

PERANCANGAN COLD STORAGE PADA PETI KEMAS UNTUK UDANG

Peter Sahupala, Reinyelda D. Latuheru

E-mail : louissahupala@gmail.com

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Musamus Merauke

ABSTRAK

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah Menghitung beban pendinginan pada cold storage udang beku, Menghitung prestasi siklus kompresi uap meliputi laju aliran massa, daya kompresor, dan COP.

Penelitian ini menggunakan metode rancangan teoritis. Perancangan cold storage untuk komoditi udang, dengan kapasitas satu container tersebut akan dihitung berapa besar pembebanan pendingin yang harus diberikan sehingga mendapatkan efisiensi cold storage yang maksimum. Data rancangan diperoleh dari hasil pengamatan dilapangan. Waktu penelitian telah dilaksanakan April 2015.

Adapun hasil perhitungan menunjukkan bahwa Refrigeran yang digunakan Refrigeran 12 (R-12), Beban pendinginan = 14,3022 TR = 50,254 kW, Produk udang = 12 ton = 12.000 kg, Suhu cold storage : 10° C, Superheated : 5° C, Sub cooled : 5° C, Temperatur refrigeran di kondenser : 35° C, Temperatur refrigeran di evaporator : 5° C, Tekanan di kondenser : 0,80 MPa Tekanan di evaporator : 0,40 Bar serta COP : 4,76

Kata Kunci : Refrigeran, Beban Pendingin, Coefisien Of Performance

PENDAHULUAN

Udang merupakan salah satu produk hasil laut yang disukai dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Dibandingkan dengan binatang darat, daging udang mempunyai eating quality yang lebih baik karena tidak liat, homogen serta tidak mengandung pembuluh – pembuluh darah yang besar dan otot – otot. Udang sangat digemari dipasaran karena rasanya yang khas, oleh karena itu pemasaran udang dalam bentuk segar sangat disukai oleh

konsumen. Salah satu cara untuk mempertahankan mutu dan kesegaran dari udang yang hendak dipasarkan adalah dengan cara pembekuan.

Karena kandungan proteinnya yang tinggi, maka udang termasuk komoditas yang mudah rusak yang disebabkan oleh kegiatan-kegiatan enzim dan bakteri, oleh karena itu penanganan udang sangat mempengaruhi mutu hasil olahan. Untuk menjaga agar mutunya tetap baik telah ada standarisasi mutu

yang mencakup bahan baku, metode penanganan, metode pendinginan dan sanitasi, baik yang dilaksanakan dalam pabrik maupun dalam pemasaran dan distribusi.

Kualitas dan kesegaran udang harus tetap dijaga dengan baik sehingga udang tersebut sampai ke pasar atau ke tangan konsumen. Penanganan udang hasil panen harus dilakukan dengan cepat, karena kualitas udang mudah rusak. Kesalahan atau keterlambatan penanganan mengakibatkan udang tidak bisa diharapkan menjadi komoditas ekspor.

Untuk mempertahankan agar mutu udang tetap baik, harus ditangani dengan hati – hati dan jangan sembarangan, penanganan tersebut yang harus diperhatikan adalah kebersihan peralatan yang digunakan, penanganan harus cepat dan cermat, hindarkan terkena sinar matahari secara langsung, mencuci udang dari kotoran dan lumpur dengan air bersih memasukkan ke dalam keranjang, ember atau tong dan disiram dengan air bersih, lebih baik lagi dari mulai awal menggunakan es batu untuk mendinginkannya, dan mengelompokkannya menurut jenis dan ukurannya.

Cold Storage merupakan salah satu pemanfaatan sistem refrigerasi dalam bidang pengawetan makanan. Bahan makanan seperti udang mudah membusuk, oleh karena itu untuk memperpanjang umur penyimpanan udang perlu didinginkan. Untuk menghambat

pertumbuhan bakteri dan menghambat aktifitas enzim yang dapat menurunkan kualitas makanan khususnya udang, maka udang ini dibekukan didalam freezer dan kemudian diturunkan temperaturnya dan mengalami penyimpanan di dalam cold storage.

Dari permasalahan diatas maka tujuan dari penulisan ini adalah :

- a. Menghitung beban pendinginan pada cold storage udang beku.
- b. Menghitung prestasi siklus kompresi uap meliputi laju aliran massa, daya kompresor, dan COP.

TINJAUAN PUSTAKA

Proses pendinginan atau refrigerasi pada hakekatnya merupakan proses pemindahan energi panas yang terkandung di dalam ruangan tersebut. Sesuai dengan hukum kekekalan energi maka kita tidak dapat menghilangkan energi tetapi hanya dapat memindahkannya dari satu substansi ke substansi lainnya. Untuk keperluan pemindahan energi panas ruang, dibutuhkan suatu fluida penukar kalor yang selanjutnya disebut Refrigeran.

