

PERANCANGAN SISTEM PENDINGINAN *COLD STORAGE* IKAN BEKU DENGAN KAPASITAS PENYIMPANAN 30 TON PER HARI

Hengky Luntungan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Sam Ratulangi
Jl. Kampus UNSRAT Bahu, Manado 95115
Telp. (0431) 852527

Abstrak

Perancangan sistem pendinginan cold storage merupakan perancangan yang terintegrasi dari tempat pembekuan ikannya (*blast freezer*) dan cold storage nya sendiri, namun banyak perancangan yang dibuat yang merupakan perancangan yang berdiri sendiri (hanya *blast freezer* nya saja atau cold storage nya saja), maka didasarkan untuk membuat sistem yang lebih detail dan terintegasi dan suatu cold storage, maka dibuatlah penelitian ini.

Perancangan sistem pendinginan cold storage pada penelitian ini meliputi perancangan untuk *blast freezer* dan cold storage itu sendiri. Perancangan yang dilakukan meliputi perhitungan beban pendingin untuk *blast freezer* dan cold storage, serta perhitungan kapasitas mesin. Perhitungan distribusi udara hanya dilakukan untuk cold storage karena hanya pada cold storage yang dirancang menggunakan saluran udara (*duct*) untuk sistem pendinginannya.

Dalam perancangan sistem pendinginan cold storage diperoleh hasil sebagai berikut:
Beban pendinginan *blast freezer* : 77,788 kW, beban pendinginan cold storage : 28,142 kW
Daya kompresor *blast freezer* : 22,335 kW, daya kompresor cold storage : 13,396 kW
Pressure lost *duct* cold storage : 1,62 in. wg

Kata kunci: *blast freezer*, cold storage, sistem pendinginan, pressure lost *duct*

1. Pendahuluan

Perancangan sistem pendinginan *cold storage* merupakan perancangan yang terintegrasi dari tempat pembekuan ikannya (*blast freezer*) dan cold storage nya sendiri, namun banyak perancangan yang dibuat yang merupakan perancangan yang berdiri sendiri (hanya *blast freezer* nya saja atau cold storage nya saja), maka didasarkan untuk membuat sistem yang lebih detail dan terintegasi dan suatu cold storage, maka dibuatlah penelitian ini.

Perancangan sistem pendinginan *cold storage* pada penelitian ini meliputi perancangan untuk *blast freezer* dan cold storage itu sendiri. Perancangan yang dilakukan meliputi perhitungan beban pendingin untuk *blast freezer* dan cold storage, serta perhitungan kapasitas mesin

Perhitungan distribusi udara hanya dilakukan untuk cold storage karena hanya pada cold storage yang dirancang menggunakan saluran udara (*duct*) untuk sistem pendinginannya.

Langkah pertama dibuat perancangan untuk *blast freezer* meliputi perhitungan beban pendinginan untuk *blast freezer* kemudian dihitung kapasitas mesin dan pemilihan mesin *blast freezer*. Langkah berikutnya dilakukan perancangan untuk cold storage dengan perhitungan yang serupa dengan *blast freezer* lalu dihitung kapasitas mesin dan pemilihan mesin untuk cold storage. Setelah itu dilakukan perhitungan untuk distribusi udaranya.

2. Perancangan Sistem Pendinginan

Langkah – langkah pelaksanaan sistem pendinginan adalah sebagai berikut :

2.1 Perhitungan Beban Pendinginan untuk *Blast Freezer*

Data Beban Transmisi

Ukuran <i>blast freezer</i>	: 4,4 m x 4,075 m x 2,7 m
Ukuran pintu	: 1,93 m x 1,43 m (tebal pintu = 0,15 m)
Temperatur <i>blast freezer</i>	: $-5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
Tempat <i>blast freezer</i>	: di dalam ruangan
Temperatur udara luar untuk desain	: $25,2\text{ }^{\circ}\text{C} - 30,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $\text{RH} = 73,4\%$

Data Beban Pendinginan Produk (ikan)

