



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - LS 1336

STUDI EKSPERIMEN SISTEM PENDINGIN MENGUNAKAN ES KERING DALAM TABUNG TEMBAGA PADA PALKA IKAN

**NINDA RATNASARI
NRP 4203 100 055**

**Dosen Pembimbing
Ir. Alam Baheramsyah, MSc**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2008**

31881/H/08



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

65

RSSP
623.853 5
Rat
5-1
2008

GAS AKHIR - LS 1336

STUDI EKSPERIMEN SISTEM PENDINGIN MENGGUNAKAN ES KERING DALAM TABUNG TEMBAGA PADA PALKAN IKAN

DA RATNASARI
P 4203 100 055

Pen Pembimbing
Alam Baheramsyah, MSc

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	18 - 2 - 2008
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	230544

DISUSUN OLEH
SARITA SARI
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Institut Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2008



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - LS 1336

AN EXPERIMENT OF COOLING SYSTEM IN SHIP HOLD BY DRY ICE INSIDE OF COPPER TUBE

BY
NIDA RATNASARI
ID 4203 100 055

Supervisor
Alam Baheramsyah, MSc

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty Of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2008

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMEN SISTEM PENDINGIN MENGUNAKAN ES KERING DALAM TABUNG TEMBAGA PADA PALKA IKAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Machinery System (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
NINDA RATNASARI
NRP. 4203 100 055

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Alam Baheramsyah, MSc



SURABAYA
JANUARI, 2008

**STUDI EKSPERIMEN SISTEM PENDINGIN
MENGUNAKAN ES KERING DALAM TABUNG
TEMBAGA PADA PALKA IKAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Machinery System (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

NINDA RATNASARI
NRP. 4203 100 055

Disetujui oleh Ketua Jurusan :



Dr. Ajam Baheramsyah, MSc
NIP. 131 993 365

**SURABAYA
JANUARI, 2008**

**STUDI EKSPERIMEN SISTEM PENDINGIN
MENGUNAKAN ES KERING DALAM TABUNG
TEMBAGA PADA PALKA IKAN**

Nama : NINDA RATNASARI
Nrp : 4203 100 055
Dosen Pembimbing : Ir. ALAM BAHERAMSYAH, M.Sc

Abstrak

Untuk mengatasi kendala yang dihadapi nelayan sewaktu melaut, yakni berat beban karena membawa es balok tidak bisa dikesampingkan, karena berpengaruh pada bahan bakar yang dibutuhkan kapal maka diperlukan eksperimen menggunakan es kering yang diletakkan dalam tabung tembaga yang melekat pada tiap ujung - ujung tiap palka yang mana dalam palka diberi air laut.

Dalam Tugas Akhir ini, penulis mencoba melakukan eksperimen dengan menggunakan es balok dengan air laut dan eksperimen dengan menggunakan es kering dalam 4 tabung tembaga dan 8 tabung tembaga diletakkan pada ujung palka yang dalam palka tersebut juga terdapat air laut sehingga mendapatkan temperatur konstan dengan waktu yang lama serta dapat mengetahui waktu yang diperlukan es balok dan es kering dalam tabung tembaga untuk mendapatkan temperatur yang hampir konstan tersebut.

Adapun hasil eksperimen menunjukkan bahwa pendinginan yang paling baik adalah menggunakan es kering dalam 8 tabung tembaga dengan waktu pendinginan yang lama walau dari segi analisa ekonomi lebih tinggi tapi dapat menghasilkan ikan yang lebih segar daripada eksperimen menggunakan media pendingin yang lain.

Kata kunci : es kering, es balok, tabung tembaga, coolbox

AN EXPERIMENT OF COOLING SYSTEM IN FISH HOLD BY DRY ICE INSIDE OF COPPER TUBE

Name : NINDA RATNASARI
NRP : 4203 100 055
Supervisor Name : Ir. ALAM BAHERAMSYAH, MSc

Abstract

To overcome the constraint faced by the fisherman of sea time, namely heavily load caused by bringing ice block cannot be overruled, because having an in with fuel required by ship of hence needed by a experiment use the dry ice which is put down in coherent copper tube at every back part - back part of every which hold in hold given by the water go out to sea.

In this Final Duty, writer try to conduct the experiment by using ice block with the water go out to sea and experiment by using dry ice in 4 copper tube and 8 copper tube put down at the end of hold which is in the hold also there are water go out to sea so that get the constant temperature with the time old ones and also can know the time needed by ice block and dry ice in copper tube to get the temperature which the constant almost.

As for experiment result indicate that the best refrigeration is use the dry ice in 8 copper tube with the chilling time old ones the although from economic analysis facet of the high but can yield the fresher fish than experiment use the other cooler media.

Keywords : dry ice, ice block , save the copper, coolbox



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahim

Alhamdulillah, segala puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan anugerah, hikmah dan rahmat-Nya, Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik yang berjudul **“STUDI EKSPERIMEN SISTEM PENDINGIN MENGGUNAKAN ES KERING DALAM TABUNG TEMBAGA PADA PALKA IKAN”**.

Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi sebagian prsyarat kelulusan program Sarjana (S-1) pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis juga menyadari Tugas Akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan orang-orang terdekat kami, oleh karena itu kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan moril dan materiil.
2. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc, atas pemberian ide dan bimbingan pembuatan proposal hingga penyelesaian Tugas Akhir ini sekaligus Kepala Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK – ITS.
3. Bapak Ir. Indrajaya Gerianto, M.Sc selaku dosen wali yang selalu memberi dukungan dan semangat bagi penulis.

Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari kesempurnaan dan banyak kekurangannya, sehingga kami berharap masukan, kritik sarta saran yang bersifat membangun yang nantinya akan bermanfaat bagi pengembangan lebih lanjut.

Surabaya, Januari 2008
Ninda Ratnasari

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	vii
Abstract	ix
Kata Pengantar	xi
Daftar Isi	xiii
Daftar Tabel	xv
Daftar Grafik	xvii
Daftar Lampiran	xix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Perumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknik Pendinginan Ikan Hasil Tangkapan.....	5
2.1.1 Sistem Pendinginan Ikan.....	9
2.1.2 Sifat – sifat es balok.....	16
2.1.3 Sifat – sifat air laut.....	17
2.2 Aplikasi Dry Ice sebagai Media Pendingin.....	19
2.2.1 Dry Ice ($\text{CO}_2(\text{padat})$)	19
2.2.2 Tembaga.....	25

BAB III METODOLOGI

3.1 Studi Literatur.....	31
3.2 Pengumpulan data.....	32
3.3 Pelaksanaan Eksperimen.....	32
3.3.1 Peralatan yang Digunakan.....	33
3.3.2 Prosedur Pelaksanaan.....	35
3.4 Pengambilan dan pengolahan data eksperimen.....	39
3.5 Analisa data teknis dan ekonomis eksperimen.....	39
3.6 Kesimpulan dan saran.....	39

BAB IV EKSPERIMEN DAN ANALISA DATA

4.1 Eksperimen.....	41
4.2 Analisa Data.....	41

4.2.1 Analisa Data Eksperimen 1.....	41
4.2.2 Analisa Data Eksperimen 2	43
4.2.3 Analisa Data Eksperimen 3	44
4.2.4 Analisa Data Eksperimen 1, 2, dan 3.....	46
4.3 Analisa Ekonomi.....	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	50

DAFTAR TABEL

Nomor Tabel	Halaman
2.1 Hubungan antara Suhu, Kegiatan Bakterial, dan Mutu ikan.....	8
2.2 Perbedaan Kondisi Ikan Segar Dan Tidak Segar	14
2.3 Koefisien rambat panas (K) beberapa bahan isolator.....	16
2.4 Volume Jenis dari berbagai bentuk es.....	17
2.5 Sifat Fisikawi Es.....	17
2.6 Sifat – sifat CO ₂ (padat).....	22
2.7 Konduktivitas beberapa logam.....	26
2.8 Sifat – sifat Tembaga.....	27

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GRAFIK

Nomor Grafik	Halaman
2.1 Temperatur Vs Tekanan untuk CO ₂	22
2.2 p-h diagram untuk CO ₂	23
4.2.1 Temperatur terhadap waktu yang dicapai oleh eksperimen es balok 7 kg, air laut 3 kg dan ikan 13 kg	40
4.2.2 Temperatur terhadap waktu yang dicapai oleh eksperimen es kering 3 kg yang diletakkan dalam 4 tabung tembaga secara merata, air laut 3 kg dan ikan 13 kg	41
4.2.3 Temperatur terhadap waktu yang dicapai oleh eksperimen es kering 3 kg yang diletakkan dalam 8 tabung tembaga secara merata, air laut 3 kg dan ikan 13 kg	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	:	Lampiran Tabel
Lampiran B	:	Lampiran Grafik
Lampiran C	:	Lampiran Gambar

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknolo
Sepuluh
de

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh
de

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh
de

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknolo
Sepuluh
de

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknolo
Sepuluh
de

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknolo
Sepuluh
de

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknolo
Sepuluh
de

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknolo
Sepuluh
de



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

BAB 1 PENDAHULUAN

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu kendala yang dihadapi para nelayan tradisional dalam memperoleh nilai tukar maksimum atas hasil tangkapannya adalah karena produk tangkapan yang buruk ketika sampai di tempat pelelangan. Hal tersebut disebabkan oleh karena sifat produknya itu sendiri, yaitu ikan, yang cepat menjadi rusak atau busuk setelah diangkat dari dalam air. Dalam keadaan yang telah rusak, harga ikan akan dinilai rendah, sebab telah menjadi hukum pasar bahwa konsumen pada umumnya akan memilih produk yang segar, bahkan jika mungkin yang masih hidup. Produk yang segar juga akan diminati oleh pembeli / distributor di tempat pendaratan karena dengan demikian juga mereka dapat mendistribusikannya kepada konsumen yang tinggal jauh dari pantai atau jauh dari tempat pendaratan. Upaya yang ditempuh untuk mempertahankan kesegaran ikan adalah menyimpannya dalam suhu dingin sejak ikan ditangkap dari dalam air.

Kapal - kapal ikan modern umumnya telah dilengkapi dengan ruang pendingin yang dapat menjamin kesegaran ikan dalam waktu yang lama. Berbeda pada kapal - kapal kecil yang dioperasikan oleh nelayan - nelayan tradisional, ruang atau tempat penyimpanan ikan adalah palka atau peti. Para nelayan sangatlah keberatan menggunakan mesin pendingin selain membutuhkan investasi yang besar juga perawatan yang sangat mahal. Untuk memperoleh suhu dingin, di dalam palka atau peti tersebut juga disimpan es balok. Untuk menjaga agar es balok tidak terlalu cepat mencair, biasanya dinding palka atau peti tersebut dilapisi dengan sterofoam (busa). Namun cara tersebut ternyata masih belum maksimal hasilnya, udara panas di luar palka atau peti masih dapat menerobos masuk ke dalam sehingga es balok pun lebih mudah mencair. Selain itu, bahan sterofoam juga mudah rusak, terlebih jika air laut. Disamping itu, kendala yang dihadapi nelayan sewaktu melaut, yakni berat beban karena membawa es

balok tidak bisa dikesampingkan, karena berpengaruh pada bahan bakar yang dibutuhkan kapal. Menurut survey, nelayan di pantai utara setiap kali melaut harus membawa perbekalan berupa es balok, garam, dan bahan makanan. Untuk es balok saja, setiap trip harus membawa antara 30 - 40 ton.

Untuk mengatasi hal itu maka kita bisa menggunakan es kering yang diletakkan dalam tabung tembaga yang melekat pada tiap ujung - ujung tiap palka yang mana dalam palka diberi air laut agar ikan tidak terlihat pucat dan kering. Selain es kering yang mudah didapat, es kering juga mempunyai refrigerasi yang lebih besar dari es balok sebab es kering menguap langsung menjadi gas yang tidak meninggalkan sisa cairan saat menguap dan suhunya bisa rendah. Keistimewaan es kering terletak pada kemampuannya menyediakan metode refrigerasi cepat paling segera. Penguapan CO_2 selama 2 sampai 4 menit ke dalam kotak bermuatan akan menurunkan suhu dari 15°C menjadi -15°C , menyapu udara panas keluar dari kotak dan meninggalkan selapis salju karbondioksida di dalam kotak yang menyublim lambat melengkapi refrigerasi tambahan (Budianto, U, 2003). Penggunaan tabung dari tembaga ini dikarenakan tembaga merupakan logam yang mempunyai sifat konduktivitas listrik dan panas yang tinggi sehingga dapat menghantarkan temperatur yang sangat dingin pada ikan sehingga ikan tetap tampak segar.

Dengan kelebihan dan kekurangan dari es balok dan es kering tersebut, maka perlu dilakukan eksperimen yang dapat menunjukkan mana yang temperatur palka dapat dijaga pada temperatur yang lebih rendah dengan waktu yang lebih lama dan konstan sehingga mutu ikan terjamin tetap segar dan terjual lebih mahal.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun permasalahan yang diambil dalam tugas akhir ini, yaitu :

1. Berapa lama waktu yang dibutuhkan es balok dan es kering dalam tabung tembaga untuk mendapatkan

temperatur yang hampir konstan serta berapa temperatur konstan tersebut ?

2. Efektif dan ekonomiskah menggunakan es kering dalam tabung tembaga dibandingkan es balok?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Adapun penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Melakukan eksperimen pada palka ikan dengan menggunakan es balok dengan air laut dan pada palka ikan menggunakan es kering dalam tabung tembaga diletakkan pada ujung – ujung palka yang dalam palka tersebut juga terdapat air laut sehingga mendapatkan temperatur konstan dengan waktu yang lama serta dapat mengetahui waktu yang diperlukan es balok dan es kering dalam tabung tembaga untuk mendapatkan temperatur yang hampir konstan tersebut.
2. Mengetahui efektif dan ekonomiskah menggunakan es kering dalam tabung tembaga dibandingkan es balok.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah pemilik kapal bisa mengetahui sistem pendingin mana yang lebih menguntungkan dari segi ekonomi ataupun segi teknis, menggunakan es balok atau es kering dalam tabung tembaga.

1.5 Batasan Masalah

Mengingat keterbatasan waktu dan dana, maka penelitian ini dibatasi permasalahannya agar tidak terjadi pertanyaan yang diluar dari penelitian, antara lain :

1. Coolbox sebagai palka dari sebuah kapal, yang terbuat dari bahan triplek dengan ketebalan 9 mm seperti yang dipakai kapal ikan tradisional dengan isolasi sterofoam.
2. Tidak membahas isolasi palka kapal ikan.

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS



ITS



ITS



ITS

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam kehidupan sehari-hari, teknologi refrigerasi lebih dikenal dalam bentuk produknya yang berupa es, lemari dingin (refrigerator rumah tangga), kamar dingin (chillroom), gudang atau kamar beku (cold storage), pabrik es dan lain-lain. Di kota-kota besar produk refrigerasi yang umum dikenal adalah alat pendingin ruangan (air conditioner / AC). Seterusnya efek refrigerasi dinikmati hampir seluruh umat manusia dalam berbagai jenis dan bentuk pangan yang didinginkan dan dibekukan, seperti minuman dingin, es lilin, es krim, sayuran dan buah-buahan dingin, ikan basah, udang beku, daging dan ayam beku, dan lain-lain.

