

UJI PENGARUH PANJANG PIPA KAPILER TERHADAP KERJA UNIT PEMBUAT ES SKALA KECIL MENGGUNAKAN OUTDOOR AC 2 PK

R. Ufie¹, Cendy S.E Tupamahu², M. Mas’ud Tohepaly

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: rikhardufienew@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email : tupamahucendy@gmail.com

³Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email : masudtohepaly@gmail.com

Abstrak. Pabrik es umumnya dibangun untuk skala menengah hingga skala besar dengan produksi berkisar 7,5 – 152 ton/24 jam menggunakan unit refrigerasi siklus kompresi uap yang terdiri kompresor jenis open type dimana kompresor dan motor penggerak dirangkai secara terpisah dan dengan memanfaatkan kondensor yang didinginkan dengan air (water cooled condenser) yang bekerja dengan didukung oleh unit pendinginan air berupa cooling tower. Pengembangan unit pembuat es skala kecil dengan memanfaatkan outdoor AC telah dilakukan oleh CV Samudera Pendingin untuk pembekuan es dalam cetakan. Walaupun upaya terobosan ini dapat dikatakan berhasil dengan memproduksi es dalam jangka waktu tertentu, tidak diperoleh informasi apakah unit pembuatan es yang dibuat telah didasarkan pada pengujian untuk mendapatkan kondisi operasi yang optimum. Dengan demikian secara akademis masih terdapat tantangan pengembangan untuk menghasilkan unit pembuatan es berdasarkan pendekatan optimasi terhadap kondisi dan variabel unit refrigerasi yang dibutuhkan. Pada mesin refrigerasi siklus kompresi uap (SKU), pipa kapiler merupakan alat yang berfungsi menurunkan tekanan refrigeran dari tekanan kondensasi ke tekanan evaporasi. Untuk itu, penelitian ini menggunakan 3 variasi panjang pipa kapiler yakni 0,75, 1,0, dan 1,25m. Modifikasi panjang pipa kapiler dimaksudkan agar dapat dicapai temperatur evaporasi yang lebih rendah dari temperatur brine yang direncanakan dan juga agar dapat dipertahankan temperatur kondensasi yang lebih tinggi dari temperatur lingkungan. Hasil perhitungan pengaruh ukuran pipa kapiler terhadap kerja unit pembuat es yaitu untuk panjang pipa kapiler 0,75 m COP sebesar 3,837, panjang pipa kapiler 1,0 m, COP sebesar 3,837 dan untuk panjang pipa 1,25 m besarnya COP 2,825. Terlihat bahwa semakin panjang pipa kapiler semakin meningkat nilai kerja unit pembuat es secara linier.

Kata kunci: outdoor AC, Panjang pipa kapiler, COP

Abstract Ice plants are generally built for medium to large scale with production ranging from 7.5 – 152 tons/24 hours using a steam compression cycle refrigerating unit consisting of an open type compressor where the compressor and motor drive are assembled separately and with the use of a water-cooled condenser. (water cooled condenser) which works supported by a water cooling unit in the form of a cooling tower. The development of small-scale ice-making units by utilizing outdoor air conditioners has been carried out by CV Mutiara Pessel for freezing ice in plastic packaging and CV Samudera Keren for freezing ice in molds. Although this breakthrough effort can be said to be successful by producing ice for a certain period of time, information is not obtained whether the ice-making unit made has been based on testing to obtain optimum operating conditions. Thus, academically, there are still development challenges to produce an ice-making unit based on an optimization approach to the conditions and variables required for the refrigeration unit. In the vapor compression cycle refrigeration machine (SKU), the capillary tube is a device that functions to lower the refrigerant pressure from the condensing pressure to the evaporation pressure. For this reason, this study uses 3 variations in the length of the

capillary tube, namely 0.75, 1.0, and 1.25m. The modification of the capillary tube length is intended to achieve an evaporation temperature lower than the planned brine temperature and also to maintain a condensation temperature that is higher than the ambient temperature. The results of the calculation of the effect of the size of the capillary tube on the work of the ice maker unit are for a capillary tube length of 0.75 m, a COP is 3.837, the length of a capillary tube is 1.0 m, a COP is 3.837 and for a pipe length of 1.25 m, the COP is 2.825 It can be seen that the longer the capillary tube the higher the work value of the ice maker unit linearly

