

Desain Mesin Refrigerasi Kapasitas 1.400 kg untuk Pabrik Es Nelayan di Kabupaten Sukabumi

Ainaya Arasya Aulia ^{a,1,*}, Mukhlis Ali ^{a,2}

^a Teknik Mesin, Universitas Nusa Putra, Sukabumi, Indonesia

¹ ainaya.arasya_tm20@nusaputra.ac.id; ² mukhlis.ali@nusaputra.ac.id

* Corresponding Author

ABSTRAK

Nelayan di Kampung Mariuk, Kabupaten Sukabumi saat ini masih memenuhi kebutuhan es balok dari Kota Sukabumi yang berjarak sekitar 80 km akibat kurangnya pasokan es balok dari pabrik es di Palabuhan Ratu. Oleh karena itu mereka masih membutuhkan pabrik es yang dapat menyuplai kebutuhan es balok tersebut. Dari hasil survei diketahui bahwa kebutuhan nelayan mencapai 1.250 kg es balok untuk setiap kali melaut. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin refrigerasi yang diharapkan dapat menghasilkan es balok untuk mencukupi kebutuhan nelayan di Kampung Mariuk, Kabupaten Sukabumi. Sesuai dengan kebutuhan es balok, maka dibuat rancangan mesin refrigerasi dengan kapasitas 1.400 kg es balok untuk sekali panen (12 jam). Dari hasil perhitungan yang dilakukan diperoleh kapasitas refrigerasi sebesar 13,25 kW, sehingga diperlukan kompresor berdaya 3,12 kW dan kondensor berdaya 16,36 kW.

KATA KUNCI

mesin refrigerasi
pabrik es nelayan
es balok

1. Pendahuluan

Pemerintah provinsi Jawa Barat telah menetapkan 9 Prioritas Pembangunan Jawa Barat 2020, dimana salah satunya adalah program Nelayan Juara. Program ini berkomitmen untuk meningkatkan taraf hidup nelayan kecil yang ekonominya lemah dan berada di bawah garis kemiskinan hingga sekarang. Salah satu upaya yang dapat dilakukan terutama untuk sektor perikanan tangkap adalah melalui peningkatan kuantitas dan kualitas hasil tangkapan nelayan.

Sebenarnya kondisi ini dapat disiasati jika tersedia cukup media pendingin yang dapat menjaga agar ikan hasil tangkapan nelayan tetap segar dalam waktu yang lebih lama, sehingga dapat dikirimkan ke pasar di wilayah kota terdekat, sayangnya di beberapa daerah ketersediaan es sebagai media pendinginan ikan nelayan masih menjadi kendala. Jumlah pabrik es yang tidak memadai dengan jumlah nelayan menyebabkan antrian di pusat pembuatan es untuk nelayan.

Untuk mencukupi kebutuhan es balok nelayan setempat diperlukan pabrik es nelayan berbasis komunitas dengan kapasitas kecil, sehingga nelayan setempat dapat berdikari dalam memenuhi kebutuhan media pendinginnya. Sehingga diharapkan ada penurunan biaya melaut yang mereka keluarkan selama ini.

Pendirian pabrik es di Kampung Mariuk, Desa Cidadap, Kecamatan Simpenan, Kabupaten Sukabumi juga diharapkan dapat menggerakkan roda perekonomian masyarakat setempat, karena pabrik es ini dapat pula menyuplai kebutuhan nelayan di kecamatan Simpenan dan sekitarnya sehingga diharapkan dapat mengurangi antrian pemesanan es di TPI Palabuhanratu yang selama ini menyuplai kebutuhan es nelayan se-Sukabumi. Ini sekaligus mendukung program pemerintah provinsi Jawa Barat untuk menciptakan satu perusahaan di setiap desa (One Village One Company).

2. Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analitik dengan melakukan perhitungan pada kapasitas mesin refrigerasi dan daya komponen yang diperlukan. Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dari hasil survei:

- Kapasitas produksi mesin pembuat es balok sebanyak 1.250 Kg per hari
- Kapasitas es balok dalam 1 cetakan seberat 50 Kg

2.2. Perhitungan Rancangan Mesin

Beban pendinginan yang dihitung adalah beban pendinginan untuk mendinginkan air menjadi es dan beban pendinginan untuk mendinginkan media pendingin.

