

## Perancangan Sistem Refrigerasi Untuk *Blast Freezer* Pada Kapal Ikan 200 GT

Yohannes Hadi Yamlean<sup>1\*</sup>, Muhammad Anis Mustaghfirin<sup>2</sup>, dan Daisy Dwijati K.R.A<sup>3</sup>

Program Studi D4 Teknik permesinan kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program Studi D4 Teknik permesinan kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program Studi D3 Teknik permesinan kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

\*E-mail: [yohanneshadi@gmail.com](mailto:yohanneshadi@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [anismustaghfirin@gmail.com](mailto:anismustaghfirin@gmail.com)<sup>2\*</sup>; [daisy.dwijati@gmail.com](mailto:daisy.dwijati@gmail.com)<sup>3\*</sup>.

**Abstract** - Cold storage system of blast freezing type on 200 GT fishing vessel was designed by Shipbuilding Polytechnic Institute Surabaya (PPNS). In the last final task, the cooling system was not designed in detail so in this final project the blast freezer acceleration on vessel is carried out in detail. The design is started by calculating heat load. Then, it is continued by making pipe design, evaporator design and condenser design including compressor selection. Detailed engineering drawing on the refrigeration is also carried out to optimize the use of power and loading space. The result is the need of a compressor power is 23,27 Kw, the condenser power is 61,39 Kw and the 2 evaporator power is 18,985 Kw. The sum of condenser pipe is 360 and 2 evaporator pipes is 274 with 1,5 meters long. They are designed for the condenser and evaporator. The sum of fin evaporator is 591. The type of condenser is shell and tube. The evaporator type is finned tube. The diameter of the condenser is 423.88 mm with 1.5 meters long and the 2 evaporators are 1.5 meters x 0,3723 meters x 0,8455 meters each.

**Keyword:** Blast Freezing, Condenser, Detail engineering drawing, Evaporator, finned tube, shell and tube.

### Nomenclature

<b>d</b>	Diameter
<b>g</b>	Gravitasi
<b>G</b>	Modulus Geser
<b><math>I_0</math></b>	Momen inersia
<b><math>I_{NA}</math></b>	Momen inersia <i>neutral axis</i>
<b><math>J_0</math></b>	Masa momen inersia
<b><math>k_t</math></b>	Kekakuan
<b>l</b>	Panjang
<b><math>T_0</math></b>	Besar gaya terpasang
<b>t</b>	Waktu
<b><math>\omega_n</math></b>	Frekuensi natural
<b><math>\omega</math></b>	Frekuensi eksitasi
<b><math>\Phi</math></b>	Amplitudo
<b><math>\theta</math></b>	Kecepatan getaran
<b><math>\zeta</math></b>	Faktor peredam
<b><math>\eta</math></b>	Koefisien damping
<b><math>\gamma</math></b>	Gamma
<b><math>\beta</math></b>	Beta

### 1 PENDAHULUAN

Ada bermacam macam sistem refrigerasi *cold storage* yang digunakan di kapal ikan salah satunya adalah sistem *cold storage* tipe *blast freezing* pada kapal ikan 200 GT yang didesain oleh Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS). Kapal ikan tersebut memiliki 4 *fish hold* dan 2 *freezer* yang menggunakan sistem *blast freezing*. Sistem *blast freezing* adalah sistem refrigerasi menggunakan fluida sekunder udara dengan bantuan blower untuk membekukan ikan secara cepat yang diletakkan dalam *tray*. Sistem refrigerasi secara umum

mempunyai Komponen kompresor, kondensor dan *evaporator*. [4]

Dalam tugas akhirnya melakukan perhitungan evaluasi daya desain pada *cold storage* dan membandingkan beban panas dan daya desain antara *blast freezing* dan *spray cooling*. Hasilnya *blast freezing* dipilih. Dalam tugas akhir tersebut perancangan sistem refrigerasi untuk *blast freezer* pada kapal ikan 200 GT belum detail. [4]

Berdasarkan masalah tersebut perancangan sistem refrigerasi dilakukan untuk *blast freezer* pada kapal ikan 200 GT secara detail. Langkah awalnya perhitungan beban panas pada *freezer*, perancangan pipa, perancangan evaporator, kondensor dan pemilihan kompresor yang sesuai. Dilakukan pula perancangan *Detail engineering drawing* di dalam sistem refrigerasi tersebut.

