

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

##### 2.1.1. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Setyalina dan Shinta (2018), nelayan di Kelurahan Lumpu Kabupaten Gresik mampu menangkap ikan hingga 20 kg per hari. Banyak nelayan di daerah ini menyimpan ikan menggunakan peti kayu, kotak *Styrofoam*, ataupun palka dengan es balok sebagai media pendingin ikan hasil tangkapan. Masalah yang ditemukan oleh peneliti, yaitu tempat penyimpanan ikan belum memiliki insulasi yang baik. Insulasi yang kurang baik ini ditandai dengan kesegaran ikan yang kurang terjaga dan kualitasnya yang semakin menurun. Kemudian temperatur penyimpanan tidak ideal, yang seharusnya ikan disimpan pada temperatur antara  $-2^{\circ}\text{C}$  hingga  $0^{\circ}\text{C}$  dan diikuti dengan komposisi es dan ikan yang juga tepat. Solusi yang dirancang pada penelitian ini adalah kotak penyimpanan dingin atau *cool box* yang dapat membantu menjaga kesegaran ikan. Kotak pendingin yang dirancang menggunakan *High Density Polyethylene* (HDPE) untuk material rangka luar. Kemudian menggunakan insulasi *Polyurethane* (PUR) untuk membantu penghambat perpindahan panas dari lingkungan luar. Penggunaan bahan insulator PUR dan desain *cool box* pada penelitian Setyalina dan Shinta (2018) dapat mempertahankan kesegaran ikan 20 kg selama 9 jam. Metode yang digunakan untuk perancangan kotak penyimpanan dingin ini dengan melakukan perhitungan terhadap beban pendingin keseluruhan yang dibutuhkan, yaitu *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD).

Penelitian yang dilakukan oleh Yusuf dkk (2013), didapati masalah keterbatasan pengetahuan nelayan terkait penanganan ikan setelah penangkapan di Tempat Pendaratan Ikan (TPI) Lampulo Kota Banda Aceh. Salah satu proses setelah penangkapan ikan yaitu penyimpanan ikan menggunakan kotak pendingin. Pendinginan ikan dijaga pada temperatur  $0^{\circ}\text{C}$  hingga  $5^{\circ}\text{C}$ . Penelitian ini berfokus pada pencapaian durasi penyimpanan ikan yang lama dan dapat terjaga pada temperatur  $0^{\circ}\text{C}$  hingga  $5^{\circ}\text{C}$ . Menggunakan tiga jenis material kotak penyimpan dingin, seperti kayu, fiber, dan *Styrofoam*. Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu kotak penyimpan ikan dari material kayu dan dilapisi *Styrofoam* dengan ketebalan 4 cm mampu menyimpan ikan dalam waktu 5 sampai 10 hari.

Menggunakan ikan 10 kg, es sebanyak 8 kg, dan menghasilkan suhu ikan dapat terjaga di bawah 5°C selama 45 jam.

Penelitian yang dilakukan oleh Nugroho dkk (2016) berfokus pada penanganan ikan hasil tangkapan di kapal ikan tradisional yang menggunakan es basah sebagai media pendingin ikan. Percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini ialah menggunakan alternatif media pendingin ikan berupa *Ice Pack*. Tujuan dari penggunaan *Ice Pack* adalah untuk menurunkan titik beku. Kemudian dari percobaan yang dilakukan memiliki hasil yaitu ikan yang disimpan dengan media pendingin *Ice Pack* dapat dipertahankan pada suhu -1,3°C selama 6 jam. Lain halnya ketika menggunakan media pendingin berupa es basah berada pada suhu 5,4°C selama 6 jam. *Ice Pack* dapat menurunkan dan menjaga suhu lebih baik dibandingkan es basah, dikarenakan adanya alkohol dalam formulasi pembuatan *Ice Pack*. Alkohol memiliki titik beku pada suhu -114,6°C dan oleh karena itu dapat dimanfaatkan sebagai salah satu media pendingin.

