

Desain Sistem Spray RSW (Refrigerated Sea Water) Untuk Ruang Palka Kapal Purse Seine 40 GT

Mochammad Andhik Kurniawan, Alam Baheramsyah dan SoemartojoWA

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: alam@its.ac.id

Abstrak—Pendinginan dengan menggunakan es basah merupakan metode pendinginan yang banyak digunakan pada nelayan dewasa ini. Tetapi sifat es basah yang mudah mencair merupakan kendala bagi nelayan. Perlu adanya teknologi pendinginan ikan yang mampu digunakan dengan jangka waktu yang lama. Sistem pendingin RSW (refrigerated Sea Water) merupakan perkembangan teknologi pendinginan dari es basah. Bisa dibilang RSW merupakan sistem pendinginan yang terus akan bisa mendinginkan selama persediaan bahan bakar sumber listrik bisa tersuplai. Tapi Sistem RSW bukan tanpa kelemahan, sering kali rasa asin pada ikan yang timbul terasa berlebihan untuk ikan yang berdimensi kecil. Sistem RSW yang metode pendinginannya dengan mencelupkan ikan ke palka berisi air laut dingin menyebabkan konsentrasi garam masuk dalam poripori ikan cukup banyak. Solusi yang bisa dibuat untuk memecahkan masalah tersebut yaitu dengan inovasi dan perkembangan teknologi dengan menggunakan sistem spray RSW. Jika menggunakan es basah, maka membutuhkan perbandingan ikan : air laut : es basah sekitar 4 : 1 : 1,5. Sehingga didapatkan payload sekitar 5,95 ton. Sedangkan pada sistem pendinginan spray RSW, didapatkan payload sebesar 9,68 ton lebih unggul sekitar 39%. Pada sistem spray RSW yang didesain memiliki daya kompresor sebesar 2,2 kW.

Kata Kunci—RSW, Payload, Es basah, Rasa Asin.

I. PENDAHULUAN

JUMLAH komoditi ikan di Indonesia merupakan salah satu yang terkaya didunia. Dikarenakan lautan Indonesia dilewati garis khatulistiwa merupakan pertemuan antara bagian bumi utara dan selatan. Disutulah banyak berkumpulnya ikan-ikan yang ingin mencari plankton sebagai makanannya. Melihat peluang tersebut, banyak masyarakat di Indonesia yang bermata pencarian sebagai nelayan.

Hasil tangkapan melimpah nelayan sering kali tak berharga jika ikan yang ditangkap busuk sebelum sampai tempat pelelangan ikan. Maka dari itu dibutuhkan sistem pendingin dalam kapal nelayan. Kabanyakan para nelayan memanfaatkan produk es batu sebagai media pendingin. Tentu saja hal tersebut memiliki banyak kelemahan. Diantaranya es batu yang mudah mencair menjadikan pendinginannya kurang efektif.

Seiring dengan perkembangan teknologi, muncul suatu sistem pendingin RSW (Refrigereted Sea Water). Yang mana pada sistem tersebut memang sangat efektif dalam penggunaannya. Tidak perlu membawa es batu dalam jumlah besar dari darat, melainkan memanfaatkan pendinginan yang

langsung dipompa dari air laut. Sistem tersebut memang sangat efektif bila digunakan pada ikan yang berdimensi besar seperti tuna, akan tetapi pada ikan yang dimensinya lebih kecil akan timbul permasalahan baru yaitu rasa ikan yang sangat asin. Hal tersebut sangat-sangatlah merugikan bagi konsumen, yang mana sudah berusaha membeli tapi rasa yang diharapkan kurang maksimal dikarenakan rasa yang sangat asin.

Melihat pada peristiwa tersebut, dapat dikembangkan contoh inovasi yang dapat meminimalisir rasa asin yang timbul pada sistem pendinginan ikan dengan RSW. Yaitu dengan sistem RSW Spray. Sistem tersebut diharapkan mengurangi rasa asin yang berlebihan yang disebabkan oleh sistem pendinginan menggunakan air laut.

II. METODE PENELITIAN

Metodologi yang akan digunakan dalam skripsi ini adalah menganalisa sistem yang terdapat pada kapal pursein 40 GT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada pembahasan dibawah ini :

A. Identifikasi dan Perumusan Masalah.

Penulisan skripsi dimulai dengan mengidentifikasi masalah-masalah yang timbul dan sering dikeluhkan oleh komunitas para nelayan yaitu tentang hasil tangkapan ikan para nelayan yang dominan rasa asin. Untuk kemudian dicari solusi yang tepat dalam penyelesaiannya dengan menerapkan sistem spray RSW.

