

# STUDI EKSPERIMEN PENGARUH INSULIN VAKUM pada *FISH HOLD INSULATION SYSTEM* KAPAL PENANGKAP IKAN 7GT

Projek Priyonggo<sup>1</sup>, Eky Novianarenti<sup>1</sup>, Lely Pramesti<sup>1</sup>, Abdul Gafur<sup>1</sup>, George Endri Kusuma<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya  
Jalan Teknik Kimia Kampus ITS, Sukolilo, Kota Surabaya, Indonesia 60111  
Email: [projek.priyonggo@ppns.ac.id](mailto:projek.priyonggo@ppns.ac.id)

## Abstrak

Mayoritas nelayan tradisional menggunakan tempat penyimpanan sederhana seperti kotak styrofoam, peti kayu, dan palka sederhana dengan media pendinginan es balok. Penyimpanan tersebut belum memiliki insulasi yang baik sehingga berakibat pada kualitas ikan yang menurun. Belum lagi keluhan terkait cepat rusaknya box ikan yang terbuat dari styrofoam tersebut. Kekurangan kotak ikan berbahan styrofoam adalah sangat mudah rusak dan berlumut. Beberapa penelitian memberikan solusi untuk menginsulasi palka dengan beberapa bahan insulasi seperti polyurethane, sekam padi, aluminium dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan laju perpindahan panas pada palka ikan kapal 7GT dengan variasi kevakuman dan persentase es terhadap ikan. Konstruksi insulasi dibuat sedemikian hingga dengan variasi fiberglass dan polyurethane dengan ketebalan tertentu diharapkan dapat meningkatkan masa pemakaian *fish hold* menjadi lebih lama.

Kata Kunci: palka, insulasi, polyurethane, vakum, kapal 7GT

## Abstract

Traditional fisherman use simple storage areas such as styrofoam boxes, wooden crates, and simple hatches with block cooling media. The storage does not yet have a good insulation, as a result, the quality of the fish decreases. Not to mention the complaints related to the speed of the fish box made of styrofoam. Disadvantages of fish boxes made of styrofoam are very easy to damage and mossy. Several study provide solutions to insulate fish with several insulating materials such as polyurethane, rice husk, aluminium and so on. This study aims to reduce rate of heat transfer in the 7GT ships's fish hold with variations of the vacuum insulations and the percentage ice on the fish. The insulation construction is made so that variations of fiberglass and polyurethane with a certain thickness are expected to increase the service life of fish for a longer period of time.

Kata Kunci: fish hold, insulation, polyurethane, vacuum, 7GT ships's

## 1. PENDAHULUAN

Ikan merupakan bahan pangan hewani yang berasal dari laut dan memiliki kandungan protein dan gizi yang sangat tinggi. Namun ikan merupakan jenis bahan pangan yang cepat mengalami pembusukan. Menurut jurnal *Microbiological Evaluation of Some Heat-Treated Fish Product in Egyptian Markets* yang dipublikasikan pada laman Ecronicon (Desember 2017), ikan mengalami perubahan yang tidak diinginkan karena kontaminasi mikroba. Pembusukan cepat akibat hasil denaturasi protein, proses perubahan struktur protein, dan oksidasi lipid (oksidasi asam lemak) yang menyebabkan hilangnya kualitas ikan. Hal ini terjadi jika ikan tidak segera didinginkan atau dibekukan pasca panen. Dilansir dari berita antaranews dan beberapa media (Desember 2020), Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) berkomitmen mengembangkan riset dan melaksanakan

pemanfaatan data dan informasi hasil riset terkait teknologi pendingin mini di atas kapal nelayan. Langkah tersebut diharapkan mampu membantu para nelayan agar dapat melakukan penanganan pada ikan hasil tangkapannya secara optimal sehingga kualitas dan kandungan gizinya masih terjaga.

Menurut Setyalina, et al [1], mayoritas nelayan di Gresik masih menggunakan media penyimpanan sederhana, seperti peti kayu, kotak styrofoam atau palka dengan media pendinginan es balok. Penyimpanan tersebut belum memiliki insulasi yang baik sehingga berakibat pada kualitas ikan yang menurun. Belum lagi permasalahan yang dialami nelayan yaitu cepat rusaknya box ikan yang terbuat dari styrofoam tersebut.