1. Beban pendinginan untuk mendinginkan air menjadi es

$$Q = m_{\text{air}} C_{p\text{-air}} (T_{\text{air}} - 0^\circ) + m_{\text{es}} L_f + m_{\text{es}} C_{p\text{-es}} (0^\circ - T_{\text{es}}) \quad (2.3)$$

m = massa air/es (kg)

L_f = kalor laten es (kJ/kg)

Total beban pendinginan, $Q_1 = Q \times \text{jumlah produksi es} \times \text{jangka waktu pendinginan}$ [kJ]

2. Beban pendinginan media pendingin.

$$Q_2 = m_{\text{mp}} C_{p\text{-mpr}} (T_f - T_o) \quad (2.4)$$

m = massa media pendingin (kg)

T_o = temperatur media pendingin awal

T_f = temperatur media pendingin akhir

Beban pendinginan tambahan: 15% dari jumlah beban pendinginan air dan beban pendinginan larutan garam.

Beban pendingin total, $Q_t = 1,15 \times (Q_1 + Q_2)$

Kapasitas Refrigerasi = $Q_t / (\text{waktu pendinginan dalam jam} \times 3600)$ [kW]

Sistem Refrigerasi:

$$\text{Kapasitas refrigerasi} = m (h_1 - h_4) \text{ [kW]}$$

$$\text{Aliran massa refrigeran, } m = \text{Kapasitas refrigerasi} / (h_1 - h_4) \text{ [kg/s]}$$

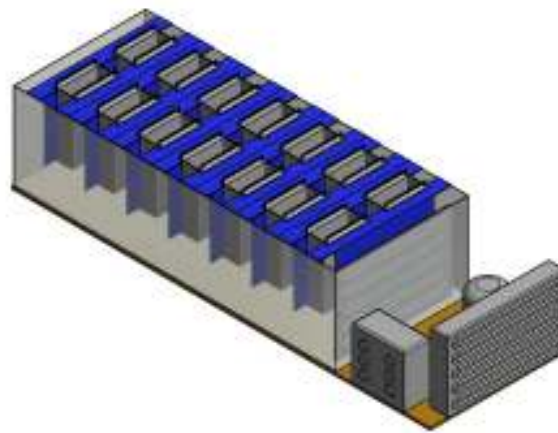
$$\text{Kerja kompresor} = m (h_2 - h_1) \text{ [kW]}$$

$$\text{Daya kondensor} = m (h_2 - h_3) \text{ [kW]}$$

$$\text{COP} = \text{Kapasitas refrigerasi} / \text{Kerja kompresor}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem refrigerasi mesin pembuat es balok yang dipilih adalah sistem refrigerasi *indirect cooling*. Rancangan mesin pembuat es balok yang direncanakan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan mesin pembuat es balok

Berdasarkan target kapasitas 1.250 kg/hari, maka dengan asumsi es balok seberat 50 kg tiap cetakan dan cetakan harus berpasangan dalam tiap barisnya, maka diperlukan jumlah cetakan sebanyak 7 baris atau 14 buah cetakan. Sehingga kapasitas mesin refrigerasi yang dirancang dengan asumsi panen dua kali dalam sehari adalah $2 \times 14 \times 50 \text{ kg} = 1.400 \text{ kg/hari}$. Rancangan cetakan es berukuran 180 x 480 x 710 mm. Rancangan tangki media pendingin berukuran panjang 3710 mm, lebar 1560 mm dan tinggi 1000 mm.

3.1 Beban Pendinginan

Yang terdiri dari beban pendinginan untuk mendinginkan air menjadi es, beban pendingin dari media pendingin, beban pendingin dari udara luar, beban pendinginan dari infiltrasi udara.

