

Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang Pipa Kapiler Terhadap Performansi Pada Sistem *Mini Brine Cooling* Dengan Lshx Untuk Pembuatan Es Balok

Michel Cavin^{1,*}, Rizki Muliawan², Andriyanto Setyawan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : ^{1,*}michelcavinpa@gmail.com; ²rizki.muliawan@polban.ac.id; ³andriyanto@polban.ac.id

ABSTRAK

Brine cooling merupakan salah satu sistem refrigerasi komersial yang banyak digunakan di industri-industri besar untuk pembuatan es balok. Sistem ini menggunakan refrigeran sekunder sebagai media pemindah kalor, yaitu *brine*. Pipa kapiler merupakan salah satu jenis alat ekspansi yang berfungsi untuk menurunkan temperatur dan juga tekanan refrigeran yang akan diteruskan ke evaporator. Ukuran panjang dan diameter pipa kapiler sangat berpengaruh pada performansi dari sistem refrigerasi. Untuk mengetahui efisiensi yang terbaik dilakukan dengan metode pengambilan data lalu pengolahan data, pada variasi panjang pipa kapiler 3,3 m COP aktual diperoleh 3,3, COP *Carnot* 4,5, dan efisiensi sistem sebesar 73,6% variasi panjang pipa kapiler 1,65 m diperoleh COP aktual sebesar 3,25, COP *Carnot* sebesar 4,7 dan efisiensi sistem yaitu 69,2% turun sebesar 5,7% dari variasi panjang pipa kapiler 3,3, pada variasi panjang pipa kapiler 4,95 m, COP aktual yang diperoleh 3,2, COP *Carnot* 4,36 dan efisiensi sistem sebesar 73,3% turun sebesar 0,4% dari variasi panjang pipa kapiler 3,3 m, maka dari itu panjang pipa kapiler 3,3 m mempunyai nilai efisiensi sistem yang terbaik. Konsumsi energi pada variasi panjang pipa kapiler 3,3 m diperoleh 2,579 kWh, variasi panjang pipa kapiler 1,65 m diperoleh 4,386 kWh, variasi panjang pipa kapiler 4,95 m diperoleh 2,952 kWh.

Kata Kunci

Mini Brine Cooling, Variasi Panjang, Efisiensi Sistem

1. PENDAHULUAN

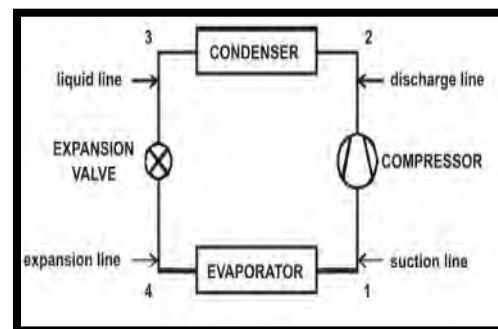
Sistem refrigerasi mempunyai banyak manfaat bagi kehidupan, salah satu contoh mesin refrigerasi yang sangat diperlukan oleh perusahaan maupun masyarakat adalah mesin pembuat es balok, mesin ini biasa digunakan untuk pengolahan ikan, pabrik es balok.

Salah satu komponen yang mempengaruhi kinerja sistem refrigerasi ini adalah alat ekspansi jenis pipa kapiler, karena kontrol aliran sederhana yang dapat menurunkan tekanan dan temperatur refrigeran yang akan disirkulasikan ke evaporator, penurunan tekanan dalam pipa kapiler disebabkan oleh gesekan dan percepatan refrigeran yang mengalir dalam pipa tersebut.

Panjang dan diameter dari pipa kapiler mempengaruhi performansi dari sistem tersebut. Pada penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang pipa kapiler terhadap performansi pada sistem *mini brine cooling* dan konsumsi daya yang dibutuhkan pada sistem *mini brine cooling*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

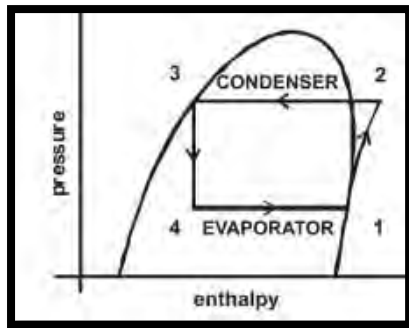
Sistem *mini brine cooling* merupakan sistem refrigerasi untuk pembuatan es balok. Sistem *mini brine cooling* ini sama dengan sistem refrigerasi pada umumnya dengan memiliki empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi (pipa kapiler), dan evaporator.