Untuk keperluan mesin refrigerasi maka refrigeran harus memenuhi persyaratan tertentu agar diperoleh performa mesin refrigerasi yang efisien. Disamping itu refrigeran juga tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Oleh karena itu, pada masa lalu pemilihan refrigeran hanya didasarkan atas

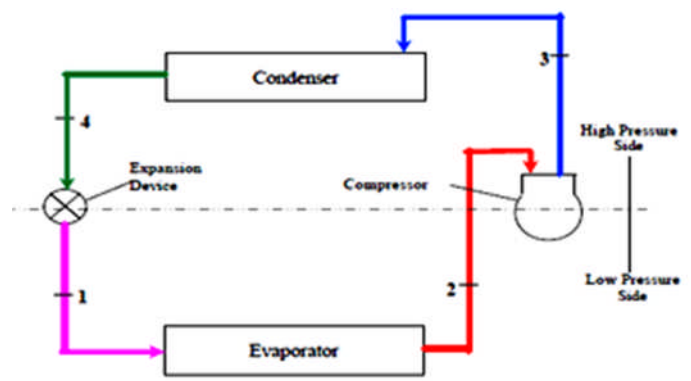
sifat fisik, sifat kimiawi dan sifat termodinamik. Sifat – sifat tersebut dapat memenuhi persyaratan refrigerant, yaitu

- a. Titik penguapan yang rendah
- b. Kestabilan tekanan
- c. Panas laten yang tinggi
- d. Mudah mengembun pada suhu ruang
- e. Mudah bercampur dengan oli pelumas dan tidak korosif
- f. Tidak mudah terbakar
- g. Tidak beracun

Prinsip terjadinya suatu pendinginan di dalam sistem refrigerasi adalah penyerapan kalor oleh suatu zat pendingin yang dinamakan refrigeran. Karena kalor yang berada disekeliling refrigeran diserap, akibatnya refrigeran akan menguap, sehingga temperatur di sekitar refrigeran akan bertambah dingin. Hal ini dapat terjadi mengingat penguapan memerlukan kalor.

Di dalam suatu alat pendingin kalor ditasarap di evaporator dan dibuang ke kondensor Perhatikan skema dengan lemari es yang sederhana gambar 3. Uap refrigeran yang berasal dari evaporator yang bertekanan dan bertemperatur rendah masuk ke kompresor melalui saluran hisap. Di kompresor, uap refrigerant tersebut dimampatkan, sehingga ketika ke luar dari kompresor, uap refrigeran akan bertekanan dan bersuhu tinggi, jauh lebih tinggi dibanding temperatur udara sekitar. Kemudian uap menunjuk ke kondensor melalui saluran tekan.

Di kondensor, uap tersebut akan melepaskan kalor, sehingga akan berubah fasa dari uap menjadi cair (terkondensasi) dan selanjutnya cairan tersebut terkumpul di penampungan cairan refrigeran. Cairan refrigeran yang bertekanan tinggi mengalir dari penampung refrigeran ke aktup ekspansi. Keluar dari katup ekspansi tekanan menjadi sangat berkurang dan akibatnya cairan refrigeran bersuhu sangat rendah. Pada saat itulah cairan tersebut mulai menguap yaitu di evaporator, dengan menyerap kalor dari sekitarnya hingga cairan refrigeran habis menguap. Akibatnya evaporator menjadi dingin. Bagian inilah yang dimanfaatkan untuk mengawetkan bahan makanan atau untuk mendinginkan ruangan. Kemudian uap refrigeran akan dihisap oleh kompresor dan demikian seterusnya proses-proses tersebut berulang kembali.



Gambar 1. Siklus Sistem Pendingin

Komponen-komponen mesin pendingin yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Kompresor
- b. Condensor
- c. Filter / Strainer

- d. Flow Control
- e. Evaporator
- f. Pipa refrigerant.

Kompresor mengubah uap refrigeran yang masuk pada suhu dan tekanan rendah menjadi uap bertekanan tinggi. Kompresor juga mengubah suhu refrigeran menjadi lebih tinggi akibat proses yang bersifat isentropik. Tiga jenis kompresor yang sering digunakan adalah kompresor torak (reciprocating), sentrifugal dan rotari. Kompresor torak mempunyai piston yang bergerak maju mundur di dalam suatu silinder, dengan kapasitas yang bervariasi antara 1 hingga 100 ton pendinginan tiap unit. Kompresor sentrifugal mempunyai satu impeler sentrifugal dengan beberapa sudu yang berputar dengan kecepatan tinggi. Kompresor rotari mempunyai satu sirip (vane) yang berputar dalam satu silinder.