### 2. METODOLOGI

#### 2.1 Blast Freezing

*Blast Freezing* adalah tipe pembekuan yang umum, dimana ruang pendingin diisi dengan udara yang didinginkan. Keuntungannya adalah, temperatur dingin dapat disebarkan hingga ke sudut ruangan secara efisien, dengan memanfaatkan aliran konveksi, namun koefisien transfer panas konvektif udara cenderung kecil sehingga pembekuan perlu dilakukan dalam waktu yang lebih lama akibat rendahnya laju transfer panas. Semakin besar ruangan, semakin kecil kalor yang dapat dipindahkan dalam satuan waktu tertentu. Hilangnya berat dari produk juga dapat terjadi

akibat kontak langsung antara produk dan air yang mampu untuk mengangkat kandungan air dalam produk makanan, terutama jika temperatur dan kelembaban memungkinkan. [3]

## 2.2 Proses Pembekuan Ikan

Proses pembekuan ikan dari alat blast freezer yang digunakan untuk membekukan ikan tuna adalah sebagai berikut:

1. Produk yang akan dibekukan terlebih dahulu disemprot dengan air dingin (*pre cooling*) yang bertujuan untuk menurunkan suhu sebelum pembekuan sehingga kerusakan pada produk selama pembekuan dapat dihindari
2. Produk tersebut kemudian dimasukkan ke dalam kamar yang sisi- sisinya diinsulasi agar tidak dapat ditembus oleh panas dari luar, selanjutnya digantung di atas dua penyangga dengan menggunakan tali. Tali penyangga berisi 10 ikan tuna dengan bobot ikan kurang lebih 50 kg.
3. Udara beku bersuhu sangat rendah (-60°C) ditiupkan melalui galungan pipa evaporator ke permukaan produk ikan oleh kipas yang mengedarkan ulang udara beku tersebut selama proses pembekuan berlangsung.
4. Panas dari ikan dan ruangan pembeku serta penghantaran panas gulungan evaporator (yang refrigeran bersuhu beberapa derajat celcius lebih rendah dari alat pembeku). Dilakukan oleh edaran ulang udara udara pembeku tersebut.
5. Produk (ikan tuna) kemudian dikeluarkan dari kamar beku untuk disimpan dalam *cold storage*. [3]

## 2.3 Perhitungan Beban panas pada blast freezer

Dalam perhitungan perencanaan beban panas *freezer* ada beberapa tahap yang harus diperhitungkan. Tahap perhitungan beban panas *freezer* kapal ikan 200 GT antara lain: [1]

1. Perhitungan *Heat leakage load*
2. Perhitungan beban panas ikan
3. Perhitungan infiltrasi
4. Perhitungan Lampu
5. Perhitungan Motor

## 2.4 Perancangan sistem refrigerasi pada blast freezer

### 2.4.1 Pemilihan Kompresor

### 2.4.2 Perancangan Kondensator

Kondensator adalah suatu alat yang terdiri dari jaringan pipa dan digunakan untuk mengubah uap menjadi zat cair (air). Kondensator dapat juga diartikan sebagai alat penukar kalor (panas) yang berfungsi untuk mengkonsentrasikan fluida. Dalam penggunaannya kondensator diletakkan di luar ruangan yang sedang didinginkan supaya panas yang ke luar saat pengoperasiannya dapat dibuang ke luar sehingga tidak mengganggu proses pendinginan.

Dilakukan perancangan kondensator pada bagian luar dan dalam pipa kondensator, dengan menghitung koefisien konveksi pada bagian luar dan dalam pipa. Pada bagian luar pipa kondensator berisi udara dan pada bagian dalam pipa kondensator berisi refrigerasi. [2]

$$h_{cond} = 0,725 \times \frac{g \rho^2 h_{fg} k^3}{\mu \Delta t ND}^{1/4} \quad (1)$$

$$h_w = \frac{k (0,023) V (ID) (\rho)^{0,8} cp \mu^{0,4}}{ID \mu k} \quad (2)$$

$$1/U = \frac{1}{h_{cond}} + \frac{OD}{ID} h_{ff} + \left( \frac{x A_0}{k A_m} \right) + \frac{OD}{ID} \frac{1}{h_w} \quad (3)$$

