

PERANCANGAN MESIN PENDINGIN UNTUK PENYIMPANAN UDANG KAPASITAS 5 Kg DENGAN PRINSIP KOMPRESI UAP

Putri Sundari*¹, Meryanalinda², Suhartono³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gresik
psundari72@gmail.com¹, meryanalinda@gmail.com², hartonocerme587@gmail.com³

Info Artikel

Sejarah artikel:

Diterima 15, 12, 2023
Direvisi 20, 12, 2023
Diterima 26, 12, 2023

Kata kunci:

Mesin Pendingin
Siklus Kompresi Uap
COP
Perancangan
R-134a

ABSTRAK

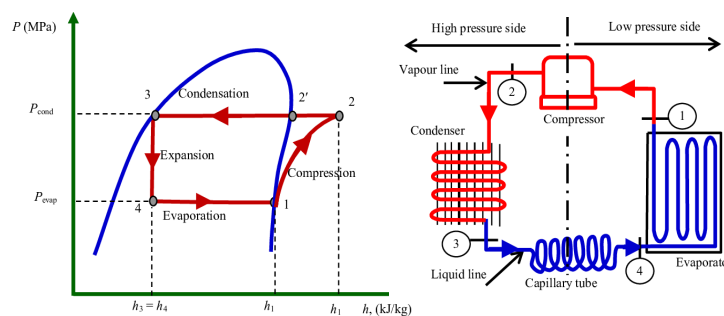
Salah satu komoditas utama hasil tambak di Kabupaten Gresik yaitu udang vanami. Hasil panen udang vanami ini perlu disimpan dan diawetkan sebelum diproses untuk berbagai hasil pengolahan pangan dengan cara membekukan produk dibawah titik beku bahan pangan tersebut. Proses pembekuan yang dilakukan dengan menyimpan udang tersebut pada mesin pendingin, hal ini dapat mencegah perkembangan bakteri dan mikroorganismen pada udang. Berdasarkan hal ini, perlu dilakukan perancangan mesin pendingin untuk penyimpanan udang kapasitas 5 Kg dengan sistem kompresi uap sebagai solusi menjaga kualitas udang. Perancangan mesin ini diawali dengan menentukan dimensi box tempat penyimpanan, perhitungan beban pendinginan, pemilihan komponen, menentukan desain konstruksi alat, pembuatan alat dan uji coba hasil mesin pendingin. Dimensi box penyimpanan yaitu Panjang 40cm, lebar 30cm dan tinggi 40 cm. Hasil perhitungan beban pendinginan evaporator total untuk produk udang yaitu sebesar 238,45 watt. Kapasitas motor kompresor sebesar 1/6 HP atau sebesar 124,33 watt. Jenis refrigerant yang digunakan yaitu R-134a, karena jenis refrigerant ini memiliki nilai ODP 0 dan tidak menyebabkan kerusakan pada lapisan ozon. Hasil perancangan mesin pendingin untuk kapasitas 5 Kg dengan sistem kompresi uap yaitu berdasarkan plotting pada PH diagram yaitu : Kerja kompresor yaitu 96,662 watt, beban panas kondensor sebesar 333,252 watt, dan beban evaporator 236,6 watt. Maka berdasarkan hasil perhitungan beban pada evaporator perancangan mesin pendingin dan perhitungan berdasarkan dari mesin pendingin memiliki selisih 1,85 Watt lebih besar dari data yang direncanakan. Nilai COP hasil perancangan mesin pendingin ini sebesar 2,44.

1. PENDAHULUAN

Hasil panen udang dikabupaten Gresik sangat besar, sehingga diperlukan suatu mesin atau alat yang dapat menyimpan hasil panen tersebut. Kerusakan-kerusakan pada udang vanami tersebut dapat diminimalisir dengan cara pengawetan. Pembekuan merupakan suatu cara pengawetan bahan pangan dengan cara membekukan bahan pada suhu di bawah titik beku pangan tersebut. Sistem refrigrasi atau pendingin yang banyak digunakan pada saat ini memakai metode *vapor refrigeration cycle* (sistem kompresi uap), yaitu suatu sistem refrigrasi yang menggunakan kompresor untuk mengkompresikan refrigerant ke seluruh sistem dengan berbagai jenis refrigerant yang disesuaikan dengan kebutuhan dan desain perancangan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin pendingin untuk penyimpanan udang berkapasitas 5 Kg dengan prinsip kompresi uap yang mencakup penentuan dimensi box tempat penyimpanan, perhitungan beban pendinginan, pemilihan komponen, menentukan desain konstruksi alat, pembuatan alat dan uji coba hasil mesin pendingin.