Kompresor torak adalah yang paling umum digunakan, dapat digerakkan oleh motor listrik atau motor bakar. Parameter penting yang mempengaruhi penampilan kompresor adalah kapasitas kompresor itu sendiri, yang pada gilirannya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti:

1. Langkah (displacement) piston
2. Clearance antara kepala piston pada titik mati atas dengan ujung silinder,
3. Ukuran katup pemasukan dan pengeluaran,
4. Putaran per menit

5. Jenis refrigeran,
6. Tekanan masukan dan tekanan keluaran.

Seringkali kapasitas kompresor harus dikendalikan untuk mengatasi beban pendinginan yang tidak tetap, sehingga kompresor sering dioperasikan pada kapasitas di bawah kapasitas maksimum. Kapasitas kompresor dapat dikendalikan dengan cara: Menyalurkan (bypass) uap refrigeran dari sisi tekanan tinggi ke sisi tekanan rendah kompresor. Salah satu sistem bypass adalah menghubungkan sisi tekanan tinggi dan sisi tekanan rendah kompresor dengan pipa dan menggunakan katup solenoid sehingga uap refrigeran langsung dipindahkan ke sisi tekanan rendah.

Tetap membuka katup pemasukan kompresor sehingga uap refrigeran mengalir langsung di dalam kompresor, Mengendalikan kecepatan (RPM) motor, yaitu dengan menggunakan motor listrik kecepatan ganda atau menggunakan dua motor listrik yang berkecepatan berbeda.

Dasar siklus absorpsi disajikan pada gambar 2. Pada gambar ditunjukkan adanya dua tingkat tekanan yang bekerja pada sistem, yaitu tekanan rendah yang meliputi proses penguapan (di evaporator) dan penyerapan (di absorber), dan tekanan tinggi yang meliputi proses pembentukan uap (di generator) dan pengembunan (di kondensor). Siklus absorpsi juga menggunakan dua jenis zat yang

umumnya berbeda, zat pertama disebut penyerap sedangkan yang kedua disebut refrigeran. Selanjutnya, efek pendinginan yang terjadi merupakan akibat dari kombinasi proses pengembunan dan penguapan kedua zat pada kedua tingkat tekanan tersebut. Proses yang terjadi di evaporator dan kondensor sama dengan pada siklus kompresi uap.

Kerja siklus secara keseluruhan adalah sebagai berikut :

1. Proses 1-2/1-3 : Larutan encer campuran zat penyerap dengan refrigeran (konsentrasi zat penyerap rendah) masuk ke generator pada tekanan tinggi. Di generator panas dari sumber bersuhu tinggi ditambahkan untuk menguapkan dan memisahkan refrigeran dari zat penyerap, sehingga terdapat uap refrigeran dan larutan pekat zat penyerap. Larutan pekat campuran zat penyerap mengalir ke absorber dan uap refrigeran mengalir ke kondensor.
2. Proses 2-7 : Larutan pekat campuran zat penyerap dengan refrigeran (konsentrasi zat penyerap tinggi) kembali ke absorber melalui katup cekik. Penggunaan katup cekik bertujuan untuk mempertahankan perbedaan tekanan antara generator dan absorber.
3. Proses 3-4 : Di kondensor, uap refrigeran bertekanan dan bersuhu tinggi diembunkan, panas dilepas ke lingkungan, dan terjadi perubahan fase refrigeran dari uap ke cair. Dari kondensor dihasilkan

refrigeran cair bertekanan tinggi dan bersuhu rendah.

4. Proses 4-5 : Tekanan tinggi refrigeran cair diturunkan dengan menggunakan katup cekik (katup ekspansi) dan dihasilkan refrigeran cair bertekanan dan bersuhu rendah yang selanjutnya dialirkan ke evaporator.
5. Proses 5-6 : Di evaporator, refrigeran cair mengambil panas dari lingkungan yang akan didinginkan dan menguap sehingga terjadi uap refrigeran bertekanan rendah.
6. Proses 6-8/7-8 : Uap refrigeran dari evaporator diserap oleh larutan pekat zat penyerap di absorber dan membentuk larutan encer zat penyerap. Jika proses penyerapan tersebut terjadi secara adiabatik, terjadi peningkatan suhu campuran larutan yang pada gilirannya akan menyebabkan proses penyerapan uap terhenti. Agar proses penyerapan berlangsung terus-menerus, absorber didinginkan dengan air yang mengambil dan melepaskan panas tersebut ke lingkungan.
7. Proses 8-1 : Pompa menerima larutan cair bertekanan rendah dari absorber, meningkatkan tekanannya, dan mengalirkannya ke generator sehingga proses berulang secara terus menerus.