1. Beban pendinginan untuk mendinginkan air menjadi es

$$Q = m_{\text{air}} C_{p\text{-air}} (T_{\text{air}} - 0^\circ) + m_{\text{es}} L_f + m_{\text{es}} C_{p\text{-es}} (0^\circ - T_{\text{es}}) \quad (2.3)$$

m = massa air/es (kg)

L_f = kalor laten es (kJ/kg)

Total beban pendinginan, $Q_1 = Q \times \text{jumlah produksi es} \times \text{jangka waktu pendinginan}$ [kJ]

Temperatur es -5°C , temperatur air : 25°C , massa air, $m_{\text{air}} = 1 \text{ kg}$ dan massa es, $m_{\text{es}} = 1 \text{ kg}$, kalor laten es, $L_f = 334 \text{ kJ/kg}$, kalor jenis air, $C_{p\text{-air}} = 4,1798 \text{ kJ/kg.K}$, kalor jenis air, $C_{p\text{-es}} = 2,1 \text{ kJ/kg.K}$,

$$\begin{aligned} Q &= 1 \times 4,1798 (25 - 0) + 1 \times 334 + 1 \times 2,1 (0^\circ - (-5)) \\ &= 450 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\text{Total beban pendinginan, } Q_1 = 700 \text{ kg} \times 450 \text{ kJ/kg} = 315.000 \text{ kJ.}$$

2. Beban pendinginan media pendingin.

$$Q_2 = m_{mp} C_{p-mp} (T_f - T_o) \quad (2.4)$$

m = massa media pendingin (kg)

T_o = temperatur media pendingin awal

T_f = temperatur media pendingin akhir

Massa media pendingin ditentukan dari perencanaan ukuran tangki. Setelah didapat volume tangki lalu dikalikan dengan densitas media pendingin. Tangki pendingin mempunyai ukuran panjang 3710 mm, lebar 1560 mm dan tinggi 1000 mm. Dan cetakan es berukuran 180 x 480 x 710 mm.

Volume tangki, $V = p \times l \times t$ [m^3]. Massa media pendingin, $m_{mp} = V \times \rho$ [kg]. Volume 1 cetakan es, $V_{es} = 0,061 m^3$. Volume total cetakan es, $V_{es} = 14 \times 0,061 = 0,854 m^3$. Volume tangki, $V_{tangki} = 3710 mm \times 1560 mm \times 1000 mm = 5 m^3$. Volume larutan garam, $V_{garam} = V_{tangki} - V_{es} = 5 - 0,854 = 4,146 m^3$. Konsentrasi larutan garam : 20%. Massa jenis garam, $\rho = 1160 kg/m^3$. Massa larutan garam, $m = 4,146 \times 1160 = 4,810,560 kg$. Temperatur media pendingin awal, $T_o = 20^\circ C$. Temperatur media pendingin akhir $T_f = -11^\circ C$. Kalor jenis larutan garam, $C_{p-mp} = 3,4 kJ/kg K$.

$$Q_2 = 4,810,560 \times 3,4 \times 31 = 496,818,624 kJ$$

Beban pendinginan tambahan: 15% dari jumlah beban pendinginan air dan beban pendinginan larutan garam.

$$\text{Beban pendingin total, } Q_t = 1,15 \times (Q_1 + Q_2)$$

$$= 1,15 \times (315.000 + 496,818,624)$$

$$= 1,15 \times 497.133.624$$

$$= 571.709.667,6 kJ$$

3.2 Jumlah Refrigeran, Daya Kompresor Dengan Mengacu Pada Siklus Refrigerasinya Sistem Refrigerasi:

$$\text{Kapasitas Refrigerasi} = Q_t / (\text{waktu pendinginan dalam jam} \times 3600) \text{ [kW]}$$

Asumsi waktu pendinginan ; 12 jam

$$= 571.709.667,6 / (12 \times 3600)$$

$$= 13.25 kW$$

Kapasitas refrigerasi = $m (h_1 - h_4)$ [kW]. Aliran massa refrigeran, $m = \text{Kapasitas refrigerasi} / (h_1 - h_4)$ [kg/s]. Kerja kompresor = $m (h_{2s} - h_1)$ [kW]. COP = Kapasitas refrigerasi/Kerja kompresor. Refrigeran R-290 (Propana). Data desain temperature : temperatur di evaporator, $T_1 = T_4 = - 10^\circ C$, temperatur di kompresor, $T_2 = 52^\circ C$, temperatur di kondensor, $T_3 = 40^\circ C$, $h_1 = 458,4 kJ/kg$, $h_2 = 518,6 kJ/kg$, $h_3 = 203,1 kJ/kg$, $h_4 = 203,1 kJ/kg$.