Prinsip refrigrasi kompresi uap adalah menyerap kalor dari ruang pendingin untuk kemudian dilepaskan ke lingkungan dengan suhu yang lebih tinggi[1]. Untuk menjalankan siklusnya, mesin pendingin kompresi uap menggunakan empat komponen utama yaitu : kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Berikut adalah diagram p-H yang memberikan gambaran secara umum proses-proses yang terjadi pada mesin pendingin dengan sistem kompresi uap.[2]



Gambar 1. Siklus refrigrasi kompresi uap[3]

a. Kompresor

Pada sistem kompresi uap kompresor dapat diibartkan sebagai jantung, dimana fungsi kompresor untuk menghisap uap refrigerant bertekanan rendah dari evaporator dan mengkompresinya menjadi uap bertekanan tinggi. Dengan adanya proses kompresi tersebut maka terjadilah perbedaan tekanan antara sisi hisap (suction line) dan sisi keluar tekanan tinggi (discharge line) yang menyebabkan refrigeran dapat mengalir dalam sistem. Kompresor yang digunakan untuk perancangan mesin pendingin pada penelitian ini yaitu kompresor hermetic reciprocating.[4]

Kompresor menghisap refrigerant dalam keadaan uap jenuh dengan temperatur rendah dan tekanan rendah, kemudian dikompresikan oleh kompresor sehingga tekanannya naik dan temperaturnya naik.

Kerja yang dilakukan kompresor adalah :

$$W_{komp} = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad (1)[4]$$

Dimana :

W_{komp} = Kerja Kompresi (W)

\dot{m} = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)

h_2 = Entalphy refrigerant keluar kompresor (kJ/kg)

h_1 = Entalphy refrigerant masuk kompresor (kJ/kg)

b. Kondensor

Pada sistem kompresi uap kondensor digunakan untuk media merubah refrigerant uap menjadi cair dengan cara melepas panas yang dibawah oleh refrigerant ke lingkungan luar atau sekitar[5]. Proses yang

terjadi di kondensor ini disebut proses kondensasi. Pada perancangan ini jenis kondensor yang digunakan yaitu kondensor sirip

Proses kondensasi yaitu proses perubahan wujud refrigerant dari bentuk gas menjadi cair, dengan cara melepas kalor ke lingkungan sekitar atau lingkungan luar mesin pendingin. Proses ini terjadi dalam keadaan tekanan tetap atau konstan. Pada perancangan ini akan dihitung berapa besar beban panas yang dilepas oleh kondensor berdasarkan PH diagram. Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban panas yang dilepas kondensor yaitu sebagai berikut :

$$Q_{kond} = \dot{m} (h_2 - h_3) \quad (2)[4]$$

Dimana :

Q_{kond} = Besarnya kalor yang dilepaskan di kondenser (kW)

\dot{m} = Laju aliran massa refrigerant (kg/s)

h_2 = Entalphy refrigerant masuk kondenser (kJ/kg)

h_3 = Entalphy refrigerant keluar kondenser (kJ/kg)

c. Pipa Kapiler

Terdapat berbagai macam jenis dari katup ekspansi yang digunakan pada mesin pendingin dengan sistem kompresi uap, diantaranya yaitu : Automatic expansi valve, Thermostatic expansi valve, electronic expansi valve dan *cappilery tube* atau pipa kapiler. Sistem kompresi uap Pada perancangan mesin pendingin ini menggunakan alat ekpanasi jenis pipa kapiler. Pipa kapiler yang digunakan mempunyai diameter dalam yang sangat kecil. Fungsi dari pipa kapiler dalam sistem kompresi uap yaitu untuk menurunkan temperature dan tekanan refrigerant dari tekanan tinggi menjadi tekanan rendah. Proses perubahan tekanan ini tanpa diikuti perubahan wujud refrigerant[6].

Proses ekspansi yaitu perose penurunan tekanan dan tekanan refrigerant didalam sistem. Dalam hal ini refrigerant tidak mengalami penambahan atau pengurangan panas, sehingga kondisi refrigerant dapat dinyatakan tetap atau kontant. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai enthalpy pada proses ekspansi yaitu :

$$W_{ekspansi} = \dot{m} (h_3 - h_4) \quad (3)[4]$$

Dimana :

$W_{ekspansi}$ = Kerja Ekspansi (W)

\dot{m} = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)

h_3 = Entalphy refrigerant keluarkondensor dan masuk sisa kapiler (kJ/kg)

h_4 = Entalphy refrigerant keluar pipa kapiler (kJ/kg)

d. Evaporator

Dalam sistem kompresi uap evaporator berfungsi sebagai media untuk merubah refrigerant dari cair menjadi gas. Perubahan refrigerant ini disebabkan karena adanya penambahan kalor dari produk yang didinginkan. Pada saat refrigerant menyerap panas dari produk, maka nilai entalphinya akan meningkat. Proses ini didalam sistem kompresi uap disebut sebagai proses evaporasi[6]. Pada perancangan ini evaporator yang digunakan yaitu evaporator pipa bersirip dengan fan.