Beban pendinginan merupakan jumlah panas yang dipindahkan oleh suatu sistem pengkondisian udara. Beban pendinginan

terdiri dari panas yang berasal dari ruang pendingin dan tambahan panas dari bahan atau produk yang akan didinginkan. Tujuan perhitungan beban pendinginan adalah untuk menduga kapasitas mesin pendingin yang dibutuhkan untuk dapat mempertahankan keadaan optimal yang diinginkan dalam ruang.

Beban pendinginan suatu ruang berasal dari dua sumber, yaitu melalui sumber eksternal dan sumber internal.

a. Sumber panas eksternal antara lain :

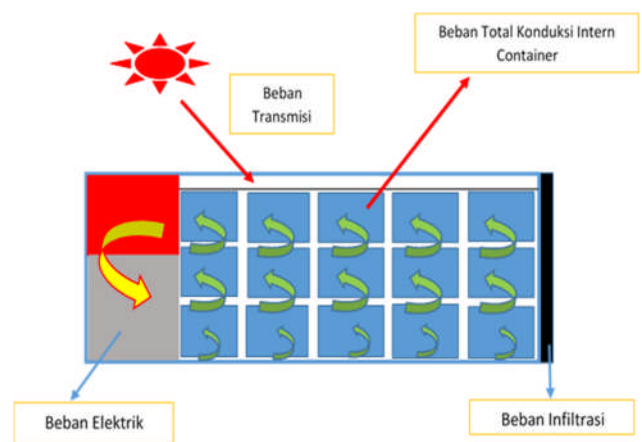
- Radiasi surya yang ditransmisikan melalui kaca
- Radiasi surya yang mengenai dinding dan atap, dikonduksikan kedalam ruang dengan memperhitungkan efek penyimpanan melalui dinding
- Panas Konduksi dan konveksi melalui pintu dan kaca jendela akibat perbedaan temperatur.
- Panas karena infiltrasi oleh udara akibat pembukaan pintu dan melalui celah-celah jendela.
- Panas karena ventilasi.

b. Sumber panas internal antara lain :

- Panas karena penghuni
- Panas karena lampu dan peralatan listrik
- Panas yang ditimbulkan oleh peralatan lain

Beban pendinginan total merupakan jumlah beban pendinginan tiap ruang. Beban

ruang tiap jam dipengaruhi oleh perubahan suhu udara luar, perubahan intensitas radiasi, surya dan efek penyimpanan panas pada struktur/dinding bagian luar bangunan gedung. Beban Eksternal terdiri atas beban transmisi melalui dinding luar dan atap dan beban infiltrasi sedangkan beban internal terdiri atas beban total konduksi intern container dan beban elektrik.



Gambar 2. Beban Pendingin Dalam

Untuk mendapatkan nilai COP maka diperlukan data mengenai refrigeran yang digunakan. Pada desain dalam penelitian ini refrigeran yang digunakan untuk ketiga model yaitu R-134a. Formulasi yang digunakan untuk menghitung COP adalah sebagai berikut :

$$COP = Q_t / WAC$$

Dengan :

Q_t = total beban pendinginan (Btu/hr)

WAC = daya aktual kompresor (Btu/hr)

Dalam hal ini daya aktual kompresor diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$WAC = WC / Eff$$

Dengan :

$WC = \text{ daya kompresor (Btu/hr)}$

Sedangkan daya kompresor diperoleh melalui persamaan sebagai berikut :

$$WC = m \cdot (h_2s - h_1)$$

Nilai m diperoleh melalui persamaan sebagai berikut :

$$m = Q_t / (h_1 - h_4)$$

Nilai-nilai h_1 , h_2s , h_4 diperoleh dari pembacaan grafik dari refrigeran yang digunakan yaitu R-12.

METODOLOGI PENELITIAN

a. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode rancangan teoritis. Perancangan cold storage untuk komoditi udang, dengan kapasitas satu container tersebut akan dihitung berapa besar pembebanan pendingin yang harus diberikan sehingga mendapatkan efisiensi cold storage yang maksimum. Data rancangan diperoleh dari hasil pengamatan dilapangan. Waktu penelitian telah dilaksanakan pada bulan April 2015.

b. Perancangan Cold Storage

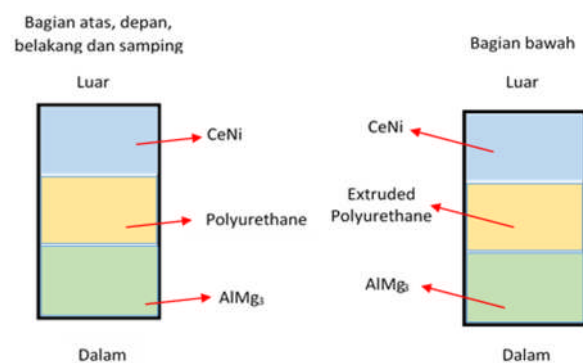
Merancang sistem pendingin pada container untuk komoditas udang dengan menggunakan referigeran R-12. Data rancangan yang dianjurkan antara lain Instalasi listriknya container refrigerator diabaikan, Kecepatan air flow rate 96,3 – 77 m³/min, Temperatur udang seragam antara 0oC-17,8°C, Kondisi udara steady state dan

aliran refrigeran steady flow, Temperatur rata-rata udara luar container 30oC, temperatur permukaan luar container 36,8°C, Perhitungan beban pendinginan dengan metode referensi dari cooling load metode Carrier (metode TETD).

