

DESIGN THERMAL SHOWCASE KUE

Haryanto¹, Baiti Hidayati¹

Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Sekayu, Sekayu 30711, Indonesia

Email : bayy10@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu teknologi pengawetan yang sering diterapkan manusia dalam usaha untuk memperpanjang masa simpan suatu pangan adalah pendinginan. Banyak sekali bahan pangan atau makanan yang saat ini telah menjadi produk kebutuhan manusia dimana dalam pengolahannya mengalami proses pendinginan, salah satunya adalah produk kue. Untuk menjaga kualitas kue tetap dalam kondisi yang diinginkan, dibutuhkan suatu alat yang dapat menunjang agar kue tersebut tidak cepat rusak. Tujuan dirancang bangun *showcase* kue ini adalah melakukan perhitungan total beban pendingin, dapat melakukan pemilihan komponen-komponen *showcase* kue sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan dan merancang alat *showcase* untuk kue. *Showcase* adalah suatu media yang berfungsi sebagai pemajang suatu produk yang dapat menambah nilai jual dari produk kue tersebut. Pada perancangan dan pembangunan *showcase* kue dilakukan secara bertahap. Dimulai dengan pengumpulan data, perhitungan beban pendingin meliputi : beban kalor konduksi, beban produk dan beban infiltrasi. Serta melakukan perhitungan sebagai metode untuk menentukan kapasitas daya yang dibutuhkan. Berdasarkan perancangan yang dilakukan maka komponen yang dihasilkan yaitu daya kompresor sebesar 77,46 W, daya kondensor sebesar 335,574 W, pipa kapiler panjang 1,96 m dengan diameter 0,63 mm dan daya evaporator sebesar 258,106 W serta COP yang dimiliki sebesar 3,3.

Kata Kunci :Rancang Bangun, *Show Case* Kue

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Salah satu teknologi pengawetan yang sering diterapkan manusia dalam usaha untuk memperpanjang masa simpan suatu pangan adalah pendinginan. Dimana proses pendinginan ini merupakan rangkaian dari berbagai tahapan pengolahan pangan atau makanan yang seringkali menjadi salah satu acuan dalam menentukan kualitas bahan pangan itu sendiri. Banyak sekali bahan pangan atau makanan yang saat ini telah menjadi produk kebutuhan manusia dimana dalam pengolahannya mengalami proses pendinginan, salah satunya adalah produk kue. Untuk menjaga kualitas kue tetap dalam kondisi yang diinginkan, dibutuhkan suatu alat yang dapat menunjang agar kue tersebut tidak cepat rusak.

Menjaga kualitas produk yakni menjadi tujuan utama dalam rancang bangun *showcase*, karena harus dibutuhkan perhitungan dan perencanaan yang efektif. Seperti yang telah diketahui bahwa setiap produk mempunyai jenis kalor yang berbeda-beda, misalnya produk pada kue. Kue merupakan salah satu produk yang sering dijumpai dimana saja, baik dalam acara memperingati hari lahir maupun dalam acara lainnya.

Rancang bangun *showcase* kue merupakan perencanaan dan pembuatan suatu alat pendingin kue yang bertujuan untuk menjaga kondisi kue agar tetap dalam kondisi yang diinginkan. *Showcase* adalah suatu media yang berfungsi sebagai

pemajang suatu produk yang dapat menambah nilai jual dari produk kue tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan *design thermal* ini adalah

1. Melakukan perhitungan beban total dalam perencanaan *showcase* kue.
2. Dapat melakukan pemilihan komponen-komponen *showcase* sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan.

2. Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

2.1. Refrigerasi

Sebagian besar bukti menunjukkan bahwa Cina adalah yang pertama menyimpan es dan salju alami untuk mendinginkan anggur dan makanan lezat lainnya. Barang bukti telah menemukan bahwa gudang es yang digunakan dahulu kala pada 1000 SM di Cina. (Whitmandkk,2009).

Refrigerasi adalah proses pelepasan kalor dari tempat yang tidak diinginkan. Kalor yang diambil dari makanan bertujuan untuk menjaga kualitas dan cita rasa makan tersebut. Sedangkan kalor yang diambil dari suatu ruangan bertujuan untuk menjaga kenyamanan manusia didalamnya. Banyak sekali penerapannya didalam dunia 14 ydrogen dimana kalor yang telah dilepas dari beberapa tempat atau material untuk tujuan yang diinginkan. (Miller, R. 2006 .Hal :50).

2.1.1 Showcase

Showcase adalah suatu media yang berfungsi sebagai pemajang suatu produk yang dapat menambah nilai jual dari produk tersebut. Salah satu contoh penggunaan dari *showcase* yaitu untuk

penyimpanan kue. *Showcase* dengan sistem pendingin digunakan untuk penyimpanan suatu produk tersebut agar kualitas dari suatu produk tersebut tetap dalam kondisi baik dan tidak mudah rusak sesuai dengan keinginan.



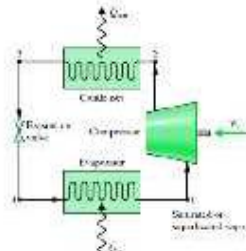
Gambar 1. Showcase Kue

Dengan adanya teknologi pengawetan makanan yang ada dan sedang berkembang saat ini hampir semua kebutuhan manusia dalam hal pangan dapat terpenuhi secara mudah, baik untuk keperluan jangka pendek maupun untuk kebutuhan dalam jangka tertentu yang relatif lama sehingga dapat membantu mempermudah dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Sekarang ini mesin *showcase* telah mengalami banyak perkembangan, sehingga penggunaan dan jenisnya lebih banyak dan bervariasi.

Sejak fitur *display case* untuk makanan di pertunjukkan untuk penjualan, kaca digunakan sebagai permukaan transparan. Permukaan kaca harus bebas dari kondensasi atau pengembunan. Untuk itu, *double* atau *tripel* lapisan kaca digunakan sebagai pencegah turunnya temperatur. Sedangkan untuk pencegahan kondensasi atau pengembunan pada permukaan kaca, digunakanlah *heater* sebagai pencegahannya. Pada bagian lainnya penggunaan bahanya bebas sesuai dengan keinginan, asalkan tidak mengganggu proses siklus kompresi uap. (Fundamentals of Refrigeration and Air Conditioning hal.352)

2.1.2 Cara kerja Sistem Kompresi Uap

Sistem kompresi uap merupakan siklus yang terbanyak digunakan dalam sistem refrigerasi. Pada siklus ini uap ditekan, dan kemudian diembunkan menjadi cairan, lalu tekanannya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali. (Wilbert F. Stoecker dan Jerold W. Jones:1982 hal. 187).