Teknologi refrigerasi mempunyai peranan khusus dalam produksi dan distribusi pangan manusia dan hewan. Teknologi ini tidak hanya diterapkan dalam pemanfaatan pasca panen (sesudah dipanen) tetapi juga dalam kegiatan produksi pra panen (dalam budidaya tanaman, ternak, ikan, dan lain-lain), jadi diterapkan dalam seluruh kegiatan mata rantai mulai dari produksi sampai pada penanganan, pengolahan dan distribusi serta konsumsi pangan.

Kegiatan penangkapan ikan dewasa ini tumbuh dan berkembang cukup pesat. Bertambah pesatnya kegiatan itu akan berdampak atau berpengaruh terhadap semakin meluasnya daerah penangkapan ikan (*fishing ground*). Semakin jauhnya daerah penangkapan ikan ini, secara tidak langsung juga akan berpengaruh terhadap lamanya "trip" penangkapan ikan, sehingga apabila fasilitas palka ikan di atas kapal sebagai sarana penyimpanan ikan kurang baik (tidak berinsulasi), maka sistem penanganan (penyimpanan) ikan di atas kapal juga tidak akan dapat dilakukan secara baik. Hal ini akan berpengaruh terhadap mutu ikan yang didapat (bermutu rendah). (www.dkp.go.id)

Melihat kenyataan tersebut, perlu solusi untuk mengatasi penanganan ikan di atas kapal yaitu sarana berupa coolbox yang dapat menjaga kesegaran dan mutu ikan. Coolbox sendiri

merupakan suatu wadah atau tempat penyimpanan ikan segar di atas kapal. Dengan penggunaan coolbox, para nelayan akan bisa menekan angka kerusakan ikan hingga mencapai 1,99 % dan jika tidak memakai coolbox, angka kerusakan ikan hasil tangkapan nelayan bisa mencapai 30% lebih. (Ketua HKNSI Rembang, www.suara-merdeka.com)

Ikan kehilangan kualitasnya karena bakteri atau aktivitas enzim atau kombinasi antara keduanya. Penurunan temperatur dapat menurunkan aktivitasnya sehingga dapat menunda pembusukan. Temperatur yang rendah sangat efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri psychrophilic yang dapat menyebabkan pembusukan pada ikan. (Ashrae, 1968)

Pendinginan dengan menggunakan Es balok (H_2O) bertujuan untuk menurunkan temperatur ruang. Lelehan dari Es balok menjaga permukaan ikan dari dehidrasi yang dapat menurunkan berat dan meningkatkan perpindahan panas antara ikan dengan permukaan es. (H.H. Huss, 1995)

Suhu yang ideal bagi ikan basah adalah terletak sedikit diatas $-1^{\circ}C$ yang terletak pada pusat thermal ikan. (Ilyas, 1983)

Es kering yang merupakan bentuk padat dari karbondioksida, mempunyai suhu permukaan $-109^{\circ}F$ ($-78^{\circ}C$) dan digunakan untuk membantu produk agar tetap dingin. (Paper "packaging pointers : Perishable Shipment")

Karbondioksida telah digunakan dalam udara atmosfer untuk menyimpan daging selama beberapa tahun. Fungsi utamanya adalah untuk mencegah pertumbuhan bakteri. Semakin tinggi konsentrasinya, semakin efektif pula ia berfungsi sebagai agen anti bakteri. (Finne, 1982)

2.1 Teknik Pendinginan Ikan Hasil Tangkapan

Mengingat ikan tergolong pangan yang paling cepat membusuk dan teknik refrigerasilah yang sudah terbukti mampu mengawetnya dalam bentuk kesegaran yang paling dekat dengan kesegaran ikan yang baru saja ditangkap dari air, maka teknik refrigerasi diterapkan secara luas dan intensif pada setiap

kegiatan sektor perikanan. Dengan bantuan teknik refrigerasi itu, perikanan modern dunia dapat meningkatkan produksinya beberapa puluh juta ton selama tiga puluh tahun terakhir. Indonesia menetapkan tahun 1996 sebagai tahun dirgantara dan bahari dan pada bulan September 1998 dikeluarkanlah Deklarasi Bunaken di Manado yang intinya adalah pengukuhan bidang kelautan sebagai suatu tumpuan perkembangan ekonomi dan lahan kehidupan dalam arti luas. Perhatian pemerintah tersebut diaktualisasikan dengan dibentuknya Departemen Eksplorasi Kelautan dan Perikanan, dengan adanya departemen tersebut, diharapkan potensi kelautan Indonesia yang sangat besar, baik sumber daya hayati, sumber daya nirhayati maupun jasa kelautan dapat dimanfaatkan secara optimal. Kebijakan pemerintah ini adalah suatu hal yang wajar, mengingat potensi kelautan Indonesia sangat besar dan beragam, yakni memiliki 17.058 pulau dengan garis pantai sepanjang 81.000 km dan luas 5,8 juta km² laut atau sebesar 70% dari luas total Indonesia, sedangkan potensi lestari sumber daya perikanan adalah sebesar 6.167.940 ton per tahun (*Budiharsono, 2001*).

Suhu adalah salah satu faktor lingkungan terpenting yang mempengaruhi kehidupan dan pertumbuhan organisme.

- 1). Apabila suhu naik, kecepatan metabolisme naik dan pertumbuhan dipercepat. Sebaliknya apabila suhu turun, kecepatan metabolisme juga turun dan pertumbuhan diperlambat.
- 2). Apabila suhu naik atau turun, tingkat pertumbuhan mungkin terhenti, komponen sel menjadi tidak aktif dan sel-sel dapat mati.

Sehubungan dengan pengaruh suhu terhadap ketahanan hidup mikroorganisme, pemanasan atau kenaikan suhu bersifat jauh lebih merusak daripada pendinginan. Kebanyakan mikroorganisme pembusuk tahan terhadap suhu rendah sampai suhu pembekuan dan walaupun pertumbuhan dan pembelahan mungkin terhambat, sel-sel bakteri tahan hidup untuk jangka waktu cukup lama pada suhu pendinginan $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Pada

kenyataannya jika sel tetap tahan hidup pada awal suhu pembekuan, sel ini tetap dapat hidup untuk jangka waktu cukup lama pada keadaan beku. Ini adalah suatu kehidupan yang tertunda karena fungsi sel terhenti dan bila media sekitarnya dicairkan kembali metabolisme akan berlangsung lagi. Pembekuan biasanya digunakan sebagai cara pengawetan dan mempertahankan aktivitas mikroorganisme pembusuk.

Pertumbuhan bakteri pembusuk pada ikan akan tertahan pada deret suhu antara -1 sampai 5°C . Pembusukan ikan secara bakterial akan lebih menonjol pada jenis ikan dasar (*kakap, bawal, dll*), sedangkan pada jenis ikan pelagik (*kembung, layang, kemuru*), tipe pembusukan lebih bersifat ketengikan oksidatif, berhubung tingginya kadar lemak pada ikan jenis ini. Mayoritas pada bakteri marine yang membusukan ikan adalah tipe psikrofilik (bakteri yang suka pada suhu rendah) bertumbuh pada suhu 30°C , bahkan beberapa diantaranya masih hidup pada $-7,5^{\circ}\text{C}$. Suhu optimum psikrofilik terletak pada deret suhu $10^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$, dimana laju pertumbuhan bakteri akan mencapai 2 kali lebih cepat pada suhu $3,5^{\circ}\text{C}$ dan 5 kali lebih cepat pada suhu 10°C dibandingkan pada suhu 0°C .

Suatu percobaan yang dilakukan dengan menyimpan lempengan (*fillet*) ikan didalam lemari dingin menunjukkan pada suhu simpan $+4, +2, +1, -1,25$ dan -2°C daya awetnya pada masing-masing suhu simpan itu adalah 3, 5, 6, 11, dan 16 hari (*Ilyas, 1983*). Hal ini membuktikan bahwa semakin rendah suhu penyimpanan, maka pertumbuhan bakteri akan semakin terhambat. Dalam tabel dibawah akan menunjukkan hubungan pengaruh antara suhu, kegiatan bakterial, dan mutu ikan.

Tabel 2.1 Hubungan antara Suhu, Kegiatan Bakterial, dan Mutu ikan

No	Suhu	Kegiatan Bakteri	Mutu Ikan
1	Pada deret suhu tinggi 25°C sampai 10°C	Luar biasa cepat	Cepat menurun, daya awet sangat pendek (3

			10 jam)
	10 °C sampai 2 °C	Pertumbuhan lebih lambat	Mutu menurun lebih lambat, daya awet pendek (2 – 5 hari)
2	Pada deret suhu rendah 2 °C sampai -1 °C	Pertumbuhan bakteri jauh berkurang	Penurunan mutu agak dihambat, daya awet wajar (3 – 10)
	-1 °C	Kegiatan dapat ditekan	Sebagai ikan basah (tidak beku) penurunan mutu minimum, daya awet sebagai ikan basah maksimum (5 – 20 hari)
3	Suhu sangat rendah 2 °C sampai -1 °C	Ditekan, tidak aktif	Penurunan mutu minimum, ikan jadi beku, tekstur dan rasa ikan rendah, daya awet panjang (7- 30 hari)
	- 18 °C dan lebih rendah	Ditekan minimum, bakteri tersisa tidak aktif	Mutu ikan beku lebih baik, daya awet sampai setahun

Sumber : Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan, Sofyan Illyas

2.1.1 Sistem Pendinginan Ikan

Ditinjau secara umum terdapat berbagai metode pendinginan ikan :

1. Metode Pengesan (*icing*)

Metode ini, andaikata diterapkan sempurna teknik dan prosedurnya, terbukti mampu mengatasi masalah kritikal

sekitar wilayah sempit 0 sampai -1°C . Dengan demikian, pengesasan mungkin metode yang terbaik yang sudah diterapkan nelayan guna mengawetkan ikan.

2. Metode Pendinginan Ikan dengan Udara Dingin (Chilling fish by cold air, aerial cooling of fish)

Metode ini dapat mengatasi kondisi udara tropical yang hangat. Di samping itu, perlu pula dinilai kelebihan kemampuan udara dingin dalam mengawet produk olahan (ikan asin, kering, asap, pindang, dll.), tanpa es pada suhu di atas 0°C .

3. Metode Pendinginan dengan Air yang Didinginkan (*chilling in water*).

Metode ini terbukti ampuh dan mampu mengatasi masalah yang dihadapi dalam pendinginan ikan pelagik berukuran kecil dalam jumlah besar sekaligus. Kelebihan air yang didinginkan terletak pada kemampuannya secara sempurna menyelubungi ikan seutuhnya sehingga penarikan panas dari ikan berlangsung sangat cepat tanpa merusak kondisi fisik, teristimewa ikan yang bertekstur lembik dan berlemak (kembung, lemuru, dll.). Apalagi kalau diperlukan dengan berbagai teknik, suhu ikan dapat diturunkan lebih rendah mencapai -2 sampai -3°C . Walaupun dengan konsekuensi sebagian air ikan mengalami pembekuan.

4. Metode Pendinginan Supra

Dengan menerapkan suhu yang lebih rendah pada ikan, mencapai -2 sampai -3°C dengan es dan pendinginan mekanik, metode super chilling dapat menambah perpanjangan daya awet ikan sampai mencapai sepuluh hari lagi. Pengalaman di Kanada menunjukkan bahwa metode ini dapat mencegah proteolisis dari isi rongga perut ikan tanpa merusak mutu protein.

Prinsip yang dianut dalam penanganan ikan basah adalah mempertahankan kesegaran ikan sepanjang mungkin dengan cara memperlakukan ikan dengan cermat dan hati-hati, segera dan cepat menurunkan suhu atau mendinginkan ikan mencapai suhu

sekitar 0°C, memperlakukan ikan secara bersih, higienis, dan sehat, serta selalu memperhatikan faktor waktu dan kecepatan bekerja selama rantai penanganan.

Perlengkapan utama yang penting untuk mengamankan hasil tangkapan di laut adalah tempat penyimpanan ikan yang berbentuk palka dan peti. Betapa pun besarnya kemampuan suatu kapal menangkap tetapi kalau kondisi palkanya jelek maka yang dibawa pulang ke darat hanyalah ikan busuk bernilai rendah. Akibatnya, harga penjualan ikan yang diperoleh tidak akan mampu menutup biaya operasional penangkapan.

Design, konstruksi dan jenis material yang digunakan dari palka haruslah mengikuti persyaratan agar dapat mengamankan hasil tangkapan semaksimal mungkin. Diantara persyaratan itu adalah biologis, teknis, sanitasi dan hygiene, ekonomis dan lain-lain.

- 1) Ikan sebagai bahan biologis, setelah ditangkap dan dimuat dalam palka, akan mengalami perubahan penurunan mutu yang menjurus ke arah pembusukan. Dengan demikian palka harus mampu mengatasi masalah pertumbuhan bakteri dalam ikan, artinya dapat menekan laju perbiakan bakterial. Kegiatan biokimiawi, bakterial dan kimiawi selama proses penurunan mutu, banyak membangkitkan panas pada ikan dan menghasilkan udara busuk dan berbahaya yang terdiri dari berbagai gas yang akhirnya membahayakan jiwa nelayan yang sedang bekerja dalam palka. Oleh karena itu palka harus mampu menyerap panas dari ikan, mengeluarkannya dari sistem palka dan juga mengeluarkan udara terkurung yang busuk. Selama pengesan, air lelehan es, lendir, darah dan bakteri akan terkumpul di dasar palka; genangan air kotor ini akan cepat membusukkan ikan. Oleh karena itu perlu di atur sistem aliran pembuangan (drenage) yang baik.
- 2) Secara teknik, panas dari luar palka (dari udara, air laut dan dari kegiatan mesin kapal, dll) akan menerobos dan meresap ke dalam dan ke ikan. Oleh karena itu palka harus diinsulasi

sebaik mungkin terhadap terobosan dan resapan panas dari luar. Pemasangan pipa-pipa gas, air, bahan bakar dan kerangka logam penyimpanan ikan harus diusahakan jangan melewati dan menembus palka. Nelayan yang keluar masuk palka dan lampu untuk penerangan serta peralatan yang menimbulkan panas lainnya, yang semuanya menghasilkan panas dalam palka, perlu dikurangi operasinya.

- 3) Secara sanitasi dan hygiene, palka harus aman bagi ikan dan nelayan yang bekerja didalamnya. Khususnya, palka jangan menimbulkan pencemaran bacterial, pencemaran bahan dan pengarat logam korosif terhadap ikan. Pencemaran itu dapat berasal dari ikannya sendiri; dari es yang kotor; dari lapisan penutup palka (fishroom linings) yang berkarat, kotor, berlendir, dll; dari peralatan dalam palka; dan mungkin juga dari sekujur tubuh nelayan yang bekerja.