Gambar 1. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Berdasarkan Gambar 1 siklus refrigerasi seperti pada umumnya dengan empat komponen utama yaitu kompresor yang berfungsi untuk menekan refrigeran dan mensirkulasikan ke

seluruh sistem, kondensor berfungsi untuk melepas kalor pada refrigeran ke lingkungan, lalu alat ekspansi untuk menurunkan tekanan dan temperatur yang akan diteruskan ke evaporator, kemudian evaporator berfungsi untuk menyerap kalor pada produk dengan perantara refrigeran. Refrigeran merupakan fluida kerja di dalam mesin refrigerasi yang digunakan sebagai untuk penukar kalor yang bersirkulasi dalam sistem refrigerasi.

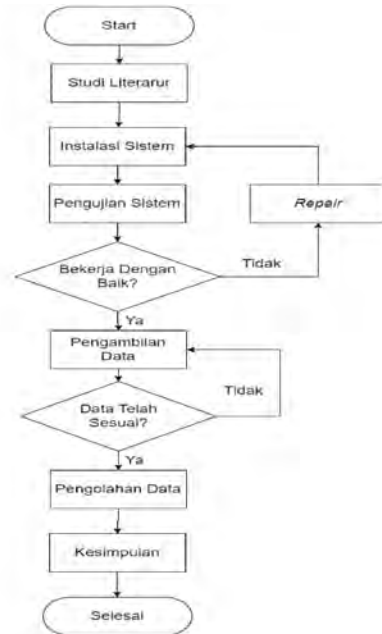


Gambar 2. Diagram p-h Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Berdasarkan Gambar 2 terdapat empat siklus pada sistem refrigerasi kompresi uap, pertama proses kompresi yaitu refrigeran berfasa uap bertekanan rendah ditekan oleh kompresor sehingga refrigeran keluar kompresor berfasa uap dan bertekanan tinggi, proses kondensasi yaitu proses pembuangan panas ke lingkungan sehingga temperatur refrigeran akan turun dan menyebabkan fasa refrigeran berubah menjadi cair, proses ekspansi yaitu refrigeran berfasa cair masuk alat ekspansi dan terjadi proses ekspansi dimana tekanan refrigeran diturunkan dan temperaturnya kemudian mengalir ke evaporator, proses evaporasi yaitu proses penyerapan kalor dari ruangan maupun produk yang didinginkan.

3. METODOLOGI

Pada penelitian yang dilakukan untuk mengetahui performansi sistem *mini brine cooling* dan konsumsi daya listrik kompresor dengan variasi panjang pipa kapiler yang berbeda. Adapun tahapan penelitian yang dilaksanakan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Tahapan Penelitian

Adapun pengambilan data dalam penelitian ini adalah pada saat sistem dalam keadaan *steady* dan langkah langkah pengambilan data sebagai berikut :

- Pastikan alat dalam keadaan siap beroperasi.
- Siapkan alat ukur yang akan digunakan.
- Lakukan pengambilan data pada setiap variasi.
- Catat data awal pada saat sistem beroperasi.
- Ambil dan catat data sesuai dengan ketentuan yaitu setiap 10 menit sekali sampai terjadi *cut off* dan *cut in* selama 3 kali.
- Pastikan sistem dalam keadaan *off* setelah melakukan pengambilan data.
- Rapiakan kembali lingkungan dan alat kerja.

Penempatan alat ukur dengan menggunakan *thermometer digital* diletakan sesuai dengan titik yang ditentukan yaitu pada pipa *suction*, *discharge*, *out* kondensor, *brine*, produk dan lingkungan, pada pengukuran arus dan tegangan alat ukur yang digunakan adalah tang ampere.