B. Study Literatur.

Pengumpulan sumber-sumber penunjang dan pendukung yang bertemakan tentang RSW. Dapat diperoleh dari sumber-sumber seperti buku, jurnal, artikel, paper, tugas akhir dan internet. Sedangkan untuk pencarian referensi dan literatur dapat dicari di laboratorium mesin fluida dan sistem jurusan teknik sistem perkapalan FTK ITS, ruang baca FTK ITS dan perpustakaan pusat ITS. Fungsi dari referensi dan literatur tersebut berguna mendukung dalam penyelesaian skripsi ini. Yang berkaitan dengan RSW dan perhitungan payload, spek-spek permesinan beserta literature pendukung lainnya.

C. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperlukan untuk penunjang dalam menghitung total beban pendinginan ruang palka kapal purse seine 40 GT, penentuan spek dan mendesain sistem spray

RSW. Data-data yang akan diperlukan diantaranya data kapal purse seine 40 GT, kapasitas palka, waktu yang dibutuhkan

Tabel 1.

Jenis lapisan palka yang digunakan

No.	Bahan	Konduktivitas Termal (kkal/jam m ² °C)
1.	Plywood	0,2973
2.	Sterofoam	0,046
3.	Fiberglass	0,0417
4.	Almunium	176,447

untuk mendinginkan ikan dan suhu optimal untuk mendinginkan ikan.

D. Desain dan Sistem Spray RSW

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan secara rinci dan mendetail tentang sistem spray RSW tampak atas, samping dan depan. Serta peletakan-peletakan komponen permesinan RSW juga diperhatikan dalam upaya ketepatan dan kemudahan dalam perawatan pada kapal purse seine 40 GT.

E. Perhitungan Beban Pendingin

Menganalisa beban pendinginan ikan dan beban transmisi palka beserta pemilihan spek condensing unit yang mengacu pada total kedua beban.

F. Analisa Sistem Spray RSW

Menganalisa sistem refrigerasi, pemilihan refrigerant , kesetimbangan energi, menghitung suhu optimal air laut sebagai pendingin ikan dan spesifikasi sistem spray RSW merupakan point yang akan di bahas.

G. Analisa Perpipaan dan Heat Exchanger

Menghitung Head dan penentuan diameter pipa beserta spek. Mengacu pada beban pendinginan yang telah diketahui, dirancang sebuah heat exchanger untuk mendinginkan air laut.

H. Perhitungan Payload Kapal

Menghitung displasment kapal, LWT, DWT untuk kemudian diketahui payload kapal.

I. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Untuk tahap yang terakhir akan dilakukan penarikan kesimpulan tentang point-point terpenting dalam pembahasan desain spray RSW ini. Tujuan dibuat kesimpulan agar pembacanya mengerti tentang hal-hal terpenting tentang desain dan sistem spray RSW secara keseluruhan. Untuk kemudian memberikan saran kritiknya dalam upaya membangun skripsi ini.

III. ANALISA DATA

Pengelompokan data-data yang didapatkan dari studi lapangan dan studi literatur adalah sebagai berikut :

Data utama kapal purse seine 40 GT

- Panjang kapal (LOA) : 18,5 m
- Lebar kapal (B) : 4,2 m
- Tinggi kapal (H) : 2 m
- Sarat kapal (T) : 1,2 m
- Main engine : 1x170 HP
- Kecepatan (Vs) : 7-10 knot

Desain kapal memiliki 3 palka. ukuran salah satu palka didapatkan

- Panjang : 1,5 m
- Lebar : 3,8 m
- Tinggi : 1,7 m
- Kapasitas : 2 ton

Untuk memperoleh kondisi ikan hasil tangkapan nelayan menjadi fresh , direncanakan suhu pendinginan optimal untuk ikan adalah sebesar 2°C.

A. Beban Pendingin

Beban pendinginan adalah jumlah panas yang dipindahkan oleh sistem pendinginan persatuannya waktu. Beban pendinginan terdiri atas energi panas yang berada didalam palka maupun faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi pendinginan dari palka tersebut. Pada palka sistem pendinginan ikan pada umumnya terdiri dari Beban-beban meliputi :

1. Beban produk
2. Beban transmisi

Berikut ini merupakan penjelasan dan uraian secara rinci tentang pengertian masing-masing beban beserta perhitungannya.

