

DESAIN EVAPORATOR SISTEM REFRIGERASI MEKANIK UNTUK KAPAL IKAN 3 GT

Gertruida S. Norimarna¹, P. Ciptoadi², Farel I. R. Sipahelut³ dan Fany Laamena⁴

¹ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: gertruidanorimarna@gmail.com

² Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: p.ciptoadi69@gmail.com

³ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: farelsipahelut30@gmail.com

⁴ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: laamenafany@gmail.com

Abstrak. Es balok sebagai salah satu media pendingin ikan sering digunakan oleh nelayan tradisional untuk menyimpan ikan di dalam palka, akan tetapi penggunaannya dinilai kurang efektif karena dapat menyebabkan kerugian bagi nelayan, Sehingga harus dibuat sistem pendingin aktif sebagai pengganti es balok, salah satu bagian dari sistem pendingin aktif adalah evaporator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beban panas yang harus dienyahkan oleh evaporator serta mendesain evaporator untuk kapal ikan 3 GT. Penelitian ini dilakukan dengan metode observasi lapangan, wawancara, dan studi literature kemudian dilakukan pengolahan data dan analisis data. Dari hasil perhitungan panas yang harus dienyahkan oleh evaporator sebesar 6,410270319 kJ/hr, serta desain evaporator adalah sebagai berikut, diameter pipa evaporator sebesar 9,53mm, jenis pipa yaitu pipa tembaga jenis K, panjang keseluruhan pipa sebesar 21,70667314 m, tipe evaporator bare, serta sistim refrigrasi yang digunakan adalah sistim refrigerasi kering. COP yang didapat sebesar 90 %.

Kata Kunci: Es balok, Evaporator.

Abstract. Ice cubes as a fish cooling medium are often used by traditional fishermen to store fish in the hold, but their use is considered less effective because it can cause harm to fishermen, so an active cooling system must be made as a substitute for ice blocks, one part of the system. The active refrigerant is the evaporator. This study aims to determine the heat load that must be removed by the evaporator and to design the evaporator for a 3 GT fishing vessel. This research was conducted using field observations, interviews, and literature studies, then data processing and data analysis were carried out. From the calculation results, the heat that must be removed by the evaporator is 6.410270319 kJ/hr, and the evaporator design is as follows, the diameter of the evaporator pipe is 9.53mm, the type of pipe is copper pipe type K, the overall length of the pipe is 21.70667314 m, type bare evaporator, and the refrigeration system used is a dry refrigeration system. The COP obtained is 90%.

Keywords: Ice cubes, Evaporator.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan palka ikan dengan es balok untuk nelayan tradisional seringkali meyebabkan kerugian bagi nelayan. Sebagai media pendingin ikan, penggunaan palka ilkan dengan es balok menyebabkan beberapa kerugian bagi nelayan, antara lain waktu melaut nelayan menjadi terbatas, dan hasil yang didapat saat melaut tidak maksimal.

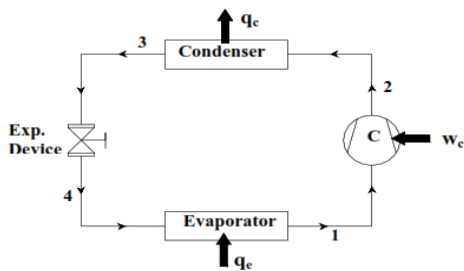
Kalaupun hasil yang didapat banyak, seringkali kualitas ikannya menurun. Untuk itu, diperlukan solusi berupa pembuatan sistem pendingin aktif untuk palka ikan bagi nelayan tradisional[1]. Pembuatan sistem pendingin dimulai dengan pembuatan/desain evaporator untuk sistem pendingin tersebut.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Siklus Sistem pendingin

Siklus kerja Sistem pendingin kompresi (*Compression Refrigeration System*)[1]–[4] sebagai berikut:

1. Kompresi: 1-2 Refrigeran yang bersirkulasi memasuki kompresor dalam bentuk uap dan dikompresikan pada tekanan dan temperatur tinggi, tetapi dibawah batas tekanan pada temperatur tersebut.
2. Kondensasi: 2-3 Temperatur tinggi dan tekanan uap memasuki kondensor tempat uap terkondensasi dan diubah menjadi cairan dengan menghilangkan panas tambahan pada tekanan konstan.
3. Ekspansi: 3-4 Cairan refrigeran pada tekanan konstan memasuki koil ekspansi (*Expansion Coil*) dimana tekanan dari refrigeran diturunkan dan menyebabkan penguapan.
4. Penguapan: 4-1 Cairan refrigeran bertekanan rendah melewati kumparan Evaporator dan menghasilkan efek pendingin. Panas yang dihasilkan akan disimpan untuk memanaskan refrigeran, refrigeran kembali ke fase uap.