Penelitian yang dilakukan oleh Putra dkk (2014) berfokus pada modifikasi cool box menggunakan insulasi pendinginan freon. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh insulasi pendinginan menggunakan freon terhadap waktu pendinginan dan juga temperatur pendinginan ikan. Menggunakan metode percobaan dengan mengkombinasikan es basah, es kering, dan juga insulasi freon. Hasilnya adalah kombinasi ikan sebanyak 95 kg, es basah sebanyak 60 kg, dan es kering sebanyak 35 kg disertai dengan insulasi freon mencatatkan waktu pendinginan 120 jam 21 menit dengan suhu terendah berada pada -3°C.

Penelitian yang dilakukan oleh Abidin (2017) berfokus pada modifikasi cool box menggunakan insulasi sekam padi. Penelitian bertujuan untuk mengetahui tingkat pengaruh insulasi yang terjadi dengan parameter waktu dan temperatur ketika menggunakan sekam padi. Menggunakan metode percobaan dengan melakukan pengujian material insulasi sekam padi yang direkatkan dengan semen putih, untuk melihat uji kekuatan lentur, massa jenis, dan konduktivitas termal. Menghasilkan suhu terendah 13,5°C dengan menggunakan es basah sebanyak 3 kg dalam waktu 24 jam. Jika dibandingkan dengan cool box *Styrofoam* memiliki suhu terendah 10,6°C.

Penelitian yang dilakukan oleh Hidayat (2017) berfokus pada modifikasi cool box menggunakan insulasi serbuk kayu dan kain goni. Tujuan dari penelitian ini adalah

untuk mengetahui pengaruh insulasi menggunakan serbuk kayu dan kain goni yang dilihat dari temperatur dan waktu pendinginan. Metode percobaan yang dilakukan adalah dengan pengujian komposit berbahan serbuk kayu yang direkatkan menggunakan semen putih dengan parameter konduktivitas termal, massa jenis, dan kekuatan bending. Menghasilkan suhu terendah 16,6°C menggunakan es balok sebanyak 3 kg. Jika dibandingkan dengan cool box *Styrofoam* memiliki suhu terendah 10,6°C. Perbandingan antar penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.1.



**Tabel 2. 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu**

No	Peneliti	Latar belakang	Masalah Spesifik	Tujuan Penelitian	Metodologi	Hasil	Keunikan
1	Setyalina dan Shinta (2018)	Tempat penyimpanan nelayan Kelurahan Lumpu Kabupaten Gresik masih sederhana dengan penggunaan peti kayu, <i>Styrofoam</i> , atau palka dengan es balok.	Insulasi yang kurang baik dari tempat penyimpanan ikan mengakibatkan kesegaran ikan kurang terjaga dan kualitasnya semakin menurun.	Menghadirkan kotak pendingin ikan yang dapat membantu menjaga kesegaran ikan.	Perhitungan total beban pendingin menggunakan <i>Cooling Load Temperature Difference</i> (CLTD)	Kesegaran ikan sebanyak 20 kg dapat dipertahankan selama 9 jam menggunakan kotak pendingin dengan material rangka luar <i>High Density Polyethylene</i> dan insulasi <i>Polyurethane</i> .	Insulasi menggunakan <i>Polyurethane</i> dan rangka luar <i>High Density Polyethylene</i>
2	Yusuf dkk (2013)	Keterbatasan pengetahuan nelayan terkait penanganan ikan setelah penangkapan di Tempat Pendaratan Ikan (TPI) Lampulo Kota Banda Aceh menggunakan kotak pendingin yang kurang dapat menjaga temperatur ikan.	Kotak pendingin nelayan tidak dapat menjaga temperatur di dalam kotak pada suhu 0°C hingga 5°C.	Kotak pendingin ikan dapat menyimpan ikan dalam durasi yang lama dan dapat terjaga pada suhu 0°C hingga 5°C.	Perhitungan beban pendingin dan pengukuran penurunan temperatur dalam kotak pendingin.	Kotak pendingin dengan material kayu dan dilapisi <i>Styrofoam</i> dengan ketebalan 4 cm dapat menjaga suhu ikan di bawah 5°C selama 45 jam dengan massa ikan 10 kg dan es 8 kg.	Insulasi menggunakan <i>Styrofoam</i> dan material kotak pendingin dari kayu
3	Nugroho dkk (2016)	Penanganan ikan hasil tangkapan di kapal ikan tradisional menggunakan es basah.	Media pendingin es basah belum maksimal untuk mendinginkan ikan dalam jangka waktu lama.	Pendinginan menggunakan media pendingin alternatif yang dapat menurunkan titik beku dan mempertahankan dalam jangka waktu yang lama.	Perhitungan kebutuhan pendinginan ikan dan percobaan menggunakan kombinasi pada formulasi air dan alkohol pada pembuatan <i>Ice Pack</i> .	Ikan yang disimpan dengan media pendingin <i>Ice Pack</i> dapat dipertahankan pada suhu -1,3°C selama 6 jam.	Menggunakan media pendingin alternatif, yaitu <i>Ice Pack</i> .

