

## ***Design of a Cool Box with a Mechanical Refrigeration System on a Long Boat Type Fishing Boat***

### **Perencanaan Cool Box dengan Sistem Refrigerasi Mekanik pada Perahu Nelayan Tipe Long Boat**

Ferdinand J Wattimury<sup>1</sup>, Tebiary Lepinus<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Akademi Maritim Maluku

e-mail: johanferdinand27@gmail.com, <sup>2</sup>nustebiary243@gmail.com

#### ***Abstract***

*Application of a mechanical refrigeration system where cooling of water in the coolbox can be done directly with a separate refrigeration unit. The system applied is a vapor compression cycle cooling system. The cooling process is carried out by placing the evaporator coil in the storage room of the coolbox. Next, the calculation of the capacity of the cooling unit is carried out. The results of the research show that with this system the temperature is continuously maintained at the desired level so that the time and range of capture can be extended..*

**Keyword :** *Journal, Industrial Engineering, Mechanical Engineering, Unidar (3-5 words with sorted alphabetically)*

#### ***Abstrak***

*Penerapkan system refrigerasi mekanik dimana pendinginan air dalam coolbox dapat dilakukan secara langsung dengan unit refrigerasi tersendiri. Sistem yang diterapkan adalah sistem pendinginan siklus kompresi uap. Proses pendinginan dilakukan dengan cara menempatkan coil evaporator dalam ruang penyimpanan dari coolbox. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap kapasitas unit pendingin yang diterapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan sistem ini temperature terus di pertahankan pada tingkat yang di kehendaki sehingga waktu dan jangkauan penangkapan dapat diperpanjang.*

**Kata Kunci :** *Jurnal, Teknik Industri, Teknis Mesin, Unidar (3-5 Kata diurutkan menurut abjad)*

## **1. PENDAHULUAN**

Perahu nelayan tipe (long boat) adalah suatu jenis perahu yang banyak digunakan para nelayan tradisional, untuk penangkapan ikan dengan cara memancing. Untuk maksud tersebut geladak perahu ini dibuat dari belakang terbuka sampai di depan, pada bagian belakang dan tengah geladak ini ditempatkan coolbox untuk penampungan ikan hasil tangkapan, dimana coolbox tersebut dibuat menyatu dengan badan perahu tipe (long boat) yang digunakan.

Pada perahu nelayan tipe (long boat) upaya pendinginan awal ikan sesaat setelah penangkapan dilakukan dengan menggunakan bongkahan-bongkahan es yang dimasukkan ke dalam coolbox yang berisi air laut sebagai media pendingin. Kondisi pendinginan ikan dengan demikian tergantung pada ketersediaan bongkahan-bongkahan es, sehingga waktu pengoperasian perahu nelayan menjadi terbatas. Keterbatasan waktu pengoperasian perahu nelayan sedemikian sangat membatasi waktu melaut.

Salah satu upaya yang dipandang dapat ditempuh untuk mengatasi keterbatasan waktu operasi perahu nelayan ini yakni dengan menerapkan sistem refrigerasi mekanik dimana pendinginan air dalam coolbox dapat dilakukan secara langsung dengan unit refrigerasi tersendiri dengan menerapkan sistem pendinginan siklus kompresi uap, dimana proses pendinginan dilakukan dengan cara menempatkan coil evaporator dalam ruang penyimpanan dari coolbox. Dengan sistem ini temperature ikan akan dapat terus dipertahankan pada tingkat yang dikehendaki sehingga waktu dan jangkauan penangkapan dapat diperpanjang.

Penelitian ke arah ini antara lain telah dilakukan oleh R.Ufie dkk (2010) dengan menggunakan unit refrigerasi R-134a berdaya kompresor 0,1 HP, dengan coolbox yang dapat dipindahkan (*mobile*). Daya kompresor dalam hal ini dibatasi karena unit pendingin tersebut dirancang bangun untuk dapat digerakan oleh tenaga listrik yang bersumber dari akumulator, 100 Amper, 12 Volt. Sementara itu tujuan penelitian sistem refrigerasi mekanik pada long boat bertujuan untuk mengetahui kemungkinan penerapan sistem refrigerasi mekanik pada perahu nelayan tipe (long boat), sesuai kondisi pendingin yang diinginkan serta letak dan ukuran coolbox yang tersedia. Berdasarkan konstruksi ruang pendingin dan selanjutnya berdasarkan beban pendingin yang diperoleh diperkirakan pula kapasitas unit pendingin yang perlu di gunakan.