Didalam dunia usaha perikanan secara umum, pemakaian es yang digunakan untuk membuat kondisi ikan tetap segar untuk beberapa hari sudah menjadi suatu hal yang biasa digunakan oleh para nelayan. Akan tetapi dengan adanya perkembangan ilmu pengetahuan yang semakin maju, maka penggunaan es untuk pengawetan ikan secara tradisional, perlahan – lahan mulai tergusur oleh adanya suatu sistem pendinginan ikan yang lebih modern, hal ini tampak secara jelas pada kapal – kapal ikan yang berlayar hingga ke samudra luas.

Sistem pendinginan ikan secara modern itu diantaranya dengan memakai refrigerant, sehingga sistem ini biasa disebut dengan sistem pendingin berefrigerasi, sehingga pemakaian sistem ini mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan sistem pendinginan yang memakai es, keuntungan tersebut antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Memperluas jangkauan penangkapan, sehingga dapat memanfaatkan sumber daya perikanan yang berlokasi jauh di laut dalam dan wilayah ekonomi eksklusif.

- b. Mengamankan hasil tangkapan pada periode tangkapan besar agar tidak mudah membusuk dan menyalurkannya pada periode paceklik, dengan demikian dapat mengatur supply dan menstabilkan harga ikan di pasaran.
- c. Memperpanjang masa operasi pabrik pengolahan, karena dapat menghimpun stok bahan baku pada saat panen raya.
- d. Memperpanjang waktu penyimpanan dan memperluas jaringan distribusi.
- e. Memperluas jaringan pemasaran ke luar negeri, sehingga dapat memperbesar devisa.
- f. Meningkatkan pendapatan nelayan dan petani produsen, berhubung dapat memperkuat posisinya dalam proses penawaran dan permintaan.

Dalam aplikasinya, teknik refrigerasi telah dipakai pada seluruh proses pengolahan hasil pertanian di seluruh dunia dan juga pada hasil perikanan yang dihasilkan di dunia. Akan tetapi, setiap hasil produk hayati tersebut mempunyai spesifikasi tertentu, sehingga membutuhkan persyaratan tersendiri dalam penerapan teknik refrigerasinya yang akan digunakan. Oleh karenanya, pemilihan akan metode, teknik dan peralatan yang dipergunakan dalam refrigerasi perlu didasarkan pada berbagai pertimbangan yang masak secara fungsional, ekonomi dan kelayakan.

Di dalam usaha perikanan dibutuhkan pengetahuan akan proses pengolahan ikan yang baik, sehingga didapatkan produk yang dapat bernilai tinggi di pasaran. Oleh karena itu, merupakan kewajiban bagi para pelaku usaha di bidang perikanan untuk mengetahui beberapa ketentuan yang berlaku didalam penanganan ikan basah, hingga produk tersebut sampai ketangan konsumen. Persyaratan tersebut antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Jenis ikan, spesifikasi ikan dan pengolahan ikan tersebut, ditinjau dari aspek biologi, teknologi, gizi, kesehatan, mutu, nilai ekonomis dan pemasaran produk tersebut..

- b. Cara dan alat penangkapan ikan, kesegaran ikan, penurunan mutu ikan, dan usaha pencegahannya, cara penanganan, pengolahan, pengepakan, penyimpanan dan distribusi serta pemasaran dari tiap – tiap produk yang dihasilkan.
- c. Setiap jenis sarana alat dan peralatan, bahan pembantu yang diperlukan bagi setiap jenis ikan yang berbeda.
- d. Pembinaan mutu yang baik dan pengawasan setiap produk yang dihasilkan dengan standar mutu secara internasional.

Sifat fisik ikan yang penting yang perlu diketahui untuk keperluan mendinginkannya yaitu :

- a. Panas jenis ikan basah, yang besarnya ditentukan oleh jenis ikan dalam kaitannya dengan komposisi kimiawi. Panas jenis ikan basa secara umum adalah $0,85 - 0,90 \text{ kal/}^{\circ}\text{C/kg}$.
- b. Volume jenis ikan basah, yang besarnya ditentukan oleh jenis ikan dalam kaitannya dalam bentuk dan komposisi kimiawinya. Berat jenis ikan basah secara umum $0,8$ oleh karena itu volume jenis ikan basah $1 \text{ kg} = 1,25 \text{ liter (dm}^3\text{)/kg}$.

Selama beberapa dasawarsa terakhir usaha perikanan ditantang untuk mampu menyajikan mutu yang lebih baik terhadap hasil tangkapan ikan sebelum dibekukan, untuk selanjutnya diproses atau dijual langsung kepada konsumen. Mutu yang optimal hanya mungkin dicapai melalui proses pendinginan yang cepat langsung setelah ditangkap dan selanjutnya dipertahankan pada temperature 0 sampai 1 derajat sebelum mencapai konsumen.

Perbedaan rupa ikan segar dan ikan busuk atau rusak dapat diringkas sebagai berikut :

Tabel 2.2 Perbedaan Kondisi Ikan Segar Dan Tidak Segar

Keadaan	kondisi segar	kondisi tidak segar
Mata	Jernih, bercahaya, mata	Redup, cekung, pupil

	cembung, pupil hitam, kornea bening.	mata kelabu tertutup lendir.
Bau	Segar dan menyenangkan, seperti bau rumput laut, tidak ada bau pesing.	Mulai dengan bau tidak enak, makin kuat menusuk, lalu timbul bau busuk.
Warna	Cemerlang.	Layu, pudar, dan tidak mengkilap.
Tekstur	Keras, kaku, elastis ketika ditekan dengan jari.	Lembek, kendur, sedikit kenyal, terdapat cairan.
Perut	Dinding perut utuh, bersih, dan bebas dari bau busuk.	Dinding perut pecah, lembek, gembung / bengkak, dan bau menusuk.
Jaringan otot	Berwarna putih.	Berwarna merah muda sampai abu-abu, warna darah menyebar di sekitar tulang belakang.
Insang	Warna merah sampai merah tua, cemerlang, tidak berbau.	Kotor, warna pucat atau gelap, bau busuk.
Lendir	Rupa lendir cemerlang, terdapat lendir alami yang menutupi ikan.	Berubah menjadi kekuningan dengan bau tidak enak, lendir hilang.
Sisik	Melekat kuat dan mengkilat.	Banyak yang lepas dan warnanya memudar.
Daging	Sayatan daging cerah dan elastis, bila ditekan tidak terdapat bekas jari.	Bila ditekan dengan jari membekas.
Darah	Darah segar merah dan konsistensi normal.	Darah berwarna gelap dengan konsistensi cair dan bau yang menusuk.
Sayatan	Apabila ikan dibelah, daging melekat kuat	Apabila ikan dibelah, daging mudah lepas dari

	pada tulang.	tulang.
Tulang	Tulang belakang berwarna abu-abu.	Tulang belakang berwarna kekuning-kuningan.
Kondisi	Bebas dari parasit, tidak terdapat luka atau kerusakan pada ikan.	Banyak terdapat parasit, banyak terdapat luka patah pada badan ikan.

Sumber : Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan, Sofyan Illyas

2.1.2 Sifat – sifat es balok

Sifat – sifat fisik es balok penting yang berkaitan dengan kemampuan untuk mendinginkan, antara lain : (Afrianto, 1997)

- Panas jenis es, yaitu jumlah kalor (panas) yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu sebesar $1^{\circ}\text{C}/\text{kg}$ es, nilainya adalah $0,5$ kilokalori (kalori)/ $^{\circ}\text{C}/\text{kg}$ es
- Panas lebur es, yaitu jumlah kalor yang dibutuhkan untuk meleburkan 1kg es menjadi 1kg air pada suhu 0°C , nilainya adalah 80 kal/kg es.
- Panas jenis air lelehan es, yaitu jumlah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu sebesar $1^{\circ}\text{C}/\text{kg}$ air (air lelehan es), nilainya adalah 1 kal/kg air.
- Bentuk es, es dalam bentuk curah (flaked/crused ice) lebih efektif (cepat) dapat mendinginkan daripada bentuk es balok (block ice) karena lebih luas permukaannya, sehingga juga lebih cepat cair. Dengan kata lain, semakin kecil ukuran butiran es maka semakin cepat kemampuan mendinginkannya dan semakin mudah mencair.
- Bahan wadah dan koefisien rambat panas (K) yang dinyatakan dalam kal/satuan luas (m^2)/satuan tebal (cm)/ $^{\circ}\text{C}/\text{jam}$. Untuk perkiraan beban penetrasi cukup memperhitungkan struktur isolasinya saja.

Tabel 2.3 Koefisien rambat panas (K) beberapa bahan isolator

Bahan Isolasi	Nilai Konduktivitas thermal (k.kal/jam.m. $^{\circ}\text{C}$)
---------------	---

Polystyrene	0,0301
Styrofoam	0,0462
Polyuretane	0,0201
Plywood	0,2973
Fiberglass	0,0369

Sumber : <http://fpik.bung-hatta.info/e-learning/view.php?>

Lama penyimpanan perlu diketahui untuk memperhitungkan beban panas harian akibat masuknya (penetrasi) panas dari luar wadah selama penyimpanan. Dan ini akan diperhitungkan terhadap kebutuhan es harian yang diperlukan untuk menjaga suhu didalam wadah agar tetap dingin.

Tabel 2.4 Volume Jenis dari berbagai bentuk es

Bentuk Es	Volume Jenis (liter(dm ³)/kg)
Serpihan (flake)	2,2 – 2,3
Potongan pipa (tube)	1,6 – 2,0
Pecahan balok (crushed block)	1,4 – 1,5
Lempengan (plate)	1,7 – 1,8

Sumber : <http://fpik.bung-hatta.info/e-learning/view.php?>

Sebagai media pendingin, es mempunyai kelebihan, antara lain :

1. Mempunyai kapasitas pendingin yang besar persatuan berat yaitu sebesar 80 kkal/kg es.
2. Tidak membahayakan konsumen.
3. Bersifat thermostatik, yaitu selalu menjaga suhu sekitar 0°C sehingga suhu pendinginan ikan dapat dipelihara pada suhu tersebut.
4. Relatif mudah dalam penggunaannya.

Tabel 2.5 Sifat Fisikawi Es

Sifat Fisikawi Es (tawar)	Nilai
Densitas pada suhu 0°C	0,92 kg/L
Panas spesifik pada suhu 0°C	0,49 kkal/kg°C
Panas laten	80 kkal/kg

Titik leleh	0°C
Konduktivitas thermal pada suhu 0°C	1,91 kkal/m/jam°C

Sumber : Proyogi.Urip, 2006

2.1.3 Sifat – sifat air laut

Air di laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Sifat-sifat fisis utama air laut ditentukan oleh 96,5% air murni. Air laut mengandung 3,5% garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Keberadaan garam-garaman mempengaruhi sifat fisis air laut (seperti: densitas, kompresibilitas, titik beku, dan temperatur dimana densitas menjadi maksimum) beberapa tingkat, tetapi tidak menentukannya. Beberapa sifat (viskositas, daya serap cahaya) tidak terpengaruh secara signifikan oleh salinitas. Dua sifat yang sangat ditentukan oleh jumlah garam di laut (salinitas) adalah daya hantar listrik (konduktivitas) dan tekanan osmosis. Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida. Tiga sumber utama garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (*hydrothermal vents*) di laut dalam. singkatan dari "*practical salinity unit*". Karena salinitas praktis adalah rasio, maka sebenarnya ia tidak memiliki satuan, jadi penggunaan satuan "psu" sebenarnya tidak mengandung makna apapun dan tidak diperlukan. Pada kebanyakan peralatan yang ada saat ini, pengukuran harga salinitas dilakukan berdasarkan pada hasil pengukuran konduktivitas.

Sifat – sifat dari air laut mempunyai arti yang penting untuk proses pengkaratan (rata – rata susunan air laut di teliti di laboratorium di AS adalah sebsgai berikut (g/l)) : NaCl – 24,54; MgCl₂.6H₂O – 11,1; Na₂SO sebesar 4,09; CaCl₂ – 1,16 ; KCl –

0,695; NaHCO_3 – 0,201; KBr – 0,101; H_3BO_3 – 0,027; $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,42; NaF – 0,0031; selanjutnya $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ – $0,004 \cdot 10^{-4}$; $\text{Mn}(\text{MO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – $0,546 \cdot 10^{-4}$; $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – $392 \cdot 10^{-4}$; $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ – $0,151 \cdot 10^{-4}$; $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ – $0,066 \cdot 10^{-4}$; $\text{Ag}(\text{NO}_3)_2$ – $0,0049 \cdot 10^{-4}$. Dengan memperhitungkan tambahan 0,1 NaOH sebesar pH diambil sampai 8,2. Titik beku air laut pada salinitas 1,0% adalah $-0,6^\circ\text{C}$; 2,0% adalah $-1,2^\circ\text{C}$; 3,0% adalah $-1,6^\circ\text{C}$; 3,5% adalah $-1,9^\circ\text{C}$; 4,0% adalah $-2,2^\circ\text{C}$. (Sasongko, 1996)

Salinitas air laut sangat bervariasi untuk tujuan praktis salinitas rata – rata dunia adalah 3,5% sebagai tambahan bahwa densitas air laut pada 0°C dan salinitas 3,5% adalah $1,027 \text{ ton/m}^3$, panas spesifiknya 0,94 pada 0°C dan 0,93 pada 20°C sedangkan panas laten fusi 77 – 80 kkal/kg (yakni nilai rata – rata pada salinitas hingga 3,5%). Keadaannya tidak tentu berhubungan adanya garam. (Proyogi.Urip, 2006)

2.2 Aplikasi Dry Ice sebagai Media Pendingin

2.2.1 Dry Ice ($\text{CO}_2(\text{padat})$)

Bahan baku dalam pembuatan es kering adalah karbondioksida. Karbondioksida adalah suatu campuran kimiawi yang terdiri atas satu karbon dan dua atom oksigen, yang sering disebut dengan rumusannya CO_2 . Yang di dalam atmosfer bumi pada suatu konsentrasi yang rendah kira-kira 0.038% atau 380 ppm. Dalam bentuk padatnya, disebut *dry Ice* (es kering). Karbondioksida adalah gas tidak berwarna, bau agak lunak dan rasa agak asam. Ia digunakan secara luas dalam bentuk padat (es kering), cair dan gas, untuk karbonasi minuman ringan, pembuatan bahan kimia, pemadaman api, pengawetan pangan, rumah hijau, pengolahan karet, pengelasan dan yang lainnya.