Tabel 2. 1. Lanjutan

No	Peneliti	Latar belakang	Masalah Spesifik	Tujuan Penelitian	Metodologi	Hasil	Keunikan
4	Putra dkk (2014)	Peningkatan performa cool box	Cool box tradisional hasilnya masih dapat dimaksimalkan lagi melalui temperatur ideal yang dapat dijaga dalam waktu yang lama.	Mengetahui seberapa besar pengaruh insulasi pendinginan menggunakan freon terhadap waktu pendinginan dan juga temperatur pendinginan ikan.	Perancangan alat pendingin menggunakan insulasi freon dan percobaan dengan kombinasi massa ikan, es basah, dan es kering.	Kombinasi ikan sebanyak 95 kg, es basah sebanyak 60 kg, dan es kering sebanyak 35 kg disertai dengan insulasi freon mencatatkan waktu pendinginan 120 jam 21 menit dengan suhu terendah berada pada -3°C.	Insulasi menggunakan freon
5	Abidin (2017)	Peningkatan performa cool box.	Cool box yang biasa digunakan nelayan berbahan dasar <i>Styrofoam</i> .	Mengetahui tingkat pengaruh insulasi yang terjadi dengan parameter waktu dan temperatur ketika menggunakan sekam padi.	Pengujian material insulasi sekam padi yang direkatkan dengan semen putih, untuk melihat uji kekuatan lentur, massa jenis, dan konduktivitas termal.	Pendinginan selama 24 jam menggunakan es basah 3 kg memiliki suhu terendah 13,5°C. Sedangkan temperatur terendah pada cool box <i>Styrofoam</i> adalah 10,6°C.	Insulasi menggunakan sekam padi.
6	Hidayat (2017)	Peningkatan performa cool box.	Nelayan mendinginkan ikan menggunakan es basah dan diletakan di cool box.	Mengetahui pengaruh insulasi menggunakan serbuk kayu dan kain goni yang dilihat dari temperatur dan waktu pendinginan.	Pengujian komposit berbahan serbuk kayu yang direkatkan menggunakan semen putih dengan parameter konduktivitas termal, massa jenis, dan kekuatan bending.	Percobaan menggunakan es balok sebanyak 3 kg didapatkan suhu terendah 16,6°C. Sedangkan temperatur terendah pada cool box <i>Styrofoam</i> adalah 10,6°C.	Insulasi menggunakan serbuk kayu + kain goni.