Gambar 1. Kerja sistem pendingin uap [1]

2.2. Beban Pendinginan

Beban pendinginan dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan sumber panas yang dihasilkan. Penjumlahan dari setiap bagian sumber panas adalah beban pendinginan total pada peralatan. Beban pendinginan total dibagi menjadi empat beban terpisah, tetapi dalam penelitian ini beban pendinginan yang dihitung hanya tiga, yaitu:

1. Beban produk

Beban produk dapat dihitung, dengan persamaan [5]

$$Q_f = W \times c_p \times [T_1 - T_2] \tag{1}$$

dimana,

W = Massa produk, kg

c_p = Panas jenis produk, $Kcal/kg^{\circ}C$

T_1 = Temperature awal produk, $^{\circ}C$

T_2 = Temperatur akhir produk, $^{\circ}C$

$1 kcal = 4,1868 KJ$

2. Beban panas yang melalui dinding.

Beban panas melalui dinding dapat dihitung, dengan persamaan [5]–[7]:

$$Q_w = A \times U \times \Delta t \tag{2}$$

dimana,

A = Luas permukaan dinding, m^2

U = Aliran panas yang masuk ke dinding,

$Kcal/m^2jam^{\circ}C$

Δt = Perubahan Temperatur dari awal sampai akhir, $^{\circ}C$

3. Beban perubahan udara

Beban panas akibat perubahan udara, dengan persamaan [6], [7]:

$$Q_a = \frac{N_r + V_r(I_0 - I_r)}{V_0} \tag{3}$$

dimana,

N_r = Jumlah tutup palka yang dibuka dalam sehari, jam

V_r = Volume ruang pendinginan, m^3

I_0 = Entalpy udara didalam palka, KJ/kg

I_r = Entalpy udara diluar palka, KJ/kg

V_0 = Spesifik volume udara pada sisi udara luar, m^3/kg

4. Beban panas total untuk pendinginan

Beban panas total untuk pendinginan dapat dihitung, dengan persamaan [1], [3]–[5]

$$Q_T = Q_f + Q_w + Q_a \tag{4}$$

2.3. Evaporator

a. Luas Permukaan Evaporator

Luas permukaan evaporator dihitung dengan persamaan [2], [3], [5] berikut

$$A = \frac{Q_t}{K \times \Delta T} \tag{4}$$

dimana,

A = Luasan evaporator, m^2jam

k = Koefesien perpindahan panas, $\frac{kcal}{m^2 jam^{\circ}C}$

Q_t = Beban panas yang diambil dari evaporator, $Kcal$

b. Keliling Pipa Evaporator

Dalam menentukan keliling pipa evaporator perlu diketahui ukuran jenis pipa yang di gunakan dan diameter dalam dan luar pipa. Ada dua pipa yang digunakan untuk refrigerant yaitu jenis pipa tembaga dan pipa baja skedul 40 Keliling pipa evaporator dihitung dengan persamaan berikut:

$$K = \pi \times D \tag{5}$$

dimana,

K = keliling, m

π = Nilai $(\frac{22}{7})$

D = Diameter dalam pipa, m

c. Perhitungan panjang pipa

Panjang pipa evaporator, dengan persamaan

berikut [2]:

$$P_{pipa} = \frac{A}{K} \quad (6)$$

dimana,

P_{pipa} = Panjang Pipa, m

A = Luasan Evaporator, m^2

k = Keliling evaporator, m

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Beban Produk

Dengan kapasitas palka sebesar 200 kg ikan, dan nilai panas spesifik ikan (c_p) sebesar $0,86 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$.

$$Q_f = \frac{200 \text{ kg} \times 0,86 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}}{(30 - (-2))^\circ\text{C}} = 4816 \text{ kcal}$$

3.2. Beban Panas dari Dinding Palka

Beban panas dari dinding palka dihitung dengan menggunakan persamaan (2). Dimana nilai dari perubahan udara di luar palka dan di dalam palka sebesar 32°C dan nilai koefisien perpindahan panas dinding palka sebesar $0.073 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$. Maka diperoleh:

$$Q_w = 7,48 \times 0,073 \times 32 \times 24 = 414,78 \text{ kcal}$$

3.3. Beban Panas akibat Perubahan Udara

Waktu keseluruhan untuk membuka tutup palka ditotalkan menjadi 1 jam, volume spesifik udara luar sebesar $0,194 \text{ m}^3/\text{kg}$, dan sesuai dengan *Stoichiometry R-22* dimana temperatur evaporator sebesar -2 maka diperoleh nilai entalpi liquid (h_f) 42 KJ/kg , entalpi vapor (h_g) dalam sebesar $404,3 \text{ KJ/kg}$.

$$Q_a = \frac{0,194 (404,3 - 197,7)}{0,1972} = 203 \text{ KJ} = 48,5 \text{ kcal}$$

3.4. Beban Panas Total Pendinginan

Penjumlahan dari setiap bagian sumber panas adalah beban pendinginan total.