$$A_0 = \frac{Q_{kondensator}}{U (LMTD)} \quad (4)$$

$$P = \frac{A_0}{(\text{jumlah tubes}) * (OD \times 3,14)} \quad (5)$$

### 2.4.3 Perancangan Evaporator

*Evaporator* merupakan suatu alat yang memiliki fungsi untuk mengubah keseluruhan atau sebagian suatu pelarut dari sebuah larutan berbentuk cair menjadi uap sehingga hanya akan menyisakan larutan yang lebih padat atau kental, Proses yang terjadi di dalam *evaporator* disebut evaporasi. *Evaporator* memiliki dua prinsip dasar yaitu untuk menukar panas dan memisahkan uap air yang terlarut dalam cairan.

Dilakukan perancangan evaporator pada bagian luar dan dalam pipa evaporator, dengan menghitung koefisien konveksi pada bagian luar dan dalam pipa. Pada bagian luar pipa evaporator berisi udara dan pada bagian dalam pipa evaporator berisi refrigerasi. [1]

$$h_i = 0,00122 \frac{k^{0,79} cp^{0,45} \rho^{0,49} g^{0,25} \Delta t^{0,24} \Delta p^{0,75}}{\sigma^{0,5} \mu^{0,29} h_{latent}^{0,24} \rho v^{0,24}} \quad (6)$$

$$h_o = \frac{\left( 0,38 \times \frac{D x v x \rho^{0,6}}{\mu} x pr^{0,33} x \left( \frac{A_{fin}}{A_{evp}} \right)^{-0,15} \right) x (k)}{D} \quad (7)$$

$$\eta = \frac{A_{prime}}{A_{total}} + \eta_f \frac{A_{fins}}{A_{total}} \quad (8)$$

$$1/U = \frac{do}{di} \frac{1}{h_i} + \frac{x A_0}{k A_m} + h_{ff} x \frac{A_{fin}}{A_{total}} x \frac{do}{di} + \frac{1}{h_o x \eta} \quad (9)$$

$$A_0 = \frac{Q_{Evaporator}}{U (LMTD)} \quad (10)$$

$$P = \frac{A_0}{(\text{jumlah tubes}) * (OD \times 3,14)} \quad (11)$$

#### 2.4.3.1 Perancangan Sirip Evaporator

1. Luas area setiap sirip adalah  $P \times L$   
 Luas lingkaran :  $\pi R^2$   

$$\text{Area} = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 0,5^2}{4}$$
2. Setiap fin terdapat jumlah *tube*, jadi luas keseluruhannya menjadi:  
 Area x jumlah *tube*,  
 Jadi luas perpindahan panas efektif setiap fin adalah: luas area setiap sirip- luas keseluruhannya.

3. Jumlah total sirip fin adalah:  $L = \frac{1}{n_f} - \tau$   
(fins per in)
4. Karena panjang pipa maka total fins= panjang pipa x fins per in  
Total area fin = luas perpindahan panas efektif setiap *fin* x jumlah *fin*
5. Luas area permukaan pipa, panjang (in), diameter (in) dan jumlah tube maka total luas *tube* adalah:  
Keliling pipa : 3,14 x OD  
Luas pipa total : panjang pipa x jumlah *tube* x Keliling pipa
6. Luas permukaan efektif pipa harus dikurangi dengan luas kontak pipa dengan fin. Luas kontak pipa dengan fin adalah 3,14 x OD x tebal *fins* x jumlah sirip. karena ada jumlah *tube* sehingga menjadi: Luas kontak pipa dengan fin x jumlah *tube*
7. Jadi luas permukaan efektif pipa adalah: Luas pipa total - Luas permukaan efektif pipa  
Luas area bengkokkan pipa adalah panjang bengkokkan dikali keliling bengkokkan dikali jumlah bengkokkan.  
Panjang bengkokkan: 3,14 x jarak antar pipa = (in) tetapi hanya 1/2 lingkaran, jadi panjang bengkokkan menjadi (in)  
Luas total bengkokkan : (panjang bengkokkan x 3,14 x OD) x (jumlah bengkokkan)  
Luas permukaan seluruhnya: Total area *fin* + luas permukaan efektif pipa + Luas total bengkokkan [1]