Beban Produk

Beban Produk merupakan besarnya energi yang dibutuhkan untuk menurunkan temperatur ikan dari temperatur awal ke temperatur akhir. Sedangkan beban yang dibuang oleh ikan adalah sebagai berikut:

$$Q_{ikan} = m_{ikan} \cdot C_{ikan} \cdot (T_a - T_b)$$

Dimana :

- | | |
|------------|---|
| Q_{ikan} | = Beban panas yang dibuang oleh ikan (kJ) |
| m_{ikan} | = Massa ikan (kg) |
| C_{ikan} | = Panas spesifik ikan (kJ/kg°C) |
| T_a | = Temperatur awal (°C) |
| T_b | = Temperatur yang akhir (°C) |

Beban transmisi

Beban Transmisi merupakan perpindahan panas yang terjadi karena temperatur udara sekitar yang berbeda dengan temperatur palka ikan. Selain itu beban transmisi juga berpengaruh pada material penyusun palka tersebut. Berikut ini merupakan tabel konduktivitas termal material penyusun palka ikan :

Berikut ini merupakan formula-formula yang digunakan untuk memperoleh hasil dari beban transmisi yaitu :

$$Q_{tr} = \Delta T / R_{total}$$

$$Q_{tr} = A \cdot U \cdot \Delta T$$

$$1 / R_{total} = U$$

Dimana:

- | | |
|-------------|---|
| Q_{tr} | = Beban panas akibat palka |
| ΔT | = Perbedaan temperatur luar dan dalam palka |
| R_{total} | = Hambatan termal |
| U | = koefisien perpindahan panas menyeluruh |

B. Sistem Pendinginan RSW Spray

Sistem pendinginan RSW spray menggunakan sistem kompresi uap, dimana sistem pendinginan tersebut dirasa yang

paling cocok untuk aplikasi pada kapal purse seine 40 GT. Selain keberadaannya yang umum dikalangan masyarakat, sistem kompresi uap memiliki kelebihan perawatan yang mudah. Komponen-komponen yang digunakan cenderung memiliki dimensi yang kecil sehingga tidak terlalu memakan ruang pada kamar mesin kapal.

Sistem kompresi uap merupakan suatu sistem yang membutuhkan refrigerant dalam berjalannya suatu siklus pendinginannya. Refrigerant merupakan suatu zat alir yang bertugas untuk menyerap panas dari suatu media yang akan didinginkan. Dalam hal ini ketepatan dalam pemilihan tipe refrigerant dibutuhkan untuk bisa berjalananya suatu sistem pendinginan dengan optimal, aman dan ramah lingkungan. Maka dipilih refrigerant tipe R22 yang memiliki nilai lebih dibandingkan dengan tipe yang lain. Kelebihan-kelebihan dari refrigerant tipe R22 yaitu

1. Tidak beracun
2. Tidak mudah terbakar
3. Mudah terdeteksi jika mengalami kebocoran
4. Keberadaannya melimpah dipasaran
5. Boiling point yang tinggi yaitu -41

Faktor keamanan tipe refrigerant harus diutamakan terlebih sistem tersebut dirancang untuk mendinginkan ikan hasil tangkapan yang nantinya akan dikonsumsi oleh masyarakat pecinta ikan laut. Tentu saja ikan harus terbebas dari zat berbahaya akibat salah dalam pemilihan tipe refrigerant. Tak lupa juga kelestarian lingkungan harus diperhatikan selain memperhatikan juga sisi ekonomis dan stoknya yang melimpah di pasaran.

C. Pemilihan Spec Sistem Pendingin

Mengacu pada total beban pendinginan yang telah dihitung, maka dilakukan pemilihan spec sistem pendinginan yang bisa mencover beban total. Dalam hal ini, condensing unit merupakan salah satu komponen sistem pendingin kompresi uap yang akan digunakan dalam sistem pendinginan RSW spray. Komponen Condensing unit terdiri dari compressor, condensor dan expantion valve. Evaporator pada sistem spray RSW menggunakan heat exchanger yang akan menukar kalor fluida air laut dengan refrigerant. Sehingga didapatkan suhu sebesar 2°C untuk mendinginkan ikan.