Penelitian terkait mengenai tambahan insulasi dengan memodifikasi coolbox menggunakan styrofoam dan variasi sekam padi telah dilakukan oleh Muhammad Abidin dan Alam Baheramsyah [2], Sulfia Anizar [3],

variasi sengon wood dan rice straw oleh Putri Ladikha [4]. Alternatif insulasi juga ditawarkan oleh Untung Budiarto dan Kiryanto [5] dengan memodifikasi ketebalan bahan insulasi polyurethane. Modifikasi coolbox berisi campuran es kering dan es balok terhadap ikan dengan insulasi vakum juga diteliti oleh Sondana [6], Indraswara Dinda [7] Akos Lakatos [8] dan *Rainer Froese* [9]. Sedangkan posisi pengambilan data dengan mempertimbangkan posisi terbaik baik dari sisi *corner* (ujung) dari *fish hold* dan *centre* (tengah) dengan mempertimbangkan posisi temperatur panas ikan telah dilakukan oleh Namasivayam et al. [10] yang merupakan dasar dari posisi pengambilan data *thermal* pada penelitian ini.

Dari permasalahan yang ada pada metode dan fasilitas untuk penanganan ikan pasca panen yang dialami nelayan diatas dan untuk mendukung riset KKP, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) serta mitra PT. Karya Bahari Abadi (KBA) yakni perusahaan penyedia motor tempet outboard salah satunya untuk kapal nelayan bersepakat membuat *road map* penelitian. Penelitian dilakukan mulai dari desain pembuatan kapal kecil dengan kapasitas sekitar 7GT lengkap dengan sistem permesinan dan propulsi, kelistrikan serta fasilitas penyimpanan ikannya.

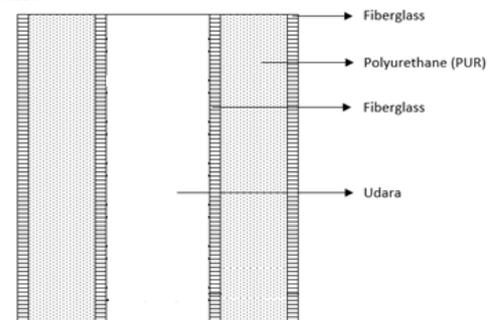
Teknologi insulasi dengan menggunakan insulasi vakum agar masa pemakaian *fish hold* menjadi lebih lama dari segi konstruksi dan mampu memberikan efektivitas terhadap perpindahan panas secara paralel sehingga diharapkan konduktivitas termalnya menjadi rendah dan membuat temperatur dingin dalam *fish hold* bertahan lama. Penggunaan teknologi ini membuka peluang bagi kapal - kapal pengangkut ikan berukuran kecil untuk meningkatkan efektivitas dan kekuatan *fish hold*, sehingga diharapkan berdampak positif pada efisiensi dan pendapatan nelayan.

## 2. METODE

Secara garis besar, keseluruhan proses penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap desain dan analisis *fish hold* yang dimodifikasi, tahap pembuatan prototye, eksperimen dan tahap produksi dengan ukuran yang telah dianalisis sesuai hasil eksperimen sebelumnya.

### 2.1 Eksperimental setup

Pada tahap desain ini dimulai dari studi literatur yang didapatkan dari berbagai sumber jurnal, *paper*, *website*, penelitian terdahulu dan lainnya untuk memperluas pengetahuan penulis.



(a)



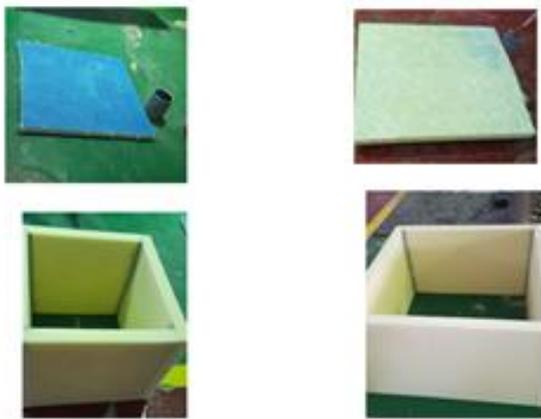
(b)

**Gambar 1.** Desain dinding *fish hold* tampak (a) Samping, (b) 3D isometri.

Langkah selanjutnya adalah pengumpulan data seperti berbagai macam desain *fish hold* dan insulasinya. Setelah itu, dibuatlah skema desain *fish hold*. Pada skema ini dirancang dengan metode komposit karena terdiri dari beberapa lapisan, yaitu dinding terbuat dari

material *fiberglass* kemudian dilapisi dengan insulasi *polyurethane* (PUR), selanjutnya diberikan tambahan area untuk memasukkan udara. Sistem ini dibuat menyerupai desain *vacuum insulation*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.