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Perhitungan Beban Panas pada freezer

##### 3.1.1 Perhitungan Heat leakage load

###### 3.1 Tabel perhitungan Heat leakage load

Panjang : 2 m = 6,56 ft	lebar=1,85 m= 6,07 ft	Tinggi=1,7 m= 5,58 ft
Ceiling and floor= P x l x 2= 6,56 x 6,07 x 2 = 79,6384 ft <sup>2</sup>	Ends = l x t x 2 = 6,07 x 5,58 x 2 = 33,8706 ft <sup>2</sup>	Sides= P x t x 2 = 6,56 x 5,58 x 2 = 73,2096 ft <sup>2</sup>
Total = <b>186,7186</b> <b>ft<sup>2</sup></b>	heat gain factor = 81Btu/ft <sup>2</sup> /hr -	

Perbedaan suhu ikan adalah 32 °C(89,6°F) ke suhu -18 °C (-0,4°F) : Perbedaan suhu: 89,6 °F- (-0,4°F)=

90°F.; Total heat leakage load= 186,7186 ft<sup>2</sup> x 81 Btu/ft<sup>2</sup>/hr= 15124,2066 Btu/hr = 4,43 Kw

#### 3.1.2 Perhitungan beban Ikan

##### 3.2 Tabel perhitungan beban ikan

Massa Ikan <i>Freezer</i> = 960 kg	Cp ikan=3330 j/kg K	T <sub>ikan</sub> =20°C
T <sub>freezer</sub> = 18 °C	Q <sub>load ikan</sub> = 121478,4 Kj	t <sub>pull down time</sub> = 10800 s
Q <sub>loadikantotal</sub> = 11,25 Kw	m <sub>ikan</sub> = 0,089 kg/s	q <sub>laten ikan</sub> = 105 Btu/lb = 244,23 Kj/kg
Q <sub>laten</sub> = 21,74 Kw	Q <sub>produk</sub> total= 32,99 Kw	

#### 3.1.3 Perhitungan infiltrasi

##### 3.3 Tabel perhitungan infiltrasi

Laju pertukaran udara = 388,8 ft <sup>3</sup> /hr	Laju infiltrasi= 2,8696 BTU/Ft <sup>3</sup>	Q <sub>ac</sub> = 1115,70048 BTU/ hr Q <sub>ac</sub> = 0,33 Kw
--	--	--

#### 3.,1.4 Perhitungan Lampu

Untuk menghitung beban lampu maka dibutuhkan data daya lampu pada freezer kapal ikan 200 GT. Pada freezer ini direncanakan menggunakan 1 lampu saja dikarenakan ukuran freezer tidak terlalu besar dan daya lampu yaitu 50 Watt sehingga beban lampu:

$$Q_{\text{lampu}} = 50 \text{ watt} \times 1 = 50 \text{ watt} = 0,05 \text{ Kw}$$

#### 3.1.5 Perhitungan Motor

1 motor= 1/8 Hp

Q<sub>motor</sub>= 1/8 hp x x 4600 Btu/hp.hr= 575 Btu/hr = 0,17 Kw

Perhitungan Q total:

Q<sub>total</sub>= Q leakage + Q produk + Q infiltrasi + Q lampu + Qmotor

Q<sub>total</sub>= 4,43 + 32,99 + 0,33 + 0,05 + 0,17 = 37,97 Kw

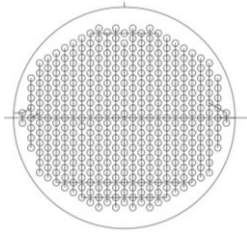
3.5 Tabel Perhitungan Daya:

W <sub>kompreso</sub> r= 23,27 Kw.	Q <sub>kondensor</sub> r= 61,39 Kw.	Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> evaporator= $\frac{37,97}{2}$ 18,985 Kw
--	---	--

3.2 Perancangan Kondensor

The average number of tubes in a vertical row N is:

$$N = (2 + 8 + 12 + 13 + 14 + 15 + 16 + 17 + 18 + 19 + 18 + 19 + 18 + 19 + 18 + 19 + 18 + 17 + 16 + 15 + 14 + 13 + 12 + 8 + 2) / 25 = \frac{360}{25} = 14,4$$