Hasil data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui performansi sistem, dan mengetahui konsumsi energi listrik. Untuk memperoleh nilai tersebut, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$q_w = h_2 - h_1 \quad (1)$$

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (2)$$

$$COP_{actual} = \frac{q_e}{q_w} \quad (3)$$

$$COP_{Carnot} = \frac{T_e}{T_k - T_e} \quad (4)$$

$$\eta = \frac{COP_{actual}}{COP_{Carnot}} \quad (5)$$

$$W = P \times t \quad (6)$$

Keterangan :

q_w = Kerja Kompresi (kJ/kg)

q_e = Efek Refrigerasi (kJ/kg)

η = Efisiensi Sistem (%)

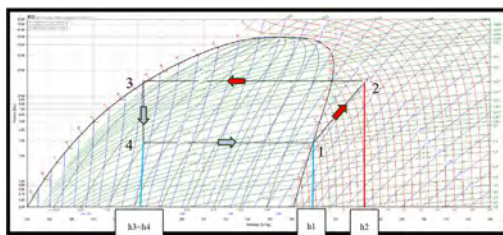
W = Konsumsi Energi Listrik (kWh)

4. HASIL DATA DAN PEMBAHASAN

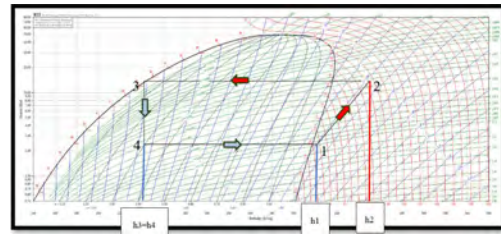
Setelah data telah diperoleh, lakukan plot pada diagram p-h dengan data pada saat sistem *steady* 3 pada setiap variasi panjang pipa kapiler, seperti pada tabel 1 nilai tekanan *suction* dan *discharge* ditambahkan 1 bar *absolute* dan pada temperatur *discharge* dan *out* kondensor ditambah 3°C dan temperatur *suction* dikurangi 3°C.

Tabel 1. Data Pengukuran

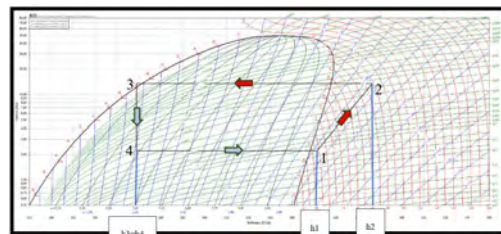
N o	Titik Pengukuran	1,65 m	3,3 m	4,95 m	Satuan
1.	Tekanan <i>Suction</i>	1,85	1,4	1,2	Bar.g
2.	Tekanan <i>Discharge</i>	13,9	12,7	12,5	Bar.g
3.	Temperatur <i>Suction</i>	-15,7	-13,6	-13,5	°C
4.	Temperatur <i>Discharge</i>	73,2	75	78,8	°C
5.	Temperatur <i>out</i> Kondensor	36,6	34,2	30,9	°C
6.	Arus	5,5	4,4	3,8	A
7.	Tegangan	211,0 3	215, 5	212, 6	V



Gambar 4. Hasil Plot Diagram p-h Panjang Pipa Kapiler 1,65 m

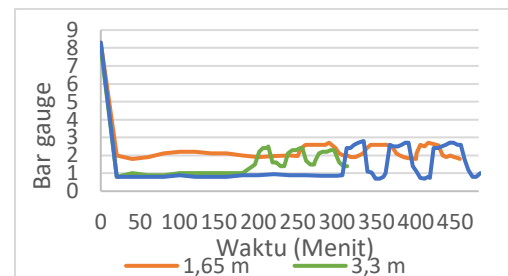


Gambar 5. Hasil Plot Diagram p-h Panjang Pipa Kapiler 3,3 m



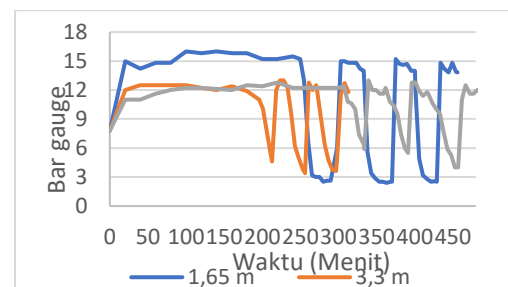
Gambar 6. Hasil Plot Diagram p-h Panjang Pipa Kapiler 4,95 m