Percobaan dilakukan dengan mengisi coolbox yang telah dibuat sedemikian hingga di bengkel kayu Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dengan es batu dan ikan kerapu. Dibuat beberapa perbandingan sebagai variasi antara lain: 30% es - 70% ikan; 50% es- 50% ikan; dan 70% es- 30% ikan. Di mana massa ikan untuk percobaan 50-50 adalah 10 kg ikan kerapu dan 10 kg es.



**Gambar 2.** Geometri pembuatan *box* insulasi untuk kapal ikan 7GT

## 2.2 Thermal Conductivity

Setelah desain selesai dibuat maka dilakukan pengolahan data mengenai luas area *fish hold*, kapasitas massa, konduktivitas thermal beberapa material, temperatur, kalor spesifik produk, dan sebagainya yang diperlukan untuk perhitungan total beban pendinginan dan pendekatan teori perpindahan panas secara konduksi. Setelah pengolahan data selesai dilanjutkan dengan analisis dan pembahasan dengan mengkaji perhitungan resistansi thermal dan perhitungan beban pendinginan serta *Overall Heat Transfer Coefficient* (U) serta kapasitas volume penyimpanan ikan dan es pada *fish hold* yang di desain. Langkah terakhir adalah penarikan kesimpulan yang berhubungan dengan penelitian ini serta memberikan rekomendasi desain dan ukuran *fish hold* yang sesuai dengan

kondisi. Beberapa parameter yang telah diketahui disajikan dalam tabel sebagai berikut.

**Tabel 1.** Parameter Objek Penelitian.

Parameter	Nilai	Satuan
Dimensi	65 x 55 x 60	cm
Tebal Fiber_1; konduktivitas	3 k= 0.046	mm W/m.K
Tebal PU; konduktivitas	5 k= 0.026	cm W/m.K
Tebal Fiber_2; konduktivitas	3 k= 0.046	mm W/m.K
Volume ikan	0.0001413	m <sup>3</sup>
Cp ikan	3550	J/kg.K
Latent ikan	227	J/kg
R-value	4.067	m <sup>2</sup> k/W
Qrate	29.303	W
Spoiled fish time	27.5	hour

## 2.3 Fish And Initial Condition

Pengambilan data dilakukan selama 8 jam di Lab Reparasi Mesin PPNS dengan variasi 3 keadaan yang diwakili dengan persentase es yaitu 0.3, 0.5, dan 0.7. Titik pengukuran yang menjadi objek pengambilan data dengan cara mengarahkan termometer tembak ke arah insang ikan yang berada di tengah-tengah *fish hold*. Berdasarkan jurnal acuan [10] yang menyebutkan bahwa posisi terbaik adalah di tengah *fish hold* dibandingkan di ujung *fish hold*.



(a)



(b)

**Gambar 3.** Objek Penelitian (a) Ikan kerapu (b) Posisi pengambilan data pada *center fish hold*

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan analisis data percobaan eksperimen yang telah dilakukan. Perhitungan data diantaranya adalah perhitungan perpindahan panas dalam sistem insulasi. Setelah mengetahui nilai konduktivitas material tiap komposit dari insulasi maka dilakukan *invers calculation* dimulai dari beban sensibel dan latent yang didapat dari ikan dan lingkungan, dari beban sensibel tersebut maka didapat nilai  $R_{th}$  dan waktu pembusukan ikan/ laju menurunnya kualitas ikan. Setelah mengetahui nilai heat rate dan  $R_{th}$  maka didapatkan ketebalan insulasi dari PUR dan ketebalan insulasi dari fiberglass untuk menahan laju perpindahan panas agar kesegaran ikan dapat bertahan lebih lama.

### 3.1 Perpindahan Panas pada Sistem Insulasi

Setiap material atau bahan memiliki nilai konduktivitas termal yang menentukan kemampuan suatu benda untuk menghantarkan panas. Semakin tinggi nilai konduktivitas termal suatu material atau bahan, semakin baik material tersebut menghantarkan panas. Untuk itulah dipilih material PUR dengan nilai konduktivitas terendah untuk menahan laju perpindahan panas.