Didapatkan total beban pendinginan adalah 3073 Watt. Berikut ini merupakan tipe merk condensing unit yang dipilih untuk diaplikasikan pada sistem beserta spesifikasi lainnya :

Merk	: Bitzer IS series
Model No	: 2CC-3.2-1S2-4P
Evaporating Temperatur	: -30°C
Condensing Temperatur	: 45°C
Beban Kapasitas	: 3180
Daya compressor	: 2,2 kW
Berat	: 127 Kg
Dimensi	: 1073 x 680 x 705

Analisa Siklus Refrigerasi

Mengacu pada data yang didapatkan diatas, dapat ditemukan efek refrigerasi dari sistem pendingin tipe refrigerant R22. Efek refrigerasi merupakan kalor yang diserap oleh evaporator yaitu sebesar = 226,8 Kj/kg

Terjadi kesetimbangan energi yang terdapat pada sistem pendingin kompresi uap. Dimana efek refrigerasi / kalor yang diserap evaporator harus sama dengan kalor yang dilepaskan dalam kondensor yaitu 160,6 Kj/kg

Untuk mengetahui laju aliran massa yang terdapat pada suatu sistem tersebut, digunakan formula dari kesetimbangan energi. Dimana beban pendinginan dalam hal ini dicover oleh evaporator. Sehingga didapatkan = 0,013 kg/s

Untuk kapasitas refrigerant yang dibutuhkan dalam sistem dapat ditentukan sebagai berikut = 2535,17 kcal

Pada spesifikasi condensing unit didapatkan daya kompressor sebesar 2,2 kW. Maka waktu yang dibutuhkan untuk penurunan temperature pada suatu sistem pendingin yaitu sekitar 22 menit

Perpindahan Panas Air Laut ke Ikan

Untuk menjaga kesegaran ikan hasil tangkapan nelayan dan berdasarkan data yang didapatkan survey di tempat pelabuhan kapal purse seine berpendingin, direncanakan suhu ikan konstan sebesar 2°C. Maka dicari suhu air laut yang efektif untuk menjaga kesegaran ikan pada suhu tersebut. hukum kesetimbangan energi digunakan untuk mencari suhu air laut dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Q_{ikan} = Q_{air \text{ laut}}$$

$$m \cdot c \cdot \Delta T_{ikan} = m \cdot c \cdot \Delta T_{air \text{ laut}}$$

Dimana :

m	= Massa	(kg)
c	= Panas spesifik	(kJ/kg°C)
ΔT	= Temperatur	(°C)

Perancangan Heat Exchanger

Heat exchanger pada sistem spray RSW berguna sebagai penurun suhu air laut yang mendinginkan ikan. Jenis heat exchanger yang digunakan yaitu shell and tube (cangkang dan buluh) karena memiliki luas permukaan perpindahan panas yang besar serta mudah dalam segi perawatan. Maka untuk mendesain heat exchanger tersebut digunakan formula :

$$Q = U A F \Delta T_m$$

Dimana :

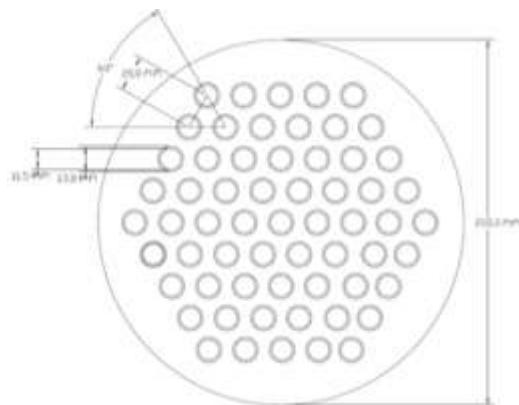
Q	= beban pendinginan
U	= koefisien perpindahan panas menyeluruh
A	= Luasan
F	= Faktor Koreksi
ΔT_m	= Temperatur rata-rata logaritmik

Desain heat exchanger

Penentuan Spec Spray & Sistem Perpipaan

Yang membedakan antara sistem spray RSW dengan sistem RSW biasa yaitu dimana pada sistem spray RSW terdapat nozzle - nozzle spray dalam komponen sistem pendinginan ikan. Hal ini dimaksudkan agar rasa asin air laut yang berfungsi sebagai media pendinginannya tidak banyak merasuk ke dalam pori-pori ikan. Sehingga rasa asin yang ditimbulkan tidak terlalu kuat. Teori tersebut berkaitan dengan hukum reverse osmotik yang dikutip dari sebuah literatur yang berbunyi, perpindahan zat yang berkonsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah akan terjadi jika tekanan melebihi tekanan

osmotik. Artinya rasa asin pada air laut akan ter osmosis ke ikan jika terdapat tekanan yang besar pada ikan.