Gambar 2.Siklus kompresi uap (*fundamentals of engineering thermodynamics 5th edition moran and Shapiro*).

Sistem kompresi uap standar dapat dilihat pada gambar diagram suhu – entropi di atas. Proses pembentuk daur kompresi uap standar adalah :

1-2 Kompresi adiabatik dan reversible, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor. Proses ini terjadi di kompresor dimana uap refrigeran dengan tekanan dan temperatur rendah yang masuk ke kompresor melalui *suction line* dikompresi didalam silinder kompresor sehingga temperatur dan tekanan uap refrigeran yang keluar dari kompresor melalui *discharge line* mengalami kenaikan. Proses yang terjadi didalam kompresor diasumsikan sebagai proses *isentropic* dan besarnya kerja kompresi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut: (Dossat, R.J. 1981, hal. 123-124).

$$q_w=(h_2-h_1)$$

dengan :

q_w = Besarnya kerja kompresi (kJ/kg)

h_1 = *Enthalpy* refrigeran saat masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = *Enthalpy* refrigeran saat keluar kompresor (kJ/kg).

2-3 Pelepasan kalor reversible pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas-lanjut (*de superheating*) dan pengembunan refrigerant. Proses ini terjadi dikondensor dimana uap refrigeran bertemperatur dan bertekanan tinggi yang masuk ke kondensor melalui *discharge line* dikondensasikan didalam kondensor sehingga refrigeran yang keluar dari kondensor diharapkan berubah fasa dari fasa uap ke fasa cair. Besarnya kalor yang dilepas di kondensor dapat dinyatakan dengan persamaan berikut: (Dossat, R.J.1981, hal. 125).

$$q_c=(h_2-h_3)$$

dengan :

q_c = Besarnya kalor yang dilepas kondensor (kJ/kg)

h_2 = *Enthalpy* refrigeran saat masuk kondensor (kJ/kg)

h_3 = *Enthalpy* refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg).

3-4 Ekspansi tidak-reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator. 4-1 Penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh. (Wilbert F. Stoecker dan Jerold W. Jones:1982 halm. 184-185). Proses ini terjadi di evaporator dimana refrigeran cair yang masuk ke evaporator menyerap kalor dari ruangan atau media yang hendak didinginkan dengan adanya penyerapan kalor tersebut maka refrigeran diharapkan berubah fasa dari fasa cair menjadi fasa uap jenuh (saturasi). Besarnya kalor yang diserap oleh refrigeran di evaporator dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut: (Dossat, R J. 1981, hal. 123)

$$q_e=(h_1-h_4)$$

dengan :

q_e = Besarnya kalor yang diserap evaporator (kJ/kg)

h_1 = *Enthalpy* refrigeran saat masuk evaporator (kJ/kg)

h_4 = *Enthalpy* refrigeran saat keluar evaporator (kJ/kg).

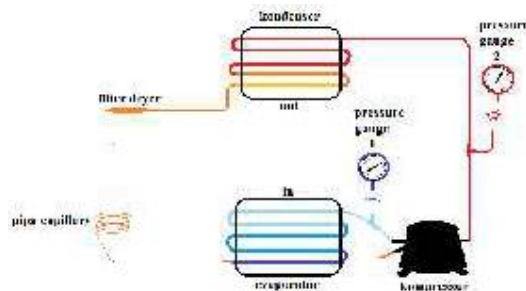
2.2 Show Case

Pada dasarnya *Show Case* adalah mesin refrigerasi yang digunakan sebagai alat penyimpanan daging-dagingan ataupun lain sebagainya dengan

temperatur penyimpanan produk sesuai yang diinginkan. Sama halnya *Show Case* yaitu mesin refrigrasi yang digunakan sebagai penyimpanan suatu produk yang memiliki kapasitas yang terbatas. *Show Case* yang dirancang untuk penyimpanan Sosis dengan kapasitas 10 Kg, dimana suhu Sosis dijaga tetap dingin (*cooler*), dengan temperatur 0°C. Pada Tabel 2.2 Tabel penyimpanan beberapa penyimpanan produk (Althouse, et. Al. 2000. Hal :382).

2.2.1 Prinsip Kerja Show Case

Prinsip kerja *Show Case* ini sama halnya dengan freezer kebanyakan yang mana sebagai penggerak fluida kerja (*refrigerant*) atau pensirkulasi siklus yaitu *compressor* hermetik seperti tertera pada diagram pemipaan sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram Pemipaan

Pada gambar diatas, *refrigerant* keluaran evaporator yang bertekanan rendah di hisap oleh kompresor untuk dinaikkan tekanannya, tujuan dinaikkannya tekanan yaitu agar terjadi perbedaan tekanan antara tekanan tinggi dan tekanan rendah. Sehingga *refrigerant* dapat bersikulasi karena tekanan yang tinggi akan mengalir ke tekanan yang lebih rendah. *Refrigerant* yang masuk ke kondenser akan dipindahkan panasnya ke lingkungan oleh koil kondensator, yang mana fungsi kondensator yaitu untuk memindahkan panas. Pada kondenser terjadi proses perpindahan panas dari *refrigerant* ke udara secara alami. Sehingga pada kondenser terjadi pengembunan (perubahan wujud dari gas ke cair). Kemudian *refrigerant* bersikulasi menuju *filter drier*, *filter drier* berfungsi untuk menyaring partikel asing yang berada didalam sistem. Setelah itu *refrigerant* menuju pipa kapiler. Alat ekspansi berfungsi untuk menurunkan tekanan *refrigerant* karena apabila tekanan *refrigerant* turun maka suhunya juga akan turun. Kemudian *refrigerant* keluaran ekspansi yang memiliki suhu yang rendah tersebut akan disirkulasikan menuju evaporator untuk menyerap kalor yang ada didalam kabin atau ruang pendingin. Pada evaporator terjadi proses evaporasi atau penguapan. Sehingga terjadi perubahan wujud dari cair menjadi gas. Kemudian *refrigerant* keluaran evaporator dihisap lagi oleh kompresor untuk dinaikkan tekanannya dan proses ini berlangsung secara terus menerus. Siklus ini disebut juga siklus kompresi uap, karena dalam siklus ini terjadi penguapan dan penekanan

refrigeran. Penguapan terjadi pada unit evaporator, kemudian proses kompresi terjadi pada unit kompresor (Althouse, et. Al. 2000. Hal :382).