Dimensi container adalah sebagai berikut :

1. Dimensi container = 2,438 m (tinggi); 2,438 m (lebar); 6,096 m (panjang)
2. Jenis produk adalah udang
3. Tempat udang : karton
4. Ukuran karton : 46 cm (panjang) + 43 cm (lebar) + 40 cm (tinggi)
5. Temperature udara luar kontainer pendingin 30oC

Lapisan material penyusun kontainer dapat ditunjukkan sebagai berikut :



Gambar 3. Lapisan material penyusun kontainer

HASIL DAN PEMBAHASAN

Selanjutnya seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, dimensi perancangan adalah sebagai berikut :

- a. Ukuran Container :
Tinggi : 2,438 meter
Lebar : 2,438 meter
Panjang : 6,096 meter
- b. Jenis produk : Udang

- c. Beban maksimum : 12 ton
- d. Tempat udang : Karton
- e. Dimensi Karton :
Tinggi : 40 cm
Lebar : 43 cm
Panjang : 46 cm
- f. Temperatur udara luar adalah 30°C
- g. Temperatur udara didalam container diasumsikan seragam yaitu -17,8°C
- h. Kecepatan alir udara rata-rata (*air flow rate*) adalah 96,3-77 m³/menit

Dengan diketahuinya data-data diatas maka dapat kita lakukan perhitungan beban pendingin.

1. Temperatur udara luar container
 $T_f = T_\infty + T_i$
 $T_f = 32 + 273 = 305 \text{ K}$
2. Temperatur udara dalam container
 $T_f = -17,8 + 273$
 $T_f = 255,2 \text{ K}$

3. Beban transmisi

a. Bagian luar container

Jenis aliran ditentukan dengan menggunakan persamaan Bilangan Reynold.

$$R_{eL} = \frac{\rho V_\infty L}{\mu}$$

Dimana :

- ρ : Massa jenis fluida (1,17 kg/m³)
- μ : Viskositas absolut (4,81 x 10⁻⁶ kg/m.s)
- V : Kecepatan fluida mula-mula (5,5 m/s)
- L : Panjang container (6,096 m)

Sehingga diperoleh :

$$R_{eL} = \frac{(1,17)(5,5)(6,096)}{4,81 \times 10^{-6}}$$

$$R_{eL} = 8158822 \text{ (Jenis aliran turbulen)}$$

Jenis perpindahan panas secara konveksi, ditentukan dengan persamaan perbandingan Bilangan Grasof dengan Bilangan Reynold.

$$G_{rL} = \frac{g \beta (T_i - T_\infty) L}{\nu^2} \left(\frac{V_\infty L}{\nu} \right)^2$$

Dimana :

- g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)
- ν : Viskositas kinematik (20,75 x 10⁻⁶ m²/s)
- β : Volumetric Thermal Expansion

Coefficient

$$\beta = 1/T_f = 1/255,2 = 0,00392 \text{ K}^{-1}$$

Maka diperoleh

$$G_{rL} = \frac{(9,81)(0,00392)(255,2)6,096}{(20,75 \times 10^{-6})^2} \left(\frac{5,5 \times 6,096}{20,75 \times 10^{-6}} \right)^2$$

$$G_{rL} = 0,00386 < 1 \text{ (konveksi Paksa)}$$

Perbandingannya adalah sebagai berikut :

$$\frac{G_{rL}}{R_{eL}} = \frac{0,00386}{(8158822)^2} = 5,79873 \times 10^{-15}$$

Luas permukaan dinding dan pintu adalah :

$$A_{\text{dinding}} = (2,438 \times 6096 \times 1,219) + (2,438 \times 2,438 \times 1,219) = 25,362 \text{ meter}^2$$