## **2. METODOLOGI**

### **2.1. Variabel Penelitian**

Variabel penelitian sebagai berikut:

- a. Bentuk dan ukuran coolbox penyimpanan ikan
- b. Jenis ikan dan kapasitas penyimpanan
- c. Pola penangkapan dan penyimpanan ikan

### **2.2. Teknik Pengumpulan Data**

#### **1. Observasi**

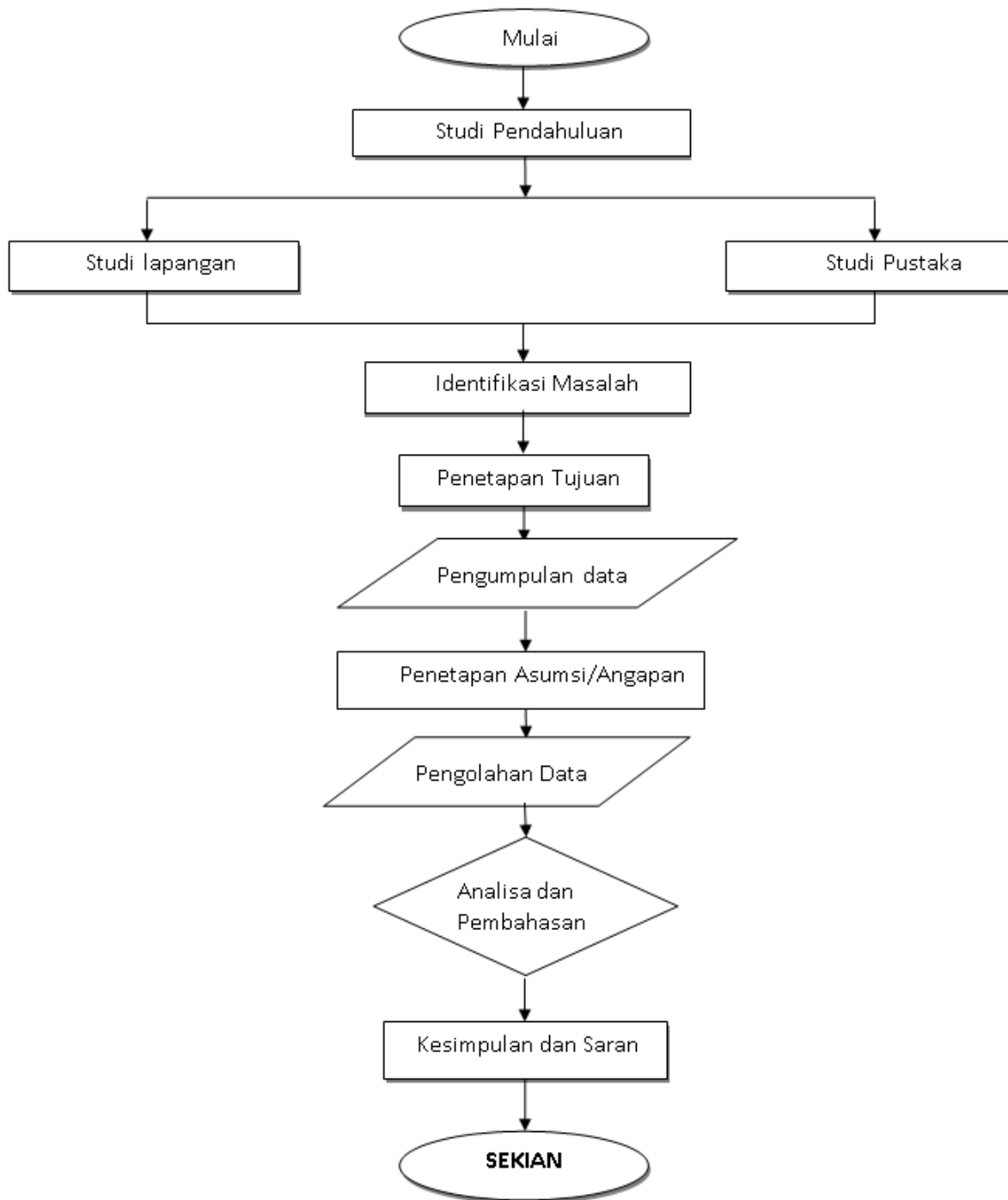
Dilakukan untuk mengetahui secara langsung kondisi coolbox penyimpanan ikan dan mendapatkan ukuran coolbox untuk perancangan sistem refrigerasi mekanik.