2.2.2 Komponen Show Case

Komponen Refrigerasi

1. Kompresor

Kompresor adalah jantung dari kompresi uap. Kompresor yang akan digunakan pada rancang bangun kulkas mini sistem kompresi uap ini adalah jenis kompresor hermetik. Pada kompresor hermetik dipergunakan sambungan las sehingga rapat udara. Pada kompresor semi-hermetik dengan rumah terbuat dari besi tuang, bagian-bagian penutup dan penyambungannya masih dapat dibuka. (Wilbert F. Stoecker dan Jerold W. Jones:1982 hal. 195).

2. Kondensator

Kondensator adalah penukar kalor atau suatu alat untuk merubah bahan pendingin dari bentuk gas menjadi cair. Udara yang mendinginkan kondensator dapat mengalir karena aliran udara secara alamiah atau aliran udara yang ditiupkan oleh fan motor. Mesin refrigrasi yang kecil seperti lemari es memakai kondensator dengan pendinginan udara secara alamiah yang disebut dengan kondensator statis. (Wilbert F. Stoecker dan Jerold W. Jones:1982 hal.220).

3. Evaporator

Sebuah evaporator dalam sistim refrigrasi adalah suatu pesawat penukar kalor yang memindah kalor dari zat-zat yang diinginkan ke refrigeran. Pada prinsipnya perpindahan panas yang terjadi dalam evaporator sama dengan perpindahan panas yang terjadi pada kondensator. (Wilbert F. Stoecker dan Jerold W. Jones:1982 hal.220)

4. Pipa Capillary

Pipa kapiler dibuat dari tembaga dengan diameter lubang dalam yang sangat kecil. Panjang dan lubang pipa kapiler dapat mengontrol jumlah bahan pendingin yang masuk evaporator. Karena tekanan dan temperature cairan dari kondensator terlalu tinggi untuk terjadinya penguapan dalam kondisi ruangan, maka digunakan pipa kapiler (liquid control device) yang bekerja suatu tahanan aliran fluida (bahan pendingin cair). Dengan adanya tahanan tersebut, tekanan fluida akan turun dan sebagian kecil cairan pendingin menguap (Flash Gas). Penguapan ini akan menyerap kalor dari cairan pendingin, sehingga temperature cairan berkurang sampai temperature jenuh pada tekanan yang berkurang tersebut. (Sistem Refigrasi dan Tata Udara jilid 2, Widodo Sapto dkk).

5. Refrigerant

Bahan pendingin adalah suatu zat yang mudah di rubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya, dipakai untuk mengambil panas dari evaporator dan melepasnya di kondensator (Whitman, Bill, 2009, hal.40). Bahan pendingin diantaranya yang dewasa ini banyak dan secara umum digunakan Refrigerant-11 (R-11), R-12, R-

13, R-22, R-404 A, R-134a. Refrigeran merupakan media pendingin yang bersirkulasi di dalam sistem refrigerasi kompresi uap. Refrigeran mudah berubah fasa dari fasa cair menjadi fasa uap dengan menyerap kalor dari produk yang didinginkan di evaporator.

2.3 Rancang Bangun Show Case

2.3.1 Beban Pendingin

a. Beban Kalor Transmisi

Beban kalor transmisi adalah beban kalor yang merambat melalui dinding. Menurut buku ASHRAE (2006), dapat di cari menggunakan persamaan berikut :

$$Q_h = U \times A \times \Delta t$$

Keterangan :

- Q_h = Laju aliran kalor transmisi (W)
- U = Koefisien perpindahan kalor (W/m².K)
- A = Luas permukaan benda (m²)
- Δt = Perbedaan temperatur (°K)

Untuk mencari nilai Koefisien perpindahan kalor :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_{ext}} + \dots + \frac{1}{h_{int}}}$$

Keterangan :

- K = Konduktivitas thermal material (W/m².K)
- h_i = Koefisien konveksi permukaan udara dalam (W/m².K)
- h_o = Koefisien konveksi permukaan udara luar (W/m².K)
- x = Ketebalan material atau bahan (m)
- U = Koefisien perpindahan kalor (W/m².K).

b. Beban kalor dari produk

- a) Kalor yang dilepaskan untuk mengurangi temperatur produk akibat produk tersebut disimpan dalam temperatur penyimpanan.
- b) Kalor yang dikeluarkan oleh produk dalam penyimpanan. Hal ini terjadi karena peleburan kalor laten dari produk. Produk yang dimasukkan dalam ruangan kabin penyimpanan. Jika produk mempunyai temperatur lebih tinggi dari temperatur ruang kabin penyimpanan maka akan melepaskan kalor sampai temperatur sama dengan temperatur ruangan kabin penyimpanan.

ASHRAE, 2006. Handbook-Refrigeration (SI)

Chapter 9

Material	Density			Thermal Conductivity			Specific Heat			Latent Heat of Fusion
	kg/m ³	lb/ft ³	Sp. Gr.	W/m.K	Btu/ft-hr-°F	BTU/lb-°F	J/kg-°C	Btu/lb-°F	BTU/lb-°F	
Aluminum	2700	169	2.7	177	10.4	0.21	880	0.88	105	335
Asphalt	2200	138	2.2	0.16	0.96	0.023	1000	0.42	100	315
Copper	8960	555	8.96	386	23.0	0.54	385	1.58	105	335
Ice	920	57.2	0.92	0.22	13.3	0.0053	2000	0.84	335	335
Steel	7850	490	7.85	45	2.69	0.063	480	2.01	105	335
Wood	700	43.5	0.7	0.12	7.15	0.0029	1700	0.71	100	315
Zinc	7140	444	7.14	117	7.05	0.16	380	1.58	105	335

Beban produk adalah beban panas dari sebuah produk dari temperatur awal ke titik beku suatu produk tersebut. Perhitungan beban produk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :(ASHRAE, 2006. chapter 13)

1. Panas yang dibuang dari temperatur awal ke temperatur dingin (diatas titik beku produk) sebagai berikut:
Q₁ = m.c₁ (t₁ - t₂)
2. Panas yang dibuang dari temperatur dingin produk ke titik beku produk (Q_{sensible}) sebagai berikut :
Q₂ = m.c₁ (t₁ - t_f)
3. Panas yang dibuang untuk membekukan produk (Q_{latent}) sebagai berikut :
Q₃ = m.h_{if}
4. Panas yang dibuang dari titik beku ke temperatur akhir yang diinginkan sebagai berikut :
Q₄ = m.c₂ (t_f - t₃)

Keterangan :