Dinding *coolbox* paling luar adalah fiber setebal 5mm, kemudian dinding selanjutnya adalah PUR dengan ketebalan 5cm, kemudian dinding ketiga adalah fiber dengan tebal 5mm, kemudian space air, selanjutnya menghitung berulang dinding ke 5 fiber, kemudian PUR, terakhir adalah fiber. Dari perhitungan  $Q_{sensibel}$  dan  $Q_{laten}$  didapatkan nilai  $Q_{tot} = 29.303 \text{ W}$  untuk 5 dinding total keseluruhan, dan  $R_{th}$  didapatkan nilai  $= 4.067 \text{ m}^2\text{k/W}$

$$q_x = UA\Delta T \quad (1)$$

$$R_{tot} = \sum R_t = \frac{\Delta T}{q} = \frac{1}{UA} \quad (2)$$

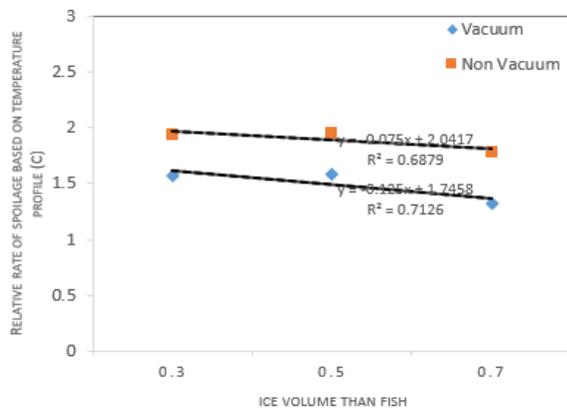
$$U = \frac{1}{R_{tot}A} = \frac{1}{\frac{1}{(1/h_1) + (L_A/k_A) + (L_B/k_B) + (L_C/k_C)} + \frac{1}{(1/h_4) + (L_A/k_A) + (L_B/k_B) + (L_C/k_C) + (1/h_4)}}$$

$$U = \frac{1}{R_{tot}A} = \frac{1}{\frac{1}{(1/5) + (0.003/0.046) + (0.05/0.026) + (0.003/0.046)} + \frac{1}{(1/5) + (0.003/0.046) + (0.05/0.026) + (0.003/0.046) + (1/10)}} = 4.067$$

### 3.2 Fish Spoilage Rates

Analisis statistik relatif tingkat pembusukan atau menurunnya kualitas kesegaran ikan diprediksi dengan mencari  $r^2$  dari trendline regresi *linear*. Data temperatur dari ketiga jumlah es batu 0.3; 0.5 dan 0.7 ketika diuji coba menggunakan vakum insulasi dan non vakum menunjukkan bahwa tidak ada efek spasial yang signifikan di ruang temperatur yang dikontrol ( $P > 0.05$ ). Berdasarkan perubahan temperatur yang diamati dari setiap variasi kevakuman ditunjukkan pada gambar 4. Dari gambar memperkirakan bahwa tingkat pembusukan

ikan rata-rata 1.7 kali lipat dari ikan yang disimpan di penyimpanan konstan, temperatur 0 °C.



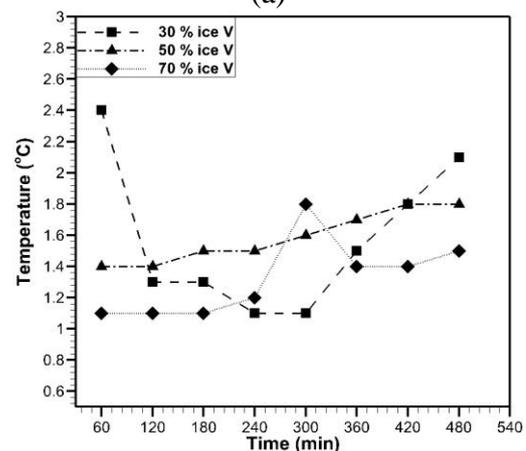
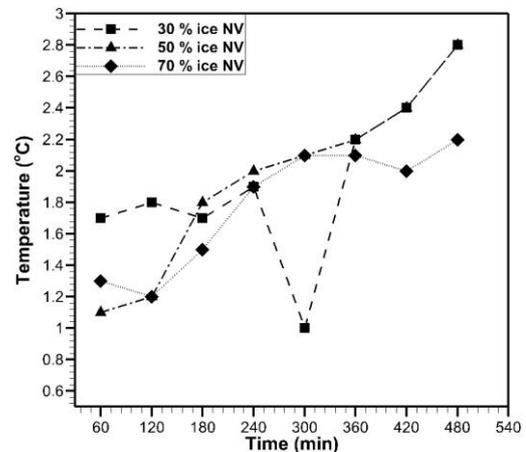
**Gambar 4.** Laju Prediksi Relatif Berdasarkan Histori Temperatur Rata-Rata pada Variasi Jumlah Es