#### **2. Wawancara.**

Dilakukan dengan pihak pemilik dan operator perahu nelayan tipe longboat untuk mengetahui kebutuhan dan kemungkinan pengembangan berdasarkan pola penangkapan dan penyimpanan ikan yang selama ini dipakai.

### **2.4. Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian selengkapnya disajikan pada Gambar 1.



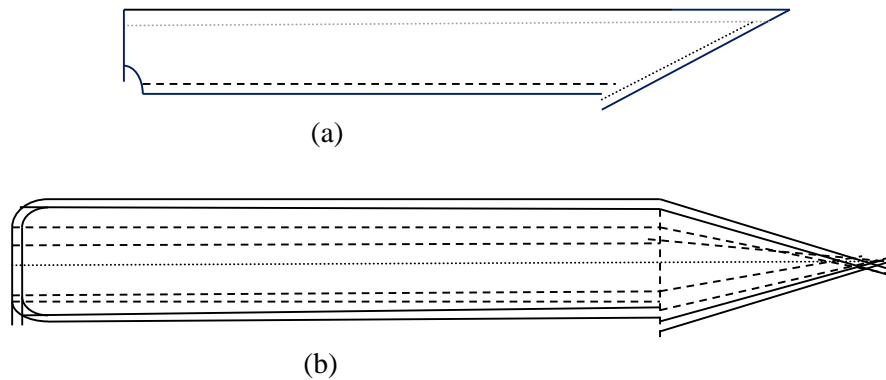
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil

##### 3.1.1. Tipe Rancangan

Perahu nelayan tipe longboat memiliki panjang (LOA) degan lebar 1 m tingi geladak, perahu nelayaan tipe longboat digerakan oleh sebuah mesin dengan daya 40-50 PK.



**Gambar 2. Rencana Umum Perahu Nelayaan Tipe Longboat, a) Tampak samping; b) Tampak Atas**

Sesuai Gambar 2, perahu nelayan tipe longbuot ini di buat satu buah *coolbox* ditempatkan menyatu dengan bodi perahu, *coolbox* dari triples yang dilapisi degan glas fiber pada bagian luar dan dalamnya, degan bentuk yang di sesuaikan degan kontruksi perahu nelayan tipe longboat, dinding *coolbox* merupakan dinding komposit yang terdiri dari lapisan triples setebal 1-5 cm, dilapisi dengan kertas fiber setebal 3 mm.

### 3.1.2. Ukuran dan Konstruksi Coolbox

Ukuran *coolbox* terdapat pada Lampiran-1 sedangkan hasil perhitungan luas dinding dan volume *coolbox* adalah sebagaimana terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Coolbox

No.	Ukuran	Besar	Satuan
1	Panjang $L_o =$	1.1	m
2	Lebar, $w_o =$	1	m
3	Tinggi $h_o =$	1.5	m
4	Tebal $=$	0.026	m
5	Panjang , $L_i =$	1.048	m
6	Lebar, $W_i =$	1.048	m
7	Tinggi, $h_i =$	1.474	m
8	Tinggi air $=$	0.5	m
9	Koefisien Blok, $CB =$	0.8	
10	Volune, $V_{-cb} =$	1.457010086	m <sup>3</sup>
11	Volume air $=$	0.4393216	m <sup>3</sup>
12	Volume sisa $=$	1.017688486	m <sup>3</sup>

### 3.1.3. Hasil Perhitungan Beban Pendingin

#### 1. Beban Transmisi

Tebal ( $x$ ) dan besar konduktivitas termal ( $k$ ) dari lapisan komposit dinding *coolbox* serta hasil perhitungan koefisien menyeluruh  $U$ , adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 2. Hasil perhitungan beban kalor trasmisi melalui dinidng di tunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Dinding *Coolbox*