- Q₁, Q₂, Q₃, Q₄ = panas yang dibuang, (kJ)
- m = massa produk (kg)
- c₁ = specific heat of product above freezing (kJ/ kg.K)
- c₂ = specific heat of product below freezing (kJ/ kg.K)
- t₁ = initial temperature of product above freezing (°C)
- t₂ = lower temperature of product above freezing (°C)
- t₃ = final temperature of product below freezing (°C)
- t_f = freezing temperature of product (°C)
- h_{if} = latent heat of fusion of product kJ/kg

Tabel 2 Thermal Properties of Food (baker's)

$$Q_{\text{produk}} = Q_{\text{above}} + Q_{\text{below}} + Q_{\text{laten}} / \text{waktu pendinginan}$$

c. Beban Infiltrasi

Beban infiltrasi adalah beban panas yang terjadi karena adanya pertukaran udara. Udara yang telah dingin didalam *showcase* akan keluar dan udara lingkungan akan masuk ke dalam *showcase*. Beban ini dapat dihitung dengan persamaan : (ASHRAE, 2006. chapter 13)

$$Q_t = q \cdot Dt \cdot Df \cdot (1-E)$$

Ket:

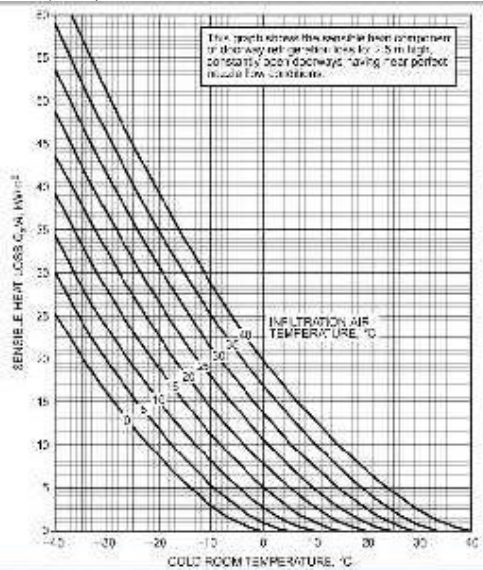
Q_t = rata-rata *heat gain* untuk 24 jam (kW)

q = beban pendingin sensibel dan laten untuk aliran secara menyeluruh (kW)

Dt = faktor waktu pintu terbuka

Df = doorway flow factor (0.8)

E = effectiveness of doorway protective device (0.95)



Gambar 4. Sensible Heat Gain by Air Exchange for Continuously Open Door with Fully Established Flow (Ashrae, 2006. chapter 13)

$$Dt = \frac{(P \cdot O + 6 \cdot \theta)}{\theta d}$$

Ket:

Dt = decimal portion of time doorway is open

P = jumlah pintu (1)

p = waktu pintu terbuka dalam jam (jam)

o = lama waktu pintu terbuka (jam)

d = waktu dalam sehari (jam)

Tabel 2.2 Sensible Heat Ratio R_s , for Infiltration (ASHRAE, 2006. chapter 13)

Outdoor Cond.		Cold Space at 90% rh Dry-Bulb Temperature, °C										
DB	WB	rh	-30	-25	-20	15	10	5	0	5	10	15
°C	°C	%										
30	19.7	30	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67
	21.8	40	0.71	0.69	0.68	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60
	23.9	50	0.66	0.64	0.62	0.60	0.59	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53
	25.8	60	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44
35	18.0	20	0.80	0.79	0.78	0.77	0.77	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73
	21.6	30	0.72	0.71	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62
	24.0	40	0.66	0.64	0.63	0.61	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54
	26.3	50	0.61	0.59	0.57	0.55	0.54	0.53	0.51	0.49	0.48	0.47
	28.3	60	0.56	0.54	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.41	0.40
40	20.7	20	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67
	23.6	30	0.68	0.66	0.65	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57
	26.2	40	0.61	0.59	0.58	0.56	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49
	28.6	50	0.55	0.54	0.52	0.50	0.48	0.47	0.45	0.43	0.41	0.40

$$q = 0.577 \cdot W \cdot H^{1.5} (Q_s / A) \cdot (1/R_s)$$

Ket :

q = beban pendingin sensibel dan laten (kW)

Q_s/A = beban panas sensibel infiltrasi udara per pintu terbuka. Dapat dilihat pada gambar 2.12 (6 kW/m²)

W = lebar pintu keluar masuk (0,25 m)

R_s = rasio panas sensibel infiltrasi udara.

d. Safety Factor

Umumnya, beban dihitung dengan faktor 10 % untuk memungkinkan kemungkinan perbedaan antara kriteria desain dan operasi aktual. *Safety factor* adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum. (ASHRAE, 2006. chapter 13 hal 13.7)

$$\text{Safety factor} = Q_{\text{transmisi}} + Q_{\text{infiltrasi}} + Q_{\text{produk}} \times 10\%$$

2.3.2 Coeffecience of Performance (COP)

Kualitas unjuk kerja suatu sistem refrigerasi yang dapat dinyatakan dengan suatu angka hasil perbandingan antara energi yang diserap dari udara ruang dan energi yang digunakan untuk mengkompresi gas di kompresor. Perbandingan kedua energi tersebut lazim disebut sebagai koefisien unjuk kerja dari siklus refrigerasi atau *Coefficient Of Performance* (COP). (Hasan, dkk. 2008 hal 153).

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

Keterangan :

Q_{in} = jumlah kalor yang diserap evaporator (Watt)

COP = *Coefficient Of Performance*

W_k = Daya kompresor, (Watt)

2.3.3 Pemilihan Komponen

Dalam proses menentukan komponen – komponen diharapkan dapat melakukan perhitungan terlebih dahulu agar penentuan kapasitas dapat lebih efisien. Dan jika suatu produk pasaran (*market*) tidak ada yang sama dengan kapasitas yang dibutuhkan, maka dapat digunakan suatu komponen yang lebih besar kapasitasnya atau yang lebih mendekati nilai yang sebenarnya.

a. Kompresor

Dalam konsep rancang bangun *showcase* kue, komponen yang dipilih tidak boleh lebih rendah dari kapasitas pendinginan yang direncanakan, karena komponen-komponen refrigerasi yang digunakan tidak boleh bekerja terlalu berat. Untuk menentukan komponen kompresor, maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut : (Moran dan Shapiro, 2006)

$$k = \frac{Q_{in}(h_2 - h_1)}{ER} \tag{17}$$

Keterangan :

- k = daya kompresor (kJ/s)
- = laju aliran refrigerant (kg/s)
- Q_{in} = jumlah kalor yang diserap evaporator (Watt)
- ER = dampak refrigerasi ($h_1 - h_4$) (kJ/kg)
- h_2 = *enthalpy* pada titik 2 (kJ/kg)
- h_1 = *enthalpy* pada titik 1 (kJ/kg)

b. Kondensator

Untuk menentukan komponen kondensator, maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut : (Moran dan Shapiro, 2006 hal.473)

$$Q_k = \frac{Q_{in}(h_2 - h_3)}{ER} \tag{18}$$

Keterangan :