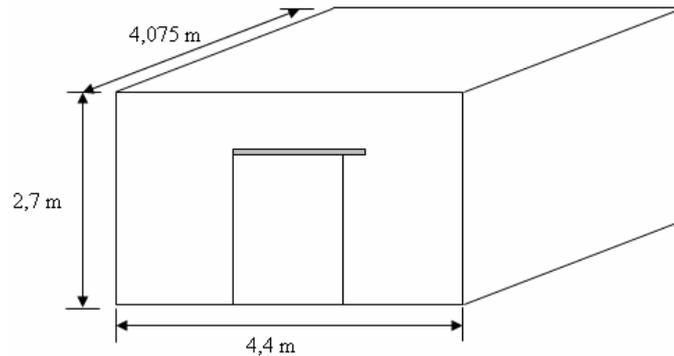
Kapasitas ikan	$m = 8\text{ ton} = 8000\text{ kg}$
Temperatur <i>blast freezer</i>	$t_f = -5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatur ikan sebelum masuk <i>cold storage</i>	$t_3 = 10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
Panas spesifik ikan di atas titik beku	$c_1 = 3,18\text{ kJ} / (\text{kg } ^{\circ}\text{C})$
Panas spesifik ikan di bawah titik beku	$c_2 = 1,67\text{ kJ} / (\text{kg } ^{\circ}\text{C})$
Panas laten ikan	$h_{lf} = 276\text{ kJ} / \text{kg}$

Data Beban Internal

Lampu pijar @ 100 W	$i = 3\text{ buah}$
Orang yang bekerja	$p = 4\text{ orang}$
Daya motor	$q = 3,69\text{ kW}$

Hasil perhitungan beban pendinginan *blast freezer* ditabelkan pada tabel I

Tabel I. Beban Pendinginan <i>blast freezer</i>		
No	Beban Pendinginan	q (kW)
1	Beban Transmisi	
	Dinding kiri dan kanan pintu	0,135
	Dinding berhadapan pintu	0,146
	Atap	0,110
	Lantai	0,053
2	Beban Produk	70,994
3	Beban Internal	
	Lampu	0,300
	Motor listrik	3,690
	Orang yang bekerja	1,200
4	Beban Infiltrasi	
	Beban infiltrasi oleh pertukaran udara	0
	Beban infiltrasi langsung dari pintu saat dibuka	1,161
	Beban keseluruhan	77,788



Gambar 1. Dimensi *blast freezer*

2.2 Perhitungan Kapasitas Mesin Pendingin *Blast Freezer*

Untuk perhitungan kapasitas mesin pendingin *blast freezer* digunakan tabel dan diagram p – h R22 (serta menggunakan *software* REFPROP 6) dan menggunakan siklus kompresi uap standar

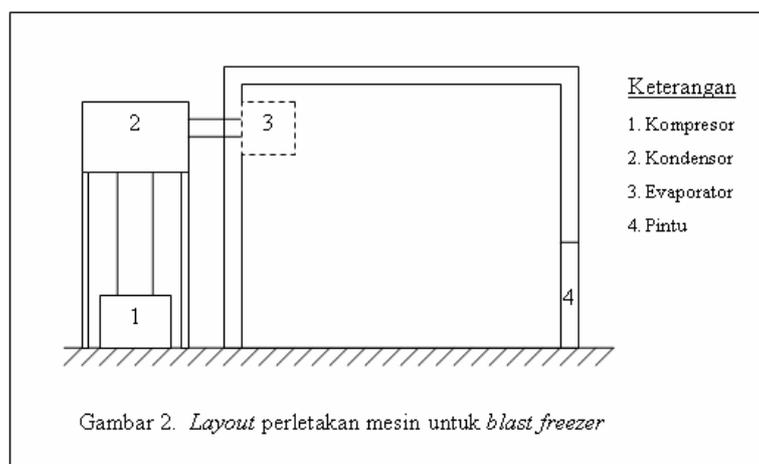
Data – data :