Gambar 3.1 penyusunan tube kondensor

$$h_{cond} = 0,725 \times \frac{g \rho^2 h_{fg} k^3}{\mu \Delta t ND}^{1/4}$$

$$h_{cond} = 0,725 \times \frac{9,8 \times 1000^2 \times 119600 \times 0,01462^3}{0,00001283 \times 5 \times 14,4 \times 0,0127}^{1/4}$$

$$h_{cond} = 546,93 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$\frac{x A_0}{k A m} = \frac{(0,012,7 - 0,0102108) / 2}{\frac{12,7}{390}} = 0,000003538007 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$\dot{m}_{udara} = \frac{61,39}{4,19 \times (35 - 30)} = 2,93 \text{ Kg/s}$$

$$\dot{V} = \frac{2,93}{1025} = 0,002859 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,002859}{(180) \times (\frac{\pi}{4}) \times (0,0102108)^2} = 0,194 \text{ m/s}$$

$$h_w = \frac{k (0,023)}{ID} \frac{V (ID) (\rho)}{\mu} \frac{c_p \mu}{k}^{0,4}$$

$$h_w = \frac{0,617 (0,023)}{0,0102108} \frac{0,194 (0,0102108) (1025)}{0,000773} \frac{4190 (0,000773)}{0,617}^{0,4}$$

$$h_w = 1467,715 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$1/U = \frac{1}{h_{cond}} + \frac{OD}{ID} h_{ff} + \left( \frac{x A_0}{k A m} \right) + \frac{OD}{ID} \frac{1}{h_w}$$

$$1/U = \frac{1}{546,93} + \frac{0,0127}{0,0102108} 0,000176 + (0,000003538007) + \frac{0,0127}{0,0102108} \frac{1}{1467,715}$$

$$1/U = 0,0029 ; \quad U = 345,04 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$LMTD = \frac{(41 - 30) - (41 - 35)}{\ln \left( \frac{41 - 30}{41 - 35} \right)} = 8,25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A_0 = \frac{61390}{345,04 (8,25)} = 21,57 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{21,57}{(360 \text{ tubes}) \times (0,0127 \times 3,14)} = 1,5 \text{ m}$$

3.2 Perancangan Evaporator

3.2.1 Perancangan Sirip Evaporator

- Luas area setiap sirip adalah 14,655 in x 33,29 in = 487,86495 in<sup>2</sup>.  
 Luas lingkaran :  $\pi R^2$   
 Area =  $\frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 0,5^2}{4} = 0,19625 \text{ in}^2$
- Setiap fin terdapat 137 tube, jadi luas keseluruhannya menjadi:  
 0,19625 x 137 = 26,88625 in<sup>2</sup>,
- Jadi luas perpindahan panas efektif setiap fin adalah: 487,86495 - 26,88625 = 460,9787 in<sup>2</sup>.
- Jumlah total sirip adalah:  $L = \frac{1}{nf} - \tau$ , 0,087 = 1/nf - 0,013 = 10 (fins per in)  
 Karena panjang pipa 59,1 in maka total fins = 59,1 x 10 = 591
- Total area fin = 460,9787 x 591 fin = 272438,41 in<sup>2</sup>

Luas area permukaan pipa, panjang 59,1 in, diameter 1/2 in dan jumlah tube adalah 137 maka total luas tube adalah:

Keliling pipa : 3,14 x 1/2 = 1,57 in

Luas pipa total : 59,1 x 137 x 1,57 = 12711,819 in<sup>2</sup>

Luas permukaan efektif pipa harus dikurangi dengan luas kontak pipa dengan fin. Luas kontak pipa dengan fin adalah 3,14 x 0,5 x 0,013 x 591 = 12,06 in<sup>2</sup>. karena ada 145 tube sehingga menjadi: 12,06 x 137 = 1652,5365 in<sup>2</sup>.

Jadi luas permukaan efektif pipa adalah: 12711,819 - 1652,5365 = 11059,283 in<sup>2</sup>

Luas area bengkokkan pipa adalah panjang bengkokkan dikali keliling bengkokkan dikali jumlah bengkokkan.