- Q_k = besarnya kalor yang dilepas kondensator (kW)
- = laju aliran refrigerant (kg/s)
- h_2 = *enthalpy* pada titik 2 (kJ/kg)
- h_3 = *enthalpy* pada titik 3 (kJ/kg)

c. Pipa Kapiler

Diameter dan panjang pipa kapiler ditetapkan berdasarkan jenis refrigeran, kapasitas pendinginan, temperatur evaporasi, temperatur kondensasi dan *suction* temperatur yang direncanakan. Untuk menentukan komponen pipa kapiler kali ini menggunakan *software DanCap (Danfoss Capillary Tube Selector)* dengan memasukan data sesuai perintah pada *software* seperti : *Refrigerant, Heat load of system, Evaporating temperature, Condensing temperature, dan Return gas temperature*. Setelah memasukan data pada perencanaan tersebut maka akan muncul rekomendasi panjang dan diameter pipa kapiler yang akan digunakan.

d. Evaporator

Untuk menentukan komponen evaporator, maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut : (Moran dan Shapiro, 2006 hal.473)

$$Q_e = \frac{Q_{in}(h_1 - h_4)}{ER} \tag{19}$$

Keterangan :

- Q_e = besarnya beban pendingin (kW)
- = laju aliran refrigerant (kg/s)
- h_1 = *enthalpy* pada titik 1 (kJ/kg)
- h_4 = *enthalpy* pada titik 4 (kJ/kg)

Untuk menentukan berapa kapasitas evaporator yang dijual di pasaran adalah sebagai

berikut : (*Australian Refrigeration & Air Conditioning Vol 12002* hal. 4.26)

$$Q_h = A.U.TD$$

Keterangan :

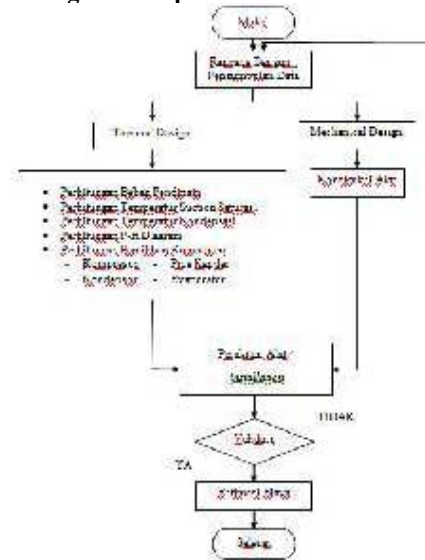
- Q_h = besarnya beban pendingin (W)
- A = luas area (m²)
- U = *heat transfer coefficients* (15 W/m².K)
- TD = beda temperatur antara kabin dan lingkungan(K)

Table 2.6 U Faktor
(*Australian Refrigeration and Air Conditioning Volume 1*)

Application	U Factor W/m ² .K
Natural-convection evaporator, heavily iced.	3.0 to 4.5
Natural-convection evaporator, moderate icing.	5.5
Natural-convection, no icing.	7.0
Forced-convection evaporator, moderate icing.	10 to 15

3. Metodologi Penelitian

3.1 Diagram alir perencanaan



Gambar 5. Diagram alir perencanaan

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengumpulan Data Rancang Bangun *Showcase* Kue

Showcase ini dibuat untuk proses penyimpanan kue dengan kapasitas kue lebih kurang 2 kg, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. Dimensi ruang penyimpanan *showcase* kue yaitu 70 cm x 38 cm x 25 cm dengan volume 66500 cm³ = 0,0665 m³
- b. Suhu evaporator yang direncanakan yaitu -5⁰C
- c. Suhu ruangan yang direncanakan yaitu 10-15⁰C
- d. Suhu kondensasi 43⁰C
- e. Suhu lingkungan 32⁰C
- f. Jenis material penyimpanan kue adalah kaca.

4.2. Thermal Design

Thermal Design merupakan desain termal yang masuk dalam suatu sistem. Perhitungan desain termal meliputi :

- Perhitungan beban pendingin (beban kalor konduksi, produk dan infiltrasi).
- Perhitungan temperatur *suction* saturasi dan temperatur kondensasi.
- P-H Diagram.
- Pemilihan komponen.

Berikut merupakan masing-masing perhitungan dari desain termal.

4.2.1. Perhitungan Beban Pendingin

Perhitungan beban pendingin meliputi :

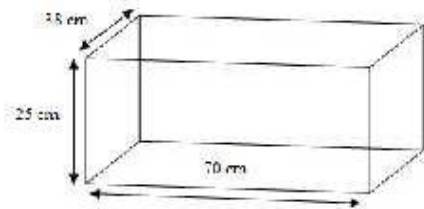
- Beban kalor konduksi
- Beban infiltrasi
- Beban produk
- Total beban pendingin

a. Beban Kalor Konduksi

Table 4.1 Material ruang penyimpanan mesin *showcase* kue

Nama Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas termal (W/m.K)
Kaca	0,005	1,053

Ket: (Nilai K kaca didapat dari BadanStandarisasi Nasional SNI 6389:2011)



Gambar 6 Dimensi ruang penyimpanan pada mesin *showcase* kue

Diketahui :

- Jenis material yang digunakan pada ruang penyimpanan adalah kaca
- Tebal kaca (x) = 5 mm = 0,005 m
- Temperatur lingkungan (t_o) = 32°C
- Temperatur penyimpanan (t_i) = 15°C
- Nilai konduktivitas thermal kaca = 1,053 W/m.K
- Nilai h_i dan h_o = 1,6 W/m.K (*Chapter 13 Refrigeration Load*)

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

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{1,6} + \frac{0,005}{1,053} + \frac{1}{1,6}}$$

$$= 0,797 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\Delta T = t_o - t_i$$

$$= 32 - 15$$

$$= 17 \text{ K}$$

Penyelesaian :

- Beban kalor konduksi melalui dinding
Luas dinding sisi depan dan dinding sisi belakang :

$$A_{DB} = 2 \cdot (P \times L)$$

$$= 2 \cdot (70 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}) = 0,35 \text{ m}^2$$

Luas dinding sisi kiri dan dinding sisi kanan :

$$A_{KK} = 2 \cdot (P \times L)$$

$$= 2 \cdot (38 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}) = 0,19 \text{ m}^2$$