Keywords: outdoor AC, capillary tube length, cop

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat akan es kini semakin luas baik untuk penyediaan berbagai jenis minuman penyegar yang dikonsumsi secara langsung maupun proses pendinginan demi menjaga kesegaran berbagai produk pertanian seperti buah-buahan dan sayur-mayur [1,2] dan produk perikanan khususnya ikan hasil tangkapan [3]. Kebutuhan es untuk dikonsumsi dalam skala rumah tangga umumnya dipenuhi melalui penggunaan kulkas ataupun freezer, sedangkan kebutuhan dalam jumlah yang lebih besar khususnya untuk pendinginan produk umumnya sangat tergantung pada adanya pabrik es berskala besar. Semakin meluasnya kebutuhan akan es ini memunculkan kebutuhan akan unit refrigerasi untuk pembuatan es yang selain dimaksud untuk menghindari adanya ketergantungan pada adanya pabrik es, juga dapat memenuhi skala usaha kecil-menengah yang dapat dioperasikan oleh masyarakat sendiri.

Salah satu terobosan yang dapat ditempuh untuk memenuhi kebutuhan ini yakni pembuatan unit pembuat es dengan memanfaatkan outdoor AC (Air Condition) sebagai condensing unit yang dirangkai dengan evaporator yang ditempatkan di dalam kotak pendingin (coolbox) guna proses pembuatan es. Pengembangan unit pembuat es skala kecil dengan memanfaatkan outdoor AC telah dilakukan untuk pembekuan es dalam kemasan plastik dan oleh CV Samudera Pendingin [4] untuk pembekuan es dalam cetakan.

Pada mesin refrigerasi siklus kompresi uap (SKU), pipa kapiler merupakan alat yang berfungsi menurunkan tekanan refrigeran dari tekanan kondensasi ke tekanan evaporasi [5, 6]. Modifikasi panjang pipa kapiler dimaksudkan agar dapat dicapai temperatur evaporasi yang lebih rendah dari temperatur brine yang direncanakan dan juga agar dapat dipertahankan temperatur kondensasi yang lebih tinggi dari temperatur lingkungan. Perubahan ukuran pipa kapiler dengan demikian akan mengubah kondisi kerja siklus pendingin [7]. Pada

penelitian ini, dibuat 3 variasi panjang pipa kapiler yaitu 0,75, 1,0 dan 1,25 meter untuk mendapatkan kondisi optimum, jenis refrigerant yang digunakan R-22.

2. BAHAN DAN METODE

Konstruksi unit pembuat es dengan coolbox berukuran 200 liter, yaitu dengan ukuran panjang-dalam 85 cm, lebar-dalam 52 cm dan tinggi-dalam 45 cm. Kompresor R-22 yang digunakan adalah dari merek Panasonic model CU-PO-13GKF dengan power input pada voltase 220-240 V, berkisar 1,99 – 2,05 kW yang terpasang dalam outdoor AC yang dilengkapi dengan kondensor yang didinginkan dengan kipas angin (air cooled condenser). Evaporator dirangkai dari pipa tembaga berukuran ½ inch dan ditempatkan di dasar kotak pendingin.

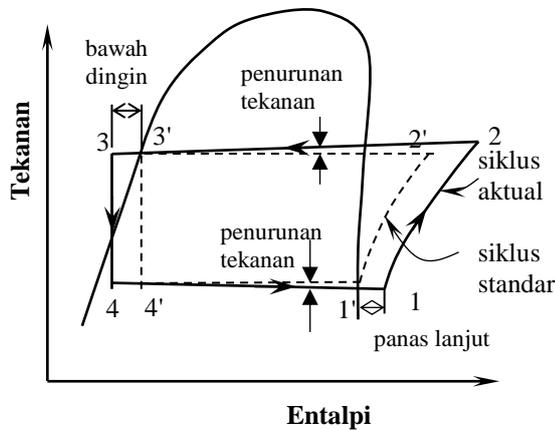
Pada proses pendinginan/pembekuan, brine yang memasuki ruang evaporator pada dasar coolbox dihisap dengan bantuan 2 pompa celup yang selanjutnya mensirkulasi brine yang telah didinginkan ke dalam ruang pendinginan/pembekuan. Brine yang digunakan berupa larutan air garam dengan konsentrasi garam sebesar 23% basis massa, yang dimaksudkan agar dapat dicapai titik beku larutan terendah hingga -21°C.