Proses evaporasi yaitu proses perubahan wujud refrigerant dari cair menjadi gas. Hal ini disebabkan karena evaporator menyerap panas dari produk yang dikondisikan. Panas ini kemudian yang digunakan refrigerant untuk berubah fasa dari cair menjadi gas Kalor yang diserap evaporator. Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban evaporator berdasarkan PH Diagram yaitu :

$$Q_{evap} = \dot{m} (h_1 - h_4) \quad (4)[4]$$

Dimana :

Q_{evap} = Besarnya kalor yang diserap evaporator (kW)

\dot{m} = Laju aliran massa refrigerant (kg/s)

h_1 = Entalphy refrigerant keluar evaporator (kJ/kg)

h_4 = Entalphy refrigerant masuk evaporator (kJ/kg)

COP (Coefficient of Performance)

COP yaitu perbandingan antara efek refrigerasi atau beban pendinginan dengan efek kompresi atau kerja kompresor[2]. Dalam hal ini besar energi yang diserap oleh evaporator harus sesuai dengan kerja dari kompresor. Semakin besar nilai COP maka semakin baik kinerja dari mesin tersebut. Pada perancangan ini nilai COP didapatkan dari perhitungan perhitungan efek pendinginan dan efek kompresi dengan menggunakan PH Diagram[2]. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai COP dari mesin perancangan ini yaitu :

$$COP = \frac{Q_{evap}}{Q_{expansi}} = \frac{\dot{m} (h1 - h4)}{\dot{m} (h2 - h3)} \quad (5)[4]$$

Refrigeran

Mesin pendingin dengan sistem kompresi uap juga harus mempunyai refrigerant yang sesuai tekanan kerja dan sesuai kebutuhan[7]. Refrigerant dapat diartikan suatu fluida yang dengan mudah berubah fasa dari bentuk gas menjadi cair ataupun sebaliknya pada tekanan dan temperatur yang rendah. Dalam perancangan mesin pendingin hendaknya dapat dipilih jenis refrigerant yang sesuai dengan jenis kompresor yang dipakai, dan karakteristik termodinamika pada refrigerant tersebut[8]. Karakteristik termodinamika refrigerant antara lain meliputi temperatur penguapan dan tekanan penguapan serta temperatur pengembunan dan tekanan pengembunan. Pada perancangan mesin pendingin ini jenis refrigerant yang digunakan yaitu R134a.

2. METODE

Tujuan utama pada penelitian ini yaitu melakukan perancangan mesin pendingin kompresi uap berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan. Perancangan mesin ini diawali dengan menentukan dimensi box tempat penyimpanan, perhitungan beban pendinginan, pemilihan komponen, menentukan desain konstruksi alat, pembuatan alat dan uji coba hasil mesin pendingin. Alur perancangan ini dimulai dari studi literature, perhitungan dan perancangan mesin pendingin, pembuatan meja trainer, perakitan pemipaan, proses pemvakuman, pengisian HFC R-134a, pengecekan kebocoran, pengambilan data suhu dan tekanan, analisis data dan pembahasan.

Perhitungan beban pendingin produk untuk evaporator

a. Beban Transmisi

Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban transmisi yaitu :

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (6)[6]$$

Dimana,

Q = Beban pendinginan (watt)

U = Koefisien konduktivitas thermal benda (W/m².K)

ΔT = Perbedaan temperatur (°C)

b. Beban Infiltrasi

Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban infiltrasi yaitu :

$$qt = q \times Dt \times Df(1-E) \quad (7)[6]$$

Dimana

Qt = Beban refrigerasi (KW)

q = Beban sensible dan laten refrigerasi (KW) Dt = Door way open Time Factor

Df = Doorway flow factor

E = Effisiensi of doorway proctetive device

$$q = 0,221 \times A(h_1 - h_r) \rho_r (1 - \frac{\rho_i}{\rho_r})^{0,5} (gH)^{0,5} Fm \quad (8)$$

Dimana :

- A = Luas pintu terbuka (m²)
- h₁ = Entalpi ambient (Kj/Kg)
- h_r = Entalpi refrigerasi (Kj/Kg)
- ρ_i = Massa jenis udara ambient (Kg/m³)
- ρ_r = Massa jenis refrigerasi (Kg/m³)
- g = Gravitasi (m/s²) H = Tinggi pintu (m)
- FM = factor massa jenis