Luas total dinding :

$$A_{DB} + A_{KK} = 0,35 \text{ m}^2 + 0,19 \text{ m}^2 = 0,54 \text{ m}^2$$

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

$$= 0,797 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 0,54 \text{ m}^2 \cdot 17 \text{ K}$$

$$= 7,31646 \text{ W}$$

- Beban kalor konduksi melalui atap

Luas atap :

$$A = (P \times L)$$

$$= (70 \text{ cm} \times 38 \text{ cm}) = 2600 \text{ cm}^2$$

$$= 0,266 \text{ m}^2$$

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

$$= 0,797 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 0,266 \text{ m}^2 \cdot 17 \text{ K}$$

$$= 3,604034 \text{ W}$$

- Total beban kalor konduksi

$$Q_{\text{total transmisi}} = Q_{\text{dinding}} + Q_{\text{atap}}$$

$$= 7,31646 \text{ W} + 3,604034 \text{ W}$$

$$= 10,92 \text{ W}$$

b. Beban Infiltrasi

Diketahui :

- Df = 0,8
- E = 0,95
- W = 0,25 m
- H = 0,25 m
- Qs/A = 6 kW/m²
- Rs = 0,62

Penyelesaian :

$$Q_t = q \cdot Dt \cdot Df \cdot (1-E)$$

$$= 0,174 \text{ kW} \cdot 0,0361 \cdot 0,8 \cdot (1-0,95)$$

$$= 0,174 \text{ kW} \cdot 0,0361 \cdot 0,8 \cdot 0,05$$

$$= 0,251 \text{ W}$$

$$q = 0,577 \cdot W \cdot H^{1,5} \cdot (Q_s / A) \cdot (1/R_s)$$

$$= 0,577 \cdot 0,25 \text{ m} \cdot (0,25 \text{ m})^{1,5} \cdot (6 \text{ kW/m}^2) \cdot (1/0,62)$$

$$= 0,174 \text{ kW}$$

$$Dt = \frac{(F \cdot \theta_p + G \cdot \theta_u)}{U}$$

$$= \frac{(1,2 + 6 \cdot 5)}{3 \cdot 2,5}$$

$$= \frac{(1,2) + (6 \cdot 5)}{3 \cdot 2,5}$$

$$= \frac{3}{9} = 0,361$$

c. Beban Produk

Diketahui :

- Temperatur lingkungan = 32°C
- Temperatur penyimpanan = 15°C

c. Massa produk yang direncanakan 2 kg

Table 4. Thermal Properties of Food (baker's)
(ASHRAE, 2006. Handbook-Refrigeration (SI)
Chapter 9)

Material	Specific Heat (kJ/kg.K)				Thermal Conductivity (W/m.K)				Thermal Diffusivity (m²/s)			
	0°C	5°C	10°C	15°C	0°C	5°C	10°C	15°C	0°C	5°C	10°C	15°C
Aluminum	0.90	0.88	0.86	0.84	204	204	204	204	9.7e-5	9.7e-5	9.7e-5	9.7e-5
Copper	0.38	0.38	0.38	0.38	401	401	401	401	1.1e-4	1.1e-4	1.1e-4	1.1e-4
Ice	2.0	2.0	2.0	2.0	0.22	0.22	0.22	0.22	1.3e-7	1.3e-7	1.3e-7	1.3e-7
Water	4.2	4.2	4.2	4.2	0.6	0.6	0.6	0.6	1.4e-7	1.4e-7	1.4e-7	1.4e-7

Penyelesaian :
 $\Delta T = 32 - 15 = 17 K$
 $C_1 = 3,55 \text{ kJ/kg.K}$
 (ASHRAE, 2006. Chapter 9)

$$Q_{kue} = m \cdot c_1 (t_1 - t_2)$$

$$= 2 \text{ kg} \cdot 3,55 \text{ kJ/kg.K} \cdot 17 K$$

$$= 120.7 \text{ kJ}$$

$$Q_{produk} = \frac{Q}{\eta \left(\frac{3}{1} \right)}$$

$$= \frac{120.7}{1.7}$$

$$= 0,01341 \text{ kJ/s}$$

$$= 13,41 \text{ W}$$

Catatan : Untuk beban produk perhitungan pada Q laten dan Q below tidak dihitung karena perencanaan temperatur penyimpanan/kabin ialah 15°C tidak sampai minus (-) sehingga tidak terjadi perubahan fasa pada produk. Seperti yang diketahui Qlaten ialah panas yang dibuang untuk membekukan produk, sedangkan produk yang direncanakan tidak sampai dibekukan.

d. Total Beban Pendingin

$$Q_{total} = Q_{transmisi} + Q_{produk} + Q_{infiltrasi}$$

$$= 10,92 \text{ W} + 13,41 \text{ W} + 0,251 \text{ W}$$

$$= 24,581 \text{ W}$$

$$\text{Equipment Capacity (EP)} = Q_{total} \times 24 / \text{running time}$$

$$= 24,581 \text{ W} \times 24 \text{ jam} / 2,5 \text{ jam} = 235,97 \text{ W}$$

$$Q_{safety} = EP \times 10 \%$$

$$= 235,97 \text{ W} \times 10 \%$$

$$= 23,597 \text{ W}$$

$$Q_{in total} = EP + Q_{safety}$$

$$= 235,97 \text{ W} + 23,597 \text{ W}$$

$$= 259,567 \text{ W}$$

$$= 0,259 \text{ kJ/s}$$

4.2.2 Perhitungan Temperatur Suction Saturasi Dan Kondensasi

1. Temperatur Suction Saturasi (Evaporasi)
 - Temperatur penyimpanan = 15°C
 - Temperature Difference = 20 K (Diapat dari tabel AUSTRALIAN AND AIR CONDITIONING VOLUME 2)
 - Refrigerant Temperature = Room Temp.
 - Temp. Difference = 15°C - 20 K = - 5°C
 - Tekanan suction Refrigeran R-134a pada saat suhu - 5°C = 2,434 bar
 - Jadi, temperature evaporasi = -5°C
 - Tekanan 2,434 bar didapat dari tabel saturasi dari software coolpack.
2. Temperatur Kondensasi
 - Temperatur Evaporasi = - 5°C
 - Temperatur Lingkungan = 32°C
 - Beda Temperatur = 11°C (Diapat dari tabel AUSTRALIAN AND AIR CONDITIONING VOLUME 2)
 - Temperatur Kondensasi = Temp. Lingkungan + Beda Temperatur = 32°C + 11°C = 43°C
 - Tekanan R-134a pada suhu 43°C = 11,007 bar
 - Jadi, temperatur kondensasi = 43°C
 - Tekanan 11,007 bar didapat dari tabel saturasi dari software coolpack.