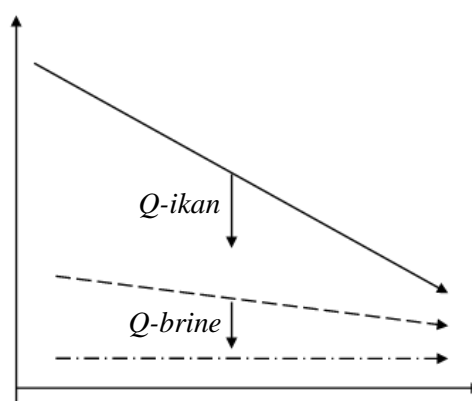
No.	Dinding Komposit	Tebal, M	Konduktivitas Termal, W/m.K	Tahanan Termal R, K/W
1	fiber glass, a	0.003	0.038	0.07894737
2	triplex, b	0.001	9.2	0.0001087
3	stereofom,c	0.02	0.0039	5.12820513
4	pelat, d	0.002	9.2	0.00021739
5	fiber glass, e	0	0.003	0
6	tebal dinding =	0.026	$\sum R =$	5.20747858
7	Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh		U=	0.19203151

Tabel 3. Hasil Prhitungan Beban Kalor Transmisi

No	Besaran/Variabel	Besar	Satuan
1	Temperatur coolbox	0	°C
2	Temperatur lingkungan	30	°C
3	Beda Temperatur, $\Delta T$	30	°C
4	Luas Dinding	3.089504	m <sup>2</sup>
5	Luas Tutup	1.098304	m <sup>2</sup>
6	Luas Alas	0.878643	m <sup>2</sup>
7	Kalor Melalui Dinding	17.79846398	W
8	Kalor Melalui Tutup	6.327269421	W
9	Kalor Melalui Alas	5.061815536	W
10	Total kalor Transmisi	<b>29.18754894</b>	W

## 2. Beban Produk dan Internal

Beban produk berupa kalor yang berasal dari ikan yang didinginkan dan beban internal berupa kalor yang harus diserap dari air laut sebagai media pendinginan dihitung mengikuti pola pendinginan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Keterangan:

- : garis penurunan temperatur ikan
- - - - -→ : garis penurunan temperatur *brine* (air laut)
- · - · - → : garis temperatur evaporasi

Gambar 3. Diagram proses pendinginan ikan dalam Cool box

Hasil perhitungan beban kalor yang berasal dari ikan yang didinginkan dan air laut sebagai media pendingin dalam coolbox ditunjukkan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Beban Produk yang berasal dari Ikan

No.	Variabel	Besar	Satuan
1	massa ikan =	50	kg
2	cp di atas beku =	3180	J/(kg.K)
3	temperatur awal =	25	C
4	temperatur simpan =	3	C
5	$\Delta T =$	22	
6	Q =	3498000	J
7	waktu pendinginan =	12	jam
8	q =	80.97222222	W

Tabel 5. Hasil Perhitungan Beban yang berasal dari Air Laut sebagai media pendingin dalam coolbox

No.	Variabel	Besar	Satuan
1	volume coldbox =	1.457010086	
2	volume air laut =	0.4393216	
3	densitas air laut rata-rata (@15C) =	2558.75	kg/m <sup>3</sup>
4	massa air laut, m-f =	1124.114144	kg
5	cp air laut rata-rata (@15C) =	2597	J/(kg.K)
6	temperatur awal, Tf-i =	25	C
7	temperatur akhir, Tf-f =	0	C
8	$\Delta T_f =$	25	
9	Qf =	72983110.8	J
10	waktu pendinginan =	12	jam
11	qf air =	1689.423861	W

#### 4. Beban Pendingin Total

Rekapitulasi beban pendingin ditunjukkan pada Tabel 4.10 Beban Pendingin total setelah dikoreksi sesuai Pers. (2.8) diperoleh sebesar 2,15950 kW yang dihitung dengan faktor keamanan sebesar 20%.

