

# Analisis Material Isolasi dan Bahan Pendingin Palka pada Kapal Pengumpul Ikan di Kabupaten Jeneponto

Muhammad Aditya Dwi Syandhy<sup>a,\*</sup>, Syerly Klara<sup>a</sup>, Baharuddin<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia*

\*Email: muhadyads09@gmail.com

---

## Abstrak

Pada pengoperasian kapal ikan, perlu diperhatikan insulasi palkanya sebagai sistem pendinginan ikan untuk menjaga kualitas kesegaran ikan. Penggunaan media penyimpanan ikan pada kapal KUB di Kabupaten Jeneponto yang masih menggunakan Styrofoam dan fiberglass memiliki kekurangan diantaranya mudah rusak dan proses pencairan lebih cepat, maka dalam penelitian ini dilakukan remodeling palka dengan susunan material fiberglass, polyurethane, fiberglass, phenolic foam, dan fiberglass dengan ketebalan mulai dari 0,06 m sampai dengan 0,10 m. Pemilihan variasi ketebalan optimal adalah yang memiliki nilai pendingin lebih baik dari hasil perhitungan metode Cooling Load Temperature Difference (CLTD) dan Computational Fluid Dynamic (CFD) serta perbedaan kebutuhan es yang tepat dengan kapasitas palka. Bahan pendingin yang digunakan dalam penelitian ini ialah ice gel/pack dan es balok. Simulasi digunakan menggunakan software Ansys R2 2020 untuk mengetahui perbedaan laju aliran panas dan mendapatkan variasi model yang paling optimal diantara kelimanya. Dari simulasi tersebut menunjukkan pengurangan laju aliran panas tiap modelnya yang kemudian divalidasi menggunakan rumus Hukum Fourier dengan model yang paling optimal ialah model ketiga memiliki nilai error sebesar -1,0028 serta Penggunaan ice gel/pack dan Es balok dengan kapasitas palka yang sama memiliki selisih 24,38 kg.

*Kata Kunci: Computational Fluid Dynamic (CFD), Cooling Load Temperature Different (CLTD), Insulasi palka*

---

## 1. Pendahuluan

Sistem insulasi palka pada kapal ikan perlu mendapatkan perhatian khusus dikarenakan kualitas ikan hasil tangkapan amat sangat tergantung dari kemampuan sistem isolasi mempertahankan suhu ideal untuk menjaga serta mempertahankan kesegaran dan mutu ikan sampai ke tangan konsumen. Masalah yang perlu diselesaikan untuk membantu nelayan mengoptimalkan proses pendinginan dan memaksimalkan ruang serta kapasitas hasil tangkapan. Untuk itu diperlukan material isolasi dan bahan pendingin yang lebih baik.

Selain material insulasi, bahan pendingin ikan juga perlu dipertimbangkan kembali tidak hanya menggunakan es balok, namun bisa memanfaatkan bahan lainnya sehingga mampu mengoptimalkan proses pendinginan hasil tangkap.

Kapal perikanan adalah kapal perahu atau alat apung lain yang digunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, budidaya ikan, pengangkut ikan pengolah ikan, pelatihan perikanan dan penelitian/eksplorasi perikanan [1]. Tipe-tipe kapal ikan yang menggunakan jaring pada umumnya digolongkan sebagai kapal trawl, kapal Purse Seine (pukat cincin) dan kapal Longline.

Palka adalah tempat penyimpanan ikan hasil tangkapan, baik penempatannya yang permanen maupun tidak permanen (yang dapat diangkat dan diturunkan) dalam lambung kapal [2]. Ruang palka ini berguna untuk menyimpan muatan kapal. Barang muatan harus dapat tersimpan dengan baik, tidak rusak, tidak busuk, kedap air, tidak mudah terpengaruh panas dari luar sehingga es yang ada di dalamnya tidak mudah mencair.

Pada umumnya bahan-bahan yang digunakan sebagai bahan isolasi dalam pembuatan palka tidak menimbulkan cacat pada muatan atau hasil tangkapannya, kuat terhadap guncangan, tidak beracun dan berbau, merubah rasa dan warna dari muatan. Ada beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai insulator antara lain, gabus, kayu, fiberglass, mineralwool, styrofoam, foamglass, dan polyurethane [3].