Maka besar beban pendingin melalui dinding dan pintu

$$q_l = \frac{1}{1,3119} \times 25,362 \text{ m}^2 \times (30^\circ \text{C} - 10^\circ \text{C})$$

$$q_l = 386,645 \text{ Watt}$$

Luas permukaan atap adalah :

$$A_{\text{atap}} = 2,438 \text{ m} \times 6,096 \text{ m} = 14,862 \text{ m}^2$$

maka besar beban pendinginan melalui atap :

$$q_l = \frac{1}{1,3119} \times 14,862 \text{ m}^2 \times (30^\circ \text{C} - 10^\circ \text{C})$$

$$q_l = 219,868 \text{ Watt}$$

Luas permukaan lantai adalah :

$$A_{\text{lantai}} = 2,438 \text{ m} \times 6,096 \text{ m}$$

$$A_{\text{lantai}} = 14,862 \text{ m}^2$$

Maka besar beban pendinginan melalui lantai adalah :

$$q_l = \frac{1}{1,3119} \times 14,862 \text{ m}^2 \times (27^\circ \text{C} - 10^\circ \text{C})$$

$$q_l = 165,209 \text{ Watt}$$

Sehingga total beban pendingin melalui bangunan/container adalah :

$$Q_{\text{bangunan}} = q_1 + q_2 + q_3$$

$$Q_{\text{bangunan}} = 386,645 + 219,868 + 165,209$$

$$Q_{\text{bangunan}} = 771,722 \text{ Watt}$$

1. Berat 1 kardus kosong = 0,4 kg
2. Berat total udang = 10000 kg
3. Berat isi udang per kardus = 10 kg
4. Jumlah kardus = 10000: 10 = 1000 buah kardus
5. Berat kardus total = 0,4 kg x 1000 buah = 400 kg
6. Panas spesifik kardus = 0,32 KJ / kg°C
7. **Temperatur kardus = 28°C masuk ruangan**
8. Temperatur cold storage beban pendingin dari kardus Atau

$$Q_{\text{bangunan}} = \frac{771,722}{1000} \times 3600$$

$$Q_{\text{bangunan}} = 2778,1992 \text{ kJ/jam}$$

Beban pendinginan produk diatas titik beku :

$$q_1 = \frac{W \times C_p \times (T_2 - T_1)}{\text{waktu pendinginan} \times \text{chilling factor}}$$

Dimana :

$T_2 = \text{suhu produk masuk ruangan} = 28^\circ\text{C}$

$T_1 = \text{suhu pembekuan (titik beku udang)} = -1,94^\circ\text{C}$

$(W) = \text{berat total udang}$

$$q_1 = \frac{10000 \times 3,76 \times (28 - (-1,94))}{24 \text{ jam} \times 0,5}$$

$$q_1 = 6081 \text{ kJ/jam}$$

Beban pendinginan untuk proses pembekuan :

$$q_2 = \frac{W \times C_p}{\text{waktu pembekuan}}$$

$$q_2 = \frac{10000 \times 284,012}{24}$$

$$q_2 = 118338,33 \text{ kJ/jam}$$

C. Beban pendinginan dibawah titik

beku :

$$q_3 = \frac{W \times C_p \times (T_2 - T_1)}{\text{waktu pendinginan}}$$

$$q_3 = \frac{10000 \times 2,051 \times (-1,94 - 10)}{24}$$

$$q_3 = -10203,72 \text{ kJ/jam}$$

Maka total beban pendingin dari produk diatas adalah

$$Q_{\text{produk}} = q_1 + q_2 + q_3$$

$$= 219,868 + 118338,33 - 10203,72$$

$$= 114215,63 \text{ kJ/jam}$$

Produk berupa udang ini dibungkus dengan kotak kardus dengan karakteristik sebagai berikut :

$$Q_k = \frac{W \times C_p \times (T_2 - T_1)}{\text{waktu pendinginan}}$$

$$Q_k = \frac{400 \times 0,32 \times (28 - 10)}{24 \text{ jam}}$$

$$Q_k = 96 \text{ kJ/jam}$$

Adapun beban pendingin dari kardus dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Q_k = \frac{W \times C_p \times (T_2 - T_1)}{\text{Waktu Pendingin}}$$

Diasumsikan bahwa waktu pendinginan adalah 24 jam, sehingga :

$$Q_k = \frac{400 \times 0,32 \times (28 - 10)}{24}$$

$$Q_k = 96 \text{ kJ/jam}$$

Akibat pintu cold storage yang terkadang dibuka sehingga akan mengakibatkan terjadinya perembesan udara atau pergantian udara, oleh karena itu maka beban pendingin dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Q_k = \frac{V \times \text{Pergantian udara per jam} \times \text{faktor perubahan}}{\text{Pergantian udara}}$$

Dengan :

$V = \text{Volume ruangan}$

$$V = P \times L \times T$$

$$V = 6,096 \times 2,438 \times 2,438$$

$$V = 36,2336 \text{ m}^3 = 1279,5775 \text{ ft}^3$$

Apabila diasumsikan bahwa dalam 24 jam pintu cold storage dibuka selama 5 kali untuk melakukan aktivitas kerja maka $5/24 = 0,2083$ dan faktor pergantian udara pada temperatur kamar 30°C (86 F) dan temperatur cold storage 10°C (50 F) dengan ratio kelembaban 60 % yaitu 1,50 BTU/cu.ft, maka diperoleh :

$$Q_{pu} = 1279,577508 \times 0,2083 \times 1,50$$

$$Q_{pu} = 399,804 \text{ BTU/jam}$$

$$Q_{pu} = 421,817 \text{ kJ/jam}$$

Radiasi sinar lampu juga akan mempengaruhi beban pendingin cold storage, hal ini juga tergantung dari jumlah dan spesifikasi lampu. Dalam rancangan ini, data lampu yang terpasang sebagai berikut :