Tabel 6. Rekapitulasi Beban Pendingin (W)

No.	Variabel	Besar	Satuan
1	Total beban	1,79958	kW
2	Safety Factor	1.2	
3	Beban Evaporator	2,15950	kW

#### 3.1.4. Pemilihan Besaran Siklus Kompresi Uap

Pemilihan besaran siklus kompresi uap ini didasarkan pada sifat R-22. Dengan mempertimbangkan temperatur kerja dari air laut yang digunakan sebagai media pendingin ikan, temperatur evaporasi dipilih sebesar -10°C, dan pada temperatur evaporasi ini, diperoleh tekanan R-22 sebesar 3.548 bar. Sedangkan agar terdapat beda temperatur yang cukup antara refrigeran dan air laut

sebagai media pendingin pada kondensor, dipilih temperatur kondensasi sebesar 50°C di mana tekanan kondensasi R-22 pada tempeartur ini diperoleh sebesar 18.93 bar.

Besar temperatur saat memasuki kompresor dipilih sebesar -5°C, dengan asumsi bahwa terjadi kenaikan temperatur panas lanjut sebesar  $\Delta T_{SH} = 5^\circ\text{C}$  sedangkan penurunan tekanan pada evaporator diasumsikan sebesar  $\Delta P_{\text{evap}} = 1,5$  bar. Besar temperatur refrigeran saat keluar dari kondensor dipilih sebesar 40°C, dengan asumsi bahwa terjadi penurunan temperatur bawah dingin sebesar  $\Delta T_{SC} = 10^\circ\text{C}$ .

Tabel 7. Besaran Siklus Kompresi Uap untuk R-22.

Tingkat Keadaan	Temperatur, T, °C	Tekanan, P, bar	Entalpi, h kJ/kg	Entropi, s kJ/(kg.K)	Keterangan
1	-5	2,048	215,4	0,9835	$\Delta T_{SH} = -5^\circ\text{C}$ $\Delta P_{SH} = 0,5$ bar
2s		19,43	304,2	0,9835	Isentropik
2	96.79	19,43	306,9	0,9912	
3'	50			--	
3	40	18,93	94,66	--	$\Delta T_{SC} = 10^\circ\text{C}$ $\Delta P_{\text{evap}} = 0,75$ bar
4	-10	3,548	94,66	--	$x = 0,3153$

Sifat-sifat termodinamika R-22 pada berbagai tingkat keadaan sesuai siklus kompresi uap aktual selanjutnya dihitung dengan perangkat REFPRO6® sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.7.

### 3.1.5. Perhitungan Kapasitas Unit Pendingin

Kapasitas unit pendingin yang diperlukan dihitung dengani Pers. (2.9) hingga (2.15) terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8. Variabel Kerja Unit pendingin

Variabel	Besar	Satuan
Beban Pendingin ( $Q_o$ )	2.15950	kW
Dampak Refriferasi ( $q_c$ )	158,21	kJ/kg
Laju alir Massa Refrigeran ( $\dot{m}$ )	0013354155	kg/s
Daya kompresi aktual, ( $W_k$ )	0,62554	kW
COP	3,377	--
Panas yang harus dilepas kondensor, ( $Q_k$ )	2,78504	kW

### 3.1.6. Ukuran Pokok Komponen Utama Unit Pendingin

Hasil perhitungan ukuran evaporator sesuai total beban pendingin yang perlu dipindahkan ke refrigeran selama proses evaporasi ditunjukkan pada Tabel 4.13. Diameter luar ( $D_o$ ) dan diameter dalam ( $D_i$ ) dari koil evaporator dipilih sesuai standar untuk koil tembaga masing-masing sebesar 0.02858 m ( $=1\frac{1}{8}$  inch), dan 0.02604 m (Gryndryad *et al.* 2001).