Pada umumnya bahan pendingin yang digunakan adalah es batu. Namun seiring perkembangan zaman muncul lah berbagai produk dari hasil eksperimen maupun uji lab. Beberapa jenis bahan pendingin yang digunakan dalam mendinginkan ikan adalah Ice Gel/Pack, campuran es dan garam dan es balok.

Kualitas produk hasil perikanan identic dengan kesegaran, proses perubahan fisik, kimia, dan

organoleptic berlangsung dengan cepat setelah ikan mati. Proses perubahan yang terjadi pada ikan setelah mati meliputi pre rigos mortis, rigor mortis, dan post rigor mortis [4].

Ada banyak faktor yang menentukan kecepatan penurunan kesegaran ikan diantaranya suhu. Suhu rendah sekitar 0oC dapat menghambat aktivitas enzim, bakteri, kimiawi, dan perubahan fisik ikan [4].

Penanganan ikan di atas kapal yang tidak memiliki sarana palka penyimpanan ikan yang baik, memiliki tingkat kerusakan ikan sebesar 20-30% sejak di atas kapal sampai di pusat pendaratan. Pengetahuan nelayan yang minim terkait penanganan ikan akan mengakibatkan penurunan tingkat kesegaran ikan setelah ikan ditangkap. Hal ini juga sangat berpengaruh pada proses pengolahan ikan selanjutnya [4].

Maka dari itu, penulis melakukan penelitian mengenai Analisis Material Isolasi Dan Bahan Pendingin Palka Pada Kapal Pengumpul Ikan. Berdasarkan uraian diatas, terdapat permasalahan-permasalahan tentang pemilihan jenis material, ketebalan dan susunan ketebalan isolasi yang tepat untuk diterapkan pada kapal ikan, jumlah bahan pendingin yang tepat pada lapal ikan, dan pengoptimalan kapasitas ruang muat palka ikan.

## 2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi masalah terlebih dahulu. Dimana penulis mengambil Kapal Ikan KUB di Dermaga Tanrussampe, Kabupaten Jeneponto sebagai objek penelitian agar dapat menganalisis bahan insulasi dan bahan pendingin yang optimal digunakan. Studi literatur bertujuan untuk menunjang penelitian yang berkaitan dengan pengkondisian udara, perpindahan panas, dan proses penanganan ikan di kapal.

Pengumpulan data diperlukan untuk menentukan bahan insulasi, ketebalan bahan insulasi serta penentuan bahan pendingin pada objek, dalam hal ini adalah ikan. Adapun data yang dikumpulkan yakni ukuran utama kapal, material palka, bahan pendingin, data ikan atau produk hasil tangkapan, dan konduktivitas termal bahan insulasi.

Setelah itu palka perlu dimodel kembali untuk membuat beberapa variasi model palka. Pada penelitian kali ini ada lima model yang dibuat dalam hal ini variasi ketebalan material insulasi. Selanjutnya dilakukan perhitungan beban kalor. Dalam menghitungnya perlu memperhatikan material palka dan produk yang dibawa. Adapun metode untuk menghitungnya menggunakan Cooling Load Temperature Difference (CLTD) yang memanfaatkan perbedaan temperatur luar dan dalam palka maupun menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan menggunakan software.

### 2.1. Data

Data kapal diambil dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan.

Tabel 1. Ukuran utama kapal

Parameter	Nilai	
LOA	: 16	m
B	: 3,53	m
H	: 1,86	m
T	: 0,65	m
GT	: 18	GT
Lama Berlayar	: 29	Jam

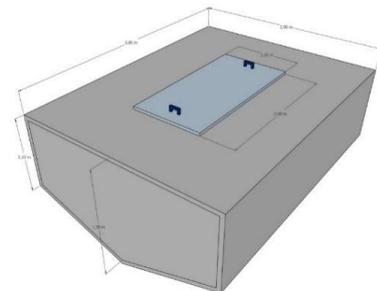


Gambar 1. Kapal KUB

Data palka diambil bersamaan dengan pengambilan data ukuran utama kapal.