Dari hasil plot diagram p-h, maka terdapat analisis mengenai tekanan *suction* terhadap waktu, tekanan *discharge* terhadap waktu, temperatur *out* kondensor terhadap waktu, temperatur *brine* terhadap waktu, dan efisiensi sistem sebagai berikut :



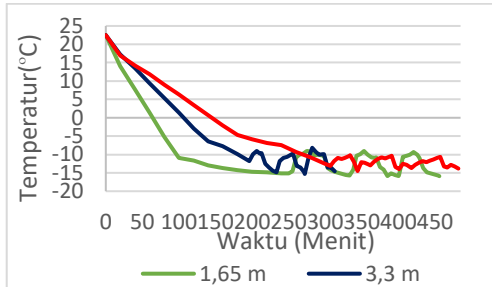
Gambar 7. Grafik Tekanan *Suction* Terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 7 diperoleh tekanan *suction* pada setiap variasi panjang pipa kapiler yang berbeda, pada variasi panjang pipa kapiler 1,65 m terukur tekanan *suction* yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi lainnya yaitu 1,85 bar *gauge*.



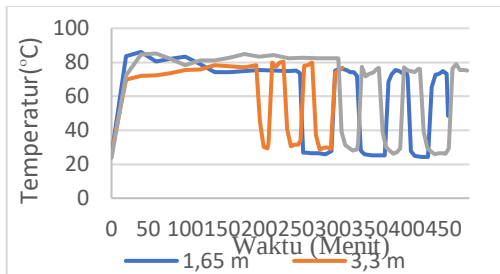
Gambar 8. Grafik Tekanan *Discharge* Terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 8 terukur tekanan *discharge* pada variasi panjang pipa kapiler 1,65 m diperoleh nilai paling tinggi yaitu 13,9 bar *gauge* dibandingkan variasi panjang pipa kapiler yang lainnya yaitu 12,7 bar *gauge* pada variasi panjang 3,3 m dan 12,5 bar *gauge* pada variasi panjang 4,95 m.



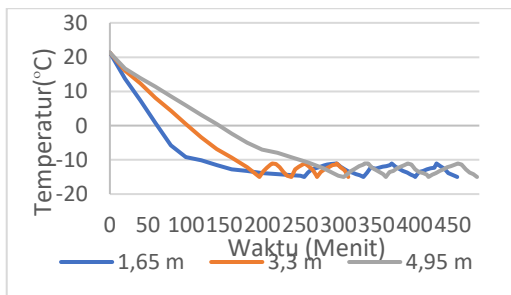
Gambar 9. Grafik Temperatur Suction Terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa temperatur *suction* terus menurun sampai terjadi *cut off*, lalu pada saat sistem keadaan *off* temperatur *suction* cenderung naik dan kembali turun pada saat sistem kembali *cut in*.



Gambar 10. Grafik Temperatur Discharge Terhadap Waktu

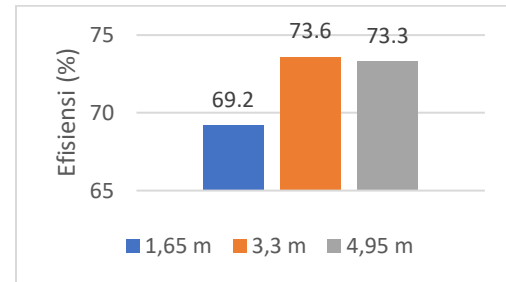
Berdasarkan Gambar 10 temperatur *discharge* pada saat sistem beroperasi berkisar antara 70°C sampai 80°C, pada saat sistem dalam keadaan *off* turun mendekati temperatur lingkungan.



Gambar 11. Temperatur Brine Terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 11 Temperatur *brine* pada setiap variasi terus menurun hingga mencapai temperatur *setting* yaitu -15°C lalu terjadi *cut off* dan kembali *cut in* pada temperatur -11°C dengan *differential* 4°C.

Namun ada perbedaan *chilling time* pada setiap variasi, pada variasi panjang pipa kapiler 4,95 m mempunyai nilai *chilling time* paling lama yaitu 307 menit.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Efisiensi Sistem

Berdasarkan Gambar 12 efisiensi sistem tertinggi diperoleh variasi panjang pipa kapiler 3,3 m yaitu 73,6%, pada variasi panjang pipa kapiler 1,65 m diperoleh 69,2% turun 5,9% dari variasi 3,3 m dan pada variasi panjang 4,95 m diperoleh 73,3% turun 0,4% dari variasi panjang 3,3 m. Maka dari itu sistem dengan variasi panjang pipa kapiler 3,3 m memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan dengan yang lainnya.