2.1. Prosedur Penelitian

A. Penentuan Kondisi Kerja Sistem

Penentuan kondisi kerja sistem didasarkan pada siklus kompresi uap yang digambarkan dalam skema diagram tekanan-entalpi (p-h), seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Parameter yang dijadikan acuan bagi penentuan kondisi kerja sistem yaitu besar temperatur evaporasi (T₄) yang dipilih dengan mempertimbangkan temperatur penyimpanan produk, dan besar temperatur kondensasi (T₄) yang dipilih dengan mempertimbangkan temperatur pengeringan produk yang dikehendaki. Refrigeran yang digunakan dalam hal ini adalah R-22 dengan sifat-sifat

termodinamika dan transport yang akan dihitung dengan bantuan perangkat lunak REFPROP6.



Gambar 1. Siklus kompresi uap

B. Prosedur Perhitungan

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan refrigeran R-22, dengan 3 variasi panjang pipa kapiler yaitu 0,75m, 1,0m, dan 1,25m dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Tentukan lebih dahulu besar tekanan evaporasi sesuai dengan besar temperatur evaporasi ($p_1 = p_4$) dan tekanan kondensasi ($p_2 = p_3$) sesuai data sifat refrigeran.
- b. Kenaikan temperatur evaporasi dan tekanan evaporasi pada proses pemanasan lanjut (ΔT_{SH}), ditetapkan temperatur refrigerant pada tk 1 yaitu saat memasuki kompresor ($T_1 = T_{ev} + \Delta T_{SH}$)
- c. Tekanan kondensasi dan penurunan temperatur evaporasi pada pendinginan lanjut (ΔT_{SC}), temperatur refrigerant pada tk 3 berada pada saat memasuki peralatan ekspansi ($T_3 = T_{kond} - \Delta T_{SC}$)
- d. Mengikuti garis entropi konstan yang diteatiki dari tk1, ditetapkan tk 2s pada perpotongan dengan garis tekanan ($s_1 = s_{2s}$)
- e. Selanjutnya dicari nilai entalpi ($h_1, h_{2s}, h_3 = h_4$)
- f. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan nilai entalpi h_2 pada tk 2.
- g. Kalor yang harus diserap oleh evaporator dari kotak pendingin adalah sama dengan total beban pendinginan (Q_c); sedangkan dampak refrigerasi dihitung sebagai selisih entalpi pada titik 1 dengan titik 4, yaitu [8]:

$$q_0 = (h_1 - h_4) \tag{1}$$

- h. Menghitung laju aliran massa refrigeran dengan persamaan [8]:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_c}{(h_1 - h_4)} \tag{2}$$

dimana:

\dot{Q}_c = Kalor yang diserap evaporator atau beban pendinginan, kW

\dot{m} = Laju aliran massa refrigeran, kg/s.

- i. Menghitung daya kompresi isentropic, dihitung dengan persamaan:

$$\dot{W}_s = \dot{m}(h_{2s} - h_1) \tag{3}$$

Dimana :

\dot{m} = laju aliran massa refrigerant

h_{2s} = entalpi pada titik 2s, kJ/kg

h_1 = entalpi pada titik 1, kJ/kg

- j. Perhitungan daya kompresi actual, menggunakan persamaan :

$$\dot{W}_k = \frac{\dot{W}_s}{\eta_{is}} \tag{4}$$

Dimana η_{is} adalah efisiensi isentropic.

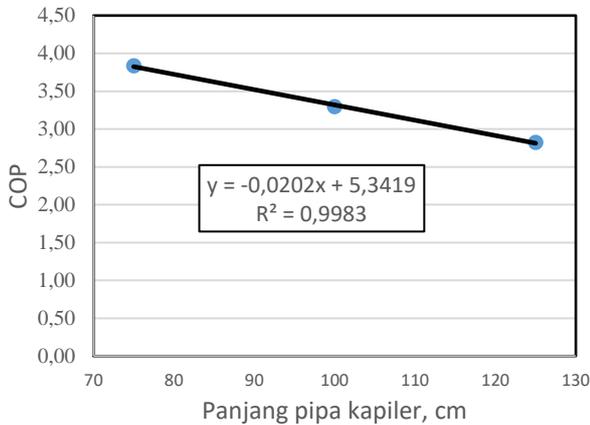
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil perhitungan pengaruh ukuran pipa kapiler terhadap kerja sistem