Berdasarkan tabel 2.1. dapat dilihat terdapat kemiripan masalah yang ditemui pada penelitian Setyalina dan Shinta (2018), Yusuf dkk (2013), Abidin (2017), Hidayat (2017), dan Putra dkk (2014), yaitu kotak penyimpanan ikan kurang baik dalam menginsulasi dingin di dalam kotak penyimpanan. Akibat dari kotak penyimpanan ikan yang kurang terinsulasi dengan baik adalah cepat menurunnya kualitas ikan dan juga ditandai dengan media pendingin yaitu es basah cepat mencair. Sedangkan penelitian oleh Nugroho dkk (2016) lebih berfokus pada masalah media pendingin yaitu es basah kurang maksimal ketika mendinginkan ikan dalam jangka waktu yang panjang.

Metodologi yang digunakan pada penelitian Setyalina dan Shinta (2018), Yusuf dkk (2013), dan Nugroho dkk (2016) yaitu melakukan perhitungan total beban pendingin ikan. Sedangkan penelitian yang dilakukan Putra dkk (2014) menggunakan metodologi dengan melakukan perancangan alat pendingin menggunakan insulasi freon dan percobaan dengan kombinasi massa ikan, es basah, dan es kering.

### **2.1.2. Keunikan Penelitian Saat Ini**

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dibandingkan, penelitian saat ini memiliki keunikan yaitu bak penyimpanan ikan berbahan dasar keramik dengan ukuran 2200x1200x900 mm, kapasitas penyimpanan ikan 1 ton, dan tutup bak menggunakan terpal. Kemudian keunikan lainnya adalah tidak adanya material insulator pada bak penyimpanan ikan ini, sehingga konsumsi es balok paling sedikit 14 balok es untuk setiap bak ketika ikan diproses pada hari yang sama. Sehingga diperlukan penambahan material insulator pada bak.

Adapun keunikan masalah dalam penelitian ini adalah adanya inefisiensi konsumsi es batu untuk pendinginan ikan di bak penyimpanan sementara sebelum memasuki ke tahap processing. Sehingga dari inefisiensi tersebut menimbulkan biaya pengeluaran es batu yang cukup besar pada tahun 2022 yaitu sebesar Rp 311.447.500 dan bersamaan dengan keinginan stakeholder yang ingin mereduksi biaya langsung es batu minimal 7%.

## **2.2. Dasar Teori**

Ikan merupakan salah satu bahan pangan yang sangat cepat dan mudah mengalami pembusukan, sehingga berjalannya waktu mutu ikan akan semakin menurun setelah ikan dalam kondisi mati seperti yang disampaikan Setyalina dan

Shinta (2018). Oleh karena itu diperlukan penanganan ikan yang tepat untuk memperlambat pembusukan dan pertumbuhan mikroorganisme Naiu dkk (2018). Metode penanganan ikan yang biasa diterapkan nelayan hingga produsen ikan beku antara lain pendinginan dan pembekuan.

### **2.2.1. Pendinginan**

Aktivitas enzim-enzim, bakteri, dan mikroorganisme menyebabkan terjadinya proses pembusukan pada tubuh ikan. Aktivitas ini dapat dikurangi ataupun dihambat jika lingkungan cukup memadai, yaitu lingkungan tempat ikan berada, memiliki suhu yang rendah, idealnya 0°C hingga 4°C seperti yang tercantum pada Naiu dkk (2018). Upaya pendinginan pada ikan bertujuan untuk memperpanjang usia simpan dengan kualitas yang masih baik.

Penyimpanan ikan sesuai standar yang ditetapkan dan tertulis dalam tulisan Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Pertanian atau yang disingkat PPPPTK (2010) adalah -1°C sampai -6°C. Karena pada rentang suhu tersebut air yang terdapat dalam tubuh ikan akan menjadi kristal. Air pada tubuh ikan berkisar pada 60% sampai 80% dari berat tubuh ikan keseluruhan. Oleh karena itu diperlukan penghambat kebusukan tubuh ikan melalui kristalisasi air pada tubuh ikan.