Tabel 2. Hasil Perbandingan Panjang Pipa Kapiler

N O	Paramet er	Panjang Kapiler Pipa			Satu an
		1,65 m	3,3 m	4,95 m	
1	Tekanan Suction	1,85	1,4	1,2	Bar gaug e
2	Tekanan Discharg e	13,9	12,7	12,5	Bar gaug e
3	Tempera tur Produk	- 14,6	- 13,1	- 14,3	°C
4	COP aktual	3,25	3,3	3,2	-
5	COP Carnot	4,7	4,5	4,6	-
6	Efisiensi Sistem	69,2	73,6	73,3	%
7	Konsum si Energi	4,38 6	2,57 9	2,95 2	kWh

Berdasarkan Tabel 2 pada variasi panjang pipa kapiler 3,3 m mendapatkan nilai efisiensi sistem paling tinggi dibandingkan dengan variasi lainnya yaitu 73,6% dan mendapatkan

konsumsi energi paling rendah yaitu 2,579 kWh.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data, penulis menyimpulkan :

- COP_{aktual} pada setiap variasi 1,65 m, 3,3 m, 4,95 m diperoleh berturut turut 3,25, 3,3, 3,2.
- COP_{Carnot} pada setiap variasi 1,65 m, 3,3 m, 4,95 m diperoleh berturut turut 4,7, 4,5, 4,6.
- Efisiensi sistem tertinggi diperoleh variasi panjang 3,3 m yaitu 73,6%, variasi panjang 1,65 m diperoleh 69,2% turun 5,9% dari variasi 3,3 m dan variasi 4,95 m diperoleh 73,3% turun 0,4% dari variasi 3,3 m.
- Konsumsi energi pada variasi 1,65 m diperoleh 4,386 kWh, variasi 3,3 m diperoleh 2,579 kWh, variasi 4,95 m diperoleh 2,952 kWh, maka variasi panjang pipa kapiler 3,3 m membutuhkan konsumsi energi paling sedikit dari variasi lainnya.

Setelah dilakukan penelitian, penulis mempunyai beberapa saran diantaranya sebagai berikut :

- Menambahkan penelitian mengenai variasi diameter pipa kapiler.
- Menambahkan penelitian variasi panjang pipa kapiler agar mempunyai banyak perbandingan.
- Menambahkan alat kontrol agar dapat memperoleh data yang lebih akurat, juga efektif dan efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung yang telah membantu memberikan dana dan fasilitas yang dapat penulis gunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adam, C. (2023). <http://digilib.polban.ac.id/jbptppolban-gdl>, 5-7.
- [2] ASHRAE, (2001). "ASHRAE Handbook of Fundamental", American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Atlanta.
- [3] Boyle, Graham, (1988). Australian Refrigeration and Air Conditioning.

- [4] Dossat, R. J. (1981) Principles of Refrigeration, Second Edition. New York: John Wiley & Sons,inc.
- [5] Mitrakusuma, W, H, (2009). *Panduan Kuliah Dasar Refrigerasi*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung
- [6] Wilbert F.Stoecker, Jerold W. Jones, "Refrigerasi dan Pengondisian Udara", terj. Suoratman, ed. Ke-2
- [7] Bagni (2022). *Kaji Eksperimental Variasi Panjang Alat Ekspansi Jenis Pipa Kapiler Terhadap Performansi Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Untuk Ruang Infertil Inkubasi Telur Ayam*.
- [8] Reza (2022). *Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang Pipa Kapiler Terhadap Performansi Sistem Dengan Membandingkan Suhu Kabin*.
- [9] Rico (2022). *Kaji Eksperimental Variasi Panjang Pipa Kapiler Untuk Pembekuan Daging Ayam 3 Kg Pada Mesin Air Blast Freezer*.
<https://digilib.polban.ac.id/files/disk1/96/jbptppolban-gdl-jamaljamal-4794-3-bab2--6.pdf>