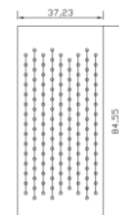
Panjang bengkokkan: 3,14 x 1,5 = 4,71 in tetapi hanya 1/2 lingkaran, jadi panjang bengkokkan menjadi 2,355 in

Luas total bengkokkan : (2,355 x 3,14 x 0,5) x (136) = 502,8396 in<sup>2</sup>

Luas permukaan seluruhnya: 272438,41 + 11059,283 + 502,8396 = 284000,5 in<sup>2</sup> = 183,018 m<sup>2</sup>

Dikarenakan evaporator yang dibutuhkan adalah 2 buah maka total luasan fin adalah = 183,018 m<sup>2</sup> x 2 = 366,036 m<sup>2</sup>

Total tube adalah 2 x 137 = 274 tube



Gambar 3.2 fin evaporator

### 3.2.2 perancangan di luar dan dalam pipa evaporator

$$h_i = 0,00122 \frac{k^{0,79} c_p^{0,45} \rho^{0,49} g^{0,25} \Delta t^{0,24} \Delta p^{0,75}}{\sigma^{0,5} \mu^{0,29} h_{latent}^{0,24} \rho \nu^{0,24}}$$

$$h_i =$$

$$0,00122 \frac{0,009617^{0,79} 894,2^{0,45} 1250^{0,49} 1^{0,25} 62,04^{0,24} 121000^{0,75}}{(10,59 \times 10^{-3})^{0,50} 0,00001013^{0,29} 190300^{0,24} 10,49^{0,24}}$$

$$h_i = 3201,841 \text{ W/m}^2\text{k}$$

$$\frac{x A_0}{k A m} = \frac{(0,0127 - 0,0102108) / 2}{12,7 \times 390}$$

$$= 0,000003538007 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$\dot{m} = \frac{37,97}{1,007 \times (-22 + 26,5)} = 8,38 \text{ kg/s}$$

$$\dot{v} = \frac{8,38}{1,157} = 7,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{7,24}{1,6 \times 0,6} = 7,54 \text{ m/s}$$

$$Nu = \frac{h_o \times d}{K}$$

$$Nu = \left( 0,38 \times \frac{D \times v \times \rho^{0,6}}{\mu} \times pr^{0,33} \left( \frac{A_{fin}}{A_{evp}} \right)^{-0,15} \right)$$

$$h_o = \frac{\left( 0,38 \times \frac{D \times v \times \rho^{0,6}}{\mu} \times pr^{0,33} \times \left( \frac{A_{fin}}{A_{evp}} \right)^{-0,15} \right) \times (k)}{D}$$

$$h_o =$$

$$\left( 0,38 \times \frac{0,0127 \times 7,54 \times 1,157^{0,6}}{0,00001878} \times 0,7067^{0,33} \times \left( \frac{366,036}{366,036 + (2 \times (1,5 \times 0,8455))} \right)^{-0,15} \right) \times (0,02677) \times 0,0127$$

$$h_o = 4097,87 \text{ W/m}^2 \text{ k} = 721,6763 \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Dilakukan perhitungan efisiensi fins pada evaporator adalah sebagai berikut:

$$\frac{A_{fins}}{A_{total}} = \frac{366,036}{366,036 + (2 \times (1,5 \times 0,8455))} = 0,993124$$

$$\frac{A_{prime}}{A_{total}} = 1 - 0,993124 = 0,006876$$

$$r_2 = r_1 + \text{Tinggi fin} = 0,875 \text{ in}$$

$$r_{2c} = r_2 + \frac{\tau}{2} = 0,875 + 0,013/2 = 0,8815 \text{ in}$$

$$\psi = (r_{2c} - r_1) \times [1 + 0,35 \ln(r_{2c}/r_1)]$$

$$\psi = (0,8815 - 0,25) \times [1 + 0,35 \ln\left(\frac{0,8815}{0,25}\right)] = 0,6315 \times$$