- Refrigeran : R22
- Beban pendinginan (q) : 77,788 kW = 22,12 TR
- Temperatur kondenser (t_c) : 40 °C
- Temperatur evaporator (t_e) : -10 °C

Dari data – data tersebut di dapat daya kompresor dan COP sistem adalah :

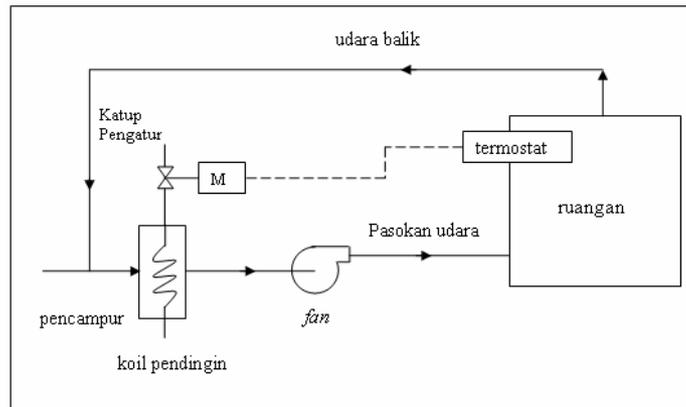
- W : 22,335 kW
- COP : 4,097

Selanjutnya tata letak (*layout*) peralatan mesin untuk *blast freezer* ditunjukkan pada gambar 2 :



2.3 Sistem Pengaturan *Blast Freezer*

Sistem pengaturan *blast freezer* yang dipilih pada perancangan ini adalah sistem pengaturan volume udara konstan yang diterapkan pada sisi refrigeran. Pada sistem pengaturan volume udara konstan, perubahan beban pendinginan diatasi dengan mengatur jumlah refrigeran atau air sejuk yang masuk ke dalam unit pendingin pada unit pengolah udara. Apabila beban pendinginan turun maka laju aliran air sejuk dikurangi dan demikian pula sebaliknya. Bukaannya katup refrigeran atau air sejuk dikontrol dengan menggunakan termostat yang diletakkan di dalam ruangan atau pada saluran udara balik. Sistem ini digunakan karena sistem ini relatif sederhana dan biaya awalnya rendah. Sistem pengaturan ini dipakai juga untuk *cold storage* sehingga pada bagian *cold storage* tidak diberikan lagi tentang penjelasan sistem pengaturan.

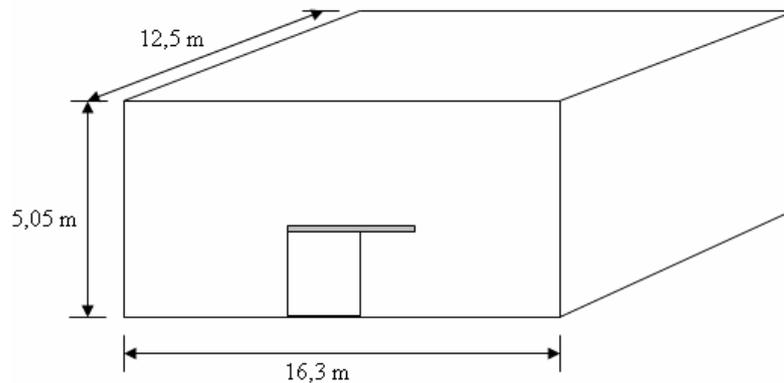


Gambar 3. Skema pengaturan volume udara konstan

2.4 Perhitungan Beban Pendinginan untuk *Cold Storage*

Data Beban Transmisi

Ukuran <i>cold storage</i>	: 16,3 m x 12,5 m x 5,05 m
Ukuran pintu	: 1,93 m x 1,43 m (tebal pintu = 0,15 m)
Temperatur <i>Cold storage</i>	: $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
Tempat <i>Cold storage</i>	: di dalam ruangan
Temperatur lingkungan	: $25,2\text{ }^{\circ}\text{C} - 30,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan RH = 73,4 %



Gambar 4. Dimensi *cold storage*

Data Beban Pendinginan Produk (ikan)