4.2.3 P-H Diagram

Setelah mengetahui temperatur evaporasi dan kondensai, selanjutnya perhitungan p-h diagram dengan menggunakan temperatur dan tekanan evaporasi dan kondensasi. Pada perhitungan p-h diagram kali ini menggunakan software coolpack.

Diketahui :
 Temperatur evaporasi = -5°C (P = 2,4 bar)
 Temperatur kondensasi = 43°C (P = 11,0 bar)
 Temperatur evaporasi dan kondensasi didapat setelah melakukan perhitungan dan tekanan didapat dari software coolpack.

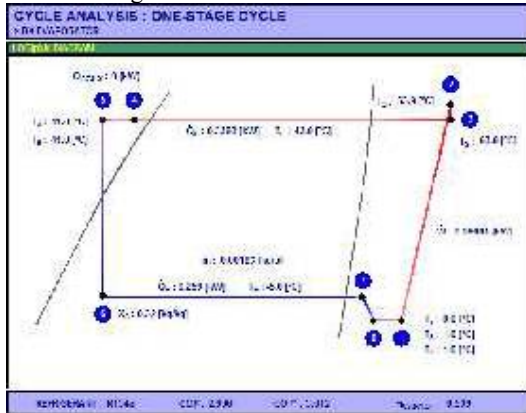
Penyelesaian :
 a. Cycle specification



Gambar 7 cycle specification
 Proses ini merupakan proses dimana meng input atau memasukan data perencanaan guna

mengetahui P-H diagram dan nilai COP pada perencanaan rancang bangun.

b. P-H Diagram



Gambar 8. P-H Diagram

Tahap ini merupakan tahap lanjutan dari *cycle specification*, dimana setelah meng *input* data perencanaan pada tahap *cycle specification* akan muncul P-H Diagram dan nilai COP untuk perencanaan sesuai dengan data yang di *input*. *Pressure drop* pada kondensor (titik 2 dan 3) dan evaporator (titik 7 dan 8), terjadi karena uap *refrigerant* masuk ke ruang yang lebih besar, adanya *losses* akibat belokan, gesekan antara fluida dan dinding pipa, kebocoran, atau isolasi yang kurang baik pada saluran atau pompa sehingga proses tidak isobarik tekanan tidak konstan. (Refrigerasi dan Pengkondisian Udara W.F.Stoecker,1992 : 191)

c. State point

STATE POINTS				
STATE POINT	TEMPERATURE (°C)	PRESSURE (MPa)	ENTHALPY (kJ/kg)	DENSITY (kg/m ³)
1	1.0	218.0	245.2	11.5
2	83.9	1115.0	291.8	48.0
3	83.8	1101.1	293.11	47.8
4	41.0	1101.1	308.6	1143.3
5	41.0	1101.1	106.6	1143.3
6	-5.0	243.4	106.6	---
7	0.0	243.4	248.1	11.5
8	1.0	218.0	248.2	11.5

Gambar 9. State point

Pada *state point*, nilai – nilai seperti *temperature, enthalpy, pressure* and *density* semuanya tersedia pada tabel *state point*. Masing – masing penomoran pada tabel *state point* dapat dilihat dari gambar P-H Diagram sebelumnya.

Sehingga didapat data sebagai berikut :

- $h_1 = 249,2$ kJ/kg yaitu *enthalpy* pada titik 1 pada *state point* pada diagram p-h
- $h_2 = 292,0$ kJ/kg yaitu *enthalpy* pada titik 3 pada *state point* pada diagram p-h
- $h_3/h_4 = 106,6$ kJ/kg yaitu *enthalpy* pada titik 5 dan 6 pada *state point* pada diagram p-h

4.2.4 Pemilihan Komponen

Komponen – komponen yang dipilih adalah sebagai berikut :

- a. Kompresor
- b. Kondensor
- c. Evaporator
- d. Pipa kapiler

Adapun cara perhitungan pemilihan komponen ialah sebagai berikut :

a. Kompresor

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 h_1 &= 249,2 \text{ kJ/kg} \\
 Q_{in} &= 0,259 \text{ kJ/s} \\
 h_2 &= 292,0 \text{ kJ/kg} \\
 h_3/h_4 &= 106,6 \text{ kJ/kg} \\
 ER &= h_1 - h_4 \\
 &= 249,2 \text{ kJ/kg} - 106,6 \text{ kJ/kg} = 142,6 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 \dot{W}_k &= \dot{m} \cdot (h_2 - h_1) \\
 \dot{m} &= Q_{in} / ER \\
 &= \frac{0,259 \text{ kJ/s}}{142,6 \text{ kJ/kg}} \\
 &= 0,00181 \text{ kg/s} \\
 \dot{W}_k &= \dot{m} \cdot (h_2 - h_1) \\
 &= 0,00181 \text{ kg/s} \cdot (292,0 \text{ kJ/kg} - 249,2 \text{ kJ/kg}) \\
 &= 0,00181 \text{ kg/s} \cdot 42,8 \text{ kJ/kg} \\
 &= 0,077468 \text{ kJ/s} = 77,46 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka kapasitas kompresor yang dibutuhkan adalah 77,46 W. Sedangkan kompresor yang tersedia di pasaran yang mendekati dengan kapasitas yang direncanakan yaitu 1/8 HP atau sekitar 93 W. Jadi, kompresor yang digunakan yaitu kompresor hermetik dengan kapasitas 1/8 HP.

b. Kondensor

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \dot{m} &= 0,00181 \text{ kg/s} \\
 h_2 &= 292,0 \text{ kJ/kg} \\
 h_3/h_4 &= 106,6 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 Q_k &= \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) \\
 &= 0,00181 \text{ kg/s} \cdot (292,0 \text{ kJ/kg} - 106,6 \text{ kJ/kg}) \\
 &= 0,00181 \text{ kg/s} \cdot 185,4 \text{ kJ/kg} \\
 &= 0,335574 \text{ kJ/s} \\
 &= 335,574 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas kapasitas kondensor yang harus digunakan yaitu 335,574 W.

c. Evaporator

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \dot{m} &= 0,00181 \text{ kg/s} \\
 h_1 &= 249,2 \text{ kJ/kg} \\
 h_3/h_4 &= 106,6 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \dot{m} \cdot (h_1 - h_4) \\
 &= 0,00181 \text{ kg/s} \cdot (249,2 \text{ kJ/kg} - 106,6 \text{ kJ/kg}) \\
 &= 0,00181 \text{ kg/s} \cdot 142,6 \text{ kJ/kg} \\
 &= 0,258106 \text{ kJ/s} \\
 &= 258,106 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Evaporator pada komponen yang digunakan :