Karbondioksida merupakan suatu gas tidak berbau (pada konsentrasi rendah) tetapi pada konsentrasi lebih tinggi berbau sangat tajam yang bisa menyebabkan sesak nafas atau bahkan kematian dan iritasi. Pada konsentrasi antara 2 dan 10%, gas CO_2 dapat menyebabkan kemuakan, kepeningan, sakit kepala,

kebingungan mental, meningkat tekanan darah dan gangguan pernapasan. Di atas 8% orang yang menghirupnya dapat memperlihatkan kemakuan dan memuntahkannya. Di atas 10%, dapat menyebabkan mati lemas dan kematian dapat terjadi di dalam beberapa menit. Kepadatan CO_2 pada tekanan dan temperatur standard adalah di sekitar 1.98 kg/m^3 , sekitar 1.53 kali itu udara. Adapun molekul CO_2 ($\text{O}=\text{C}=\text{O}$) berisi dua ikatan ganda dan mempunyai suatu bentuk linier dan tidak punya dwikutub elektrik. Di bawah tekanan udara normal (1 atm) pada -78.5°C , karbondioksida berubah secara langsung dari suatu fasa padat menjadi suatu fasa gas melalui sublimasi. Karbondioksida cairan membentuk hanya pada tekanan di atas 5.1 atm. Dengan titik tripelnya adalah -56.6°C pada 416.7 kPa dan titik kritisnya adalah 31.1°C pada 7821 kPa.

Dry Ice (es kering) juga mempunyai sifat tidak mengandung alkohol, serta memiliki tingkat kesusutan yang rendah. *Dry ice* amat berguna untuk pembekuan dan menjaga pembekuan karena temperaturnya yang sangat dingin yaitu: -78.5°C atau -109.3°F pada 1 atm. Karbondioksida telah lama digunakan dalam udara atmosfer untuk menyimpan ikan selama beberapa tahun. Fungsi utamanya adalah mencegah pertumbuhan bakteri. Semakin tinggi konsentrasi karbondioksida dalam ruang penyimpanan, semakin efektif pula ia berfungsi sebagai agen anti bakteri.

Dry Ice (es kering) bisa merupakan suatu unsur berbahaya. Oleh karena itu, perlu adanya penanganan yang baik. Adapun hal – hal yang perlu diperhatikan ketika berhubungan dengan es kering, antara lain :

1. *Dry Ice* lebih dingin dari es batu, dan dapat membakar kulit yang serupa ke radang dingin. Maka perlu memakai sarung tangan sebagai pelindung ketika penanganannya itu dan juga menggunakan kaca tameng / kacamata hitam dan pelindung wajah sedang memotong atau menggerindanya.
2. Jauhkan *dry Ice* dari jangkauan anak-anak, *dry ice* tidak dapat menyebabkan luka-luka/kerugian serius jika

digunakan secara hati-hati! Jangan sampai anak – anak ataupun orang dewasa menghirup gas karbondioksida terlalu banyak karena bisak menyebabkan sesak napas atau bahkan mati lemas.

3. Jangan pernah makan atau menelan *dry Ice* karena temperaturnya yang sangat dinginnya menyeluruh.
4. Hindari menarik napas / menghisap gas karbondioksida.
5. Jangan pernah menyimpan *dry ice* di dalam suatu peti kemas kedap udara. Ketika *dry ice* meleleh dari suatu padat secara langsung ke dalam suatu gas, gas akan membangun di dalam kontainer sampai bisa meretak. Suatu kontainer disegel yang berisi *dry Ice* dapat gagal dengan meledak, yang bisa menyebabkan pecahan peluru meriam yang dapat membuat luka – luka atau bahkan hilang pendengaran. Pastikanlah kontainer itu berventilasi! Tempat yang terbaik untuk menyimpan *dry ice* adalah di dalam suatu styrofoam dada/peti dengan suatu penutup pengepasan lepas.
6. *Dry Ice* jangan pernah disimpan di dalam suatu lemari es, sebab cukup dingin untuk membekukan thermostat. Juga, dalam kaitan dengan temperaturnya, yang dapat menyebabkan material rapuh seperti plastik atau gelas/kaca retak.
7. Tidak menempatkan es kering secara langsung pada countertops. Suhu dingin bisa menyebabkan permukaan retak.
8. Segera meninggalkan area dengan seketika jika napas mulai terengah - engah atau mempunyai kesukaran bernafas dan kuku jari tangan atau bibir mulai tampak biru. Ini adalah suatu tanda sudah menghirup terlalu banyak gas karbondioksida dan tidak cukup oksigen . *Sumber : www.dryiceinfo.com*

Dry Ice banyak digunakan karena pembuatannya cukup sederhana dan mudah ditangani dengan menggunakan sarung tangan insulasi. *Dry ice* mudah didapat, karena es kering merupakan produk sampingan dari PT Petrokimia Gresik. Sebab,

proses pembuatan pupuk yang dilakukan PT Petrokimia Gresik selalu menghasilkan produk sampingan yakni gas CO₂ (gas kabondioksida) yang bisa diolah menjadi es kering. Spesifikasi es kering yang di produksi PT Petrokimia Gresik yang dikemas dalam styrofoam yang ditutup rapat dan disegel dengan plastik dengan isi 50 kg adalah :

- Kadar CO₂ : min. 99,70 %
- Kadar CO : maks. 10 ppm
- Kadar minyak : maks. 5,00 ppm
- S (sebagai H₂S) : maks. 5,00 ppm
- Kadar air : maks. 0,05 %
- Bentuk : Balok ukuran 12 cm x 15 cm x 20 cm, bobot ± 8 kg

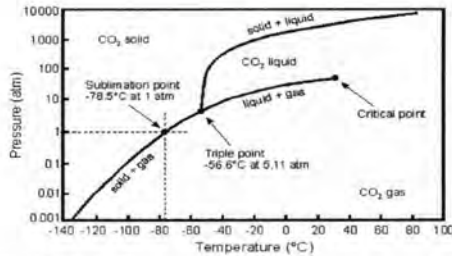
Sesuai SNI 06-0126-1987

Tabel 2.6 Sifat – sifat CO₂(padat)

Critical Density	28.9855 LB/FT ³
Critical Pressure	1066.3 PSIA
Critical Temperature	87.8°F
Density Gas	0.1234 LB/FT ³ @32°F
Density Liquid	63.69 LB/FT ³ @0°F
Latent Heat of Vaporization	241 BTU/LB 0°F
Molecular Weight	44.004
Sublimation Temperature	-109.3°F or -78.5°C
Solubility in H ₂ O	79FT ³ CO ₂ GAS/FT ³ (when H ₂ O is at 32°F)
Triple Point	-69°F 75.1 PSIA
Viscosity Gas	0.015 Centipoises @32°F
Viscosity Liquid	0.14 Centipoises @0°F
Chemical Formula	CO ₂
Chemical Family	Inorganic
Sublimation	A pound of Dry Ice will sublimate into 8.3 cubic feet of carbon dioxide gas.
DOT Shipping Class:	ORM-A UN-1845 Pkg. Group

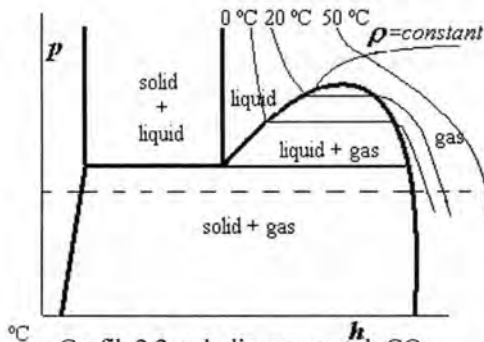
	III Class Nonflammable Gas UN2187
--	--

Sumber : www.dryiceinfo.com



Grafik 2.1 Temperatur Vs Tekanan untuk CO₂

Sumber : www.dryiceinfo.com



Grafik 2.2 p-h diagram untuk CO₂.

Sumber : www.dryiceinfo.com

Selama ini, yang memanfaatkan *dry ice* adalah perusahaan es krim serta untuk berbagai pertunjukan show baik rock, dangdut maupun pop. Sebab, bila es kering dicelupkan ke dalam air akan mengeluarkan asap / efek kabut yang biasa kita lihat dalam pertunjukan show musik. *Dry ice* biasanya digunakan dalam berbagai macam keperluan seperti : *Airline catering, Ice cream, Baking Industry, Broken Freezer or Refrigerator,*

Carbonate Liquid, Dry Food Storage, Dry Ice Blast Cleaning, Fresh Meat Processing, dan Medical Industrial Uses.

Dry ice dalam prosesnya, akan berubah fase dari padat ke bentuk gas (menyublim) tanpa meninggalkan sisa karenanya dinamakan es kering. *Dry ice* dapat dikatakan mempunyai efek refrigerasi yang lebih besar dari es yang dibuat dari air. Dari satu kilogram karbondioksida padat yang menyublim pada tekanan atmosfer, diperoleh efek refrigerasi 70% lebih besar daripada satu kilogram es air. Dengan kata lain, daya pendingin es kering jauh lebih besar dari es balok dalam berat yang sama. Jika es mencair (pada 0°C) hanya menyerap panas 80 kkal/kg, maka es kering yang menyublim (pada suhu -78,5°C) dapat menyerap 136,6 kkal/kg.

Dengan es kering / *dry ice* dapat menghemat biaya bagi kapal tradisional penangkap ikan. Proses pendinginan ikan hasil tangkapan nelayan kapal tradisional ini dengan es kering kemampuan untuk mendinginkan ikan sangat besar. Kalau dengan es balok kemampuannya -3 °C air yang dihampakan sementara dengan es kering / *dry ice* bisa mencapai -78.5°C atau -109.3°F, sehingga kemampuan untuk mengawetkan ikan lebih dingin dan awet.

Selain kemampuan untuk mendinginkan ikan sangat besar keuntungan lain *dry ice* yaitu lebih ringan sehingga konsumsi energi bahan bakar untuk penggerak dan performance kapal, sehingga dapat menghemat biaya. Sebab, untuk mendinginkan ikan hasil tangkapan nelayan bila menggunakan es balok memerlukan dua ton, tetapi dengan es kering cukup 0,5 ton. Dan, ini sekali lagi sangat menghemat biaya. Misalnya, ruang palka apabila mendinginkan ikan dapat diisi 40 persen ikan dengan pendingin es batu 60 persen. Tetapi, apabila mendinginkan dengan es kering hasilnya lebih banyak ruang itu dapat diisi 70 persen ikan dan es kering hanya memerlukan 30 persen. Hasilnya, ikan akan lebih segar dan pendapatan lebih besar.

Meskipun demikian, proses pendinginan ikan di kapal tradisional juga mengalami kendala, yakni *handling* / penanganan

es kering harus dibungkus rapat karena cepat menguap. Kesulitan lainnya pada desain palka. Padahal, palka ikan dengan menggunakan es kering *handling*nya mudah. Demikian juga dengan investasinya murah, pemeliharaannya mudah dan murah. *Dry ice* (CO_2 -padat) mempunyai power refrigerasi yang besarnya kurang lebih dua kali power refrigerasi dari es balok.

2.2.2 Tembaga

Agar es kering tidak cepat menguap, kita menggunakan tabung bermaterial dari tembaga yang memiliki konduktivitas termal yang tinggi sehingga bisa tetap menyalurkan suhu dingin pada ikan yang ada pada ruang palka. Tembaga (Cu) mempunyai sistim kristal kubik, secara fisik berwarna kuning dan apabila dilihat dengan menggunakan mikroskop bijih akan berwarna pink kecoklatan sampai keabuan. yang membutuhkan sifat konduktivitas listrik dan panas yang tinggi, seperti untuk pembuatan tabung - tabung dan klep di pabrik penyulingan. Tembaga tidak larut dalam air (H_2O). Tabung tembaga ini diletakkan pada ujung - ujung tiap satu ruang palka dan merekat pada ruang palka tersebut. Kegunaan dari tabung tembaga ini selain sebagai tempat es kering juga dapat melindungi ikan dari kontak langsung es kering tersebut.

Tembaga dengan nama kimia Cupprum dilambangkan dengan Cu, unsur logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atom (BA) 63,546.

Cu termasuk logam yang dapat digunakan sebagai katalis, dimana Cu memiliki elektron terluar "d" dan termasuk unsur transisi dalam sistem periodik unsur - unsur, dimana menurut *Ananta dan Purbianto (1989)* memiliki sifat - sifat sebagai berikut :

1. Bersifat logam
2. Persenyawaannya dengan unsur lain memiliki bilangan oksidasi (+)

3. Dapat menghantarkan listrik dan panas
4. Dapat dibuat lempengan, ataupun semacam geram dan kuat serta mengkilap
5. Titik didih dan titik leburnya cukup tinggi
6. Elektron – elektron pada orbital d yang tidak penuh memungkinkannya untuk berpindah tempat
7. Elektron dengan energi rendah akan berpindah ke energi yang lebih tinggi dengan menyerap energi (tereksitasi)
8. Struktur elektron pada orbital d yang berbeda akan menghasilkan warna yang berbeda pula
9. Dapat membentuk ion kompleks yaitu ion yang terdiri dari ion logam terutama unsur transisi dan satu /lebih ion/molekul lain.

Sifat – sifat logam berdasarkan thermophysical propertinya, antara lain : melting point = 1358 K; massa jenis = 8933 kg/m³ ; Cp = 385 J/kg K; konduktivitas panas (k) = 401 W/mK; serta difusitas panasnya (α) = 117 x 10⁶ m²/s (*incropera dan dewitt, 2004*).

Unsur tambahan di alam dapat ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau dalam senyawa padat dalam bentuk mineral. Dalam badan perairan laut tembaga dapat ditemukan dalam bentuk persenyawaan ion seperti CuCO₃, CuOH, dan sebagainya (*Fribeg, 1977*).

Tembaga tidak larut dalam air (H₂O) dan isopropanol, atau isopropil alkohol. Terdapatnya dua isotop stabil, ⁶³Cu dan ⁶⁵Cu, dan berpuluhan jenis radioisotop. Kebanyakan radioisotop-radioisotop ini mempunyai separuh hayat pada tertib menit atau kurang daripada itu; dan yang mempunyai hayat terpanjang, ⁶⁴Cu, mempunyai separah hayat selama 12.7 jam, dengan dua mod reputan, menjurus kepada dua hasil yang berbeda.

Tabel 2.7 Konduktivitas beberapa logam

Logam	Konduktivitas termal k1		
	32°F	64°F	212°F
Aluminium	117		119
Antimonium	10,6		9,7
Baja (biasa)		76,2	26
Baja (1% karbon)			259
Baja (tahan karat, tipe 304)			9,4
Baja (tahan karat, tipe 316)			9,4
Baja (tahan karat, tipe 347)			9,3
Besi (cor)	32		30
Besi (tempa)		34,9	34,6
Emas		169,0	170,0
Kadmium		53,7	52,2
Kuningan (70 tembaga, 30 seng)	56		60
Magnesium	92	92	92
Natrium (cair)			49
Nikel	36		34
Perak	242	40,2	238
Platina			41,9
Raksa (cair)	4,8		
Seng	65		64
Tantalum		32	
Tembaga (murni)	224		218
Timah	36		34
Timbal	20		19

¹Berdasarkan W.H. McAdams, "Heat Transmission" ed.3, hlm. 445-447, McGraw-Hill Book Company, New York, 1954.
 $k = Btu/ft-jam^{\circ}F$

Sumber : Leighou, Robert B.(1986)

Logam tembaga ini, apabila dalam keadaan serbuk, adalah bahaya api. Pada kepekatan lebih daripada 1 mg/L, tembaga boleh mengotorkan pakaian dan benda-benda yang dicuci dalam air.