Kapasitas ikan per hari	m = 30 ton = 30000 kg
Temperatur penyimpanan	$t_f = -25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatur ikan sebelum masuk <i>cold storage</i>	$t_3 = -5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
Panas spesifik ikan di atas titik beku	$c_1 = 3,18\text{ kJ / (kg }^{\circ}\text{C)}$
Panas spesifik ikan di bawah titik beku	$c_2 = 1,67\text{ kJ / (kg }^{\circ}\text{C)}$
Panas laten ikan	$h_{lf} = 276\text{ kJ / kg}$

Kapasitas total penyimpanan *cold storage*

Ukuran dus	: 0,525 m x 0,32 m x 0,10 m
Berat dus + ikan	: 10,3 kg
Jumlah dus dalam <i>pallet</i>	: 7 dus
Ukuran <i>pallet</i>	: 1,6 m x 0,96 m x 0,12 m
Jumlah <i>pallet</i> total	: 94 x 41 buah = 3854 <i>pallet</i>
Beban keseluruhan	: 278 ton

Data Beban Internal

Lampu pijar @ 100 W	i = 4 buah
Orang yang bekerja	p = 3 sampai 7 orang
Daya motor	q = 3,69 kW

Hasil perhitungan beban pendinginan *cold storage* ditabelkan pada tabel II

No	Tabel II. Beban Pendinginan <i>cold storage</i> Beban Pendinginan	q (kW)
1	Beban Transmisi	
	Dinding kiri dan kanan pintu	1,210
	Dinding berhadapan pintu	1,578
	Atap	1,953
	Lantai	0,943
2	Beban Produk	13,917
3	Beban Internal	
	Lampu	0,400
	Motor listrik	3,690
	Orang yang bekerja	2,954
4	Beban Infiltrasi	
	Beban infiltrasi oleh pertukaran udara	0
	Beban infiltrasi langsung dari pintu saat dibuka	1,497
	Beban keseluruhan	28,142

2.5 Perhitungan Kapasitas Mesin Pendingin *Cold Storage*

Untuk perhitungan kapasitas mesin pendingin *cold storage* digunakan tabel dan diagram p – h R22 (serta menggunakan *software* REFPROP 6) dan menggunakan siklus kompresi uap standar

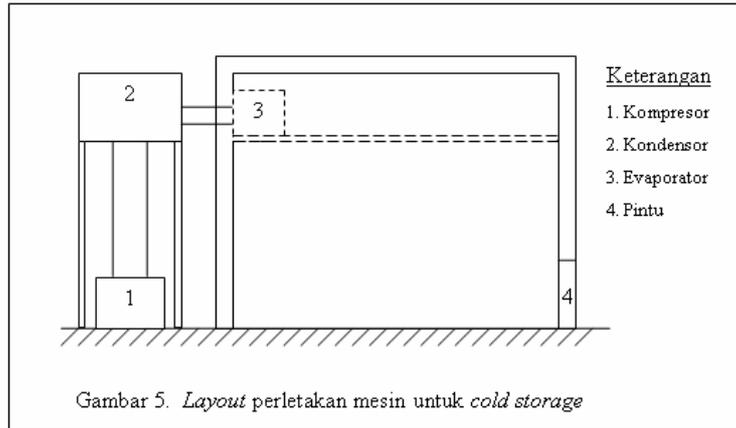
Data – data :

- Refrigeran	: R22
- Beban pendinginan (q)	: 28,142 kW = 8,002 TR
- Temperatur kondenser (t_c)	: 40 °C
- Temperatur evaporator (t_e)	: -30 °C

Dari data – data tersebut di dapat daya kompresor dan COP sistem adalah :

W	: 13,396 kW
COP	: 2,427

Selanjutnya tata letak (*layout*) peralatan mesin untuk *cold storage* ditunjukkan pada gambar 5 sebagai berikut :



2.6 Perhitungan distribusi Udara cold storage

A. Desain dalam ruangan (Indoor design) :

Temperatur (t)	= -25 °C = -13 F
Kelembaban relatif (RH)	= 90 %
Beban pendinginan (q _{tot})	= 28,142 kW = 96020,5 Btu/hr