Pendinginan sendiri merupakan salah satu jenis pengawetan memanfaatkan titik beku bahan yaitu 0°C hingga 4°C. Titik beku bahan inilah yang membuat aktivitas mikroorganisme terganggu, sehingga oleh sebab inilah pembusukan pada ikan menjadi terhambat atau perkembangan dari bakteri terhambat seperti dalam tertulis dalam (Naiu dkk, 2018; Sari, 2016; Yuniastri, 2018).

Bahan pendingin yang paling sering dipakai adalah es batu dari air tawar. Es batu sering dipakai karena cepat dalam mendinginkan ikan dengan biaya yang dikeluarkan relatif lebih rendah dan ditambah tidak memerlukan banyak biaya investasi yang tinggi. Namun dari kelebihan yang dimiliki ketika menggunakan es batu, terdapat kekurangan seperti cepat mencairnya es dan memiliki bobot yang berat serta dimensi yang cukup besar seperti yang tertulis dalam penelitian Putra dkk (2014).

### **2.2.2. Beban Pendingin Perbedaan Temperatur**

Menurut ASHRAE (2017) dan penelitian Lubis dkk (2020) beban pendingin berdasarkan perbedaan temperatur merupakan metode perhitungan beban

pendingin dengan memperhitungkan perbedaan temperatur dalam perhitungan. Penurunan suhu ikan ke tingkat suhu yang lebih rendah diperlukan penghilangan sejumlah panas yang dimiliki ikan. Untuk itu diperlukan perhitungan jumlah energi panas seperti formulasi 2.1.

$$Q = m (T_1 - T_2) c \quad (2.1)$$

Keterangan:

Q = energi panas (kJ)

m = massa (kg)

T<sub>1</sub> = suhu awal ikan (°C)

T<sub>2</sub> = suhu akhir ikan (°C)

c = panas spesifik bahan (kJ/kg.K)

Perpindahan panas dapat melalui tiga cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Sifat perpindahan panas adalah panas dari luar bak keramik mengalir ke dalam bak keramik tempat ikan didinginkan. Untuk itu diperlukan perhitungan laju perpindahan panas ke dalam bak keramik dengan formulasi secara konduksi yang tercantum dalam buku Flynn (2019) seperti formulasi 2.2.

$$q = \frac{kA(T_1 - T_2)}{x} \quad (2.2)$$

Keterangan:

q = laju perpindahan panas ke dalam bak keramik (kkal/jam)

A = luas permukaan sisi bak keramik (m<sup>2</sup>)

T<sub>1</sub> = suhu udara luar (°C)

T<sub>2</sub> = suhu dalam bak keramik (°C)

x = tebal bak keramik (m)

k = tetapan konduktivitas material (kkal/m<sup>3</sup> jam°C)

Untuk menghitung massa dari es balok yang digunakan untuk media pendinginan, digunakan perhitungan menggunakan formulasi massa jenis seperti formulasi 2.3.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.3)$$

Keterangan:

ρ = massa jenis (kg/cm<sup>3</sup>)

m = massa (kg)

v = volume (cm<sup>3</sup>)

Selanjutnya untuk mengetahui jumlah kebutuhan es untuk mendinginkan ikan sesuai beban pendingin yang dimiliki diperlukan perhitungan. Perhitungan menggunakan hukum asas Black dengan formulasi seperti formulasi 2.4.

$$Q_{lepas} = Q_{serap} \quad (2.4)$$

Perpindahan panas melalui cara konveksi atau melalui media fluida ataupun udara. Berikut formulasi 2.5. yang digunakan untuk perhitungan perpindahan panas melalui cara konveksi seperti yang tercantum dalam buku Flynn (2019).

$$Q = h A \Delta T \quad (2.5)$$

Keterangan:

Q = laju perpindahan panas (W)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m<sup>2</sup>°C jam)

A = luas permukaan (m<sup>2</sup>)

ΔT = perbedaan suhu dinding dengan fluida (°C)

Pada tabel 2.2 dapat dilihat beberapa tipe perpindahan panas secara konveksi beserta nilai koefisien konveksinya seperti yang tercantum pada Cengel (2002).