$$Q_T = 4816 + 414,7 + 48,5 = 5279,2 \text{ kcal}$$

3.5. Luas Permukaan Evaporator

Berdasarkan beban panas evaporator sebesar $5279,2 \text{ kcal}$ dan pipa yang di pakai pipa jenis tembaga dengan koefisien perpindahan panas sebesar $326 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, dan kisaran perbedaan temperature sebesar $\pm 32^\circ\text{C}$ maka, untuk

menghitung luas permukaan evaporator menggunakan persamaan (4), diperoleh :

$$A = \frac{5515,52 \text{ kcal}}{326 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \times 32^\circ\text{C}} = 0,5 \text{ m}^2$$

Pemilihan pipa jenis tembaga karena dalam sistem pendingin pipa tembaga salah satu pipa yang biasa digunakan, serta harganya lebih murah dibanding pipa jenis lain, serta tahan terhadap korosi.

3.6. Spesifikasi Pipa Evaporator

Jenis pipa yang digunakan pipa jenis tembaga skedul 40. Konduktifitas pipa jenis tembaga (Raj & Ganne, 2012): $326 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2}^\circ\text{C}$, Ukuran diameter pipa : $9,53 \text{ mm}$ - $41,28 \text{ mm}$ dan Ketebalan pipa : $0,76$ - $0,89 \text{ mm}$

3.7. Pemilihan Pipa Evaporator

Penelitian ini akan menggunakan pipa jenis tembaga skedul 40 jenis K dengan ukuran berdasarkan Tabel 1[2], [3], [5]:

Tabel 1. Dimensi pipa-pipa Tembaga

Ukuran Nominal	DL, mm	Ukuran pipa tembaga DD, mm	
		Jenis K	Jenis L
3/8	9,53	7,75	8,00
1/2	12,70	10,21	10,92
5/8	15,88	13,39	13,84
3/4	19,05	16,56	16,92
1	22,23	18,92	19,94
1,1/4	28,58	25,27	26,04
1,1/2	34,93	31,62	32,13
2	41,28	37,62	38,23

3.8. Keliling dan panjang pipa evaporator

Pada penelitian ini akan di pakai pipa jenis tembaga dengan ukuran $3/8$ inch dengan diameter $0,00775 \text{ m}$ dengan laju aliran massa 0.0297 kJ/jam dan beban panas pada evaporator adalah 6.14 KJ/jam , keliling pipa 0.0244 m^2 dan luas permukaan evaporator 0.5 m^2 maka panjang total pipa evaporator sebesar $20,5 \text{ m}$ sebagai pipa untuk evaporator. Berdasarkan hasil perhitungan panjang pipa evaporator maka, dengan 16 belokan 90° maka panjang pipa yang disarankan adalah 25 m dengan faktor koreksi 0.2

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka kesimpulan yang diperoleh adalah beban panas yang harus dienyahkan oleh evaporator adalah sebesar $5279,2 \text{ kcal}$. Sementara, spesifikasi desain evaporator

adalah sebagai berikut: tipe evaporator berdasarkan bentuk: bare; tipe evaporator berdasarkan keadaan refrigerant evaporator kering; beban kerja evaporator 6,41 kj/jam; ukuran pipa evaporator yang dipakai adalah pipa tembaga 3/8 inci; jenis k dengan 16 belokan evaporator 90^0 , maka panjang pipa evaporator adalah 25 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. D. Pentury, G. S. Norimarna, P. Ciptoadi, and E. W. Wairisal, “Pemanfaatan Panas Buangan Motor Induk Untuk Menjalankan Sistem Pendingin Pada KM Alalunga,” *J. METIKS*, vol. 1, no. 1, p. 39, 2021.
- [2] C P Arora, *refrigeration and air conditioning*, The McGraw-Hill., vol. 3. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2009.
- [3] G F Hundy, *Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps*, vol. 5. UK: Butterworth-Heinemann, 2016.
- [4] K. M. Odunfa, T. O. Arowona, and V. O. Odunfa, “Visual Interactive Computer Package for Air Conditioning System Design: Case of the International Conference Centre, University of Ibadan, Nigeria,” *J. Build. Constr. Plan. Res.*, vol. 6, Dec. 2019.
- [5] Wilbert F. Stoecker Jerold W. Jones Supratman Hara, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara* . 2009.
- [6] I. S. Riki Effendi, “Perancangan Refrigerated Sea Water (RSW) Sistem Kering Pada Kapal Ikan Kayu Lapis Fiber 58 GT Dengan Kapasitas Palka 45 M³,” *SINTEK J.*, 2016.
- [7] P. Farayibi, T. Mogaji, and T. Erinle, “Effect of Throttling Variation on the Performance of Vapour Compression Refrigeration System,” *Br. J. Appl. Sci. Technol.*, vol. 13, no. 5, pp. 1–10, Jan. 2016, doi: 10.9734/BJAST/2016/23086.