Gambar 1. Desain tampak depan



Gambar 2. Desain tampak samping

Nozzle spray yang digunakan memiliki spesifikasi seperti dibawah ini :

Merk : SS Flat Fan Nozzle
Model No : Kastar 6350
Diameter Spray: 0,66 mm
Debit Spray : 0,15 L/min

Pada sistem spray yang didesain, terdapat sekitar 690 nozzle spray yang digunakan. Sehingga dapat dihitung kapasitas untuk penentuan pompa adalah

$$\text{Kapasitas} = \text{jumlah nozzle} \times \text{debit spray}$$

Penentuan Diameter Pipa

Direncanakan diameter pipa untuk penunjang kebutuhan sistem spray RSW dengan kecepatan aliran 2 m/s adalah sebagai berikut :

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v \times 3600}}$$

Dimana :

D_p = Diameter pipa
 Q = kapasitas fluida
 v = kecepatan aliran

Perhitungan Head Total Perpipaan

Head total instalasi adalah head yang harus dilawan oleh sebuah pompa. Berikut ini merupakan formula untuk head instalasi:

$$H = \frac{P_d - P_s}{\delta} + \frac{Vd^2 - Vs^2}{2.g} + Hz + Hl$$

Dimana :

H = Head instalasi
 P_d = tekanan pada section reservoir

P_s	= tekanan pada section reservoir
Vd	= kecepatan air pada discharge
Vs	= kecepatan air pada section
Hz	= tinggi tekanan statis
Hl	= total head loss suction dan discharge
δ	= berat specific air
g	= gravitasi

Displasmen kapal dan Payload

Displasmen kapal adalah berat total konstruksi yang ada pada kapal. Untuk menentukan berat displasmen suatu kapal, terlebih dahulu menentukan suatu volume displasmen kapal. Formula yang digunakan adalah :

$$V = Lpp \times B \times T \times C_b$$

Dimana :

V = volume displasment
 Lpp = panjang kapal
 B = lebar kapal
 T = draft kapal
 C_b = Coefficient block

LWT

LWT adalah berat dari komponen – komponen yang berada dalam kapal yang tidak dapat dipindahkan atau bersifat tetap. Berikut ini merupakan uraian dari LWT diantaranya :

- Berat struktur kapal
- Berat outfit dan akomodasi
- Berat instalasi permesinan
- Berat cadangan

Sehingga dijelaskan secara rinci berikut dengan perhitungannya adalah :

- Berat struktur kapal dapat dihitung dengan formula berikut :

$$E = L(B + T) + 0,85 L(D - T) + 0,85(i_1 \times h_1) + 0,75 (i_2 \times h_2)$$

Untuk nilai k pada kapal refrigerated cargo didapatkan 0,002. Maka berat kapal (Wst) dapat dihitung :

$$Wst = k \times E^{1,36}$$

- Berat outfit dan akomodasi (WoA) dapat dihitung dengan formula berikut ini :

$$WoA = 0,4 \times Lpp \times B$$

- Dari data kapal didapatkan daya main engine sebesar 170 Hp. Sehingga berat instalasi permesinan (Wm) dapat dihitung dengan formula berikut ini :

$$Wm = Pb (895 - 0,0025 \cdot Pb) \times 10^{-4}$$

- Berat komponen permesinan RSW yang didapatkan dari project guide antara lain :

$$Wspec = \text{genset} + (2 \times \text{pompa}) + \text{condensing unit} + \text{heat exchanger}$$

- Berat cadangan (Wres) ditambahkan faktor penambahan sebesar 2-3 % dari Wst, Woa dan Wm. Sehingga diperoleh perhitungan :

$$W_{res} = 2\% (W_{st} + W_{oa} + W_m + W_{spec})$$

- Maka total LWT dapat diperoleh sebagai berikut :

$$LWT = W_{st} + W_{oa} + W_m + W_{spec} + W_{res}$$

DWT (*Dead Weight Tonnage*)