**Tabel 2. 2. Tipe Konveksi**

Tipe Konveksi	h (W/m <sup>2</sup> °C)
Konveksi natural udara	2-25
Konveksi natural cairan	10-1000
Konveksi paksa udara	25-250
Konveksi paksa cairan	50-20.000
Mendidih dan kondensasi	2500-100.000

Perpindahan panas melalui cara radiasi dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang menghasilkan perubahan konfigurasi electron atau molekul. Perpindahan panas dengan cara radiasi tidak memerlukan media seperti yang tercantum pada buku Cengel (2002). Berikut formulasi 2.6. yang digunakan untuk perhitungan perpindahan panas melalui cara radiasi.

$$Q = \sigma \varepsilon A T^4 \quad (2.6)$$

Keterangan:

Q = laju perpindahan panas (J/detik)

σ = konstanta Stefan-Boltzman = 5,67 x 10<sup>-8</sup> W/m<sup>2</sup> K<sup>4</sup> detik

ε = emisivitas benda yang terkena radiasi

T = suhu (K)

Pada tabel 2.3 dapat dilihat beberapa contoh material beserta nilai emisivitasnya.

**Tabel 2. 3. Emisivitas Material**

<b>Material</b>	<b>Emisivitas</b>
Aluminium foil	0,07
Bata merah	0,93-0,96
Kayu	0,82-0,92
Air	0,96

### 2.2.3. Teknologi Insulasi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, insulasi merupakan tindakan menghambat atau menyekat perpindahan arus listrik, bunyi, dan panas. Dalam buku Cengel (2002) insulator merupakan material yang memiliki nilai konduktivitas termal rendah dan penghambat panas yang kurang baik. Tindakan penghambatan tersebut ditujukan untuk mencegah adanya perpindahan antar muatan material, sehingga diharapkan lambatnya laju perpindahan tersebut agar kondisi ideal yang diharapkan dapat dipertahankan. Penelitian ini berfokus pada insulasi panas, yang memiliki tujuan mengurangi laju perpindahan panas yang ada di lingkungan dan panas yang dimiliki ikan. Sifat material yang digunakan mempengaruhi seberapa cepat laju aliran panas. Isolator atau insulator merupakan bahan yang memiliki karakteristik dan fungsi untuk mengurangi laju perpindahan panas. Untuk mengurangi laju perpindahan panas diperlukan konduktivitas termal yang rendah, minim perpindahan uap air, dan tahan dalam keadaan lembap maupun basah. Pada tabel 2.2. dapat dilihat beberapa material beserta nilai konduktivitas termal yang dimiliki yang diambil dari buku Holman (2010).

**Tabel 2. 4. Konduktivitas Termal Material**

<b>Material</b>	<b>Konduktivitas Termal (W/m°C)</b>
Besi	73
Marmar	2,08-2,94
<i>Styrofoam</i>	0,033
Es	2,22
Air	0,556
Udara	0,024
Plywood	0,12
Busa <i>Polyurethane</i>	0,024
<i>Fiberglass</i> Isolator	0,048

#### 2.2.4. Analisis Penghematan Biaya

Perhitungan penghematan biaya diperlukan untuk memberikan dukungan ketika pengambilan keputusan terkait investasi yang akan dilakukan. Pada penelitian ini mempertimbangkan penghematan biaya pengeluaran es batu dengan kondisi sesudah dan sebelum perancangan perbaikan bak. Sehingga formulasi yang digunakan adalah seperti 2.6.

$$\text{Penghematan biaya} = \text{Biaya Awal} * \text{Penghematan Es Batu} \quad (2.6)$$

Keterangan:

Penghematan biaya = selisih biaya awal dikurangi biaya akhir (Rp)

Biaya awal = biaya pengeluaran es batu tahun 2022 (Rp)

Penghematan es batu didapatkan dari:

$$\text{Penghematan es (\%)} = 1 - \frac{\text{konsumsi es akhir}}{\text{konsumsi es awal}}$$