Tabel 2. Ukuran palka

Parameter	Nilai	
Panjang	: 3,80	m
Lebar	: 2,90	m
Tinggi	: 1,10	m
Panjang Tutup Palka	: 2,00	m
Lebar Tutup Palka	: 1,00	m
Tebal Tutup Palka	: 0,05	m



Gambar 2. Tampilan 3D palka

Data bahan pendingin didapatkan dari hasil wawancara dengan awak kapal

Tabel 3. Data bahan pendingin

Parameter	Nilai
Jenis	(balok) : Es Balok
Massa	(kg) : 10
Jumlah	(balok) : 30
Ukuran	(cm) : 20 x 10 x 61
Lama waktu pencairan	(ml/menit) : 14,2

## 2.2. Perhitungan Beban Pendingin

Metode yang digunakan adalah Cooling Load Temperature Difference (CLTD) dan Computational Fluid Dynamics (CFD)

Metode CLTD merupakan perhitungan dengan melihat perbedaan temperatur teoritis yang merupakan efek dari gabungan perbedaan temperatur udara di dalam dan di luar ruangan, daily temperature range, radiasi matahari dan panas dari sebuah konstruksi gedung. Nilai dari CLTD dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti letak bangunan, kemiringan dan waktu. CLTD digunakan untuk menyesuaikan panas konduktif dari dinding, atap, lantai dan kaca.

Pada eksternal load, kita menghitung beban pendingin dari luar yang sumbernya darikalor sensibel dinding, atap sebagai buka tutup, lantai sebagai alas yang dinamakan beban transmisi.

Untuk menghitung laju perpindahan panas dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$Q = U \times A \times \Delta T \quad (1)$$

Nilai koefisien perpindahan panas keseluruhan (U) pada dinding, atap dan lantai dapat dihitung melalui Persamaan 2.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{in}} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_{out}}} \quad (2)$$

Beban kalor infiltrasi udara perpindahan kalor yang disebabkan oleh perembesan udara luar ke dalam ruang pendingin. Berikut Persamaan 3 yang digunakan untuk menghitung beban infiltrasi.

$$q_{inf} = V \times f \times \rho \times c_{ud} \times \Delta T \quad (3)$$

Pada internal load, kita menghitung beban kalor yang berada di dalam ruangan. Beban kalor inilah yang mempengaruhi temperatur dalam ruang.

Beban kalor hasil tangkapan adalah beban pendingin yang disebabkan oleh bobot muatan. Persamaan 4 digunakan untuk menghitung beban produk yang disimpan.

$$Q = m \cdot C_v \cdot (t_o - t_i) \quad (4)$$

Pendinginan ikan identik menggunakan es balok. Jumlah es dibutuhkan mengatasi beban pendinginan, dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 5.

$$m_i = \frac{c_p \rho V (t_2 - t_1)}{L} \quad (5)$$

Perhitungan kemampuan media pendingin dalam menyerap panas terdiri dari panas sensibel dan panas laten kemudian dihitung menggunakan Persamaan 6 dan 7:

$$Q_{sens} = \frac{m C_p (t_2 - t_1)}{t} \quad (6)$$

$$Q_{lat} = \frac{m L}{t} \quad (7)$$

Dengan demikian, kemampuan media pendingin dalam menyerap panas dihitung dengan Persamaan 8.

$$Q_r = Q_{Laten} + Q_{sensibel} \quad (8)$$

Kebutuhan media pendingin yang digunakan berdasarkan persamaan-persamaan diatas dapat dihitung dengan Persamaan 9.

$$Jumlah\ kebutuhan = \frac{Q_{total}}{Q_r} \quad (9)$$

Metode CFD merupakan cabang fluida mekanika yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisis masalah yang terlibat dalam aliran fluida, perpindahan panas, perpindahan massa dan yang terkait fenomena melalui pemodelan matematika, metode numerik dan alat perangkat lunak. Pada penelitian kali ini, kita menggunakan analisis numerik dengan CFD agar dapat menyelesaikan perkiraan aliran persamaan dasar secara numerik yang solusinya memberi kita gerakan dan karakteristik lain dari aliran.

Terdapat 3 macam teknik solusi numerik, finite difference, finite element dan metode spectral. Finite difference bekerja dengan mengganti suatu persamaan differensial dengan syarat batas menjadi sebuah sistem persamaan linier yang dilakukan dengan mendiskretisasi daerah asal dan mengubah turunan pada persamaan dengan hampiran beda hingga pusat.

Finite element merupakan metode yang membagi benda yang akan dianalisa, menjadi beberapa bagian dengan jumlah yang terbatas. Bagian-bagian ini disebut elemen yang dihubungkan dengan nodal. Kemudian dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda ini disebut meshing.