Tebel 9. Ukuran evaporator

Variabel	Harga	Satuan
Beban Pendingin ( $Q_o$ )	2.15950	kW
Fluks panas, $Q''$		
Luas penampang, A		
Panjang koil total,		

Tabel 10. Hasil Perhitungan Perpindahan Panas Sisi *Brine*

Variabel	Harga	Keterangan
Temperatur brine rata-rata ( $T_b$ )	-2,5 °C	Dipilih
Temperatur luar koil evaporator, $T_{so}$	-8,1747 °C	
Temperatur dalam koil evaporator, $T_{si}$	-9,6334 °C	
Temperatur Evaporasi ( $T_{sat}$ )	-10 °C	
$\Delta T_b = (T_b - T_{so})$	5,6747 °C	
$\Delta T_w = (T_{so} - T_{si})$	1,4586 °C	
$\Delta T_r = (T_{si} - T_{sat})$	0,3665 °C	
Koefisien konveksi sisi brine, $h_b$	991,2569 W/(m <sup>2</sup> ·K)	Pers (2.22a)
Faktor pengotoran koil evap, $1/h_{ff}$	0,0001 W/(m <sup>2</sup> ·K)	
Konduktivitas termal koil evaporator, $k$	52 W/(m·K)	
Koefisien menyeluruh pada dinding $U_w$	3508,6306 W/(m <sup>2</sup> ·K)	Pers (2.23)
Koefisien konveksi sisi refrigeran, $h_o$	2334,3027 W/(m <sup>2</sup> ·K)	Pers (2.24d)

Untuk aliran panas yang bersifat tunak (*steady*), fluks panas,  $Q''$  sama dengan fluks yang mengalir pada sisi brine  $Q_b''$ , dinding koil evaporator  $Q_w''$  dan pada sisi refrigeran  $Q_r''$ ; sehingga untuk penyelesaiannya dilakukan dengan proses iterasi yaitu dengan menebak nilai temperatur  $T_{so}$ .

## 4. KESIMPULAN

### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, telah dilakukan kajian terhadap fenomena pendinginan ikan, dengan menggunakan coolbox yang di buat menyatu dengan body perahu nelayan tipe longboat, coolbox ini dibuat dari bahan trpleks dan fiber glas, dengan ukuran dalam (1,048) m degan volume air sebesar 0,4393216 m<sup>3</sup> berdasarkan penelitian yang di lakukan dapatlah disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Dimensi coolbox
  - Panjang  $L_o$  = 1.1 m
  - Lebar,  $w_o$  = 1 m
  - Tinggi  $h_o$  = 1.5 m
  - Tebal = 0.026 m
  
2. Kapasitas Unit Pendingin
  - Beban Pendingin = 2.15950 kW
  - Laju alir Massa Refrigeran = 0013354155 kg/s
  - Daya kompresi actual = 0,62554 kW
  - COP = 3,377
  - Panas yang harus dilepas kondensor = 2,78504 kW
  
3. Dimensi Evaporator
  - Beban Pendingin = 133,012639 kW
  - Fluks panas = 5117,837715 kW/m<sup>2</sup>
  - Panjang koil total = 289,6106499 m