Berdasarkan perkiraan temperatur secara signifikan lebih tinggi ( $P < 0.001$ ) pada ikan yang dilakukan perlakuan di insulasi vakum daripada yang mendapat perlakuan tanpa di vakum. Analisis regresi menunjukkan kecocokan linear yang masuk akal antara tingkat relatif yang diprediksi cepat mengalami pembusukan dengan nilai  $r^2 = 0.7126$  untuk kondisi vakum dan 0.6879 untuk kondisi non vakum. Berdasarkan analisis regresi tersebut tingkat pembusukan dengan pemodelan regresi relatif dapat memprediksi bahwa kondisi vakum dengan tekanan dan model yang diatur sedemikian hingga dapat menurunkan laju pembusukan ikan, sedangkan dengan tidak divakum, menghasilkan perpindahan panas yang tidak merata melalui dinding-dinding nya.

### 3.3 Profil Temperatur

Analisis temperatur dari ketiga variasi jumlah es batu dikombinasikan dengan jumlah ikan yang dimasukkan ke dalam *fish hold* dengan variasi kevakuman merupakan pembahasan yang cukup menarik dalam penelitian ini. Pada dasarnya, prinsip kerja percobaan ini adalah menguji *fish hold* dengan ketebalan insulasi tertentu yang telah

diformulasikan ke dalam perhitungan perpindahan panas untuk mempertahankan kesegaran ikan dan menurunkan laju perpindahan panas pada dinding *fish hold*.



**Gambar 5.** Profil Temperatur pada (a) Non Vakum (b) Vakum

Kemampuan desain insulasi *fish hold* dalam menahan beban eksternal dari *surrounding* telah diuji eksperimen melalui percobaan ini. Gambar 5 (a) menunjukkan adanya peningkatan temperatur selama waktu pengujian. Peningkatan temperatur yang cukup signifikan ini disebabkan adanya *losses* atau perpindahan panas akibat beban eksternal yang dialami dinding *fish hold*. Trend grafik cenderung tidak linear diakibatkan waktu pengambilan data yang tidak seragam, dimana temperatur eksternal yang mengenai dinding sangatlah berpengaruh saat data diambil. Posisi ikan yang terbaik menurut

Namasivayam [10] adalah menempatkan ikan sebagai objek penelitian di tengah *fish hold* kemudian *termocouple* diletakkan di sekitar daerah insang ikan. Berdasarkan percobaan dengan insulasi vakum (Gambar 5 (b)) diperoleh grafik yang cenderung *linear* pada percobaan jumlah es 50%. Hasil terbaik untuk nilai temperatur minimum rata – rata ditunjukkan pada percobaan jumlah es 70% karena pengaruh jumlah es mampu mempertahankan temperatur kabin. Dari hasil kevakuman dan kelinearan grafik didapatkan temperatur terendah rata-rata pada percobaan *fish hold* dengan insulasi vakum yaitu pada percobaan es 30% didapatkan nilai rata-rata sebesar 1.575 °C; untuk 50% es 1.59 °C dan 70% es adalah 1.325 °C. Dengan demikian dapat dianalogikan bahwa insulasi vakum mampu mempertahankan kesegaran ikan pada temperatur yang diijinkan menurut ASHRAE Handbook, yakni dibawah 3 °C dan mampu menurunkan laju perpindahan panas dalam *fish hold*.

### 3.4 Performa Insulasi

Jumlah variasi es dengan ikan dan posisi pengambilan data percobaan menghasilkan profil temperatur yang berbeda secara kuantitatif di salah satu bagian ikan yang lebih peka terhadap temperatur. Percobaan yang diatur menggunakan 1atm tekanan atmosfer diharapkan *rate* temperaturnya akan mampu bertahan lama. Menurut perhitungan laju perpindahan panas, kemampuan bertahan dalam satu kali melaut (*one day fishing*) selama 27.5 jam. Tidak adanya perbedaan kualitas ikan dari dua jenis variasi kevakuman mungkin berarti dengan demikian temperatur inti dari ikan kerapu yang memiliki nilai kolagenitas tinggi tidak berubah sebanyak rongga insang dan dengan demikian kualitas ikan secara keseluruhan tidak berubah. Tujuan utama dari percobaan ini adalah untuk menilai seberapa banyak insulasi termal yang diperlukan untuk melindungi produk selama *one day fishing* angkutan kapal nelayan 7GT.