Variabel kerja Mesin Pendingin	Panjang pipa kapiler			Satuan
	0,75	1,0	1,25	
$p_2 = p_3$	217,050	240,70	250,80	Psia
$p_1 = p_4$	41,400	36,7	31,64	Psia
ΔP	175,650	204,000	219,160	Psia
T_{evap}	-16	-19	-23	°C
T_1	-10,00	-12,00	-14,00	°C
T_2	71,56	70,57	70,15	°C
T_{kond}	39	43	45	°C
T_3	30,00	31,00	32,00	°C
h_1	402,81	402,2	401,68	kJ/kg
h_2	446,13	452,08	459,21	kJ/kg
$h_3 = h_4$	236,6	237,86	239,14	kJ/kg
$S_1 = S_{2s}$	1,7913	1,7998	1,8112	kJ/(kg.C)
S_2	1,7998	1,8028	1,8163	kJ/(kg.C)
Δs	0,0085	0,003	0,0051	kJ/(kg.C)
q_0	166,21	164,34	162,54	kJ/kg
q_k	209,53	214,22	220,07	kJ/kg
w_k	43,320	49,880	57,530	kJ/kg
COP	3,837	3,295	2,825	-

Pada penelitian ini, dibuat 3 variasi panjang pipa kapiler untuk mendapatkan kondisi optimum, yakni kondisi di mana diperoleh panjang pilar kapiler tertentu yang memberikan nilai COP yang tertinggi.

Hasil pengukuran dan perhitungan sesuai besaran siklus pada ketiga variasi panjang pipa kapiler ini ditunjukkan pada Tabel 1, sedangkan grafik hubungan antara COP dan panjang pipa kapiler ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan panjang pipa kapiler dengan COP

Terlihat bahwa yang semakin panjang pipa kapiler semakin menurun nilai COP, secara linier. Namun dengan memperhatikan kepentingan menjaga temperatur evaporasi agar tetap berada di bawah temperatur brine, dengan beda yang cukup, maka pada penelitian ini digunakan pipa kapiler sepanjang 1 meter yang adalah sesuai bawaan unit outdoor yang digunakan. Dengan penggunaan pipa kapiler bawaan ini maka untuk temperatur brine rata-rata sebesar -15°C , beda temperatur pada sisi evaporator diperoleh sebesar 4°C , sedangkan untuk temperatur lingkungan rata-rata sebesar 30°C , beda temperatur pada sisi kondensor diperoleh sebesar 13°C .

4. KESIMPULAN

Makin panjang pipa kapiler maka kerja unit pendingin sistem refrigerasi yang terbaca lewat nilai COP akan cenderung turun. Sedangkan parameter lain seperti jumlah kalor yang diserap evaporator, kerja kompresi, dan kalor yang dibuang kondensor akan cenderung mengalami peningkatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. L. Basediya, D.V.K. Samuel, V. Beera. 2013. Evaporative cooling system for storage of fruits and vegetables - a review, *Journal of Food Science and Technology*, 50(3):429–442.
- [2] W. Handayani. 2015. *Penanganan Segar Hortikultura Untuk Penyimpanan Dan Pemasaran*. Prenamedia Group: Jakarta.

- [3] T. W. Nurani, R.P.S. Murdaniel, M.H. Harahap. 2013. Upaya penanganan mutu ikan tuna segar hasil tangkapan kapal tuna longline untuk tujuan ekspor, *Marine Fisheries*, 4(2):153-162.
- [4] <https://www.mesinesbalok.com/> (Diakses: 2020).
- [5] Ryan, N. P., Pengaruh Panjang Pipa Kapiler 3 Meter Dan 2 Meter Dengan Diameter 0.28 Inch Terhadap Performa Sistem Refrigerasi, Surabaya : ITATS., 2018
- [6] Aprilia C. L. Fuad., Ary B. K. Putra. 2016. Studi Eksperimen Pengaruh Panjang Pipa Kapiler dan Variasi Beban Pendinginan pada Sistem Refrigerasi Cascade, *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5 No. 2*.
- [7] R.P. Lestari. 2019. Kaji Eksperimental Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Performansi Mesin Ice Cube Maker Menggunakan R-22, Politeknik Negeri Bandung, 2019.
- [8] A.D. Cappenberg. 2020. Analisis Chiller Dengan Menggunakan R123 Dan R134a Pada Kinerja Pendinginan, *Jurnal kajian teknik mesin*, Vol 5. No.1,48-57