Persamaan untuk menghitung nilai FM yaitu :

$$Fm = \left[\frac{2}{1 + (\frac{\rho_r}{\rho_i})^{1/3}} \right]^{1,5} \quad (9)$$

c. Beban Produk

Dalam menghitung beban terdapat tiga jenis kalor yang diberikan oleh produk udang tersebut. Ketiga jenis kalor tersebut yaitu, kalor sensible sebelum pembekuan, kalor laten dan kalor sensible dibawah titik beku. Untuk menghitung kalor yang dibutuhkan beberapa persamaan yang digunakan dalam perhitungan yaitu :

$$Q_{sensible1} = m \cdot Cp \cdot \Delta t_{,1} \quad (10)[2]$$

$$Q_{laten} = m \cdot l \quad (11)[2]$$

$$Q_{sensible2} = m \cdot Cp \cdot \Delta t_{,2} \quad (12)[2]$$

Dimana :

- Q_{sensibel 1} = Beban produk sensible sebelum titik beku (Kkal/Kg)
- Q_{sensibel 2} = Beban produk sensible setelah titik beku (Kkal/Kg)
- Q_l = Beban produk laten (Kkal/Kg)
- m = Massa produk (Kg)
- C_p = Kalor spesifik sensibel produk (Kkal/Kg°C)
- l = Kalor laten (Kkal/Kg°C)
- Δt = Perbedaan Temperatur (°C)

d. Beban peralatan

Beban peralatan yang dihitung dalam perancangan mesin pendinginan udang hanya 1 buah kipas yang digunakan di evaporator. Pada evaporator ini menggunakan kipas yang memiliki kapasitas 7 W dan menyala selama 4 jam.

$$Q_{fan} = Daya \ fan \times \ lama \ penggunaan \quad (13)[6]$$

e. Beban total refrigerasi

Beban total refrigerasi adalah beban total dari produk. Nilai ini Dari data perhitungan tersebut diatas maka didapat nilai beban total system refrigerasi yaitu sebesar :

$$Q_{total} = Q_{transmisi} + Q_{infiltrasi} + Q_{produk} + Q_{fan} \quad (14) [6]$$

Perhitungan kapasitas kompresor

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kapasitas kompresor yaitu :

$$V = \frac{Q}{qv \cdot \lambda} \quad (15)[4]$$

Dimana :

V = Piston displacement (m³/h)

Q = kapasitas refrigerant (kcal / h)

qv = Volume kapasitas refrigerant (kcal/m³)

λ = volume efisiensi kompresor Menentukan kapasitas motor kompresor

$$N = e \cdot \frac{Q}{1000} \cdot \eta \quad (16)[4]$$

Dimana.

η = factor efisiensi 1,1 (karena menggunakan kompresor hermetic)

Komponen kelistrikan

Berikut ini komponen yang digunakan untuk perancangan mesin pendingin.

a. Termostart

Termostart adalah alat yang digunakan untuk mengontrol suhu dalam kabin penyimpanan. Cara kerja dari termostart yaitu apabila temperature didalam kabin sudah tercapai maka bimetal termostart akan memutus arus yang ke kompresor, sehingga kompresor akan mati.

b. Fan motor

Fan motor pada mesin pendingin ini berfungsi untuk mensirkulasikan hawa dingin di dalam box penyimpanan atau evaporator. Jenis motor yang dipakai motor shaded pole, dengan putaran 2500/3000 ppm.

c. Overload

Overload protector merupakan komponen kelistrikan yang berfungsi sebagai pengaman kompresor dari baban berlebih. Prinsip kerja overload menggunakan bimetal. Jika arus yang mengalir terlalu besar (beban lebih), bimetal di dalam overload akan panas dan memuai sehingga kontak terputus. Arus yang mengarah ke kompresor akan terputus, sehingga kompresor mati.

d. Defrost Thermo

Defrost thermo memiliki bentuk seperti silinder dengan diameter 26 mm, dan ada juga yang berbentuk persegi. Didalamnya terdiri dari kontak listrik dan bimetal yang dapat membuka dan menutup sesuai suhu lingkungan. Kontak listrik tersebut berfungsi untuk menyambung dan memutus arus agar arus listrik mengalir ke elemen panas (heater).

e. Defrost heater

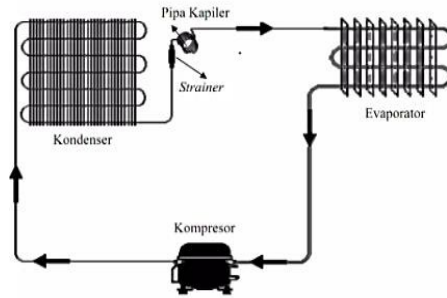
Defrost heater merupakan elemen panas yang sumber panasnya dihasilkan dari lilitan kawat dengan tahanan listrik tinggi. Pada mesin pendingin dua jenis defrost heater, yaitu pertama heater kaca yang penempatannya diletakan di bawah evaporator. Pada heater kaca dibagian luarnya dibalut kaca yang berfungsi agar body tidak meleleh ketika alat ini bekerja. Fungsi utama dari defrost heater yaitu untuk mencairkan bunga es, di mana ketika mesin beroperasi lama kelamaan akan terjadi penumpukan bunga es di bagian evaporator.

f. Defrost Timer

Defrost timer ini digunakan untuk mengatur waktu kapan pencairan es dimulai dan kapan mesin kompresor . Defrost timer yang bekerja secara mekanik yang digerakan oleh motor listrik. Defrost timer dirancang oleh pabrikan untuk mengatur pencairan es di evaporator dalam interval waktu tertentu. Waktu ini sudah ditentukan oleh pembuatnya, sehingga pengguna tidak bisa merubahnya. Interval waktu ini akan berulang dalam 6 jam, 8 jam, 10 jam, atau 12 jam.