Tabel 2.8 Sifat – sifat Tembaga

29

nikel ← tembaga → zink

Cu

29P
35N

↑
Cu
↓
Ag

Umum

Nama, Simbol, Nomor	tembaga, Cu, 29
Sifat kimia	logam peralihan

Kumpulan, Kala, Blok	11, 4, d					
Rupa	logam merah jambu					
						
Massa atom	63.546(3) g/mol					
Konfigurasi elektron	[Ar] 3d10 4s1					
Bilangan elektron per petala	2, 8, 18, 1					
Sifat fisik						
Keadaan	pepejal					
Ketumpatan (sekitar suhu kamar)	8.96 g/cm ³					
Ketumpatan cair pada titik lebur	8.02 g/cm ³					
Titik lebur	1357.77 K					
	(1084.62 °C, 1984.32 °F)					
Titik didih	2835 K					
	(2562 °C, 4643 °F)					
Tekanan wap						
<i>P</i> /Pa	1	10	100	1 k	10 k	100 k
pada <i>T</i> /K	1509	1661	1850	2089	2404	2836
Lain-lain						
Sifat kemagnetan	diamagnet					
Rintangan elektrik	(20 °C) 16.78 nΩ·m					
Konduksi termal	(300 K) 401 W/(m·K)					
Pengembangan termal	(25 °C) 16.5 μm/(m·K)					
Kelajuan bunyi (rod halus)	(suhu kamar) (disepuh lindap) 3810 m/s					
Modulus Young	130 GPa					

Modulus ricih	48 GPa
Modulus pukal	140 GPa
Nisbah Poisson	0.34
Skala kekerasan Mohs	3.0
Kekerasan Vickers	369 MPa
Kekerasan Brinell	874 MPa
Nombor CAS	7440-50-8

Isotop

iso	NA	separuh hayat	DM	DE (MeV)	DP
⁶³ Cu	69.17%	Cu stabil dengan 34 neutron			
⁶⁵ Cu	30.83%	Cu stabil dengan 36 neutron			

Sumber : <http://ms.wikimedia.org/wiki/Tembaga.2007>

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS



ITS



ITS



ITS

BAB III METODOLOGI

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi merupakan suatu kerangka dasar yang digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan dianalisa. Metodologi penelitian mencakup tindakan atau langkah – langkah kerja yang akan dilakukan oleh peneliti untuk menyelesaikan permasalahannya. Metodologi yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah eksperimen. Adapun metode eksperimen dalam tugas akhir ini dimulai dari pengecekan peralatan yang dilanjutkan dengan melakukan eksperimen pertama. Eksperimen pertama dilakukan untuk mengetahui karakteristik variasi es balok dan air laut untuk mendapatkan temperatur yang optimal dan waktu yang lama, kemudian melakukan eksperimen kedua dengan variasi tabung tembaga yang didalamnya terdapat es kering, dengan 4 tabung tembaga, air laut dan ikan pada komposisi yang sama dengan eksperimen pertama. Eksperimen ketiga dengan dengan 8 tabung tembaga yang berisi es kering, air laut dan ikan pada komposisi yang sama dengan eksperimen pertama.

Yang terakhir adalah analisa data dari seluruh eksperimen dan didapatkan kesimpulan tentang pengaruh variasi tabung tembaga dan es kering pada coolbox.

3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses pencarian informasi yang akan di gunakan sebagai acuan atau pedoman dalam pelaksanaan pengerjaan tugas akhir ini. Langkah awal dan pemecahan masalah yang akan diselesaikan berdasarkan informasi atau literatur yang akurat, sehingga dapat dipertanggung jawabkan. Proses studi literatur dapat dilakukan dengan cara pencarian buku acuan, laporan penelitian atau karya ilmiah, dan internet yang berhubungan dengan sistem pendingin menggunakan es kering, air laut, es balok serta tembaga sebagai

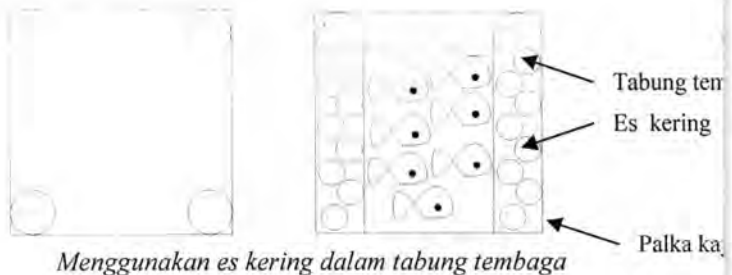
wadah es kering yang mana terdapat pada telah tercantum di daftar pustaka.

3.2 Pengumpulan Data

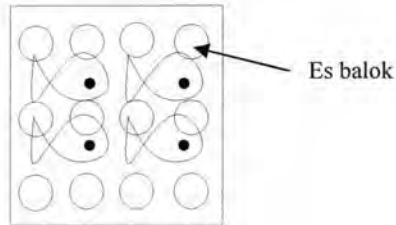
Pengumpulan data sebelum eksperimen meliputi pengumpulan data – data yang diperlukan untuk analisa teknis maupun ekonomis, seperti ukuran kotak sebagai palka dan tabung tembaga, jumlah es balok dan es kering yang dibutuhkan untuk mendinginkan ikan, harga es balok, es kering, serta tabung tembaga dan lain - lain.

3.3 Pelaksanaan Eksperimen

Adapun pelaksanaan eksperimen dalam tugas akhir ini dimulai dari persiapan dan pengecekan peralatan yang dilanjutkan dengan melakukan eksperimen pertama. Eksperimen pertama dilakukan sebagai standart untuk percobaan yang kedua dan ketiga. Percobaan pertama dengan variasi es balok dan air laut untuk mendapatkan temperatur yang optimal dan waktu yang lama, kemudian melakukan eksperimen kedua dengan variasi es kering dalam 4 tabung tembaga dan air laut untuk mendapatkan temperatur yang optimal dan waktu yang lama dan eksperimen ketiga dengan variasi es kering dalam 8 tabung tembaga dan air laut untuk mendapatkan temperatur yang optimal dan waktu yang lama. Gambaran eksperimen pada Tugas Akhir ini dapat dilihat dibawah ini.



Menggunakan es kering dalam tabung tembaga



Menggunakan es balok

3.3.1 Peralatan yang Digunakan

Sebelum melaksanakan eksperimen, maka perlu mempersiapkan semua peralatan eksperimen, yaitu :

1. Coolbox

Digunakan sebagai wadah untuk melakukan eksperimen. Bahan coolbox terbuat dari triplek yang dilapisi sterofoam. Triplek berukuran panjang 520 mm, lebar 380 mm, tinggi 350 mm dan tebal 9 mm dan sterofoam berukuran panjang 475 mm, lebar 324 mm, tinggi 285 mm dan tebal 25 mm.

2. Tabung tembaga

Digunakan sebagai tempat es kering. Adapun ukuran tabung diameter luar 55 mm, tinggi 260 mm dan tebal 1 mm.

3. Beban pendingin (ikan)

Sesuai dengan tujuan dari Tugas Akhir, maka beban pendingin berupa ikan dan divariasikan untuk mengetahui kemampuan coolbox berdasarkan jumlah beban yang paling optimal. Jenis ikan yang digunakan adalah ikan kerapu karena merupakan salah satu ikan yang sering didapat oleh nelayan kapal – kapal ikan tradisional.

4. Es balok (H₂O)

Kebutuhan es balok dipengaruhi oleh :

- Jumlah ikan dan temperatur ikan.

- Durasi dari jarak pelayaran dan komposisi dari ikan tangkapan.
 - Estimasi volume coolbox dan konstruksi dari coolbox.
5. Es kering (CO_2 padat)
Es kering tidak mencair melainkan menyublim sehingga nantinya akan menambah tekanan apabila diletakkan di tempat tertutup / dalam tabung tembaga.
 6. Air laut
Diletakkan dalam coolbox mengenai beban pendingin (ikan) yang digunakan agar ikan tidak menjadi pucat dan kering serta menurunkan temperatur ruang pendingin dibawah titik nol derajat sebab air laut mengandung unsur garam yang bersifat koligatif.
 7. Termometer
Digunakan untuk mengukur suhu yang ditempatkan pada coolbox dan ruangan. Termometer dipasang pada coolbox melewati lubang yang telah dibuat kemudian agar tidak terjadi kebocoran dilakukan pengendapan pada celah lubang termometer dengan menggunakan malam. Peletakan termometer 1 (T_1) ditengah – tengah coolbox, dan termometer (T_0) untuk mengukur suhu ruangan tempat eksperimen dilakukan.
 8. Palu
Digunakan untuk memecah es balok.
 9. Sarung tangan
Digunakan untuk melindungi tangan saat memegang es balok ataupun es kering.
 10. Pisau
Digunakan untuk memecah es kering yang juga dengan palu.
 11. Mistar
Digunakan untuk mengukur coolbox.

12. Timbangan
Digunakan untuk mengukur / menimbang es balok dan es kering.
13. Stopwatch
Digunakan untuk mengetahui waktu es balok mencair dan es kering menyublim serta waktu temperatur berubah.
14. Kamera
Digunakan untuk memotret tahapan – tahapan eksperimen.

3.3.2 Prosedur Pelaksanaan

Setelah peralatan sudah siap maka terus dilanjutkan eksperimen, yang mana eksperimen dilakukan sebanyak 3 kali dengan media pendingin yang berbeda. Eksperimen pertama dilakukan dengan media pendingin es balok dan air laut, kemudian melakukan eksperimen kedua dengan media pendingin es kering yang di masukkan ke dalam 4 tabung tembaga dan eksperimen ketiga dengan dengan media pendingin es kering yang di masukkan ke dalam 8 tabung tembaga yang berisi es kering, air laut dan ikan pada komposisi yang sama dengan eksperimen pertama.

Langkah - langkah eksperimen

1. Eksperimen menggunakan Es Balok dan Air Laut

Eksperimen bertujuan untuk mengetahui karakteristik coolbox dengan adanya es balok dan air laut terhadap coolbox yang diberi beban ikan dan mengetahui sampai temperatur berapa terendah dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk kembali menjadi temperatur 20°C. Eksperimen menggunakan media pendingin es balok dan air laut, dimana es balok sebanyak 7 kg, air laut sebanyak 3 kg dan ikan 13kg.

Pelaksanaan :

I. Tahap Persiapan

1. Es balok ditimbang sebesar komposisi yang ditetapkan pada masing – masing percobaan.
2. Air laut ditimbang sebesar komposisi yang ditetapkan pada masing – masing percobaan.
3. Ikan ditimbang sebesar komposisi yang ditetapkan pada masing – masing percobaan.
4. Masukkan ikan ke dalam coolbox.
5. Masukkan es balok ke dalam coolbox yang berisi air laut dan ikan secara merata.
6. Tutup coolbox.

II. Tahap Pengukuran

1. Ukur temperatur ikan.
2. Amati dan catat temperatur ruangan awal melakukan eksperimen.
3. Amati dan catat temperatur ruangan dan temperatur coolbox setelah 5 menit coolbox berisi air laut dan es balok ditutup.
4. Amati dan catat temperatur ruangan dan coolbox tiap 5 menit untuk 11 jam pertama yang kemudian diamati tiap 30 menit sampai temperatur rata – rata mencapai 20°C.
5. Tutup coolbox dibuka dan diamati visual untuk terakhir kali.

2. Eksperimen menggunakan Es Kering dalam 4 Tabung Tembaga

Eksperimen bertujuan mengetahui penambahan es kering dalam tabung tembaga serta variasi jumlah tabung tembaga terhadap air laut pada coolbox dan sebaliknya. Eksperimen menggunakan media pendingin es kering dalam tabung tembaga, dimana es kering sebanyak 3 kg dimasukkan ke dalam 4 tabung tembaga secara merata, air laut sebanyak 3 kg dan ikan 13 kg.

Pelaksanaan :

I. Tahap Persiapan

1. Es kering ditimbang sebesar komposisi yang ditetapkan pada masing – masing percobaan.
2. Air laut ditimbang sebesar komposisi yang ditetapkan pada masing – masing percobaan.
3. Ikan ditimbang sebesar komposisi yang ditetapkan pada masing – masing percobaan.
4. Masukkan tembaga dalam coolbox dan letakkan sesuai posisi yang telah ditetapkan.
5. Masukkan ikan ke dalam coolbox.
6. Masukkan air laut kedalam coolbox yang berisi ikan.
7. Masukkan es kering ke dalam masing – masing tabung tembaga secara merata.
8. Tutup coolbox.

II. Tahap Pengukuran

1. Ukur temperatur ikan.
2. Amati dan catat temperatur ruangan awal melakukan eksperimen.
3. Amati dan catat temperatur ruangan dan temperatur coolbox setelah 10 menit coolbox berisi air laut dan es balok ditutup.
4. Amati dan catat temperatur ruangan dan coolbox tiap 10 menit untuk 9 jam pertama yang kemudian diamati tiap 30 menit sampai temperatur rata – rata mencapai 20°C.
5. Tutup coolbox dibuka dan diamati visual untuk terakhir kali.

3. Eksperimen menggunakan Es Kering dalam 8 Tabung Tembaga

Eksperimen bertujuan mengetahui penambahan es kering dalam tabung tembaga serta variasi jumlah tabung tembaga terhadap air laut pada coolbox dan sebaliknya. Eksperimen menggunakan media pendingin es kering dalam tabung

tembaga, dimana es kering sebanyak 3 kg dimasukkan ke dalam 8 tabung tembaga secara merata, air laut sebanyak 3 kg dan ikan 13 kg.

Pelaksanaan :

I. Tahap Persiapan

1. Es kering ditimbang sebesar komposisi yang ditetapkan pada masing – masing percobaan.
2. Air laut ditimbang sebesar komposisi yang ditetapkan pada masing – masing percobaan.
3. Ikan ditimbang sebesar komposisi yang ditetapkan pada masing – masing percobaan.
4. Masukkan tembaga dalam coolbox dan letakkan sesuai posisi yang telah ditetapkan.
5. Masukkan ikan ke dalam coolbox.
6. Masukkan air laut kedalam coolbox yang berisi ikan.
7. Masukkan es kering ke dalam masing – masing tabung tembaga secara merata.
8. Tutup coolbox.

II. Tahap Pengukuran

1. Ukur temperatur ikan.
2. Amati dan catat temperatur ruangan awal melakukan eksperimen.
3. Amati dan catat temperatur ruangan dan temperatur coolbox setelah 10 menit coolbox berisi air laut dan es balok ditutup.
4. Amati dan catat temperatur ruangan dan coolbox tiap 10 menit untuk 10 jam pertama yang kemudian diamati tiap 60 menit sampai temperatur rata – rata mencapai 20°C.
5. Tutup coolbox dibuka dan diamati visual untuk terakhir kali.

3.4 Pengambilan dan Pengolahan Data Eksperimen

Setelah dilakukan eksperimen maka akan didapatkan data – data yang berupa temperatur dan waktu yang diperlukan untuk mendinginkan ikan mulai temperatur awal pendingin dimasukkan coolbox sampai temperatur sekitar 20 °C.