Metode spectral adalah formulasi dari metode finite difference yang menggunakan polinomial piecewise. Metode ini lebih memilih fungsi-fungsi basis polinomial berdimensi tinggi yang tidak seragam.

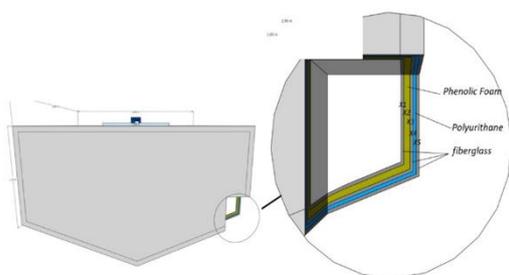
### 3. Hasil dan Pembahasan

Dalam pemilihan bahan insulasi palka, harus bersih, tidak berbahaya dimana tidak mengeluarkan racun serta tidak merusak produk yang ada di dalamnya. Maka dipilihlah bahan insulasi fiberglass, polyurethane dan phenolic foam karena memiliki karakteristik yang baik.

Tabel 4. Karakteristik bahan insulasi

Sifat Material	Bahan Insulasi		
	Fiberglass	Polyurethane	Phenolic
Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	2000	30 ~ 40	35 – 200
Konduktivitas (W/moK)	0.04	0.022 – 0.035	0.018 – 0.023
Ketebalan (mm)	0.10-0.17	30	20 - 50
Keamanan dari api	Sangat baik	Cukup baik	Baik
Kekuatan Kompresi (psi)	15 – 25	10-60	32 - 158
Panas Spesifik (J/kg K)	700	1800	1250 - 1670
Harga	Mahal	Cukup murah	Mahal
Biaya Pasang	Mahal	Cukup Mahal	Mahal

Palka dimodel kembali untuk membuat modifikasi dengan bahan penyusun yang sudah dipilih sehingga mampu mengisolasi dan mempertahankan suhu dingin dalam palka.



Gambar 3. Detail lapisan isolasi palka

Adapun susunan ketebalan perlapisan dari palka adalah sebagai berikut

Tabel 5. Susunan ketebalan perlapisan

Model	X1 (m)	X2 (m)	X3 (m)	X4 (m)	X5 (m)	Total (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
1	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,06	12,97
2	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,07	12,41
3	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,08	12,06
4	0,01	0,04	0,01	0,02	0,01	0,09	11,71
5	0,01	0,05	0,01	0,02	0,01	0,10	11,37

Beban infiltrasi adalah beban kalor yang diakibatkan adanya udara yang masuk melalui tutup palka yang terbuka selama proses bongkar muat.

Adapun beban infiltrasi dari kelima model sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil perhitungan beban infiltrasi

Variasi Model	V	f	$\rho_{ud}$	$c_{ud}$	$\Delta T$	Q	Q
Infiltrasi	m <sup>3</sup>	kali/jam	kg/m <sup>3</sup>	kJ/kgK	°K	kJ	watt
1	12,97	4/29	1,29	0,72	31	1483,007	14,2050
2	12,42	4/29	1,29	0,72	31	1418,98	13,5917
3	12,04	4/29	1,29	0,72	31	1378,96	13,2083
4	11,71	4/29	1,29	0,72	31	1338,94	12,8250
5	11,37	4/29	1,29	0,72	31	1300,06	12,4526

Beban kalor hasil tangkap atau internal load merupakan data-data jumlah beban yang ada dalam ruangan tersebut.

Tabel 7. Hasil perhitungan beban kalor hasil tangkap

Variasi Model	m (kg)	cv (kj/kgK)	$\Delta T$ (°K)	Q (W)
1	2000,00	0,8303	31	51478.6
2	1913,64	0,8303	31	49255.7
3	1859,67	0,8303	31	47866.6
4	1805,70	0,8303	31	46477.4
5	1753,27	0,8303	31	45127.9

Dari hasil perhitungan beban pendingin di atas, maka jumlah beban kalor yang diperoleh dari setiap variasi model adalah sebagai berikut.