Gambar Pemipaan mesin pendingin

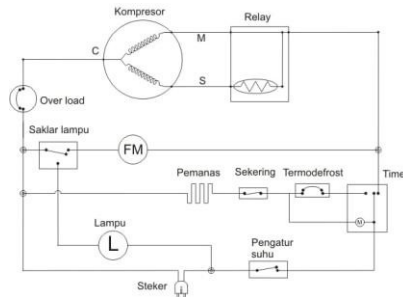
Dalam perancangan mesin pendingin ini perlu dilakukan pekerjaan instalasi pemipaan sistem refrigerasi sederhana. Berikut ini adalah skema instalasi pemipaan mesin pendingin yang digunakan.



Gambar 3. Instalasi pemipaan mesin pendingin

Instalasi kelistrikan

Setelah melakukan pekerjaan instalasi pemipaan mesin pendingin, maka pekerjaan selanjutnya yaitu melakukan instalasi kelistrikan. Berikut ini adalah diagram kelistrikan yang digunakan untuk perancangan mesin pendingin.



Gambar 4. Instalasi kelistrikan mesin pendingin

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Perencanaan

Data awal dalam perancangan mesin pendingin untuk penyimpanan udang vanami kapasitas 5 Kg diperlukan untuk menghitung kebutuhan beban pendinginan pada mesin pendingin. Adapun spesifikasi rencana mesin pendingin adalah sebagai berikut :

- 1) Suhu yang akan dicapai untuk penyimpanan udang = -2,2 oC = 251 K
- 2) Suhu lingkungan sekitar = 33 oC = 306 K
- 3) Suhu ruang penyimpanan = -18 oC = 255 K
- 4) Suhu evaporasi = -25 oC
- 5) Suhu kondensor = 45 oC

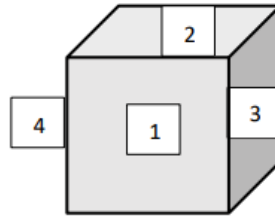
- 6) Massa produk udang = 5 Kg
- 7) Waktu pendinginan = 4 jam
- 8) Ukuran box penyimpanan P=40 cm, L= 30 cm, T= 40 cm

3.2 Menghitung Beban Pendinginan Beban Transmisi

Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban transmisi yaitu :

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

Beban transmisi pada dinding untuk pendinginan udang adalah sebagai berikut



Gambar 5. Dinding ruang pendingin

Ukuran ruangan perencanaan untuk pendinginan udang yaitu : Panjang = 40 cm = 0,40 m, Lebar = 30 cm = 0,30 m dan Tinggi = 40 cm = 0,40 m, sehingga volumenya yaitu : 0,048 m³.

Tabel 1. Jenis material yang digunakan untuk tempat penyimpanan atau evaporator:

No	Bahan	Ketebalan	K (W/m.K)	Keterangan
1	Alumunium	0,002	237	Lapisan bagian luar
2	Polyurethane	0,02	0,027	Lapisan bagian tengah
3	Polypropylene/ Plastik	0,002	0,12	Lapisan bagian dalam

Untuk mencari nilai U dari dinding dan lantai pada pendinginan udang adalah sebagai

$$\frac{1}{U} = \frac{da}{ka} + \frac{dp}{kp} + \frac{da}{ka}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{0,002}{237} + \frac{0,02}{0,027} + \frac{0,002}{0,12}$$

$$\frac{1}{U} = 0,58160448 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,58160448} = 1,162 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Maka untuk menghitung luas area dinding 1 = dinding 2

$$L = 0,3 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$$

$$= 0,12^2 \text{ m}$$

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

$$= 1,162 \times 0,12 \times 52$$

$$= 7,25 \text{ watt}$$

$$\text{Jadi untuk } Q_{\text{total 1}} = Q_{d1} + Q_{d2}$$

$$= 14,50 \text{ Watt}$$

Maka untuk menghitung luas area dinding 3 = dinding 4

$$L = 0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$$

$$= 0,16^2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Q &= U \times A \times \Delta T \\ &= 1,162 \times 0,16 \times 52 \\ &= 9,66 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi untuk } Q_{\text{total 2}} &= Q_{d3} + Q_{d4} \\ &= 19,32 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Untuk luas bagian atas dan bawah, dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L &= 0,3 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \\ &= 0,12^2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= U \times A \times \Delta T \\ &= 1,162 \times 0,12 \times 52 \\ &= 7,25 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi untuk } Q_{\text{total 3}} &= Q_a + Q_b \\ &= 7,25 + 7,25 \text{ Watt} \\ &= 14,50 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dari beban tranmisi diatas dapat dihitung keseluruhan beban kalor yang melewati dinding, bagianatas dan bawah