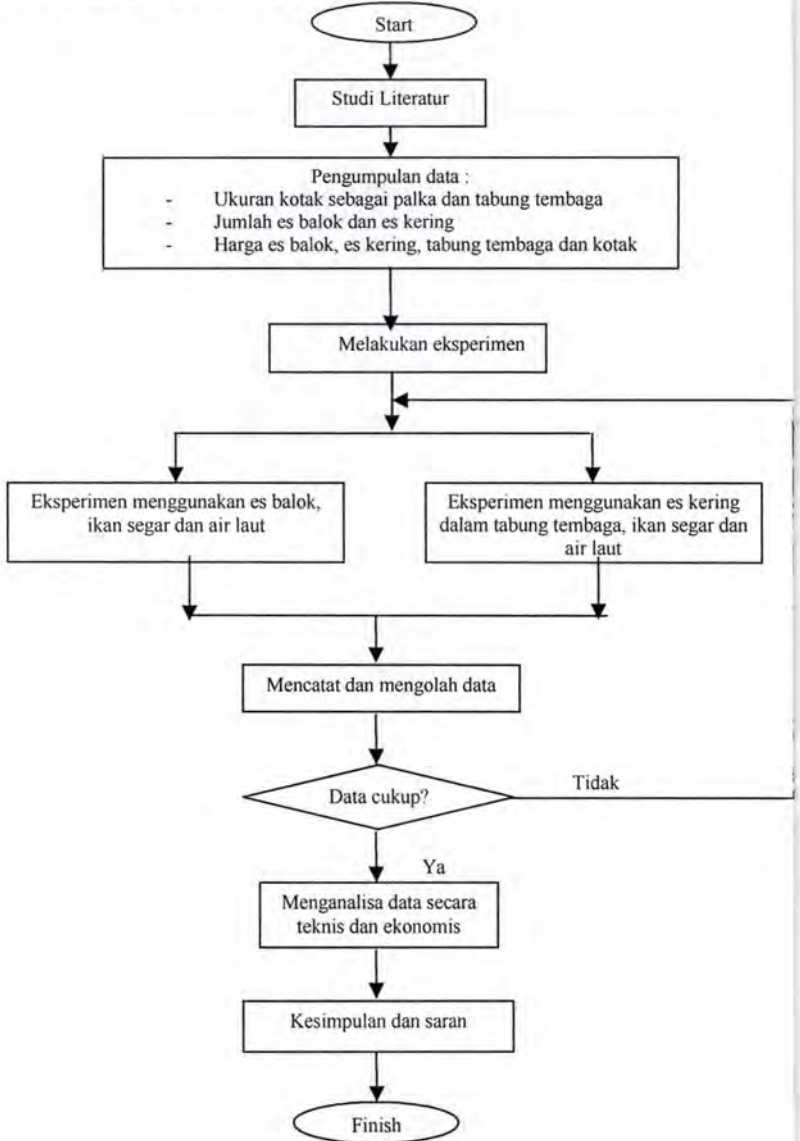
3.5 Analisa Data Teknis dan Ekonomis Eksperimen

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap data – data yang telah diperoleh dan dibuat grafik perbandingan antara temperatur dengan waktu tiap coolbox eksperimen. Hal itu bertujuan untuk mengetahui seberapa efektifkah sistem pendingin yang baru dengan sistem pendingin standart yaitu menggunakan es balok dengan air laut. Selain analisa data secara teknis juga diperhitungkan analisa ekonomis apabila diterapkan pada kapal tradisional.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Hasil dari analisa data dapat diambil kesimpulan mengenai eksperimen yang telah dilakukan dan beberapa saran yang mungkin dapat diterapkan dalam sistem pendingin ini serta disajikan berupa penulisan laporan Tugas Akhir.

Flow Chart Metodologi Tugas Akhir





BAB IV

EKSPERIMEN DAN ANALISA DATA



BAB IV EKSPERIMEN DAN ANALISA DATA

Pada bab ini membahas hasil eksperimen yang meliputi : analisa data dan pembahasan hasil eksperimen secara teknis dan ekonomis. Sehingga dapat mengetahui efektifkah sistem pendingin menggunakan es kering dalam tabung tembaga pada palka ikan kapal tradisional dan dengan berapa tabung tembaga yang lebih efektif. Pada Tugas Akhir ini tidak membahas kandungan protein atau secara biologis ikan tetapi hanya dilihat secara fisik sesuai teori yang ada. Karena banyaknya tabel dan grafik maka untuk memudahkan pembaca sebagian ditempatkan pada lampiran.

4.1 Eksperimen

Eksperimen pada Tugas Akhir ini dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu :

1. Eksperimen menggunakan media pendingin es balok dan air laut, dimana es balok sebanyak 7 kg, air laut sebanyak 3 kg dan ikan 13 kg.
2. Eksperimen menggunakan media pendingin es kering dalam tabung tembaga, dimana es kering sebanyak 3 kg dimasukkan ke dalam 4 tabung tembaga secara merata, air laut sebanyak 3 kg dan ikan 13 kg.
3. Eksperimen menggunakan media pendingin es kering dalam tabung tembaga, dimana es kering sebanyak 3 kg dimasukkan ke dalam 8 tabung tembaga secara merata, air laut sebanyak 3 kg dan ikan 13 kg.

4.2 Analisa Data

4.2.1 Analisa Data Eksperimen 1

Eksperimen yang pertama ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik coolbox dengan adanya es balok dan air laut terhadap coolbox yang diberi beban ikan sebesar 13 kg. Eksperimen ini akan dihentikan apabila temperatur pada coolbox

sudah mencapai 20°C , yang menunjukkan es balok sudah mencair seluruhnya dan tercampur pada air laut. Temperatur rendah yang dapat dicapai ruangan adalah 0°C dengan waktu 1 jam lebih 10 menit dari awal eksperimen dengan durasi sekitar 25 menit. Hal ini dapat terjadi karena coolbox memiliki isolasi yang baik dan tidak terjadi kebocoran, sehingga penurunan temperatur awal ruangan (29°C) dalam coolbox sampai temperatur stabil (0°C) sangat cepat. Temperatur ruang mengalami penurunan suhu dari 29°C sampai 10°C , bertahan selama hampir 11 jam. Hal ini dapat terjadi karena air laut dapat mempertahankan dinginnya es balok sehingga dapat meratakan temperatur dingin pada ikan.



Grafik 4.2.1 Temperatur terhadap waktu yang dicapai oleh eksperimen es balok 7 kg, air laut 3 kg dan ikan 13 kg

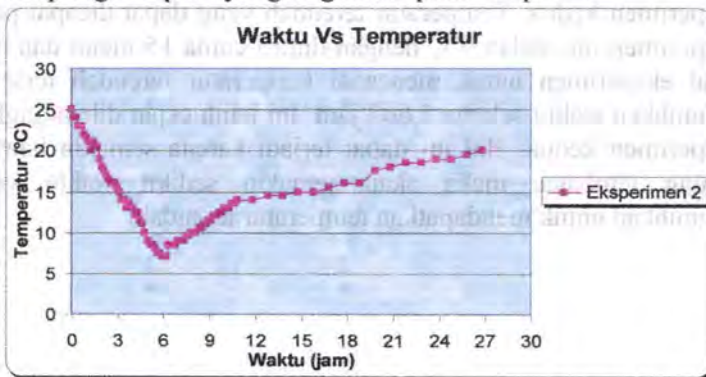
Naiknya temperatur pada grafik diatas yang merupakan grafik temperatur dalam ruangan coolbox akan sangat mempengaruhi mutu dari ikan yang akan disimpan. Dari (grafik 4.2.1) dapat disimpulkan bahwa es balok dapat menurunkan temperatur coolbox dengan cepat dan dapat dipertahankan dingin oleh air laut sehingga ikan akan tetap segar. Untuk mencapai suhu 20°C kembali setelah turun, dibutuhkan waktu yang cukup lama yaitu 31,17 jam.

Adapun bentuk fisik ikan yang dijadikan eksperimen berubah dagingnya menjadi sedikit kaku dikarenakan kontak

langsung ikan dengan es balok, tetapi tidak kering dikarenakan adanya air laut sedang insang masih merah walaupun sedikit pudar karena efek dari es baloknya tetapi kulitnya tidak berubah tetap berwarna cerah.

4.2.2 Analisa Data Eksperimen 2

Eksperimen yang kedua ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik coolbox dengan adanya es kering yang diletakkan dalam 4 tabung tembaga terhadap coolbox. Untuk eksperimen 2 dan 3 dilakukan dengan mengonstankan es kering, air laut dan beban (ikan) tetapi mengubah jumlah tabung tembaga. Pada eksperimen kedua, media pendinginannya yaitu es kering yang diletakkan dalam 4 tabung tembaga secara merata dan air laut. Temperatur terendah yang dicapai pada eksperimen ini adalah 7°C dengan waktu yang lama yaitu 6 jam untuk mencapai suhu terendah tersebut dari awal eksperimen. Itu terjadi karena es kering yang cepat menguap dan beban (ikan) yang didinginkan terlalu banyak sehingga temperatur ruangan tidak mencapai 0°C seperti halnya pendinginan es balok. Akan tetapi walau begitu, ikan tetap segar seperti yang tergambar pada lampiran.



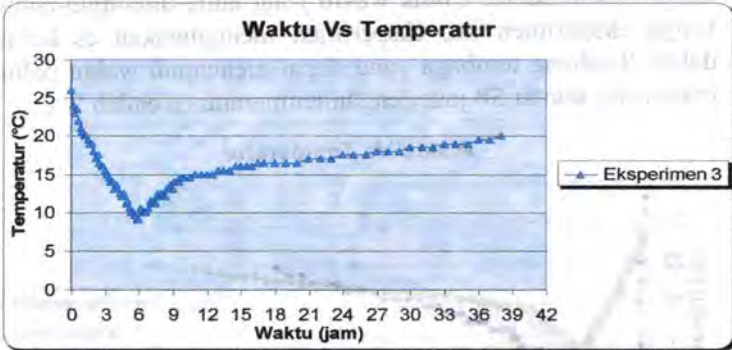
Grafik 4.2.2 Temperatur terhadap waktu yang dicapai oleh eksperimen es kering 3 kg yang diletakkan dalam 4 tabung tembaga secara merata, air laut 3 kg dan ikan 13 kg

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa menggunakan es kering dapat mempertahankan dinginnya ruangan terlebih es kering diletakkan dalam tabung tembaga, yang mana tembaga mempunyai konduktivitas thermal yang tinggi sehingga ruangan tetap dingin walaupun es kering sudah habis menguap dan ikan tetap terlihat segar dan tidak kaku seperti yang terjadi pada pendinginan es balok dikarenakan kontak langsung es balok dengan ikan tersebut. Warna insang dan kulit ikan tidak berubah tetap segar dan awet.

Untuk mencapai temperatur 20°C dibutuhkan waktu lama yaitu 26,833 jam. Sehingga dapat membuktikan seperti terlihat pada grafik, bahwa es kering dalam tabung sebagai media pendingin sangatlah efektif secara teknis dengan bukti temperatur naik secara perlahan – lahan sehingga ruangan coolbox tetap dingin dan membuat ikan tetap segar.

4.2.3 Analisa Data Eksperimen 3

Eksperimen terakhir ini dilakukan untuk membandingkan seefektif apakah tabung tembaga sebagai tempat es kering untuk sistem pendinginan ikan, dengan es kering yang sama seperti eksperimen kedua. Temperatur terendah yang dapat dicapai pada eksperimen ini adalah 9°C dengan durasi cuma 15 menit dan dari awal eksperimen untuk mencapai temperatur terendah tersebut dibutuhkan waktu selama 5,667 jam. Ini lebih cepat dibandingkan eksperimen kedua. Hal ini dapat terjadi karena semakin banyak tabung tembaga, maka akan semakin sedikit waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan temperatur terendah.



Grafik 4.2.3 Temperatur terhadap waktu yang dicapai oleh eksperimen es kering 3 kg yang diletakkan dalam 8 tabung tembaga secara merata, air laut 3 kg dan ikan 13 kg

Pada grafik diatas, dapat terlihat temperatur ruangan coolbox tidak dapat mencapai suhu 0°C dikarenakan ikan yang terlalu banyak dan media pendingin yang kurang. Akan tetapi, untuk mencapai suhu 20°C sangatlah lama yaitu 38 jam sehingga sistem pendingin ini sangat efektif dari segi teknis untuk dilakukan pada kapal – kapal tradisional dibandingkan dengan eksperimen pertama dan kedua. Lambatnya temperatur untuk naik ke temperatur 20°C dari temperatur terendah akan membuat ikan tetap awet, segar dan tidak bau busuk seperti terlihat pada lampiran gambar.

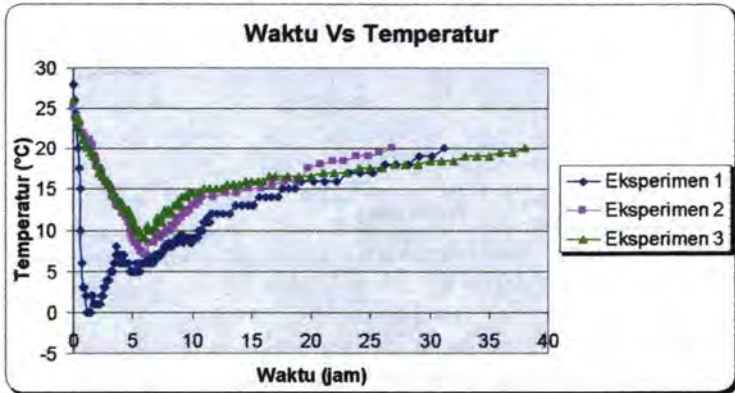
Tekstur ikan eksperimen juga tidak banyak berubah. Semakin banyak tabung tembaga yang ada pada coolbox maka membuat semakin kecil ruang ikan pada coolbox tapi semakin awet ikan (beban).

4.2.4 Analisa Data Eksperimen 1, 2 dan 3

Dari grafik eksperimen dibawah ini, dapat kita ketahui bahwa temperatur terendah yaitu 0°C dapat ditempuh oleh eksperimen 1 sedang eksperimen kedua dan ketiga hanya sampai diatas 5°C, itu dikarenakan kurangnya air laut yang sebagai penghantar dingin pada beban (ikan). Hal ini dapat terjadi karena es kering dalam tabung hanya menghantarkan



dingin untuk udara. Untuk waktu yang lama ditempuh antara ketiga eksperimen itu, eksperimen menggunakan es kering dalam 8 tabung tembaga yang dapat menenpuh waktu paling lama yaitu sekitar 38 jam dengan temperatur terendah 9°C.



4.3 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dibatasi pada biaya pengerjaan eksperimen yang dibutuhkan untuk sistem pendinginan menggunakan es balok dan air laut yang masih digunakan nelayan sampai saat ini dengan sistem pendinginan yang baru yaitu menggunakan es kering yang diletakkan dalam tabung tembaga dengan variasi tabung tembaga. Sehingga dapat diperoleh desain baru sistem pendingin yang menguntungkan secara ekonomis, selain secara teknis.