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 40,5 \text{ cm (405 mm)} \\
 \text{Lebar} &= 25,5 \text{ cm (255 mm)}
 \end{aligned}$$

Luas Area = 11033 cm² (1,1033 m²) (didapat dari *catalog*)

U = 15 W/m².K (didapat dari tabel *Australian Refrigeration and Air Conditioning Volume 1*)

TD = 17 K

Penyelesaian :

$$Q_h = A \times U \times TD$$

$$= 1,1033 \text{ m}^2 \times 15 \text{ W/m}^2.\text{K} \times 17 \text{ K}$$

$$= 281,34 \text{ W}$$

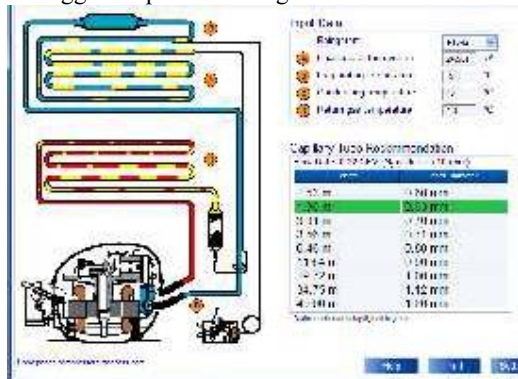
Berdasarkan perhitungan diatas kapasitas komponen evaporator yang harus digunakan yaitu 258,106 W. Sedangkan kapasitas komponen evaporator yang dibeli dipasaran ialah 281,34 W.

d. Pipa Kapiler

Untuk menentukan komponen pipa kapiler dapat menggunakan *software DanCap (Danfoss Capillary Tube Selector)* dengan memasukan data perencanaan sebagai berikut :

- Refrigerant = R-134a
- Evaporating temperature = -5⁰C
- Condensing temperature = 43⁰C

Sehingga didapat data sebagai berikut :



Gambar 10. Pemilihan Komponen pipa kapiler menggunakan *software DanCap*

Dari gambar diatas dapat diketahui rekomendasi panjang dan diameter pipa kapiler yang harus digunakan. Jadi, panjang pipa kapiler yang direkomendasikan harus digunakan yaitu 1,96 m dengan diameter pipa kapiler yaitu 0,63 mm. Dengan catatan panjang pipa kapiler dapat diubah sesuai kondisi pada saat pengujian alat yang direncanakan dan diameter pipa kapiler sesuai dengan ketersediaan bahan di pasaran.

e. Coefficient Of Peformance (COP)

Diketahui :

$$Q_{in} = 0,259 \text{ kJ/s}$$

$$W_k = 0,077468 \text{ kJ/s}$$

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

$$= \frac{0,2 \text{ kJ/s}}{0,07 \text{ kJ/s}}$$

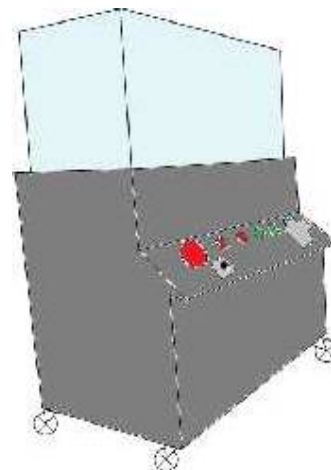
$$= 3,3$$

4.3. Mechanical Design

Mechanical Design, merupakan proses tahap penentuan desain mesin apa yang akan digunakan dan di buat sesuai dengan perencanaan. Pada rancang bangun *showcase* kue kali ini desain mesin yang dipilih yaitu mesin pendingin dengan sistem kompresi uap dimana siklus mesin pendingin yang menggunakan proses penguapan dalam menyerap panas dengan menggunakan media pendingin refrigeran atau Freon serta peralatan utama yang meliputi : kompresor, kondensor, pipa kapiler, evaporator dan refrigerant pada sistem pendingin yang berfungsi sebagai media pendingin yang mengalami proses penguapan sekaligus menyerap panas.

4.3.2. Konstruksi Alat

Konstruksi alat, merupakan proses penentuan bentuk dari suatu alat yang akan dibuat sesuai dengan perencanaan. Adapun konstruksi alat yang di rencanakan ialah sebagai berikut :



Gambar 11. Sketsa Alat

5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan pada rancang bangun *showcase* kue kapasitas 1/8 HP, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Rancang bangun *showcase* kue menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap.
- b. Perhitungan dan perencanaan p-h diagram menggunakan *software coolpack*.
- c. Dimensi ruang penyimpanan *showcase* kue yaitu 70 cm x 38 cm x 25 cm dengan volume 66500 cm³ = 0,0665 m³.
- d. Berdasarkan hasil perhitungan beban pendingin yang dihasilkan adalah beban produk 13,41 W, beban kalor konduksi 10,92 W, beban infiltrasi 0,251 W, *equipment capacity* 235,97 W dan *safety*

- factor* 10 % dengan total beban pendingin sebesar 259,567 W.
- e. Temperatur evaporasi -5°C dengan tekanan 2,434 bar dan temperatur kondensasi 43°C dengan tekanan 11,007 bar.
 - f. Berdasarkan hasil perhitungan komponen yang dibutuhkan seperti: kompresor dengan kapasitas 77,46 W, kondensor dengan kapasitas 335,574 W, evaporator dengan kapasitas 258,106 W dan pipa kapiler dengan panjang 1,96 m dan diameter 0,63 mm.

DAFTAR PUSTAKA:

- Althouse Dkk.2000. *Modern Refrigeration And Air Conditionong.*, the coodheat-willcox company, America.
- Ashrae, Handbook Refrigeration. 2006. *Refrigeration Load.* American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Dossat, Roy J., 1981., Principles Of Refrigeration., New York : Jhon Wiley and Sons Inc
- Hasan, Syamsuri dan Sapto Widodo.2008. *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid 1.* Jakarta.
- M.J. Moran And H.N. Shapiro. 2006. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics 5th Edition.* John Wiley & Sons, Inc.
- Overseas Vocational Training Association Employment Promotion Corporation. 1989. *Fundamentals of Refrigeration and Air Conditioning.* Japan.
- Rex., Miller., 2006., HVAC Troubleshooting Guide,, New York : The McGraw-Hill Companies Inc
- Whitman, William C. Dkk. 2009.*Refrigeration And Air Conditioning Technogy 6 Th Edition.* Delmar Cengage Learning.
- Widodo, Sapto dan Syamsuri Hasan.2008. *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid 2.* Jakarta.