B. Penentuan laju aliran massa dan luasan duct

Laju aliran massa udara yang disirkulasikan ditentukan berdasarkan beban total q_{tot} yang harus diatasi oleh udara dengan menggunakan persamaan :

$$q_{tot} = \dot{m}_{ud} c_{p_{ud}} \Delta t_e \quad (1)$$

dimana :

q_{tot} = beban total yang harus diatasi (beban pendinginan) , [W]

\dot{m}_{ud} = laju aliran massa udara, [kg/s]

c_{p_{ud}} = panas spesifik udara = 1,0053 kJ/kg K = 0, 24 Btu/lb °F
(pada temperatur – 25 C dan tekanan 1 atm)^[3]

Δt_e = beda temperatur antara temperatur evaporator dan temperatur ruangan (°F)
(Nilai diambil Δt sebesar 10 °F)

Selanjutnya nilai tersebut digunakan untuk mencari luas penampang duct berdasarkan persamaan :

$$\dot{m}_{ud} = \rho_{ud} A_d v_{ud} \quad (2)$$

dimana :

ρ_{ud} = massa jenis udara
= 1,4128 kg/m³ = 0,088 lb/ft³ (pada temperatur – 25 °C dan pada tekanan atmosfer)

A_d = luas penampang duct , [ft²]

v_{ud} = kecepatan aliran udara, [fpm]

Selanjutnya dihitung kapasitas aliran dalam duct V_d dengan persamaan :

$$V_d = A_d \cdot v_{ud} \quad (3)$$

Dari hasil perhitungan, didapat :

\dot{m}_{ud} = 5,04 kg/s

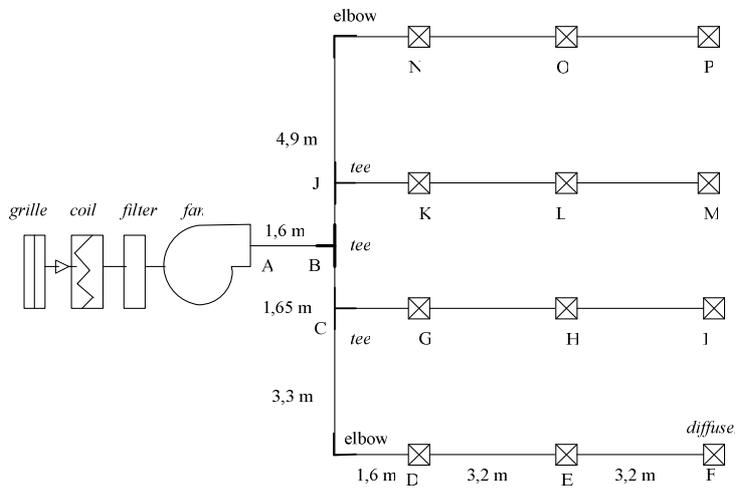
A_d = 727,43 in² = 0,47 m²

Tabel IV Dimensi duct

Bagian duct	Luas duct (%)	Luas (ft ²)	Diameter ekivalen (in)	Dimensi duct (in)
A – B	100	5,6	32,3	34 x 26
B – C	73,5	4,116	28,4	26 x 26
C – D	42	2,352	22,1	16 x 26
D – E	24	1,344	17,5	16 x 16
E – F	14,5	0,812	13,7	16 x 10

E. Perhitungan *pressure loss*

Untuk perhitungan *pressure loss* maka dibuat *layout duct* yang ingin dihitung, selanjutnya *layout duct* dalam *cold storage* dapat dilihat pada gambar 3.10. Untuk *pressure loss* pada peralatan seperti pada *diffuser*, *grille* dan *coil* dilihat pada brosur pabrik pembuatnya. *Pressure drop* untuk *coil* evaporator pada perancangan ini diambil yang sejenis dengan karakteristik evaporator yang dipilih (dipilih dengan melihat brosur dari beberapa perusahaan refrigerasi terutama dari perusahaan *Trane*, *Dunham-Bush*, *Carrier*, *York* dan *Keeprite*), berdasarkan perbandingan dari brosur – brosur tersebut digunakan *coil pressure drop* dari *Trane*.