1. Biaya sistem pendingin ikan variasi komposisi campuran es balok 7 kg dan 3 kg air laut, maka biaya yang dikeluarkan adalah :
 - Harga/ kg adalah Rp 600,00.
 - Biaya pembelian es balok = $7\text{kg} \times \text{Rp } 600,00 = \text{Rp } 4200,00$
 - Coolbox seharga = Rp 21.000,00
 - Total biaya pengerjaan eksperimen 1 adalah = Rp 25.200,00

2. Biaya operasi pendinginan dengan menggunakan variasi tabung 4 tembaga dengan 3 kg es kering dan 3 kg air laut, maka biaya yang dikeluarkan adalah :
 - Biaya pembelian es kering = $3 \text{ kg} \times \text{Rp } 7.000,00 = \text{Rp } 21.000,00$
 - Biaya pembelian tembaga = $\text{Rp } 175.000,00$
 - Total biaya pengerjaan eksperimen 2 adalah = $\text{Rp } 196.000,00$
3. Biaya operasi pendingin dengan menggunakan variasi tabung 8 tembaga dengan 3 kg es kering dan 3 kg air laut, maka biaya yang dikeluarkan adalah :
 - Biaya pembelian es kering = $3 \text{ kg} \times \text{Rp } 7.000,00 = \text{Rp } 21.000,00$
 - Biaya pembelian tembaga = $\text{Rp } 375.000,00$
 - Total biaya pengerjaan eksperimen 1 adalah = $\text{Rp } 396.000,00$



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari eksperimen yang dilakukan pada Tugas Akhir ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada eksperimen 1, temperatur cepat turun akan tetapi juga cepat naik dikarenakan es balok yang kontak langsung dengan air laut yang menyebabkan daging ikan (beban) agak sedikit kaku. Dari segi ekonomi, eksperimen ini sangatlah ekonomis tetapi apabila diterapkan untuk kapal nelayan yang berlayar membutuhkan waktu lebih dari 3 hari sangatlah tidak bagus karena bisa menyebabkan tekstur ikan menjadi berubah.
2. Pada eksperimen 2, waktu yang dibutuhkan untuk turunnya temperatur untuk mencapai 0°C agak lama daripada eksperimen 1, bahkan pada eksperimen yang kedua ini tidak mencapai 0°C dikarenakan kurangnya media pendingin yang ada. Suhu terendah yang dapat dicapai pada eksperimen ini yaitu 7°C .
3. Pada eksperimen 3, waktu yang dibutuhkan untuk turunnya temperatur untuk mencapai suhu terendah yang dapat dicapai pada eksperimen ini yaitu 9°C agak lama daripada eksperimen pertama dan kedua. Tetapi kelemahan eksperimen ketiga ini sama dengan eksperimen kedua yaitu tidak mencapai temperatur 0°C dikarenakan kurangnya media pendingin yang ada. Walaupun demikian, ikan (beban) tidak banyak mengalami perubahan, bahkan sangat terlihat segar.
4. Dilihat dari segi teknis, eksperimen ketiga lebih efektif mengkondisikan ruang penyimpanan pada temperatur yang rendah, bakteri dapat dihambat pertumbuhannya sehingga

laju pembusukan daging ikan dapat ditunda akan tetapi dari segi ekonomi, eksperimen yang kedua lebih ekonomis dikarenakan harga tembaga yang sangat mahal walaupun bekas serta susah mendapatkannya.

5.2 Saran

Sebaiknya untuk mengoptimumkan fungsi dari coolbox sebaiknya kuantitas dari es balok, es kering dan beban (ikan) di sesuaikan dengan ukuran coolbox. Untuk penggunaan media pendingin menggunakan es kering harus dilakukan secara cepat karena sifat es kering yang cepat menyublim. Perlu juga adanya pengujian lebih lanjut secara medis untuk membuktikan kadar bakteri pada tubuh ikan selama penyimpanan sampai akhir penyimpanan.

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh

ITS



ITS



ITS



ITS



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

Ilyas, sofyan,(1983), “Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan” – Jilid I – Teknik Pendingin Ikan. CV Paripurna. Jakarta.

Ashrae (1994), “Guide and data book”.

Leighou, Robert B,(1986), “ Chemistry of Engineering Materials ”, 4th Edition. New York.

www.wikipedia.com. 2007

www.dryiceinfo.com.2007

<http://ms.wikimedia.org/wiki/Tembaga>.2007

www.uigi.com.2007

Pramana Widya (2004), ” Pengaruh Penambahan Garam Pada Es Balok (H_2O) Pada Coolbox Berpendingin Gabungan Es Balok (H_2O) Dan CO_2 (Padat)”, Teknik Sistem Perkapalan, ITS

Prayogi Urip (2006), “Pengaruh Penambahan CO_2 padat Pada Coolbox Dengan Sistem Chilled Sea Water (CSW) Untuk Kapal Ikan Tradisional ”, Surabaya: Tesis Teknik Sistem Pengendalian Kelautan ITS

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

ITS



ITS



ITS



ITS



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

LAMPIRAN TABEL

1. Tabel Eksperimen 1

♦ Mulai jam 23.15 WIB, tanggal 15 Nopember 2007

T_0 (temperatur ruangan awal) = 30 °C

T_{ikan} awal = 18 °C

Jam	posisi (jam)	T1	T2(ruangan)
23.15	0	28°C	30°C
23.20	0,083	26°C	29,5°C
23.25	0,250	24,5°C	30°C
23.30	0,333	22,5°C	29°C
23.35	0,417	20°C	29°C
23.40	0,500	17,5°C	28°C
23.45	0,583	15°C	28°C
23.50	0,667	10°C	28°C
23.55	0,750	6°C	28°C
00.00	0,833	3°C	28,5°C
00.05	0,917	3°C	27°C
00.10	1,000	2°C	27°C
00.15	1,083	2°C	27°C
00.20	1,167	0°C	27°C
00.25	1,250	0°C	27°C
00.30	1,333	0°C	27°C
00.35	1,417	0°C	27°C
00.40	1,500	0°C	27°C
00.45	1,583	2°C	28°C
00.50	1,667	2°C	28°C
00.55	1,750	1°C	27°C
01.00	1,833	1°C	27°C
01.05	1,917	1°C	27°C
01.10	2,000	1°C	26,5°C
01.15	2,083	1°C	26,5°C

01.20	2,167	1°C	27°C
01.25	2,250	1°C	27°C
01.30	2,333	2°C	26°C
01.35	2,417	2°C	26°C
01.40	2,500	2°C	26°C
01.45	2,583	3°C	26°C
01.50	2,667	3°C	26.5°C
01.55	2,750	4°C	26.5°C
02.00	2,833	4°C	26.5°C
02.05	2,917	4°C	26.5°C
02.10	3,000	4°C	26°C
02.15	3,083	5°C	26°C
02.20	3,167	5°C	26°C
02.25	3,250	5°C	26°C
02.30	3,333	5°C	27°C
02.35	3,417	6°C	27°C
02.40	3,500	6°C	27°C
02.45	3,583	7°C	26°C
02.50	3,667	8°C	26°C
02.55	3,750	7°C	26°C
03.00	3,833	7°C	27°C
03.05	3,917	6°C	27°C
03.10	4,000	6°C	27°C
03.15	4,083	7°C	28,5°C
03.20	4,167	6°C	28,5°C
03.25	4,250	7°C	28,5°C
03.30	4,333	6°C	28,5°C
03.35	4,417	6°C	28,5°C
03.40	4,500	6°C	29°C
03.45	4,583	6°C	29°C
03.50	4,667	6°C	29°C
03.55	4,750	5°C	29°C
04.00	4,833	5°C	29°C
04.05	4,917	5°C	29°C

04.10	5,000	5°C	29°C
04.15	5,083	5°C	29°C
04.20	5,167	5°C	29°C
04.25	5,250	5°C	28,5°C
04.30	5,333	6°C	28,5°C
04.35	5,417	5°C	28,5°C
04.40	5,500	6°C	28,5°C
04.45	5,583	5°C	28,5°C
04.50	5,667	6°C	28,5°C
04.55	5,750	6°C	28,5°C
05.00	5,833	6°C	27°C
05.05	5,917	6°C	27°C
05.10	6,000	6°C	27°C
05.15	6,083	7°C	27°C
05.20	6,167	6°C	27°C
05.25	6,250	7°C	27°C
05.30	6,333	6°C	27°C
05.35	6,417	6°C	28°C
05.40	6,500	6°C	28°C
05.45	6,583	6°C	28°C
05.50	6,667	6,5°C	28°C
05.55	6,750	6°C	28°C
06.00	6,833	7°C	27°C
06.05	6,917	6,5°C	27°C
06.10	7,000	6,5°C	27°C
06.15	7,083	7°C	27,5°C
06.20	7,167	7°C	27,5°C
06.25	7,250	7°C	26°C
06.30	7,333	7°C	26°C
06.35	7,417	7,5°C	26°C
06.40	7,500	7,5°C	26°C
06.45	7,583	7,5°C	26°C
06.50	7,667	8°C	26°C
06.55	7,750	8°C	27°C

07.00	7,833	8°C	27°C
07.05	7,917	8°C	27°C
07.10	8,000	8,5°C	27°C
07.15	8,083	8°C	28°C
07.20	8,167	8°C	28°C
07.25	8,250	8°C	28°C
07.30	8,333	8,5°C	27°C
07.35	8,417	8,5°C	27°C
07.40	8,500	8,5°C	27°C
07.45	8,583	8,5°C	26.5°C
07.50	8,667	8,5°C	26.5°C
07.55	8,750	8,5°C	26.5°C
08.00	8,833	9°C	26.5°C
08.05	8,917	9°C	27°C
08.10	9,000	9°C	27°C
08.15	9,083	9,5°C	27°C
08.20	9,167	9,5°C	28°C
08.25	9,250	8,5°C	28°C
08.30	9,333	9°C	28°C
08.35	9,417	9°C	29°C
08.40	9,500	9°C	29°C
08.45	9,583	9°C	29°C
08.50	9,667	9°C	29°C
08.55	9,750	9°C	29°C
09.00	9,833	8,5°C	29°C
09.05	9,917	8,5°C	29°C
09.10	10,000	9°C	30°C
09.15	10,083	9°C	30°C
09.20	10,167	9°C	30°C
09.25	10,250	9°C	27°C
09.30	10,333	9°C	27°C
09.35	10,417	9°C	28°C
09.40	10,500	9°C	28°C
09.45	10,583	10°C	28°C

09.50	10,667	10°C	29°C
09.55	10,750	10°C	29°C
10.05	10,833	10°C	29°C
10.10	10,917	10°C	29°C
10.15	11,000	11°C	30°C
10.20	11,083	11°C	30°C
10.25	11,167	11°C	30°C
10.30	11,250	11,5°C	30°C
10.35	11,333	11°C	30°C
10.40	11,417	11°C	30°C
10.45	11,500	11°C	30.5°C
10.50	11,583	12°C	30.5°C
10.55	11,667	12°C	30.5°C
11.00	12,17	12°C	30.5°C
11.30	12,67	12°C	30.5°C
12.00	13,17	12°C	30.5°C
12.30	13,67	13°C	31°C
13.00	14,17	13°C	31°C
13.30	14,67	13°C	31°C
14.00	15,17	13°C	30.5°C
14.30	15,67	14°C	30.5°C
15.00	16,17	14°C	30.5°C
15.30	16,67	14°C	30°C
16.00	17,17	14°C	30°C
16.30	17,67	15°C	29°C
17.00	18,17	15°C	29°C
17.30	18,67	15°C	29°C
18.00	19,17	16°C	29°C
18.30	20,17	16°C	28°C
19.30	21,17	16°C	28°C
20.30	22,17	16°C	27°C
21.30	23,17	17°C	27°C
22.30	24,17	17°C	26°C
23.30	25,17	17°C	26°C

00.30	26,17	18°C	26.5°C
01.30	27,17	18°C	26.5°C
02.30	28,17	18°C	26°C
03.30	29,17	19°C	27°C
04.30	30,17	19°C	27°C
05.00	31,17	20°C	27°C

2. Tabel Eksperimen 2

- ◆ Mulai jam 16.40 WIB, tanggal 6 Januari 2008

T_0 (temperatur ruangan awal) = 29 °C

T_{ikan} awal = 18 °C

Jam	posisi (jam)	T1	T2(ruangan)
16.40	0	25°C	29°C
16.50	0,167	24°C	29°C
17.00	0,333	24°C	28,5°C
17.10	0,500	23v	29°C
17.20	0,667	23°C	29°C
17.30	0,833	22°C	28°C
17.40	1,000	21,5°C	28,5°C
17.50	1,167	21°C	28,5°C
18.00	1,333	20°C	28°C
18.10	1,500	21°C	28°C
18.20	1,667	20,5°C	26,5°C
18.30	1,833	19°C	27°C
18.40	2,000	18°C	26,5°C
18.50	2,167	17,5°C	26°C
19.00	2,333	17°C	26,5°C
19.10	2,500	16,5°C	27°C
19.20	2,667	16°C	27°C
19.30	2,833	16°C	27°C
19.40	3,000	15,5°C	27°C
19.50	3,167	15°C	27°C
20.00	3,333	14°C	27°C

20.10	3,500	14°C	27°C
20.20	3,667	13°C	27°C
20.30	3,833	13,5°C	27,5°C
20.40	4,000	13°C	27°C
20.50	4,167	12°C	27°C
21.00	4,333	12,5°C	27°C
21.10	4,500	11,5°C	27°C
21.20	4,667	11°C	27,5°C
21.30	4,833	10°C	27,5°C
21.40	5,000	9°C	27,5°C
21.50	5,167	8,5°C	27,5°C
22.00	5,333	8,5°C	27,5°C
22.10	5,500	8°C	27,5°C
22.20	5,667	7,5°C	27,5°C
22.30	5,833	7,5°C	27,5°C
22.40	6,000	7°C	26,5°C
22.50	6,167	7°C	27°C
00.00	6,333	8,5°C	27°C
00.10	6,500	8,5°C	26°C
00.20	6,667	8,5°C	26°C
00.30	6,833	8,5°C	26,5°C
00.40	7,000	9°C	26,5°C
00.50	7,167	9°C	26°C
01.00	7,333	9°C	27°C
01.10	7,500	9,5°C	27°C
01.20	7,667	9,5°C	27°C
01.30	7,833	10°C	28,5°C
01.40	8,000	10°C	28,5°C
01.50	8,167	10°C	28,5°C
02.00	8,333	10,5°C	28,5°C
02.10	8,500	10,5°C	28,5°C
02.20	8,667	11°C	29°C
02.30	8,833	11°C	29°C
02.40	9,000	11,5°C	29°C

