-12. Jarang sekali terjadi pembekuan air di evaporator pada sistem yang memakai R-22. Kebocoran dapat dicari dengan halide leak detector, air sabun dan lain-lain.

**b. Refrigeran MC22**

Refrigeran Musicool adalah bahan pendingin alamiah jenis hidrokarbon yang ramah lingkungan yang merupakan alternatif pengganti Freon dan memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan bahan pendingin Freon yang digantikannya.

Kelebihan Musicool jika dibandingkan dengan bahan pendingin Freon, antara lain

1. Menghemat pemakaian listrik/bahan bakar hingga 30%.
2. Tidak perlu penggantian/penambahan komponen pada Mesin AC atau mesin pendingin lain.

3. Memberikan efek pendinginan lebih baik.
4. Meringankan kerja kompresor, sehingga umur pemakaian kompresor AC atau mesin pendingin menjadi lebih panjang.
5. Tidak memerlukan penggantian/penambahan komponen.
6. Tidak merusak AC atau Mesin pendingin
7. Ramah lingkungan, karena tidak merusak lapisan Ozon dan tidak menimbulkan Efek Rumah Kaca/Pemanasan Global.

Kelebihan-kelebihan dari Refrigeran Musicool tersebut disebabkan oleh sifat Fisika dan Thermodynamikanya yang lebih baik jika dibandingkan dengan Freon. Namun secara umum dapat dikemukakan, bahwa *Recovery*/Konversi Freon dengan Musicool dapat menurunkan pemakaian tenaga listrik yang cukup signifikan, sehingga dapat memberikan keuntungan finansial yang tidak sedikit bagi pemilik Mesin AC, berupa :

1. Penurunan biaya listrik, sehingga biaya konversi yang dikeluarkan akan kembali dalam waktu yang relative singkat dari dana penghematan Biaya Listrik yang diperoleh setiap bulan, sehingga Perusahaan praktis tidak mengeluarkan anggaran biaya tambahan (*Return of Investment* berkisar antara 2 bulan s/d 8 bulan, tergantung dari durasi pemakaian setiap unit AC-nya )
2. Mengurangi *Maintenance Cost*
3. Memperpanjang *Replacement Cost*, dll.



Gambar 2.8 Refrigeran MC22

### 2.5 Coefficient Of Performance (COP)

Koefisien prestasi (COP) adalah suatu koefisien yang besarnya sama dengan efek refrigerasi (ER) dibagi dengan kerja kompresor ( $W_k$ ). Koefisien prestasi ini identik dengan efisiensi pada motor bakar. Makin tinggi nilai COP nya, makin baik sistim refrigerasi tersebut. Nilai COP ini biasanya lebih besar dari pada satu (1).

- COP aktual ialah COP sebenarnya yang dimiliki oleh suatu sistem. COP aktual ini dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$COP_{aktual} = \frac{E}{W_k} = \frac{d_s}{d_e} \frac{[w]}{[w]}$$

$$COP = \frac{E}{W_k} = \frac{(h_2 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \quad (\text{Moran, 2006})$$

- $h_1$  : Entalpi refrigeran keluaran evaporator (kJ/kg)
- $h_2$  : Entalpi refrigeran keluaran kompresor (kJ/kg)
- $h_3$  : Entalpi refrigeran keluaran kondensor (kJ/kg)
- $h_4$  : Entalpi refrigeran keluaran ekspansi (kJ/kg)
- ER : Efek refrigerasi / kapasitas pendingin (kJ/kg)
- $W_k$  : Kerja kompresor (kJ/kg)

Perbandingan besaran  $COP_{aktual}$  dan  $COP_{carnot}$  menunjukkan efisiensi sistem refrigerasi dengan persamaan berikut :

$$\eta_{ref} = \frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}} \times 100\%$$

- $\eta_{ref}$  : efisiensi sistem refrigerasi (%)

### Kerja Kompresor ( $W_k$ )

$$W_k = h_2 - h_1$$

### Daya kompresor ( $W_k$ )

$$W_k = I \cdot V \cdot \cos \Theta = \text{Watt}$$

- $W_k$  : Daya Kompresor (Watt)
- I : Arus Listrik (Ampere)
- V : Tegangan listrik (Volt)

### Laju aliran massa

$$\dot{m} = \frac{W_k}{(h_2 - h_1)} = \text{kg/s}$$

- $\dot{m}$  : laju aliran massa (kg/s)

### Kapasitas Pendinginan ( $Q_{in}$ )

$$Q_{in} = \dot{m} (h_1 - h_4) = \text{kg/s (kJ/kg - kJ/kg)}$$

- $Q_{in}$  : kapasitas pendingin/ efek refrigerasi (KW)

### Panas yang di lepas oleh Kondensor

$$Q_k = \dot{m} (h_2 - h_3)$$

- $Q_k$ : Panas yang di lepas oleh kondensor (KW).