Gambar 7. *Layout duct* dan peralatannya dalam *cold storage*

Perhitungan *pressure loss* pada *cold storage* menggunakan metode *equal friction*, selanjutnya keseluruhan perhitungan dapat dilihat pada tabel V. *Pressure loss* yang dihitung berdasarkan jarak terjauh dari *fan* ke ujung *duct* yaitu dari bagian A sampai ke bagian F.

Tabel V. *Ducting pressure loss* pada *cold storage*

Bagian duct	Elemen duct	Air flow (ft ³ /m)	Ukuran duct (in)	Panjang duct (ft)	Kec (ft/min)	p _v (in.wg)	Loss coeff	Press Loss (in. wg)/ 100ft	Total PressLoss (Δp)(in. wg)
A – B	Duct	8400	34 x 26	5,2	1500			0,085	0,004
	Fitting	8400	34 x 26		1500	0,14	0,55		0,077
B – C	Duct	5600	26 x 26	5,4	1300			0,075	0,004
	Fitting	5600	26 x 26		1300	0,08	0,44		0,046
C – D	Duct	2800	16 x 26	16,1	1100			0,07	0,011
	Fitting1	2800	16 x 26		1100	0,08	1,16		0,088
	Fitting2	2800	16 x 26		1100	0,08	1,24		0,094
D – E	Duct	1400	16 x 16	10,5	800			0,05	0,005
	Fitting	1400	16 x 16		800	0,04	0,17		0,007
E – F	Duct	700	16 x 10	10,5	650			0,055	0,006
	Fitting	700	16 x 10		650	0,03	0,17		0,004

Pressure loss dari peralatan - peralatan :

Difuser	(ΔP_{dif}) : 0,046 in.wg	Filter	(ΔP_{fil}) : 0,5 in.wg
Grille	(ΔP_{gril}) : 0,128 in.wg	Coil	(ΔP_{coil}) : 0,60 in.wg

Dari tabel perhitungan *pressure loss* didapat *pressure loss* pada keseluruhan bagian *duct* dan peralatan adalah

$$\Delta P_{ABCDEF} = 1,62 \text{ in.wg}$$

Nilai *pressure loss duct* ini harus dapat diatasi oleh *fan* evaporator agar seluruh sistem pendingin dapat terlayani seluruhnya.

3. Kesimpulan

1. Dalam perancangan sistem pendinginan *cold storage* diperoleh hasil sebagai berikut :
 - Beban pendinginan *blast freezer* : 77,788 kW
 - Beban pendinginan *cold storage* : 28,142 kW
 - Daya kompresor *blast freezer* : 22,335 kW
 - Daya kompresor *cold storage* : 13,396 kW
 - Pressure lost duct cold storage* : 1,62 in. wg
2. Dengan penelitian ini diperoleh suatu perancangan yang lebih mendetail dan menyeluruh terhadap suatu sistem pendinginan *cold storage* untuk ikan beku

4. Daftar Pustaka

1. *ASHRAE Fundamental Handbook*, (SI Edition), 1997, Atlanta.
2. Arora, C. P, *Refrigeration and Air Conditioning* , 2001, Mc-Graw Hill, Singapura.
3. *Carrier – Handbook of Air Conditioning system design*, 1965, Mc-Graw Hill, New York.
4. Dincer, Ibrahim, *Refrigeration System and Application*, 2003, Jhon Wiley and Son, England.
5. R. L Earle, M.D. Earle, *Unit Operations in Food Processing*, 1983 , NZIFST
6. Stoeker, W.F, Jones, J.W, Hara, Supratman, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, 1982, Erlangga , Jakarta.
7. Stoeker, W.F, *Refrigeration and Air Conditioning*, 1980, Tata Mc-Graw Hill, New Dehli.
8. _____, www.sulut.go.id.