$$\begin{aligned} Q_{\text{total Tranmisi}} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ &= 14,50 + 19,32 + 14,50 \\ &= 48,32 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Tabel 2. Data beban infiltrasi

Keterangan	Nilai
Suhu produk yang dikondisikan	-2,2 °C
Suhu lingkungan	33 °C
Panjang pintu	0,4 x 0,4 meter
Kelembaban ruang penyimpanan	100 %
Kelembaban lingkungan	65 %
Massa jenis udara ruangan	1,38 Kg/m ³
Massa jenis udara lingkungan	1,14 Kg/m ³
Dt	0,00078
Df	0,8
E	0,85
Gravitasi	9,8 m/s ²
.hi (Entalphi Ambient)	86,51 kJ/Kg
.hr (Entalphi Refrigerasi)	-16,25

Beban Infiltrasi

Diketahui untuk ruangan pendinginan udang adalah sebagai berikut seperti pada table 2.

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan

(7),(8) dan (9) diatas maka beban infiltrasi perancangan mesin pendingin yaitu sebesar 1,9 Watt

Beban Produk

Dalam menghitung beban yang diberikan oleh produk harus diketahui terlebih dahulu beberapa jeniskalor yang terdapat pada udang tersebut. Maka berdasarkan tabel didapat data sebagai berikut :

Tabel 3. Kalor jenis udang

Nama produk	Kalor spesifik sebelum titik beku (Kkal/Kg °C)	Kalor spesifik setelah titik beku (Kkal/Kg °C)	Kalor laten (Kkal/Kg °C)
Udang/ sheel fish	0,9	0,45	70

Berdasarkan data - data tersebut dapat dihitung peroleh kalor yang dibutuhkan untuk pendinginan udang yang meliputi : Beban Produk/ kalor sensible, beban produk/kalor laten dan beban produk/kalor sensible dibawah titik beku.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kalor sensible produk sebelum titik beku adalah sebagai berikut :

Beban Produk Sensibel/ Kalor Sensibel

$$Q_{udang} = m \cdot Cp \cdot \Delta t$$

$$Q_{udang} = 5 \cdot 0,90 \cdot (33 - 2,2)$$

$$Q_{udang} = 5 \cdot 0,90 \cdot (30,8)$$

$$Q_{udang} = 168,6 \text{ Kkal/kg}$$

Maka, kalor sensible dari produk/ udang sebelum titik beku yaitu sebesar 168,6 Kkal/Kg

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kalor laten adalah sebagai berikut :

$$Q_{udang} = m \cdot l$$

$$Q_{udang} = 5 \cdot 70$$

$$Q_{udang} = 350 \text{ Kkal/kg}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, Maka, kalor laten dari produk/ udang yaitu sebesar 350 Kkal/Kg.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kalor sensible produk udang dibawah titik beku adalah sebagai berikut :

$$Q_{udang} = m \cdot Cp \cdot \Delta t$$

$$Q_{udang} = 5 \cdot 0,45 \cdot (-2,2 - 18)$$

$$Q_{udang} = 5 \cdot 0,45 \cdot (22,8)$$

$$Q_{udang} = 35,55 \text{ Kkal/kg}$$

Maka, kalor sensible dari produk/ udang setelah titik beku yaitu sebesar 35,56 Kkal/Kg

$$Q_{total} \text{ Produk} = Q_s \text{ diatas titik beku} + Q_{laten} + Q_s \text{ dibawah titik beku}$$

$$= 168,6 + 350 + 35,6$$

$$= 554,2 \text{ Kkal/Kg}$$

Maka berdasarkan data tersebut didapatkan nilai beban produk total evaporator yaitu sebesar 554,2 Kkal/Kg.