02.50	9,167	11,5°C	29°C
03.00	9,333	12°C	29°C
03.10	9,500	12°C	29°C
03.20	9,667	12,5°C	29°C
03.30	9,833	12,5°C	29°C
03.40	10,000	13°C	29°C
03.50	10,167	13°C	28,5°C
04.00	10,333	13°C	28,5°C
04.10	10,500	13,5°C	28,5°C
04.20	10,667	13,5°C	28,5°C
04.30	10,833	14°C	28,5°C
05.30	11,833	14°C	28,5°C
06.30	12,833	14,5°C	28,5°C
07.30	13,833	14,5°C	27°C
08.30	14,833	15°C	27°C
09.30	15,833	15°C	27°C
10.30	16,833	15,5°C	27°C
11.30	17,833	16°C	27°C
12.30	18,833	16°C	27°C
13.30	19,833	17,5°C	27°C
14.30	20,833	18°C	28°C
15.30	21,833	18,5°C	27,5
16.30	22,833	18,5°C	27°C
17.30	23,833	19°C	27°C
18.30	24,833	19°C	28,5°C
19.30	25,833	19,5°C	27°C
20.30	26,833	20°C	27°C

3. Tabel Eksperimen 3

- ◆ Mulai jam 01.20 WIB, tanggal 31 Desember 2007
 T_0 (temperatur ruangan awal) = 29 °C
 T_{ikan} awal = 18 °C

Jam	posisi (jam)	T1	T2(ruangan)
01.20	0	26°C	29°C
01.30	0,167	24°C	28°C
01.40	0,333	23°C	29°C
01.50	0,500	23,5°C	29°C
02.00	0,667	22°C	28°C
02.10	0,833	21°C	28°C
02.20	1,000	20,5°C	28°C
02.30	1,167	20°C	28°C
02.40	1,333	20°C	28,5°C
02.50	1,500	19,5°C	27°C
03.00	1,667	19°C	27°C
03.10	1,833	19°C	27°C
03.20	2,000	18°C	27°C
03.30	2,167	17°C	27°C
03.40	2,333	17,5°C	27°C
03.50	2,500	16,5°C	27°C
04.00	2,667	16°C	27°C
04.10	2,833	16°C	28°C
04.20	3,000	15,5°C	28°C
04.30	3,167	15°C	27°C
04.40	3,333	14,5°C	27°C
04.50	3,500	14°C	27°C
05.00	3,667	14°C	26,5°C
05.10	3,833	13°C	26,5°C
05.20	4,000	13,5°C	27°C
05.30	4,167	13°C	27°C
05.40	4,333	12,5°C	26°C
05.50	4,500	12°C	26°C
06.00	4,667	12,5°C	26°C
06.10	4,833	11°C	26°C
06.20	5,000	11,5°C	26,5°C
06.30	5,167	10,5°C	26,5°C

06.40	5,333	10°C	26.5°C
06.50	5,500	10°C	26.5°C
07.00	5,667	9,5°C	26°C
07.10	5,833	9°C	26°C
07.20	6,000	9°C	26°C
07.30	6,167	10,5°C	26°C
07.40	6,333	10°C	27°C
07.50	6,500	10°C	27°C
08.00	6,667	10°C	27°C
08.10	6,833	10,5°C	26°C
08.20	7,000	11,5°C	26°C
08.30	7,167	11°C	26°C
08.40	7,333	11,5°C	27°C
08.50	7,500	11°C	27°C
09.00	7,667	12,5°C	27°C
09.10	7,833	12°C	28,5°C
09.20	8,000	12,5°C	28,5°C
09.30	8,167	12°C	28,5°C
09.40	8,333	12°C	28,5°C
09.50	8,500	13°C	28°C
10.10	8,667	13°C	28°C
10.20	8,833	13,5°C	28°C
10.30	9,000	13°C	28°C
10.40	9,167	14°C	28,5°C
10.50	9,333	14°C	29°C
11.00	9,500	14°C	30°C
11.10	9,667	14,5°C	30°C
11.20	9,833	14,5°C	30°C
11.30	10,000	14,5°C	30.5°C
12.00	10,500	14,5°C	30.5°C
12.30	11,000	15°C	30.5°C
13.00	11,500	15°C	30.5°C
13.30	12,000	15°C	30.5°C
14.00	12,500	15°C	30.5°C

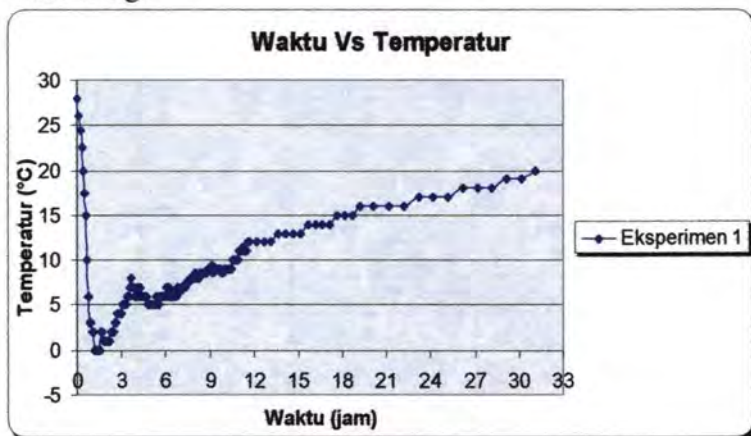
14.30	13,000	15,5°C	31°C
15.00	13,500	15,5°C	31°C
15.30	14,000	15,5°C	31°C
16.00	14,500	16°C	30.5°C
16.30	15,000	16°C	30.5°C
17.00	15,500	16°C	30.5°C
17.30	16,000	16°C	27°C
18.00	16,500	16,5°C	27°C
18.30	17,000	16,5°C	27°C
19.30	18,000	16,5°C	29°C
20.30	19,000	16,5°C	28°C
21.30	20,000	16,5°C	27°C
22.30	21,000	17°C	28°C
23.30	22,000	17°C	27°C
00.30	23,000	17°C	27°C
01.30	24,000	17,5°C	27°C
02.30	25,000	17,5°C	27°C
03.30	26,000	17,5°C	27°C
04.30	27,000	18°C	26°C
05.00	28,000	18°C	26°C
05.30	29,000	18°C	26°C
06.00	30,000	18,5°C	26.5°C
06.30	31,000	18,5°C	26.5°C
07.00	32,000	18,5°C	27°C
07.30	33,000	19°C	27°C
08.00	34,000	19°C	28°C
08.30	35,000	19°C	28.5°C
09.00	36,000	19,5°C	28,5°C
09.30	37,000	19,5°C	28,5°C
10.00	38,000	20°C	29°C

LAMPIRAN B

LAMPIRAN GRAFIK

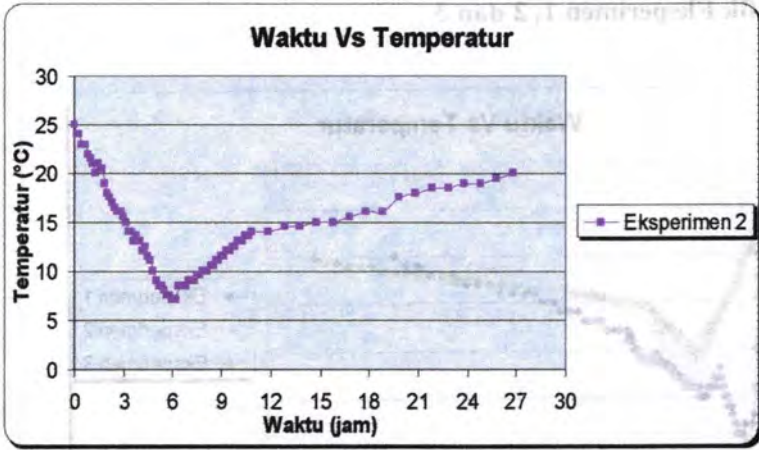
1. Grafik Eksperimen 1

Eksperimen menggunakan media pendingin es balok dan air laut, dimana es balok sebanyak 7 kg, air laut sebanyak 3 kg dan ikan 13 kg.



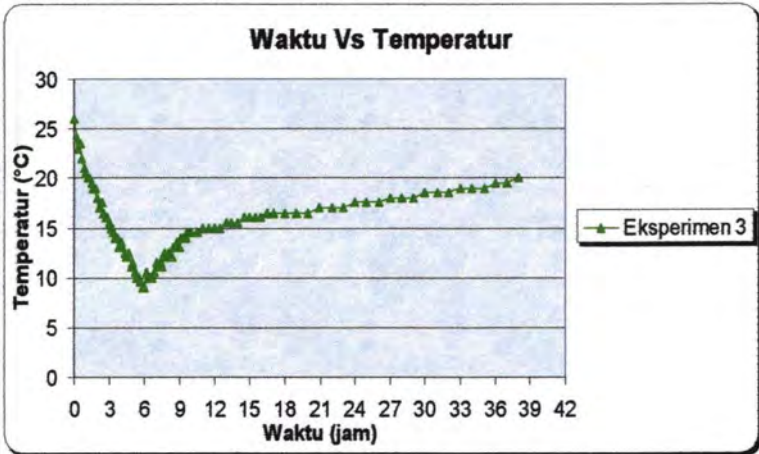
2. Grafik Eksperimen 2

Eksperimen menggunakan media pendingin es kering dalam tabung tembaga, dimana es kering sebanyak 3 kg dimasukkan ke dalam 4 tabung tembaga secara merata, air laut sebanyak 3 kg dan ikan 13 kg.

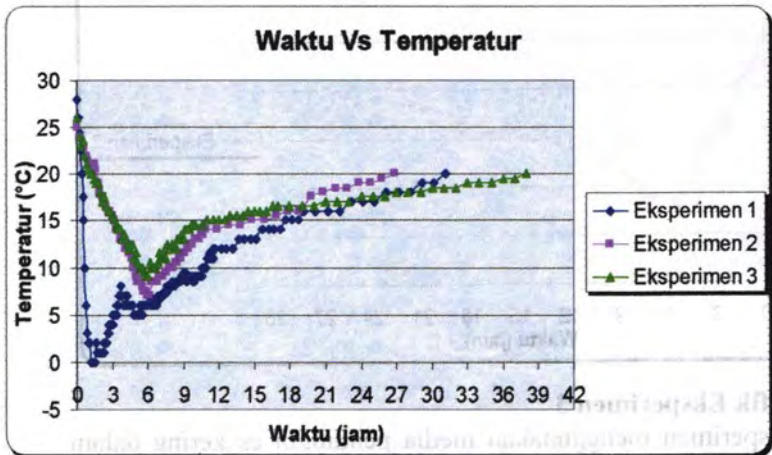


3. Grafik Eksperimen 3

Eksperimen menggunakan media pendingin es kering dalam tabung tembaga, dimana es kering sebanyak 3 kg dimasukkan ke dalam 8 tabung tembaga secara merata, air laut sebanyak 3 kg dan ikan 13 kg.



3. Grafik Eksperimen 1, 2 dan 3



LAMPIRAN C
LAMPIRAN GAMBAR

1. Gambar peralatan dan bahan yang di butuhkan pada eksperimen.



Tabung tembaga



Sarung tangan



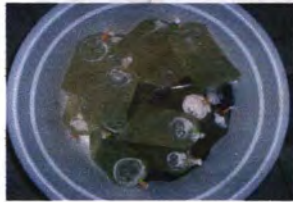
Timbangan



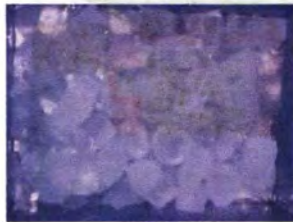
Coolbox dan termometer



Ikan (beban)



Sebagai pengganti ikan (beban)



Es balok



Es kering

2. Gambar eksperimen 1



3. Gambar eksperimen 3





DAFTAR PUSTAKA

Ilyas, sofyan,(1983), “Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan” – Jilid I – Teknik Pendingin Ikan. CV Paripurna. Jakarta.

Ashrae (1994), “Guide and data book”.

Leighou, Robert B,(1986), “ Chemistry of Engineering Materials ”, 4th Edition. New York.

www.wikipedia.com. 2007

www.dryiceinfo.com.2007

<http://ms.wikimedia.org/wiki/Tembaga>.2007

www.uigi.com.2007

Pramana Widya (2004), ” Pengaruh Penambahan Garam Pada Es Balok (H_2O) Pada Coolbox Berpendingin Gabungan Es Balok (H_2O) Dan CO_2 (Padat)”, Teknik Sistem Perkapalan, ITS

Prayogi Urip (2006), “Pengaruh Penambahan CO_2 padat Pada Coolbox Dengan Sistem Chilled Sea Water (CSW) Untuk Kapal Ikan Tradisional ”, Surabaya: Tesis Teknik Sistem Pengendalian Kelautan ITS

Special Thank to :

1. Mama "Lilik Markani" dan papa "Adenan" yang selalu memberi restu pada penulis. Tak lupa juga emak tercinta "Misari", mbak "Indah Herawati", mas "Suprpto,SH" yang selalu memberi motivasi buat penulis dan keponakan tersayang "Ratu Salsabilla Wiaam Prindatama" yang selalu mendo'akan serta menghibur penulis.
2. Sobatku Cantika, Iswati, dan Dian cewek – cewek "Passkal'03" yang selalu terlihat kompak dan semangat.
3. Teman – teman "Passkal'03" yang kocak, smart dan keren banget yang selalu saling memberi dukungan.
4. Mas – mas yang spesial (mas "Yd", mas "G", dan mas "SI") yang selalu memberi semangat dan nasehat penulis untuk maju dan berkembang.
5. Rekan-rekan Penghuni Laboratorium Mesin Fluida yang telah membantu selama mengerjakan Tugas Akhir.
6. Teman – teman ARH 24 (mb cecy "manis", mb mercy "cerewet", chopie "imut")
7. Teman – teman Keputih IIC/67 yang membuat suasana kos jadi rame dan seru.
8. Minda dan Luluk "UM", Imel dan Ulik "Unibraw" meskipun jauh, tetap selalu mendo'akan dan memberi dukungan buat penulis.

Semoga ALLAH SWT. yang membalas segala budi baik yang telah diberikan kepada penulis.Amin.

Surabaya, Januari 2008

Ninda Ratnasari

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Lumajang, pada tanggal 23 Desember 1984, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formalnya yaitu di TK Dharma Wanita Jatiroto, SD N Kalibioto Lor 04, kemudian SLTP N 1 Jatiroto, dan SMU N 1 Lumajang. Setelah lulus dari SLTA, memilih melanjutkan kuliah S-1 dengan mengikuti

program SPMB dan diterima di Teknik Sistem Perkapalan – FTK ITS pada tahun 2003 yang terdaftar dengan NRP 4203 100 055. Penulis sejak SLTP hobi membaca dan mendengarkan musik. Penulis pernah bekerja praktek di PT. YTL JAWATIMUR, PAITON – Probolinggo dan PT. PRIMA DWI NUSA, General Sub – Contractor Surabaya. Penulis juga aktif mengikuti pelatihan dan seminar – seminar yang diadakan oleh Himpunan Sistem Perkapalan FTK – ITS. Penulis menerima beasiswa BBM pada tahun 2005 – 2006 dan tahun 2006 – 2008 menerima beasiswa PPA.