## 3. Metodologi Penelitian

Pembahasan analisa dihitung berdasarkan data yang telah didapat selama uji performansi hard ice cream maker ini, Waktu pengujian dilakukan selama 35 menit dan diambil data tiap 5 menit sekali agar dapat diketahui proses refrigerasi dalam sistem yang mulai menuju ke kondisi stabil. Jika semua data dari masing-masing pipa kapiler telah diambil, lakukan perbandingan analisa terhadap kedua jenis tersebut. Data-data yang diperlukan dsalam melakukan uji *performance pada hard ice cream maker* :

- 1) Tekanan *suction*
- 2) Tekanan *discharge*
- 3) Temperatur keluaran kompresor

- 4) Temperaturkelurankondensor
- 5) Temperaturkeluaranpipakapiler
- 6) Temperaturkeluran evaporator

**3.1 Deskripsi Alat Penguji**

Alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Mesinpendingin *hard ice cream*
- 2) Alat-alatukur yang digunakan  
Adapunalatukur yang digunakandalampengambilan data adalah :
  - *Thermometer*
  - *Pressur gauge* ( pengukurtekanan )
  - Tang ampere

**3.2 Tahap Pengujian**

Lakukan proses pengambilan data–data yang perlukan untuk menganalisa perbandingan *performance hard ice cream maker*.

- LakukanpresospengisianRefrigeranMenggunakan Mc-22 Dan Kemudian R-22 agar padasaatsistem di hidupkanbekerjasecara optimal dalammelakukanpendinginanataupadasaatsebelummelakukanpengambilan data padasistemrefrigersi *hard ice cream maker*.
- Lakukan proses sesuaidenganpresedurpadasubbab2.10 ataupenggantianpipakapilerdenganukuran 1 meter, 1.5 meter dan 2 meter.

**4. Hasil dan Pembahasan**

**4.1 Pengolahan Data**

Dari data-data yang telah diperoleh, di hitung menggunakan diagram Ph tiap di ambil data nya sekali maka akan didapat:

- a. Kapasitas Pendinginan/Efek Refrigerasi ( $Q_{in}/ER$ )
- b. Kerja Kompresi (Wk)
- c. *Coefficient Of Performance* (COP)

**4.2 Data Perhitungan**

Berdasarkan hasil eksperimen, maka didapat beberapa data sebagai berikut:

**Tabel 4.1.**Pipa 2 meter R-22

Parameter	Waktu (menit)		
	15	25	35
Kerja kompressor	616 W	668,8 W	668,8 W
Kapasitas pendinginan	1,941 kW	1,700 kW	1,519 kW
COP	3,1	2,5	2,2

**Tabel 4.2.**Pipa 2 meter MC-22

Parameter	Waktu (menit)		
	15	25	35
Kerja kompressor	404,8W	387,2W	387,2W
Kapasitas	1,141 kW	0,755 kW	0,728 kW

pendinginan			
COP	2	2,0	1,8

**Tabel 4.3.**Pipa 1,5 meter R-22

Parameter	Waktu (menit)		
	15	25	35
Kerja kompressor	545,6 W	546,4 W	545,6 W
Kapasitas pendinginan	2,162 kW	1,930 Kw	2,014 kW
COP	3,9	3,5	3,6

**Tabel 4.4.**Pipa 1,5 meter MC-22

Parameter	Waktu (menit)		
	15	25	35
Kerja kompressor	404,8 W	404,8 W	387,2 W
Kapasitas pendinginan	1.101 kW	1,011 kW	0,717 kW
COP	2,7	2,4	1,8

**Tabel 4.5.**Pipa 1 meter R-22

Parameter	Waktu (menit)		
	15	25	35
Kerja kompressor	510,4 W	510,4 W	510,4 W
Kapasitas pendinginan	2,807 kW	2.320 kW	1.799 kW
COP	5,5	4.4	3.5

**Tabel 4.6.**Pipa 1 meter MC-22

Parameter	Waktu (menit)		
	15	25	35
Kerja kompressor	404,8 W	387,2 W	387,2 W
Kapasitas pendinginan	1,063kW	0,785 kW	0,613 kW
COP	2,6	2,0	1,5

**5. Kesimpulan**

1. Dari kerja kompresor rata-rata hasil penelitian, yaitu kerja kompresor yang paling tinggi adalah 651 W pada panjang pipa kapiler 2 meter dengan menggunakan refrigerant R-22 sedangkan kerja kompresor yang paling rendah adalah 393 W pada panjang pipa kapiler 1 meter dengan menggunakan refrigerant MC-22.
2. Dari perbandingan kapasitas pendinginan rata-rata hasil penelitian, yaitu perbandingan kapasitas pendinginan yang paling tinggi adalah 2,2 kW pada panjang pipa kapiler 1 meter dengan menggunakan refrigeran R-22 sedangkan perbandingan kapasitas pendinginan yang paling rendah adalah 0,7 kW pada panjang

- pipa kapiler 1 meter dengan menggunakan refrigeran MC-22.
3. Dari COP rata-rata hasil penelitian, yaitu cop yang paling tinggi adalah 4,4 pada panjang pipa kapiler 1 meter dengan menggunakan refrigerant R-22 sedangkan COP yang paling rendah adalah 1,5 pada panjang pipa kapiler 1 meter dengan menggunakan refrigerant MC-22.

#### Daftar Pustaka

- Arora.C.P. 2000.*Refrigeration and Air Conditioning 2nd Edition*. New Delhi: Tata Mc. Graw-Hill Education
- Editor.H.M. 2011.*Praktikum Dasar Refrigerasi*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung
- Jones, J. W. And Stoecker, W.F.1982. *Refrigeration and Air Conditioning Second Edition*. New York : Mc. Graw-Hill
- Pertamina. 2011. *Pengenalan Produk Musicool*. Bandung : PT. Pertamina
- Shapiro, H.N and Moran M.J. 2006.*Fundamentals of EnginneringThermodynamics*. England: John Willey and Sons, inc