$$1,44 = 0,90936 \text{ in} = 0,07578 \text{ ft}$$

$$m = (2 h_o / k \tau)^{0,5} = \left( \frac{(2 \times 721,6763)}{137,5 \times \left(\frac{0,013}{12}\right)} \right)^{0,5} = 98,44 \text{ ft}^{-1}$$

$$m \psi = 98,44 \times 0,07578 = 7,46$$

$$\eta_f = \frac{\tanh 7,46}{7,46} = 0,134$$

$$\eta = \frac{A_{prime}}{A_{total}} + \eta_f \frac{A_{fins}}{A_{total}} = 0,006876 + (0,134 \times 0,993124) = 0,14$$

$$1/U = \frac{d_o}{d_i} \frac{1}{h_i} + \frac{x A_0}{k A m} + h_{ff} \times \frac{A_{fin}}{A_{total}} \times \frac{d_o}{d_i} + \frac{1}{h_o \times \eta}$$

$$1/U = \frac{0,0127}{0,0102108} \frac{1}{3201,841} + 0,000003538007 + \frac{(0,000176 \times \frac{366,036 + (2 \times (1,5 \times 0,8455))}{366,036}) \times \frac{0,0127}{0,0102108}}{4097,87 \times 0,14} = 0,002355$$

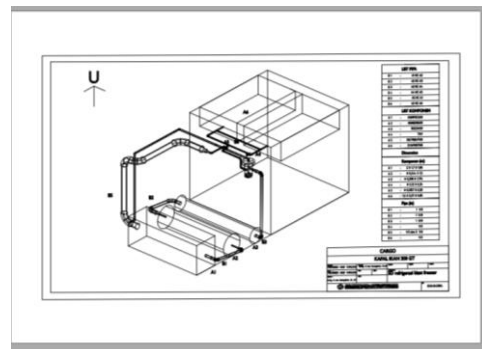
$$U = 424,57 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$LMTD = \frac{(-30 + 26,5) - (-30 + 22)}{\ln\left(\frac{-30 + 22}{-30 + 26,5}\right)} = 5,44 \text{ }^\circ\text{C}$$

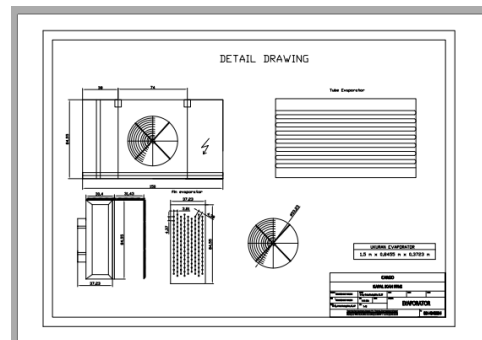
$$A_0 = \frac{37970}{424,57 \times (5,44)} = 16,44 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{16,44}{(274 \text{ ubes}) \times (0,0127 \times 3,14)} = 1,5 \text{ m}$$

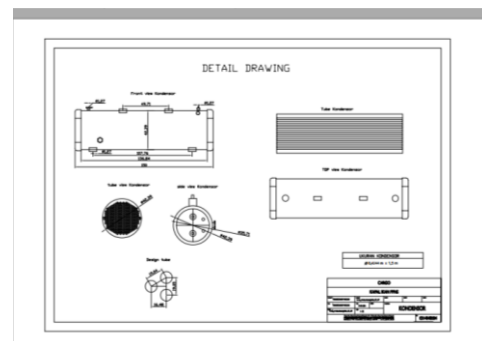
Dibawah ini merupakan perancangan sistem refrigerasi untuk *blast freezer*. Terdapat 2 evaporator, kompresor, kondensor, TXV, distributor, receiver.



Gambar 3.3 perancangan sistem refrigerasi *blast freezer*.