$$\text{Kapasitas refrigerasi} = m (h_1 - h_4) \text{ [kW]}$$

$$\text{Kapasitas refrigerasi, } Q = m (h_1 - h_4) = m (458,4 - 203,1) = 13.25 kW.$$

$$\text{Aliran massa refrigeran, } m = \text{Kapasitas refrigerasi} / (h_1 - h_4) \text{ [kg/s]}$$

$$\text{Aliran massa refrigeran, } m = 13.25 / 255,3 = 0,0519 kg/s'$$

Kerja kompresor = $m (h_2 - h_1)$ [kW]

Kerja kompresor, $W = m (h_2 - h_1) = 0,0519 (518,6 - 458,4) = 3,12$ kW'

Daya kondensor = $m (h_2 - h_3)$ [kW]

= $m (h_2 - h_3) = 0,0519 (518,6 - 203,1) = 16,36$ kW'

COP = Kapasitas refrigerasi/Kerja kompresor

COP = $13,25/3,12 = 4,25$

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin refrigerasi yang dapat memenuhi kebutuhan es balok nelayan di Kampung Mariuk, Kabupaten Sukabumi. Dari rancangan mesin refrigerasi yang telah dibuat, didapatkan spesifikasi mesin refrigerasi sebagai berikut:

1. Kapasitas produksi mesin refrigerasi sebesar 1.400 kg es balok/hari, dengan asumsi dua kali panen dalam sehari.
2. Kapasitas refrigerasi mesin sebesar 13,25 kW.
3. Daya kompresor yang diperlukan sebesar 3,12 kW.
4. Daya kondensor yang diperlukan sebesar 16,36 kW.
5. COP mesin refrigerasi sebesar 4,25.

Pernyataan

Kontribusi penulis. Setiap penulis memberikan kontribusi yang sama dalam paper ini. Setiap penulis juga telah membaca dan menyetujui paper ini.

Pernyataan pendanaan. Ada pendanaan hibah dari Provinsi Jawa Barat untuk penelitian ini

Konflik kepentingan. Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini.

Informasi tambahan. Tidak ada informasi tambahan yang tersedia pada paper ini.

Referensi

- [1] Aldrin and M. Anggara, "Analisa Konsentrasi Larutan Garam dan Beban Pendinginan Pada Mesin Pembuat Es Balok Berbasis Energi Terbarukan dan Listrik PLN Dengan Sistem Smart Microgrid," *J. Flywheel*, vol. 13, no. 2, pp. 7–13, 2022, doi: 10.36040/flywheel.v13i2.5829.
- [2] Arnolius and Ahmad Eko Suryanto, "Ice Maker Cooling System Analysis," *PARENTAS J. Mhs. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 8, no. 2, pp. 42–48, 2022, doi: 10.37304/parentas.v8i2.5212.
- [3] P. Mesin, E. S. Balok, and B. Listrik, "Perancangan mesin es balok bersumber listrik tenaga matahari di desa muntai kabupaten bengkalis," vol. 6, no. 2, pp. 448–458, 2023.
- [4] E. Söylemez, E. Alpman, A. Onat, and S. Hartomacioğlu, "CFD analysis for predicting cooling time of a domestic refrigerator with thermoelectric cooling system," *Int. J. Refrig.*, vol. 123, pp. 138–149, 2021, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2020.11.012.
- [5] K. Makbil, "PENDINGINAN TERHADAP TEMPERATUR INLET OPTIMUM PADA SISTEM PENGONDISIAN UDARA DI RUANG KELAS PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN SUKABUMI," 2022.
- [6] C. Gao, Z. Yu, and J. Wu, "Investigation of airflow pattern of a typical data center by CFD simulation," *Energy Procedia*, vol. 78, pp. 2687–2693, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.350.

-
- [7] N. Damastuti and R. D. Nasihien, “Simulasi Kecepatan Angin dengan CFD Untuk Mengetahui Tingkat Kenyamanan Thermal Masjid Narotama II-1 II-2,” vol. 9, pp. 1–4, 2017.