### 4.2. Saran

Untuk mengetahui secara lebih baik pengaruh dan proses pendinginan ikan di dalam coolbox maka perlu di lakukan percobaan lanjut dengan melibatkan massa ikan dalam jumlah yang disesuaikan dengan kapasitas coolbox yang banyak di gunakan nelayan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arora, (2001): *Refrigeration and Air Conditioning*. McGraw-Hill International Edition, Boston/Singapore.
- Bhatti, M., (1999): A historical Look at Chlorofluorocarbon Refrigerants, *ASHRAE Transaction*, 1999, Vol 105.
- Clodic, D., and Sauer, F., (1994): *The Refrigerant Recovery Book*. Publ. by ASHRAE. Inc., 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta.
- DuPont, (2001), General Replacement Guide: CFC to an HCFC; CFC or HCFC to an HFC, DuPont Suva refrigerants: [www.suva.com](http://www.suva.com).
- EPA (U.S Environmental Protection Agency) (2004): Brief Questions and Answers on Ozone Depletion, [http://www.epa.gov/ozone/science/q\\_a.html](http://www.epa.gov/ozone/science/q_a.html), June 22nd.
- Fahey, W.D., (2002): Twenty Questions and Answers about the Ozone Layer, Panel Review Meeting for the 2002 Ozone Assessment, Les Diablerets, Switzerland, 24-28 June.
- Fedorko, G., Fredrick, G., and Hansel, J.G., (1987): Flammability characteristics of chlorodifluoromethane (R-22)-oxygen-nitrogen mixtures. *ASHRAE Transactions* 93(2):716-24.
- Gopalnarayanan, S., (1998): Choosing the right refrigerant. [http://www.memagazine.org/backissues/october\\_98/features/refrig/refrig.html](http://www.memagazine.org/backissues/october_98/features/refrig/refrig.html).
- Gopalnarayanan, S. and Rolotti, G.D., (1999): Total Equivalent Warming Impact of R-22 Alternatives in Air-Conditioning and Heat Pump Applications *ASHRAE Transactions*, Vol 105.
- Granryd, E., Ekroth, I., Lundqvist, P., Melinder, A., Palm, B., and Rohlin, P., (1997): *Introduction to Refrigerating Engineering*. Department of Energy Technology Division of Applied Thermodynamics and Refrigeration Royal Institut of Technology, KTH, Stockholm.
- Han, H.D., and Zheng, Q.R., (1999): Researches on the replacements for R12 and R22 used in marine refrigerating units for coming 21st century, *Proceedings of 20<sup>th</sup> International Congress of Refrigeration, IIR/IIF*. Sydney.
- Harris, R.J., (1983): *The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plant*. E. & F.N. Spon, Ltd. London.
- Hesse, U., and Spauschus, H.O., (1995): Selection of R502 and R22 Alternatives for Different Applications, *Proceedings of 19<sup>th</sup> International Congress of Refrigeration, IIR/IIF*.
- Ilman, I., & Putra, A. B. K. (2017). Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Kompresor dan Beban Pendinginan pada Sistem Refrigerasi Cascade. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
- Incropera F.P., and De Witt, D.P., (1990): *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley&Sons. New York.
- Margana, A. S. (2015, November). Peluang Pemanfaatan Campuran refrigeran Hidrokarbon Pada Cooling Box Temperatur Sangat Rendah Dengan Menggunakan Sistem Refrigerasi Joule-Thomson. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 6, pp. 110-116).

- NIST (U.S. National Institute of Standards and Technology) (1998): REFPROP6®: Thermodynamic and Transport Properties of Refrigerants and Refrigerant Mixtures. *Standard Reference Database 23 – Version 6.01*.
- Saputra, A. C., & Baheramsyah, A. (2017). Studi Eksperimen Penggunaan Ice gel Sebagai Media Pendingin Cool Box Kapal Ikan Tradisional. In *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan*.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) (2000): SNI 06-6500-2000, Refrigeran: Pemakaian pada instalasi tetap, Badan Standarisasi Nasional – BSN.
- Stoecker, W.F., dan Jones, J.W., (1989): *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, terjemahan Supratman Hara, Penerbit Airlangga. Jakarta.
- Suwono, A. (2000): Hydrocarbon Refrigerants in Indonesia – An Overview, *Proceedings of International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion 2000*:17-27. Bandung.
- Tomasoa, Y. S. (2020). Hasil Tangkapan Jaring Insang Hanyut (Drift Gill Net) pada Saat Malam hari dan Siang Hari. *Jurnal Agrohut*, 11(1), 11-18.
- Tomasoa, Y. F. (2020). Strategi Pengembangan Perikanan Tangkap di Perairan Ambon (Studi Kasus: Teluk Luar). *Jurnal Agrohut*, 11(2), 64-74.
- Toisuta, B. R., Baeruma, B. C., Tutupary, O. F., Djafar, F., Leatomu, Y. F., Hinyole, C. V., ... & Bara, Y. E. (2022). Pengembangan Warna Alat Tangkap Bottom Gillnet terhadap Hasil Tangkapan Ikan Lolosi Biru (*Caesio Caerulaurea*) di Perairan Pulau Tolonuo Kabupaten Halmahera Utara. *JUSTE (Journal of Science and Technology)*, 2(2), 133-145.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (1999): *Study on the Potential for Hydrocarbon Replacements in Existing Domestic and Small Commercial Refrigeration Appliances*, Division of Technology, Industry and Economics Ozone Action Programme, Paris Cedex 15 – France.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2000): *The Montreal Protocol on Substance that Deplete the Ozone Layer; as either adjusted and/or amended in London 1990, Copenhagen 1992, Vienna 1995, Montreal 1997, Beijing 1999*, PO Box 30552, Nairobi, Kenya.