Dari data tersebut maka beban pendinginan untuk produk udang vanami selama (4 jam) yaitu :

$$Q_{Produk} = \frac{Q_{udang}}{\text{waktu pendinginan}}$$

$$Q_{Produk} = \frac{554,2}{4}$$

$$Q_{Produk} = 138,55 \text{ watt}$$

Maka beban produk untuk perencanaan mesin pendingin ini yaitu sebesar 138,55 Watt

Beban peralatan

Beban peralatan yang dihitung dalam perancangan mesin pendinginan udang hanya 1 buah fan, dimana fan ini digunakan untuk mensirkulasikan udara dingin ke ruang penyimpanan. Lama fan ini bekerja yaitu 4 jam. Maka untuk menghitung beban peralatan digunakan persamaan (13), yaitu sebagai berikut :

$$Q_{fan} = \text{Daya fan} \times 4 \text{ jam}$$

$$Q_{fan} = 7 \text{ w} \times 4$$

$$Q_{fan} = 28 \text{ watt}$$

Maka berdasarkan perhitungan tersebut beban peralatan (fan) sebesar 28 watt.

Beban total refrigerasi

Dari data perhitungan tersebut diatas maka didapat nilai beban total system refrigerasi yaitu sebesar :

$$Q_{total} = Q_{transmisi} + Q_{Infiltrasi} + Q_{produk} + Q_{fan}$$

$$Q_{total} = 48,32 + 1,9 + 138,55 + 28$$

$$Q_{total} = 216,77 \text{ Watt}$$

$$\text{Safety factor} = (Q_{total} \times 10\%) + Q_{total}$$

$$= (216,77 \times 10\%) + 216,77$$

$$= 21,677 + 216,77$$

$$= 238,44 \text{ watt}$$

Beban total pendinginan yang dibutuhkan oleh evaporator untuk produk udang berdasarkan perhitungan sebesar 238,45 watt

3.3 Perhitungan kompresor

Berdasarkan persamaan 15, kapasitas kompresor yang diperlukan untuk mesin pendingin yang direncanakan sebesar 11,98 m³/h dengan daya sebesar 1500 Kkal/h. perhitungan daya motor sebagai penggerak kompresor juga dilakukan dengan menggunakan persamaan 16 dan diperoleh daya motor sebesar 0,62 HP atau 124,33 Watt.

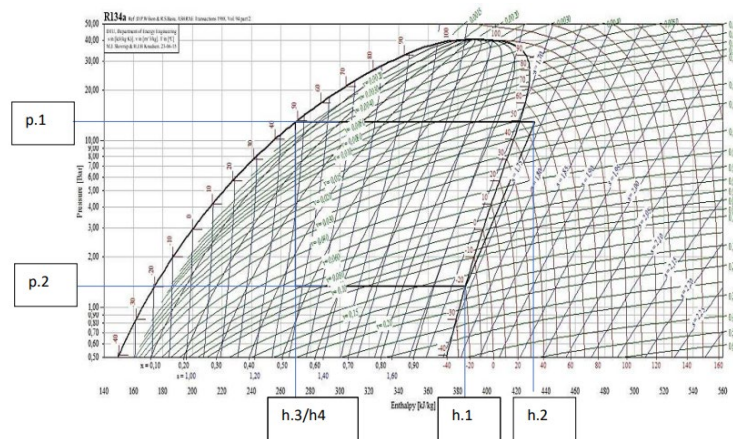
Berdasarkan software dari coolselector2, maka kompresor yang digunakan untuk perancangan mesin pendingin yaitu kompresor hermetic reciprocating dengan besar arus 0,846 A.

Tabel 5. Tabel data hasil pengukuran mesin pendingin

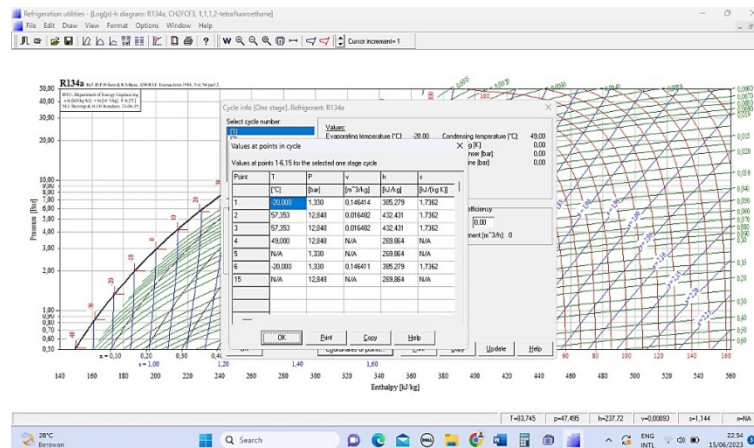
No	Parameter yang diukur	Hasil pengamatan dari mesin pendingin
1	Tegangan	227 V
2	Arus	0,7 A
3	Temperatur lingkungan	33 °C
4	Temperatur kabin	-14,7 °C
4	Tekanan tinggi sistem	13,2 kg/cm ² = 13,2 bar
5	Tekanan rendah sistem	0,1 kg/cm ² = 0,1 bar

Ploting pada PH Diagram

Pengambilan data hasil perancangan mesin pendingin didapat beberapa indikator, berdasarkan plotting PH Diagram menggunakan *software coolpack* yaitu :