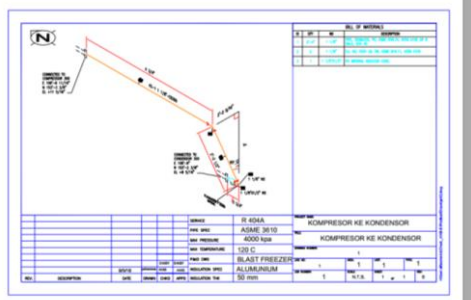


Gambar 3.4 perancangan Evaporator

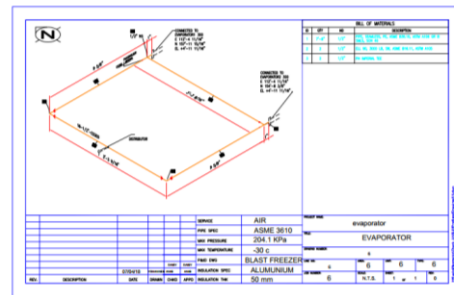


Gambar 3.5 perancangan Kondensor

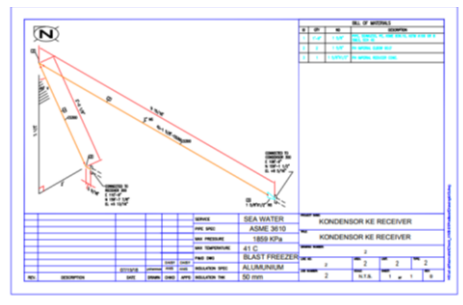
Berikut ini merupakan gambar isometri dari sistem refrigerasi untuk *blast freezer*.



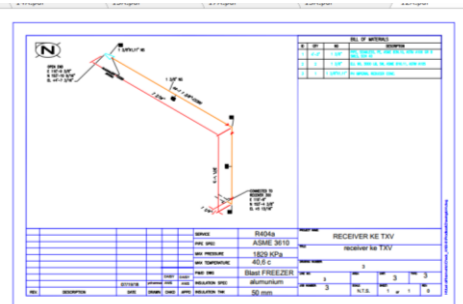
Gambar 3.6 isometri Kompresor ke Kondensor



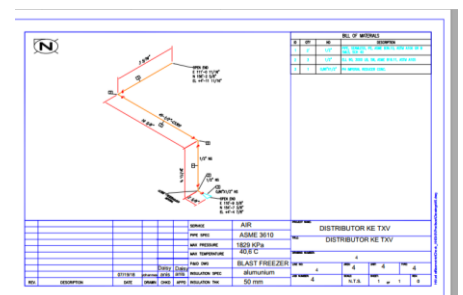
Gambar 3.11 isometri Evaporator



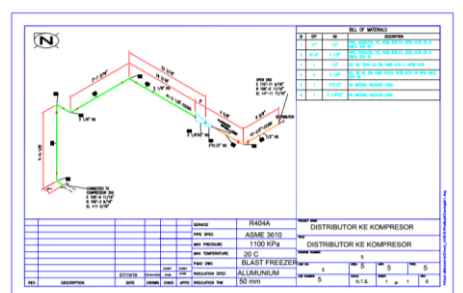
Gambar 3.7 isometri Kondensor ke receiver



Gambar 3.8 isometri receiver ke TXV



Gambar 3.9 isometri distributor ke TXV



Gambar 3.10 isometri distributor ke kompresor

#### 4. KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan didapatkan daya kompresornya 23,27 Kw, daya kondensornya 61,39 Kw dan daya 2 evaporator masing-masing 18,985 Kw. Pipa kondensornya berjumlah 360 dan pipa 2 evaporatornya berjumlah 137, sepanjang 1,5 meter dirancang untuk kondensor dan evaporatornya tersebut. Jumlah *fin evaporator* yang dirancang adalah 591. Tipe kondensornya adalah *shell and tube* dan evaporator tipe *finned tube*.
2. Didapatkan *detail engineering drawing* pada kondensor dan evaporator. Ukuran diameter pada kondensor adalah 423,88 mm dengan panjangnya 1,5 meter dan 2 evaporator berukuran masing-masing 1,5 meter x 0,3723 meter x 0,8455 meter.

#### 5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] D, A. A. (2013). *Modern Refrigeration and Air Conditioning*. TinleYPark, Illinois.
- [2] F, S. W. (1982). In *Refrigeration and Air Conditioning*. New York.
- [3] Riswanto. (2017). *Apa itu blast freezer dan apa kelebihanannya*. Retrieved from <http://tegeteknik.com/blog/apa-itu-air-blast-freezer-dan-apa-kelebihannya.html>
- [4] Taufikur. (2017). *Evaluasi Daya Desain Cold Storage pada Kapal Ikan 200 GT*. Surabaya, Indonesia: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.