Tabel 8. Laju aliran panas total

Model	Beban Kalor (W)			Qtot
	$Q_{trans}$	$Q_{inf}$	$Q_{ht}$	
1	425,170	14,205	493,09	932,465
2	373,024	13,5917	471,798	858,413
3	332,815	13,2084	458,492	804,516
4	299,770	12,8251	445,186	757,781
5	271,894	12,4527	432,259	716,606

Setelah itu, dilakukan analisis menggunakan CFD. Pada proses simulasi ini, model disimulasikan untuk mengetahui beban kalor yang berada pada dinding palka. Model yang disimulasikan ada lima dengan ketebalan yang berbeda-beda dengan tujuan mencari model yang paling optimal.

Untuk melakukan validasi hasil simulasi lanjut perpindahan panas menggunakan software, juga digunakan metode CLTD. Berikut adalah tabel perbandingan hasil simulasi CFD dan CLTD.

Tabel 9. Perbandingan dan validasi CLTD dan CFD

Lapisan (m <sup>2</sup> )	Metode CLTD (W/m <sup>2</sup> )	Metode CFD (W/m <sup>2</sup> )	Error (%)
A1	128,607	15,349	-0,880
A2	112,541	16,054	-0,857
A3	100,520	17,915	-0,821
A4	90,551	18,957	-0,790
A5	82,106	18,723	-0,771
Rata-rata	102,865	17,399	-0,824

Dari hasil validasi dari kedua metode, maka didapatkanlah rata-rata nilai error dalam perbandingannya sebesar 0,824. Setelah dilakukan validasi dari kelima model maka langkah selanjutnya adalah mencari model yang paling optimal dari kelimanya. Langkah analisis yang diambil adalah perbandingan hasil simulasi CFD dan Hukum Fourier dengan metode CLTD dimana nilai Hukum Fourier muncul setelah didapatkan selisih temperatur dari hasil simulasi, sedangkan metode CLTD didapatkan dari perhitungan manual sesuai dengan teori yang ada.

Tabel 10. Perbandingan optimalisasi kelima palka berinsulasi

Model	CFD & Fourier	CLTD	error
1	-0,306	128,607	-1,0024
2	-0,281	112,541	-1,0025
3	-0,301	100,520	-1,0030
4	-0,201	90,551	-1,0022
5	-0,189	82,106	-1,0023

Pada tabel diatas, presentase nilai error yang terkecil terdapat pada model ketiga yakni -1,00330. Perbandingan nilai ini menjadi poin pemilihan model yang paling optimal untuk laju aliran panas dari kelimanya. Selain mempertimbangkan laju aliran

panas, juga dipertimbangkan hasil tangkap yang awalnya 2000 kg menjadi 1859,67 kg dari rumus perbandingan dimana selisihnya ialah 140,33 kg serta memiliki 163,937 kg bahan pendingin ice gel/pack dan 181,111 kg untuk es balok dimana sebelumnya menggunakan 300 kg es balok.

#### 4. Kesimpulan

Laju aliran panas pada palka yang menggunakan material insulasi komposit fiberglass + polyurithane + fiberglass + phenolic foam + fiberglass dengan total ketebalan 0,08 cm memiliki nilai error yang paling kecil yaitu sebesar -1,00330 setelah melakukan validasi menggunakan perbandingan teori empiris dan CFD. Penggunaan ice gel/pack dan Es balok dengan kapasitas palka yang sama memiliki selisih 23,39 kg dan jika dilihat secara keseluruhan untuk penggunaan bahan pendingin yang awalnya 300 kg kini menjadi 23,2913 kg untuk ice gel/pack dan 246,6837 kg untuk es balok. Penggunaan bahan pendingin yang telah berkurang dengan kapasitas muatan yang sama membuat kapasitas ruang muat menjadi lebih optimal.

#### Referensi

- [1] Abidin, Muhammad. 2017. Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional Menggunakan Insulasi dari Sekam Padi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [2] Razali, Stephan. 2014. Perencanaan Sistem Pendingin Palka Ikan Menggunakan Tenaga Surya. Bengkalis: Politeknik Negeri Bengkalis.
- [3] Ismanto DT, Nugroho TF, Baheramsyah A. 2013. Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional Menggunakan Es Kering dengan Penambahan Campuran Silika Gel. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [4] Wibowo, Hary. 2008. Studi Banding Konduktifitas Panas antara Gabus (Styrofoam) dengan Sekam Padi. Yogyakarta: IST AKPRIND.