DWT adalah berat komponen – komponen yang berada di kapal yang dapat dipindahkan. DWT dapat diperoleh dengan formula seperti berikut :

$$DWT = \Delta - LWT$$

Payload

Payload adalah kapasitas maksimum suatu kargo yang dapat dimuat oleh kapal. Fungsi dari perhitungan payload tersebut yaitu untuk mengestimasi suatu kapasitas kapal agar tidak terjadi overload yang menyebabkan kapal dapat tenggelam. Berikut ini merupakan formula untuk perhitungan payload :

$$\text{Payload} = DWT - W_t$$

Wt merupakan kebutuhan air tawar yang dibutuhkan oleh crew kapal untuk keperluan minum, memasak dan mandi serta berat bahan bakar untuk kebutuhan engine.

$$Whsd = PB \times SFOC \times (S / V_s) \times 10^{-6} \times C$$

Dimana :

PB = BHP engine

SFOC = Specific consumtion

S = Jarak pelayaran

V_s = Kecepatan dinas

C = Koreksi cadangan

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan survey dan beberapa hasil perhitungan maka dapat ditarik sebuah kesimpulan diantaranya :

- Mengacu pada teori reverse osmotic mengungkapkan perpindahan zat yang berkonsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah akan terjadi jika tekanan melebihi tekanan osmotik. Karena tekanan yang didapatkan oleh ikan yang berpendingin sistem RSW spray lebih rendah dari sistem RSW biasa, maka rasa asin dan kadar garam yang dikandung oleh sistem RSW spray lebih rendah pula.
- Beban pendinginan didapatkan 3072 watt, sedangkan untuk pemilihan spesifikasi condensing unit yaitu yang berkapasitas mendekati beban pendinginan sekitar 3180 watt.
- Didapatkan perhitungan kapasitas air laut yang dibutuhkan untuk mendinginkan ikan yaitu $6,21 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan perhitungan head instalasi perpipaan sebesar 12,31 m. Maka dipilih spesifikasi pompa penunjang sistem RSW yaitu Taiko Centrifugal Pump dengan kapasitas $6,5 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan head 19 m.
- Dimensi heat exchanger berdasarkan perhitungan didapatkan panjang = 2,7 m, lebar shell = 20 cm, outside diameter = 13,8 mm, inside diameter = 11,5 mm

- Dari perhitungan yang telah dilakukan maka waktu yang dibutuhkan refrigerant untuk mendinginkan sistem tersebut yaitu 0,38 jam atau sekitar 22 menit.
- Berdasarkan perhitungan didapatkan payload kapal purse seine 40 GT adalah sebesar 9,63 ton. Dikurangi dengan muatan maksimal ikan sebesar 6 ton. Sehingga payload kapal direncanakan masih cukup dan sistem Spray RSW dapat diterapkan pada kapal purse seine 40 GT.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asikin, Zaenal. 2005. "Kaji Teknis RSW (Refrigerated Sea Water) Untuk Mempertahankan Mutu Ikan Di Atas Kapal", Balai Pengembangan Penangkapan Ikan, Departemen Kelautan Dan Perikanan, Semarang.
- [2] Dipo Alam, Muhammad. 2004. "Studi Perancangan Sistem Pendingin Tipe Flo Ice Untuk Kapal Ikan Purse 30 GT Di Perairan Kalimantan Barat", Program Studi S1, Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [3] Pollock, Alaska. 1986. "Refrigerated Sea Water And Surimi Production", Alaska Fisheries Development Foundation, Anchorage Alaska
- [4] Untung Budiarto, Karyanto. "Optimasi Desain Isolasi Ruang Palka Ikan KM. Berkah 9 GT Untuk Mengurangi Laju Perpindahan Panas", Program Studi S1, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- [5] Nikmah, Lutfiatun. 2006. "Visualisasi Kerja Sistem Pendingin Berbasis Multimedia Sebagai Alat Bantu Kuliah Dengan Metode Animasi Swishmax", Program Studi S1, Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [6] Cahyono, Haris Ari. 2011. "Desain Dan Analisa Performa Arsorber Pada Sistem Refrigerasi Absorpsi Untuk Kapal Perikanan". Program Studi S1, Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [7] Stoecker, F Wilbert, 1994. "Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara, Penerbit Erlangga".
- [8] DGM, Watson, "Practical Ship Desain".
- [9] Berman, Ega Taqwali, 2013. "Teknik Pendinginan". Konsorium Sertifikasi Guru.