Selanjutnya, material Polyurethane memiliki rangkaian silang polymer dengan susunan tertutup dan dinding tak terputus. Dengan demikian, bentuk sel tertutup mempunyai nilai konduktivitas termal yang lebih rendah secara signifikan dari pada busa dengan sel terbuka. Namun hal yang perlu diperhatikan selama pengujian adalah, seluruh material insulasi juga perlu memperhatikan kekuatan konstruksi dari palka, saat tekanan dinaikkan pada densitas PUR tertentu terjadi pengembangan yang menyebabkan suara gemeretak pada dinding *fish hold*. Hal ini menunjukkan bahwa pada nilai densitas tertentu, tekanan yang ditimbulkan oleh busa PUR saat terjadi proses pengembangan dapat menimbulkan kerusakan pada konstruksi.

## 4. KESIMPULAN

Pada percobaan mempertahankan kualitas kesegaran ikan dengan memodifikasi insulasi penahan laju perpindahan panas yang diletakkan pada *fish hold* kapal nelayan 7GT dapat ditarik kesimpulan bahwa laju pendinginan terbaik dibuktikan dengan perkiraan regresi linear dan nilai temperatur terendah adalah pada variasi vakum dengan jumlah es 70% dan ikan 30%. Namun demikian untuk menaikkan nilai jual nelayan dapat menggunakan konfigurasi 50:50 yang dinilai lebih menjaga kestabilan dari kabin *fish hold*. Dengan hasil capaian tersebut dapat dikatakan insulasi komposit PUR mampu secara efektif menjaga kesegaran ikan selama 27.5 jam atau lebih dari satu hari berlayar.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Institusi Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah memberikan kontribusi pendanaan pada penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Risa Setyalina dan Shanti Kartika Sari, "Perancangan dan Analisis Cool Box sebagai Media Penyimpanan Ikan bagi Nelayan di Wilayah Kelurahan Lumpur Kabupaten Gresik," dalam *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VI*, Surabaya, 2018.
- [2] M Abidin dan Alam Baheramsyah, Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional dengan Menggunakan Insulasi dari Sekam Padi, *Undergraduate Thesis*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017
- [3] Sulfia Anizar Andari, Perancangan Cold Storage pada Palka Kapal Ikan 30GT dengan Isolasi dari Bahan Campuran HDPE dan Sekam Padi, *Undergraduate Thesis*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018
- [4] A. Baheramsyah, E. Mehta Wardhana, P. Ladikha Sihombing, "Coolbox Design for Traditional Fishing Vessel Using Sengon Wood (*Paraserianthes Falcataria* (L.) Nielsen Sawdust and Rice Straw Insulation", *Marine Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 69-78, 2018.
- [5] Untung Budiarto dan Kiryanto, "Optimasi Desain Isolasi Ruang Palka Ikan KM. Berkah 9GT untuk Mengurangi Laju Perpindahan Panas", *Journal of Marine Science and Technology*, vol. 07, no. 3, 2010.
- [6] A. Sondana, "Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional dengan Teknologi Insulasi Vakum, *Undergraduated theses*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2013.
- [7] Indraswara Dinda dan Alam Baheramsyah, "Modifikasi Coolbox dengan Insulasi Pendinginan Freon pada Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional", *Journal Teknik ITS*, vol. 3, no. 1, 2014.
- [8] Ákos Lakatos and Zsolt Kovács, "Comparison of thermal insulation performance of vacuum insulation panel with EPS protection layers measured with different method", *Journal Energy and Buildings*. vol. 236, no. 1, April, 2021.
- [9] Rainer Froese, "Insulating properties of styrofoam boxes used for transporting live fish", *Journal Aquaculture*. vol. 159, no. 159, pp 283-292, 1998.
- [10] N Navaranjan, G. C. Fletcher, G Summers, R. Parr, R. Anderson, "Thermal insulation requirements and new cardboard packaging for chilled seafood exports," *Food Engineering*, vol. 119, pp. 395-403, 2013.