Gambar 6. Diagram p-H mesin pendingin



Gambar 7. Hasil plotting PH diagram dari *software coolselection*

Tabel 6. Hasil pengukuran nilai enthalpy pada mesin pendingin

No	Parameter pengukuran	Entalpy (kJ/Kg)
1	$h_1 = \text{Entalpy refrigerant masuk kompresor}$	385,279
2	$h_2 = \text{Entalpy refrigerant keluar kompresor}$	432,431
3	$h_3/h_4 = \text{Entalpy refrigerant keluar kompresor}$	269,864

Maka nilai dari kerja kompresor (q_{kom}), Kerja kondensor (q_{kond}) dan kerja dari evaporator (q_{evap}) adalah sebagai berikut :

$$1. \quad q_{kom} = h_2 - h_1 \\ = 432,431 - 385,279 \\ = 47,152$$

$$2. \quad q_{kond} = h_2 - h_3 \\ = 432,431 - 269,864 \\ = 162,567$$

$$3. \quad q_{evap} = h_1 - h_4 \\ = 385,279 - 269,864 \\ = 115,415$$

$$4. \quad \text{Nilai } m = \frac{Q_{\text{evaporator}}}{q_{evap}} \\ = \frac{236,45}{115,415} = 2,05$$

Dari laju aliran massa refrigerant yang ada, maka dapat diketahui besarnya daya kompresor, sehingga kerja kompresor yang dibutuhkan adalah :

$$w_{kom} = m \times (q_{kom}) \\ = 2,05 \times 47,152 = 96,662 \text{ Watt}$$

Maka kerja kompresi dari mesin pendinginan udang adalah 96,66 Watt

Menghitung beban panas yang harus dibuang oleh kondensor dari perancangan mesin pendingin yaitu:

$$Q_{kond} = m \cdot q_{kondensator} \\ = 2,05 \cdot 162,567 = 333,252 \text{ Watt}$$

Maka beban panas yang harus dibuang oleh kondensor yaitu sebesar 333,252 watt

Menghitung beban panas yang harus serap oleh evaporator dari perancangan mesin pendingin yaitu :

$$Q_{evap} = m \cdot q_{evaporator} \\ = 2,05 \cdot 115,415 = 236,6 \text{ Watt}$$

Maka beban panas yang diserap oleh evaporator yaitu sebesar 236,6 watt

Dari data tersebut maka didapatkan nilai Coefisien of Performance dari perancangan mesin pendingin untuk penyimpanan udang kapasitas 5 kg dengan sistem kompresi uap, yaitu 2,44.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian “ Perancangan mesin pendingin untuk penyimpanan udang kapasitas 5 Kg dengan system kompresi uap”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Beban total dari evaporator dengan produk udang vanami berdasarkan perhitungan perancangan mesin pendingin sebesar 238,45 watt.
2. Beban total evaporator mesin pendingin untuk penyimpanan udang vanami berdasarkan perhitungan pada PH diagram sebesar 236,6 Watt
3. Kompresor yang digunakan dalam perancangan mesin pendingin berdasarkan perhitungan sebesar 124,33 watt.
4. Berdasarkan penggunaan aplikasi software coolselector yaitu kompresor hermetik dengan prinsip kerja reciprocating yang mempunyai arus sebesar 0,8 A atau sebesar 176 watt.
5. Perhitungan beban kompresor berdasar perhitungan pada PH diagram sebesar 96,66 watt
6. Hasil perhitungan Coefisien of Perfomance atau CoP dari perancangan mesin pendingin yaitu sebesar 2,44

REFERENSI

- [1] D. R. Gunawan, *Penghantar Teori Teknik Pendinginan (Refrigerasi)*, , Departemen. Jakarta, 1998.
- [2] Holman.J.P, *Perpindahan Kalor edisi keenam*, Airlangga. Jakarta, 1997.
- [3] STM Pembangunan Bandung, *Tables and Diagram for Refrigeration & AC Technicians*. Bandung, 2002.
- [4] Sularso and H. Tahara, “Perawatan dan Pemeliharaan Kompresor,” *PT Pradnya Paramita*, 2000.
- [5] J. W. J. W. F. Stoecker, *Refrigeration And Air Conditioning, 2nd Ed.*, Mcgraw,Hil. 1990.
- [6] R. J. Dossat, *Prinsiples of Refrigeration Second Edition SI Version.*, Jhon Wiley. Canada, 1981.
- [7] Taqwali Ega Berman, *Refigerasi dan Tata Udara*. 2018.
- [8] S. dan S. H. Widodo, *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid 2*, Departemen. 2000.
- [9] William C. Whitman Wiliam M. Johnson, *Refrigeration & air Conditioning Technology 7th edition*, *Delmar Cengage Learning, USA*, Delmar Cen. USA, 2013.