- a. Jumlah lampu : 1 buah
- b. Daya lampu : 5 Watt
- c. Lama penyalaan : 24 jam
- d. Jenis lampu : TL (nilai allowance factor = 1,25)

Dari data tersebut diatas maka diperoleh beban pendingin karena faktor pencahayaan.

$q_{\text{watt}} = \text{Watt total} \times \text{use factor} \times \text{allowance factor}$

$$q_{\text{watt}} = 5 \times 3,4 \times 1,25$$

$$q_{\text{watt}} = 21,25 \text{ kJ/jam}$$

Motor listrik digunakan dalam siklus pendingin, dimana berfungsi untuk memutar fan evaporator dengan demikian evaporator dapat mengeluarkan kalor. Direncanakan daya motor listrik adalah sebesar 8 HP dan bekerja selama 24 jam sehingga beban pendingin dapat ditentukan sebagai berikut :

$q_m = \text{faktor beban motor} \times \text{daya motor} \times \text{jumlah motor}$

$$q_m = 3700 \text{ BTU/HP.hour} \times 8 \text{ HP} \times 1$$

$$q_m = 29600 \text{ BTU/jam}$$

$$q_m = 31229,766 \text{ kJ/jam}$$

Diasumsikan bahwa batas masuk cold storage adalah 5 orang pekerja dan waktu kerja per hari adalah 3 jam, kalor dari tubuh manusia ekuivalen dengan 1000 BTU/jam sehingga diperoleh :

$q_{\text{pek}} = \text{jumlah pekerja} \times \text{jam kerja} \times \text{panas ekuivalen}$

$$q_{\text{pek}} = 5 \times 3 \times 1000$$

$$q_{\text{pek}} = 15000 \text{ BTU/jam}$$

$$q_{\text{pek}} = 15840 \text{ kJ/jam}$$

Total kalor yang ditimbulkan adalah sebesar

$$Q_{\text{total}} = q_l + q_m + q_{\text{pek}}$$

$$Q_{\text{total}} = 21,25 + 31229,766 + 15840$$

$$Q_{\text{total}} = 47090,016 \text{ kJ/jam}$$

Total beban pendingin untuk cold storage adalah

$$Q_{\text{teo}} = q_{\text{bangunan}} + q_{\text{produk}} + Q_k + Q_{pu} + Q_{\text{tot}}$$

$$Q_{\text{teo}} = 2778,1992 + 114215,63 + 96 + 421,817 + 47090,016$$

$$Q_{\text{teo}} = 164601,6622 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_{\text{teo}} = 156024 \text{ BTU/jam}$$

Bila terjadi beban berlebihan, agar tidak terjadi over load pada mesin maka perlu ditambahkan faktor pengaman sebesar 10%, sehingga diperoleh :

$$10\% \text{ safety factor} = 156024 \text{ BTU/jam} =$$

$$171626,4 \text{ BTU/jam}$$

Jadi beban pendingin total adalah

$$\frac{171626,4}{12000}$$

$$= 14,3022 \text{ TR (ton refrigeran)}$$

$$= 50,254 \text{ kW}$$

Diagram P-h untuk R-12, kita asumsikan data awal adalah sebagai berikut :

- a. Refrigeran yang dipakai : R-12
- b. Temperatur cold storage : 10°C
- c. Superheated : 5°C

- d. Subcooling : 5°C
- e. Temperatur refrigeran dalam kondensor : 35°C
- f. Tekanan pada kondensor : 0,80 Mpa
- g. Tekanan pada evaporator : 0,40 MPa

$$COP = \frac{50,254}{10,5575}$$

$$COP = 4,76$$

Diperoleh Hasil sebagai berikut :

Titik 1

$$P_1 = 0,40 \text{ Mpa}$$

$$h_1 = 215 \text{ kJ/kg}$$

Titik 2

$$P_2 = 0,80 \text{ Mpa}$$

$$H_2 = 240 \text{ kJ/kg}$$

Titik 3

$$P_3 = 0,80 \text{ Mpa}$$

$$h_3 = 96 \text{ kJ/kg}$$

Titik 4

$$P_4 = 0,40 \text{ Mpa}$$

$$h_4 = 96 \text{ kJ/kg}$$

- a. Bilangan Reynolds

$$Re = h_1 - h_4$$

$$Re = 215 - 96$$

$$Re = 119 \text{ kJ/kg}$$

- b. Siklus refrigeran dalam evaporator

$$G = \frac{Q}{Re}$$

$$G = \frac{50,254}{119}$$

$$G = 0,4223 \text{ kg/sec}$$

- c. Daya kompresor

$$P = G \times (h_2 - h_1)$$

$$P = 0,4223 \times (240 - 215)$$

$$P = 10,5575 \text{ kW}$$

Dengan demikian diperoleh COP, ditentukan dengan persamaan berikut :

$$COP = \frac{Q}{P}$$

PENUTUP

1. Kesimpulan

- a. Berdasarkan hasil perhitungan beban pendingin maka dapat disimpulkan sebagai berikut :
- b. Rancangan ini jenis *Refrigeran yang digunakan adalah Refrigeran 12 (R-12)*. Beban pendingin siklus adalah sebesar 14,3022 TR atau 50,254 kW. Cold storage yang dirancang untuk proses pengawetan udang dengan kapasitas 12 ton atau 12.000 kg.
- c. Parameter perancangan antara lain Temperatur pendingin dalam cold storage 10° C, temperature Superheated adalah 5° C, temperatur Sub cooled adalah 5° C, Temperatur refrigeran di kondenser adalah 35° C, Temperatur refrigeran di evaporator adalah 5° C, Tekanan di kondenser adalah 0,80 MPa, Tekanan di evaporator adalah 0,40 MPa sehingga diperoleh coefficient of performance (COP) sebesar 4,76.

DAFTAR PUSTAKA

- 1. Arismunandar W. Dan Saito Heizo. 2005. *Penyegar Udara*.
- 2. PT. Pradnya Paramita – Jakarta.

3. Cahyo Purnomo.1993. Penanganan Pasca Panen Udang Windu. Pendidikan Guru Kejuruan Pertanian. Fateta Institut Pertanian Bogor
4. Dereta Andy Irwanto.1976. Proses Pembekuan Udang di PT Pumar Cold Jakarta. Fakultas Mekanisasi dan Teknologi Hasil Pertanian Institut Pertanian Bogor.
5. Diknas RI. 2003. Standar Kompetensi Bidang Keahlian THP. Direktorat Pendidikan
6. Menengah Kejuruan. Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.
7. Florence Buzin, Violaine Baudon¹, Mireille Cardinal, Laurent Barillé, Joël Haure. 2011. Cold storage of Pacific oysters out of water: biometry, intervalval water and sensory assessment. International Journal of Food Science & Technology. September 2011, Volume 46, Issue 9, pages 1775–1782. (<http://archive.bu.univ-nantes.fr/pollux/.../b38c4ccf-c4aa-4c77-a177-42a68ad703>).*Dikutip pada tanggal 10 Maret 2015*)
8. Ilyas .1980. Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan. Paripurna.Jakarta
9. Irwan Djaya .1980. Penanganan Udang Untuk Konsumsi Dalam Negeri dan Ekspor.
10. Fatemeta Institut Pertanian Bogor
11. Merdiagung, Hari Prastowo dan Taufik Fajar Nugroho. Modifikasi Kinerja Cold Storage 10 Ton Menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamic). Jurnal Teknik Pomits Vol. 3, No. 1, (2014) ISSN: 2337-3539 (2301-9271). Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). (<http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/1638>). *Dikutip pada tanggal 10 Maret 2015*).
12. Setyo Darmanto Prihadi. 1995. Teknik Pendingin. ITB-Bandung. Stoecker W. F. 1992. Refrigeration And Air Conditioning. McGraw-Hill Book Company. New York.
13. Sulaeman Miru. 2006. Total Quality Management Perusahaan Cold Storage Eksportir Udang Di Makassar. Maret 2006, Vol 3 No. 1: 53-60 ISSN 0852-8144 (<http://digilib.itb.ac.id/.../jbptitbpp-gdl-sulaemanmi-31327-1>). *Dikutip pada tanggal 6 April 2015*)
14. Ugwu, Hyginus Ubabuiké*, Ogbonnaya, Ezenwa Alfred. 2012. IOSR Journal of Engineering May. 2012, Vol. 2(5) pp: 1234-1250. Design and adaptation of a Commercial Cold Storage Room for Umudike Community and Environs Department of Mechanical Engineering, Michael Okpara University of Agriculture, Umudike, P.M.B. 7267,

Umuahia, Abia State, Nigeria.
(www.iosrjen.org/Papers/vol2_issue5/BA2512341250. *Dikutip pada tanggal 28 April 2015*)

15. Wahyudi, 2003. Penerimaan dan Persiapan Bahan Baku Uang.
16. Bagia Pengembangan Kurikulum, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional