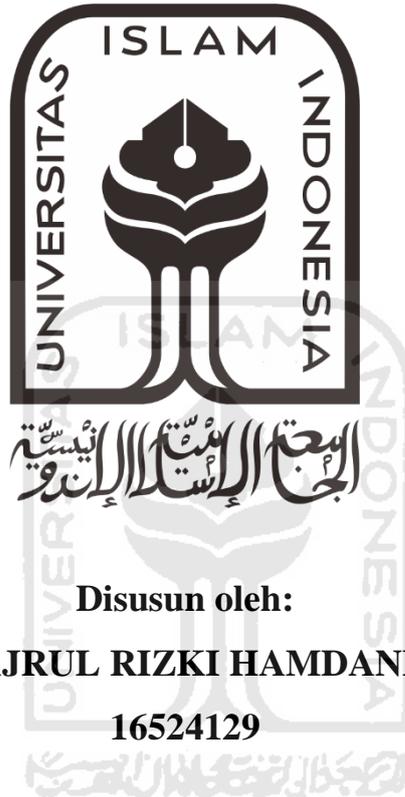


**ANALISIS EKONOMI KEMUNGKINAN SISTEM PENDINGIN  
PELTIER UNTUK TANGKAPAN IKAN NELAYAN  
SKRIPSI**

Untuk memenuhi salah satu persyaratan  
Mencapai derajat Sarjana S1



**Disusun oleh:**

**FAJRUL RIZKI HAMDANI**

**16524129**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta**

**2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

# Analisis Ekonomi Kemungkinan Sistem Pendingin Peltier Untuk Tangkapan Ikan Nelayan

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

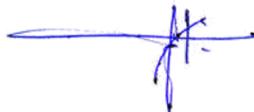
Disusun oleh:

Fajrul Rizki Hamdani  
16524129

Yogyakarta, 19 Agustus 2020

Menyetujui,

Pembimbing 1



Medilla Kusriyanto, S.T.,M.Eng.  
NIK: 155241302

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

### Analisis Ekonomi Kemungkinan Sistem Pendingin Peltier Untuk Tangkapan Ikan Nelayan

TUGAS AKHIR

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : Fajrul Rizki Hamdani

NIM : 16524129

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 2020

Tim Penguji,

Ketua Penguji :

Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng. :

Anggota Penguji 1:

Dr.Eng. Hendra Setiawan, ST, MT. :

Anggota Penguji 2:

Setyawan Wahyu Pratomo, ST, MT. :

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan Untuk memperoleh gelar  
Sarjana

Tanggal: 19 Agustus 2020

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D

045240101

## PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.



Yogyakarta, Agustus 2020

Fajrul Rizki Hamdani

## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum. Wr.Wb.

Alhamdulillahirabil'alamin, segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas nikmat serta pertolongan-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pendidikan Strata satu (S1) Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Shalawat serta salam selalu penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang syafa'atnya selalu dinantikan hingga akhir zaman nanti.

Dengan segala kerendahan hati, penulis sadar bahwa segala hal tidak ada yang sempurna kecuali Allah SWT tuhan semesta alam, begitupun laporan ini tidak mampu diselesaikan secara sempurna atas ketidakmampuan penulis pribadi, sehingga dalam proses penulisan ini penulis mendapatkan berbagai bantuan serta dukungan dari banyak pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibu Siti Aminah dan Bapak Suryono atas dukungan serta do'anya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Saudara-saudara kandung saya, Falah Ashila dan Reza Alwi Pangestu yang sudah memberikan pengertian kepada penulis, baik berupa dukungan moril maupun materi.
3. Bapak Medilla Kusriyanto, S.T.,M.Eng.selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dan memberikan bantuan pikiran serta materi sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan tugas akhir.
4. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro, terimakasih atas bimbingan selama kuliah dari awal semester hingga akhir di Jurusan Teknik Elektro.
6. Mustofa Hasan Darojat dan Ahmad Abdullah Ranusentono yang telah membantu dalam pengambilan data.
7. Teman-teman Laboratorium Mahasiswa UII, teman-teman teknik elektro angkatan 2016, dan teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Untuk itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan oleh penulis demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pembaca dan penggunanya.

Wassalamu'alaikum wr.wb

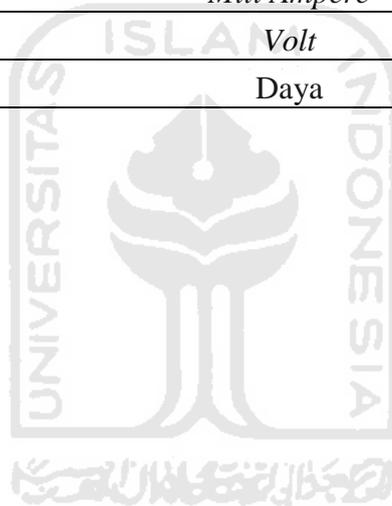
Yogyakarta, Agustus 2020

Fajrul Rizki Hamdani



## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

<b>Singkatan</b>	<b>Arti</b>
TEC	Thermo Electric Cooler
kWh	<i>Kilo Watt Hour</i>
Wh	<i>Watt Hour</i>
W	<i>Watt</i>
kW	<i>Kilo Watt</i>
COE	<i>Cost of Energy</i>
Rp	Rupiah
BEP	<i>Break Event Point</i>
A	<i>Ampere</i>
mA	<i>Mili Ampere</i>
V	<i>Volt</i>
P	Daya



## ABSTRAK

Penanganan ikan di kapal nelayan umumnya dilakukan secara tradisional menggunakan es balok. Pemilihan es balok karena harganya yang murah dan mudah didapat. Es balok digunakan sebagai media pendingin ikan dengan perbandingan penggunaan es balok dan ikan bervariasi antara 1 : 1 sampai 1 : 4. Dengan perbandingan muatan ikan yang menyamai jumlah media pendinginnya maka akan memakan tempat dan berat. Sehingga diperlukan solusi alternatif yaitu berupa sistem pendingin menggunakan peltier atau TEC. Pada penelitian ini akan membahas analisa ekonomi kemungkinan penggunaan sistem pendingin peltier sebagai media pendingin ikan di kapal nelayan. Hasil dari performa sistem pendingin peltier mampu mendinginkan suhu ruang insulasi sebesar 5,1 C dan 5,3 C untuk suhu ikan dengan total penggunaan energi listrik sebesar 3768,12 Wh/hari. Keuntungan dari segi berat jika dibandingkan dengan pendingin menggunakan es balok memiliki perbandingan berat muatan dengan sistem pendingin peltier adalah 1 : 0,18. 3. Biaya operasional yang dikeluarkan selama penggunaan 15 jam sebesar Rp3.456 dibandingkan Rp.3000 untuk pendingin es balok. Durasi penggunaan 15 jam mengikuti durasi es balok dapat mempertahankan suhu dibawah 10 C didalam palka ikan. Durasi tersebut juga menandakan rata-rata durasi nelayan melaut. Nilai BEP sistem pendingin peltier dapat tercapai dalam waktu 1 hari.

***Kata Kunci-Sistem Pendingin Peltier atau TEC; Analisa Ekonomi; BEP***

# DAFTAR ISI

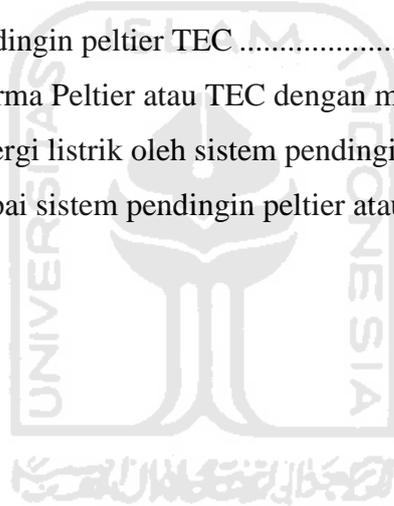
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Studi Literatur .....	4
2.2 Tinjauan Teori.....	5
2.2.1 Sistem Pendingin Peltier atau TEC .....	5
2.2.2 Analisis Ekonomi.....	7
2.2.3 Penanganan Ikan Segar.....	8
2.2.4 Kategori Kapal Ikan.....	9
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	11
3.1 Alur Penelitian .....	11
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.2.1 Peltier atau TEC.....	12
3.2.2 Peredam Panas (Heat Sink) .....	13

3.2.3 Termostat .....	15
3.2.4 Energi Meter .....	16
3.2.5 Peti Insulasi.....	17
3.3 Spesifikasi Sistem .....	18
3.4 Pengujian Performa Peltier atau TEC .....	20
3.5 Analisis Ekonomi.....	21
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>23</b>
4.1 Peforma Sistem Pendingin Peltier atau TEC .....	23
4.1.1 Analisis Ekonomi.....	25
<b>BAB 5 PENUTUP.....</b>	<b>27</b>
5.1 Kesimpulan .....	27
5.2 Saran .....	27
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>28</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>29</b>



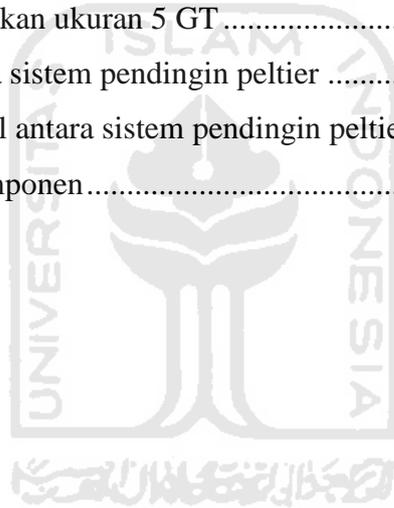
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema aliran kalor elemen peltier atau TEC[5] .....	6
Gambar 2.2 Skema aliran elektron pada elemen peltier atau TEC[5].....	6
Gambar 2.3 Penyimpanan dalam palka ikan tradisional[1] .....	8
Gambar 2.4 Kapal ikan ukuran dibawah 5 GT.....	10
Gambar 3.1 Alur penelitian.....	11
Gambar 3.2 Peltier seri TEC1-12706.....	13
Gambar 3.3 <i>Heatsink prosessor</i> AMD A8-3870K.....	14
Gambar 3.4 <i>Heatsink Extruded</i> 10 sirip .....	15
Gambar 3.5 <i>Thermostat Digital Professional</i> W1209 .....	16
Gambar 3.6 Energi Meter Digital.....	17
Gambar 3.7 Peti insulasi.....	18
Gambar 3.8 Rancangan sistem pendingin peltier TEC .....	19
Gambar 3.9 Skema Pengujian peforma Peltier atau TEC dengan muatan ikan.....	20
Gambar 4.1 Grafik penggunaan energi listrik oleh sistem pendingin peltier atau TEC .....	24
Gambar 4.2 Grafik suhu yang dicapai sistem pendingin peltier atau TEC .....	24



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Peltier atau TEC.....	12
Tabel 3.2 Spesifikasi peredam panas sisi panas elemen peltier atau TEC.....	13
Tabel 3.3 Spesifikasi peredam panas sisi dingin elemen peltier atau TEC.....	14
Tabel 3.4 Spesifikasi termostat .....	15
Tabel 3.5 Spesifikasi energi meter .....	16
Tabel 3.6 Spesifikasi Peti insulasi.....	17
Tabel 3.7 Spesifikasi sistem pendingin peltier atau TEC.....	18
Tabel 3.8 Spesifikasi umum kapal ikan ukuran 5 GT.....	22
Tabel 4.1 Hasil pengujian performa sistem pendingin peltier .....	23
Tabel 4.2 Rincian biaya operasioanl antara sistem pendingin peltier dengan es balok .....	26
Tabel 4.3 Rincian biaya modal komponen.....	26



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia adalah negara kepulauan dengan wilayah perairannya yang luas. Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2019, panjang garis pantai Indonesia mencapai 95.181 km dengan luas wilayah laut 5,8 juta km<sup>2</sup>. Berdasarkan data FAO(2018), total produksi perikanan dunia mencapai 145 juta ton yang masih didominasi perikanan tangkap (64%) dan budidaya (36%). Indonesia menduduki posisi ke-3 setelah China dan Peru sebagai negara dengan produksi perikanan tangkap tertinggi di dunia.

Penanganan ikan segar memiliki peranan penting dalam proses produksi perikanan tangkap karena tujuannya memastikan agar kesehatan ikan setelah ditangkap oleh nelayan di laut dapat dipertahankan sampai ke tangan konsumen. Namun, penanganan ikan segar di kapal nelayan saat berada di laut umumnya dilakukan secara tradisional menggunakan es balok karena harganya yang murah dan mudah didapat. Es balok digunakan sebagai media pendingin ikan dengan perbandingan penggunaan es balok dan ikan bervariasi antara 1 : 1 sampai 1 : 4. Perbandingan tersebut sangat tergantung pada waktu penyimpanan yang diperkirakan, suhu udara diluar kemasan, jenis wadah penyimpanan dan cara penyusunan ikan dalam wadah[1].

Penggunaan es balok dalam jumlah yang besar tersebut dapat mengakibatkan terjadinya gesekan antara es dan permukaan ikan, sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan fisik yang dapat mempercepat pembusukan ikan. Selain itu penggunaan es balok menambah berat alat transportasi kapal nelayan sehingga mempengaruhi jumlah maksimal ikan tangkapan yang dapat di bawa ke darat[2].

Diperlukan suatu teknologi pendingin untuk pengawetan ikan saat nelayan melaut agar tidak perlu lagi membawa bongkahan es balok dalam jumlah besar sehingga jumlah maksimal ikan yang dapat dibawa ke darat lebih banyak dan menguntungkan secara ekonomi, salah satu inovasinya yaitu teknologi peltier atau TEC sebagai sistem pendinginan[3]. Peltier memiliki keunggulan ukuran yang relatif lebih kecil, ringan dan tidak merusak lingkungan.

Pada penelitian ini, penulis mengajukan analisis ekonomi kemungkinan penggunaan sistem pendingin peltier sebagai media pendingin untuk tangkapan ikan nelayan . Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif untuk pengawetan ikan bagi nelayan saat melaut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan uraian latar belakang adalah,

1. Bagaimana membuat sebuah sistem pendingin menggunakan peltier yang mampu digunakan sebagai pendingin untuk pengawetan ikan saat nelayan melaut.
2. Bagaimana analisis kerja dan performa dari sistem pendingin peltier yang dirancang.
3. Bagaimana analisis ekonomi penggunaan sistem pendingin peltier dibandingkan dengan es balok.

## 1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, pembahasan masalah dibatasi hanya pada aspek berikut:

1. Penulis hanya melakukan perancangan, perakitan, dan pengujian untuk sistem pendinginan menggunakan teknologi peltier.
2. Data performa penggunaan es balok sebagai media pendingin di kapal ikan didapat dari studi literatur.
3. Analisa ekonomi membandingkan penggunaan sistem pendingin peltier dengan penggunaan es balok pada kapal nelayan skala kecil dengan ukuran dibawah 5 GT.
4. Perbandingan muatan ikan dan es balok yang digunakan adalah 1 : 1 dengan asumsi durasi nelayan melaut selama 15 jam dalam sehari.
5. Analisa performa sistem pendingin peltier hanya pada penggunaan energi listrik dan suhu terendah yang dapat di capai sistem
6. Analisa ekonomi sistem pendingin peltier hanya pada biaya operasional dan nilai BEP
7. Uji mikrobiologi kualitas ikan hanya sebatas pada pengukuran suhu.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah,

1. Dapat membuat sebuah sistem pendingin peltier yang mampu digunakan sebagai pendingin untuk pengawetan ikan saat nelayan melaut.
2. Dapat mengetahui analisis kerja dan performa dari sistem pendingin peltier yang dirancang.
3. Dapat mengetahui analisis ekonomi penggunaan sistem pendingin peltier dibandingkan dengan es balok.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah,

1. Memberikan solusi alternatif kepada masyarakat khususnya nelayan terhadap masalah sistem pendinginan untuk pengawetan ikan hasil tangkapan saat melaut.
2. Memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan teknologi tepat guna yang ramah lingkungan.
3. Dapat menjadi bahan penelitian untuk pengembangan dikemudian hari terkait sistem pendingin peltier.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Literatur**

Penelitian mengenai sistem pendingin menggunakan elemen peltier atau TEC telah banyak dilakukan sebelumnya. Seperti yang dilakukan oleh Delly, dkk[4]. Mereka membuat perancangan mengenai penggunaan modul peltier sebagai sistem pendingin portable. Penelitian ini memfokuskan pada perancangan dan pengujian pendingin peltier dengan variasi input daya pada peltier untuk mendinginkan 150 gr buah jeruk. Hasil penelitian menunjukkan besar kalor yang diserap sebesar 0,1524 Watt dari jumlah panas total sebesar 3,165 Watt. Temperatur dalam box sistem pendingin mencapai 22 C dari suhu awal 31 C dengan pemberian daya listrik sebesar 9 Watt selama 45 menit. Thermoelectric yang digunakan adalah TEC 1-12706. Daya listrik bersumber dari Accumulator GS 12V 70Ah . Penelitian ini memiliki metode pengujian yang cukup baik namun memiliki kekurangan terhadap hasil perancangan box pendingin yang dibuat. Box pendingin dianggap kurang optimal dalam mempertahankan suhu dingin karena perpindahan panas berlangsung dengan durasi yang cukup cepat. Penggunaan accumulator membuat daya yang dihasilkan tidak optimal karena hanya berkisar 9 Watt, sementara TEC 1-12706 memiliki daya maksimum 67 Watt sebagai mana yang tertera pada datasheet.

Pada tahun 2013, Tri Nugroho Widiyanto melakukan tesis mengenai desain alat transportasi ikan segar dengan sistem pendingin peltier untuk pedagang ikan keliling. Penelitian ini dilakukan atas dasar penurunan mutu ikan laut setelah penangkapan yang masih cukup tinggi sekitar 27% (KKP 2007) [5]. Hasil uji kinerja alat menunjukkan sistem pendingin menggunakan dua peltier berdaya total 120 Watt yang dibuat mampu mempertahankan suhu ikan di suhu 3 C selama 3,8 jam dengan suhu ruang penyimpanan 11,1 C sampai 15 C selama 120 menit dengan nilai COP sistem pendingin peltier sebesar 0,33. hasil kajian ekonomi penggunaan alat transportasi ikan dengan pendingin peltier menunjukkan keuntungan yang lebih besar sekitar Rp. 578.000/bulan dibandingkan penggunaan kotak stereofom. Namun alat yang dirancang perlu ditingkatkan lagi mengingat sumber energi listrik masih bersumber dari accumulator sepeda motor. Hal tersebut berdampak pada penggunaan bahan bakar minyak yang lebih boros.

Pada tahun 2017, Ferry Pepayosa Sembiring juga melakukan penelitian mengenai rancangan kotak pendingin peltier untuk penyimpanan buah dan sayur dengan sumber tenaga surya[6]. penelitian ini menerapkan metode baru yaitu penggunaan sel fotovoltaik atau sel surya sebagai sumber energi listrik. Kotak pendingin yang dibuat menggunakan dua peltier berdaya 60 Watt diperoleh temperatur minimum dari buah sebesar 20,96 C dan temperatur minimum sayur sebesar

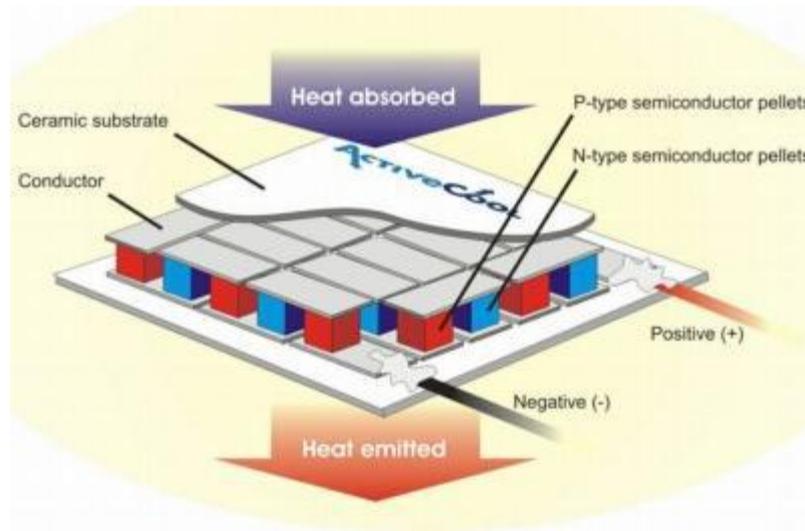
18,75 C dengan nilai TOC kotak pendingin sebesar 0,23379. Penelitian ini memiliki inovasi metode yang baik dengan penggunaan sel fotovoltaik namun hasil akurasi yang kurang karena sampel data yang diambil terlalu sedikit.

Penelitian [5], [6], dan [7] tersebut telah melakukan dasar penelitian yang kuat mengenai sistem pendingin peltier sebagai media pengawetan bahan mentah. Namun masih perlu dilakukan analisis ekonominya jika dibandingkan dengan sistem pendingin konvensional. Berdasar pada permasalahan tersebut, penulis melakukan penelitian analisis ekonomi kemungkinan penggunaan sistem pendingin peltier sebagai media pendingin untuk tangkapan ikan nelayan.

## **2.2 Tinjauan Teori**

### **2.2.1 Sistem Pendingin Peltier atau TEC**

Peltier atau TEC (Thermoelectric Cooler) dikatakan sebagai pompa kalor karena menggunakan beberapa termokopel yang disusun seri sehingga memungkinkan sejumlah besar perpindahan panas. Melalui mekanisme pompa kalor tersebut peltier akan menghasilkan temperatur suhu dingin disatu sisi dan temperatur suhu panas disisi lainnya. Bagian terluar dari peltier dilapisi oleh material sejenis keramik tipis yang berisikan batang-batang semikonduktor Bismuth Telluride yang di dalamnya diberi zat tambahan yang bertujuan memberikan kelebihan elektron bebas (tipe-N semikonduktor) atau memberikan kekurangan elektron bebas (tipe-P semikonduktor) [5]. Ketika peltier dialiri listrik searah (DC), elektron dari tingkat energi lebih rendah (tipe-P semikonduktor) akan mengalir menuju tingkat energi lebih tinggi (tipe-N semikonduktor). Untuk membuat elektron tipe-P yang memiliki tingkat energi lebih rendah dapat mengalir, maka elektron tersebut akan menyerap kalor yang berakibat pada sisi tersebut menjadi dingin. Sebaliknya pelepasan panas ke lingkungan terjadi ketika elektron mengalir dari tingkat energi yang lebih tinggi (tipe-N semikonduktor) menuju ke tingkat energi lebih rendah (tipe-P semikonduktor). Untuk dapat elektron mengalir ke tipe-P semikonduktor maka kelebihan energi pada tipe-N semikonduktor akan dibuang ke lingkungan yang berakibat pada sisi tersebut menjadi panas [7]. Skema aliran kalor pada elemen peltier atau TEC ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema aliran kalor elemen peltier atau TEC[5]

Penyerapan kalor dari lingkungan terjadi pada sisi dingin yang kemudian akan dibuang ke sisi panas dari elemen peltier atau TEC. Nilai kalor yang dilepas sama dengan nilai kalor yang diserap ditambah daya yang diberikan pada elemen peltier atau TEC, sehingga berlaku persamaan:

$$Q_h = Q_c + P_m \quad (2.1)$$

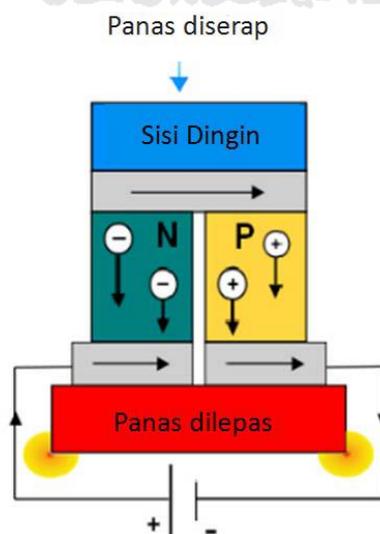
Dimana,

$Q_h$  = kalor yang dilepas (Watt)

$Q_c$  = kalor yang diserap (Watt)

$P_m$  = daya input ke peltier (Watt)

Sedangkan skema aliran elektron pada elemen peltier atau TEC ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Skema aliran elektron pada elemen peltier atau TEC[5]

Elektron mengalir dari semikonduktor tipe-P yang kekurangan energi, menyerap kalor pada bagian yang didinginkan kemudian mengalir ke semikonduktor tipe-N. Semikonduktor tipe-N yang kelebihan energi akan membuang kalor tersebut ke lingkungan dan mengalir ke semikonduktor tipe-P. Skema aliran ini akan terus berulang selama elemen peltier atau TEC diberi aliran listrik DC.

### 2.2.2 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi dilakukan untuk mengetahui nilai-nilai ekonomis yang terkandung dalam suatu rencana kegiatan teknik. Analisis ini dilakukan setelah komponen-komponen biaya dan manfaat telah dapat diidentifikasi.. Sedangkan tujuan analisis ekonomi adalah untuk membantu mengambil keputusan dalam menentukan pemilihan penanaman investasi di dalam suatu proyek yang tepat, dari berbagai alternatif yang dapat dilaksanakan. Dalam penelitian ini, perlu dilakukan analisis dari segi ekonomi terhadap sistem pendingin peltier sebagai pengawetan ikan nelayan saat melaut. Parameter ekonomi yang dianalisis pada penelitian ini diantaranya adalah Biaya operasional, COE, dan.BEP.

COE atau *Cost of Energy* digunakan untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan untuk membangkitkan energi listrik per kWh oleh pembangkit. CEO dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$COE = \frac{C_{ann,tot}}{C_{served}} \quad (2.3)$$

Dimana :

COE = Biaya yang dikeluarkan per kWh  
 $C_{ann,tot}$  = Total biaya tahunan dari system per tahun (Rp/yr)  
 $C_{served}$  = Total beban listrik per tahun (kWh/yr)

BEP atau *Break Event Point* adalah perbandingan antara harga total komponen dalam suatu proyek dengan keuntungan yang diperoleh.

BEP dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$BEP = \frac{TOTAL\ CAPITAL}{Harga\ Jual\ perunit - Biaya\ Operasional} \quad (2.4)$$

Dimana :

TOTAL CAPITAL = Biaya total komponen

### 2.2.3 Penanganan Ikan Segar

Proses pembusukan ikan dapat dicegah dengan menerapkan sistem rantai dingin yaitu mengkondisikan ikan pada suhu rendah. Pada suhu rendah aktivitas pembusukan secara kimiawi dan enzimatik dapat diperlambat. Ikan yang disimpan pada suhu 2 C sampai 10 C menyebabkan pertumbuhan bakteri kurang cepat sehingga dapat memperpanjang daya simpan antara 2 sampai 3 hari. Sebagian besar Ikan tuna yang disimpan pada suhu 10 C dapat bertahan sampai penyimpanan hari ke-5. Mikroba yang tumbuh dan berkembang dalam ikan sebagian besar adalah mikroba psikrofilik yang mempunyai suhu optimum pertumbuhan 10 C, sehingga penyimpanan pada suhu dibawah 10 C dapat menghambat pertumbuhan mikroba[5].

Selain penerapan sistem rantai dingin, cara penanganan ikan juga harus hati-hati sehingga tidak menyebabkan kerusakan fisik yang diakibatkan oleh benturan dan tekanan selama berada dikapal nelayan. Jumlah ikan yang terlalu banyak dalam sebuah wadah dapat menyebabkan tekanan fisik yang mengakibatkan kerusakan ikan terutama yang letaknya di bagian bawah alat transportasi. Pengurangan penggunaan bongkahan es atau penggunaan sistem pendingin lain dalam kapal nelayan dapat mengurangi kemungkinan gesekan antara ikan dengan es selama kegiatan transportasi, sehingga dapat mengurangi kerusakan fisik ikan. Penyimpanan ikan pada palka ikan tradisional ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Penyimpanan dalam palka ikan tradisional[1]

Pada prakteknya, pemakaian es balok akan bertambah besar seiring dengan bertambahnya durasi melaut akibat terjadinya over fishing di beberapa wilayah perairan. Namun keterbatasan palka untuk menampung es balok membatasi jumlah es yang dapat dibawa oleh nelayan. Durasi melaut yang lebih lama menyebabkan sebagian es telah mencair sebelum dipergunakan untuk

pendingin ikan. Hal ini terjadi pada kapal ikan yang tidak dilengkapi dengan palka berinsulasi. Dengan demikian, meskipun es dipandang sebagai media pendingin yang murah dan mudah dalam penggunaannya, pada kondisi sumberdaya perikanan yang semakin berkurang seperti pada saat ini, maka pada sebagian jenis atau ukuran kapal teknologi pendinginan ikan tidak lagi dapat digunakan secara optimal.

#### **2.2.4 Kategori Kapal Ikan**

Menurut Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 36/Permen-Kp/2014 Pasal 1 butir 4 menyatakan bahwa kapal penangkap ikan adalah kapal yang digunakan untuk menangkap ikan, termasuk menampung, menyimpan, mendinginkan, dan/atau mengawetkan ikan. PHP (Pungutan Hasil Perikanan) bagi kapal penangkap ikan dan/atau kapal pendukung operasi penangkapan ikan baru atau perpanjangan, dikelompokkan menjadi:

- a. skala kecil;
- b. skala menengah; dan
- c. skala besar.

Skala kecil, skala menengah, dan skala besar ditetapkan berdasarkan kriteria ukuran *gross tonnage* (GT) kapal penangkap ikan. GT adalah suatu ukuran volume sebuah ruangan yang terletak di bawah geladak di tambah dengan ruangan tertutup di atas geladak kapal serta di tambah lagi dengan isi seluruh ruangan di geladak paling atas atau bangunan atas. Pada penelitian ini akan difokuskan pada kapal nelayan skala kecil karena sejak Pemerintah Indonesia melarang kapal ikan asing (KIA) beroperasi untuk menangkap ikan di wilayah perairan nasional, armada penangkapan ikan langsung mengalami perubahan signifikan. Jika dulu kapal penangkap ikan didominasi kapal-kapal berbobot besar, namun sejak larangan mulai berlaku pada akhir 2014, kapal-kapal penangkap ikan didominasi berukuran di bawah 10 GT.

Definisi nelayan kecil menurut UU Nomor 36/Permen-Kp/2014 Pasal 1 butir 5 adalah orang yang mata pencahariannya melakukan penangkapan ikan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari yang menggunakan kapal perikanan berukuran paling besar 5 GT. Rata-rata prolehan tangkapan ikan harian untuk kapal ikan < 5GT adalah dibawah 50 Kg untuk sekali malaut. Karena durasi melaut yang singkat yaitu maksimal sekitar 15 jam melaut dalam sehari maka perbandingan penggunaan es balok dengan muatan ikan sebagai pendingin adalah 1 : 1. Gambar kapal ikan dibawah 5 GT ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Kapal ikan ukuran dibawah 5 GT

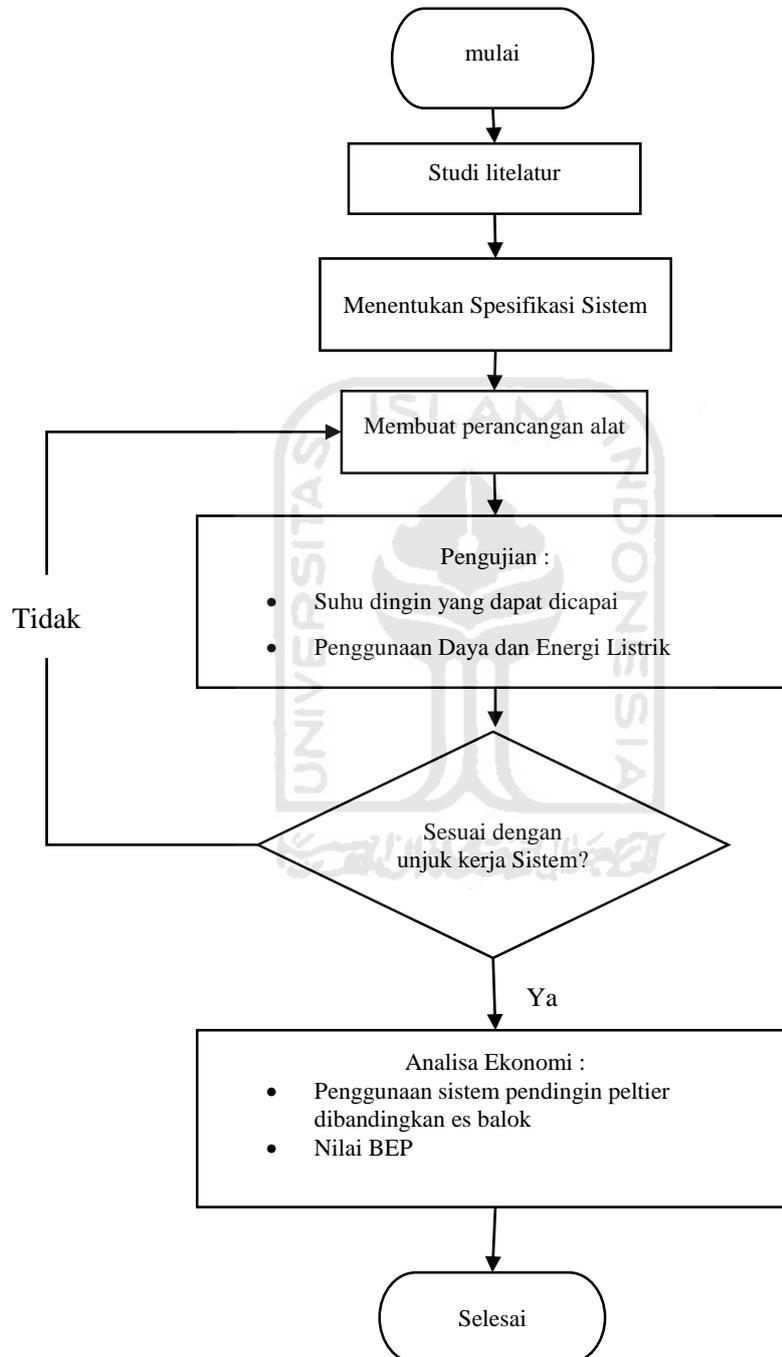


# BAB 3

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Alur penelitian ini dijabarkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Alur penelitian

Diagram alir diatas menjelaskan proses penelitian yang peneliti mulai dari studi literatur hingga analisa hasil. Pada studi literatur peneliti mempelajari berbagai penelitian yang berhubungan dengan sistem pendinginan peltier atau TEC untuk dijadikan bahan rujukan. Setelah mencari dan menganalisa berbagai literatur, peneliti menentukan spesifikasi sistem untuk alat yang akan dirancang, bertujuan untuk menentukan target yang akan dicapai dalam penelitian ini. Kemudian dilakukan perancangan alat sistem pendingin peltier atau TEC berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan. Selanjutnya masuk ke tahap pengujian untuk mendapatkan data suhu dingin terendah yang dapat dicapai dan total penggunaan energi listrik yang digunakan selama 24 jam. Apabila pengujian telah sesuai dengan unjuk kerja spesifikasi yang telah ditentukan selanjutnya masuk ke analisa ekonomi. Analisis ekonomi dilakukan dengan cara menghitung nilai BEP serta keuntungan yang diperoleh secara teknis dan ekonomis jika menggunakan sistem pendingin peltier dibandingkan dengan es balok.

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Peltier atau TEC

Peltier atau TEC adalah sebuah pompa kalor yang memiliki mekanisme menghasilkan temperatur suhu dingin disatu sisi dan temperatur suhu panas disisi lainnya. Sisi dingin peltier tersebut yang dimanfaatkan sebagai komponen utama untuk mendinginkan. Pada penelitian ini peneliti menggunakan Peltier atau TEC seri TEC-12706. Spesifikasi peltier ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi Peltier atau TEC

PARAMETER	TETAPAN	SATUAN
Model Series	TEC1-12706	
Ukuran	4 x 4 x 0,4	cm
Tegangan Operasi	0 - 16	V
Arus Maksimal	6,4	A
Daya maksimal	66,7	W
Selisih maksimal perbedaan suhu di sisi dingin dan panas (Delta Tmax)	75	C
Resistansi	1,98 - 2,30	$\Omega$

Sedangkan bentuk fisik peltier yang digunakan diunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Peltier seri TEC1-12706

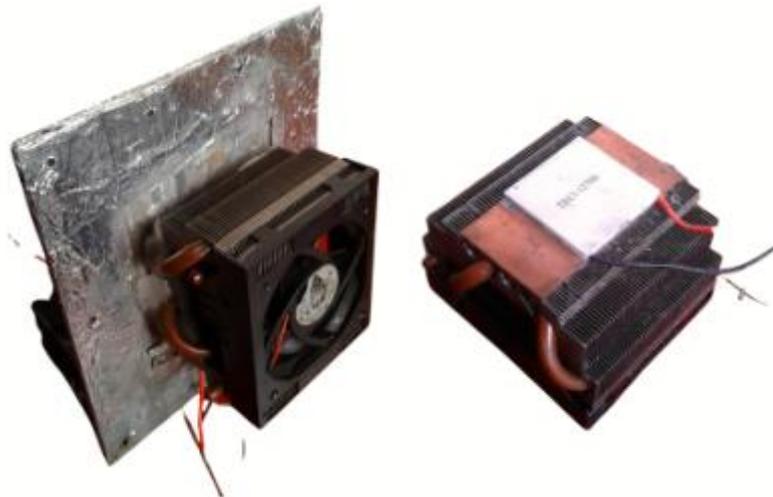
### 3.2.2 Peredam Panas (Heat Sink)

Sistem pendingin peltier atau TEC dapat bekerja optimal jika memiliki peralatan pendamping yang bagus yaitu peredam panas yang memiliki sirip-sirip berfungsi melepas kalor yang diserap. Peredam panas yang optimal akan meningkatkan *coefficient of performance* dari sistem pendingin peltier atau TEC. Pada penelitian ini, peredam panas memiliki dua fungsi. Fungsi pertama yaitu untuk membantu proses pelepasan panas pada sisi panas elemen peltier sehingga sisi dingin elemen peltier dapat bekerja optimal. Pada bagian ini peneliti menggunakan peredam panas tipe *Folded Fin* yang terdiri dari lembaran logam yang terlipat dipasang di dasar peredam panas. Lipatan – lipatan yang terbentuk tampak seperti permukaan sirip. Spesifikasi peredam panas pada bagian ini ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi peredam panas sisi panas elemen peltier atau TEC

PARAMETER	TETAPAN	SATUAN
Tipe Peredam panas	<i>Folded Fin</i>	
Material	Alumunium dan Tembaga	
Model Series	<i>Heatsink prosessor AMD A8-3870K</i>	
Kipas Pendingin A	12	V
	0,40	A
	4,8	W

Sedangkan bentuk fisik *Heatsink prosessor AMD A8-3870K* yang digunakan diunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Heatsink prosessor AMD A8-3870K*

Fungsi kedua yaitu untuk membantu proses pelepasan suhu dingin pada sisi dingin elemen peltier sehingga suhu dingin dapat menyebar rata keseluruhan permukaan. Pada bagian ini peneliti menggunakan peredam panas tipe *Extruded* yang terbuat dari alumunium dengan sifat perpindahan kalor yang baik karena memiliki bidang permukaan yang luas. Spesifikasi peredam panas pada bagian ini ditunjukkan pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Spesifikasi peredam panas sisi dingin elemen peltier atau TEC

PARAMETER	TETAPAN	SATUAN
Tipe Peredam panas	<i>Extruded</i>	
Material	Alumunium	
Model Series	<i>Heatsink Extruded 10 sirip</i>	
Kipas Pendingin B	12	V
	0,18	A
	2,16	W

Sedangkan bentuk fisik *Heatsink Extruded* 10 sirip yang digunakan diunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Heatsink Extruded* 10 sirip

### 3.2.3 Termostat

Termostat adalah alat yang berfungsi sebagai pengatur suhu agar tetap konstan dan stabil pada kisaran yang diinginkan. Termostat dapat memutus dan menyambungkan arus listrik pada saat mendeteksi perubahan suhu di lingkungan sekitarnya berdasarkan pengaturan suhu yang ditentukan. Pada penelitian ini termostat akan diterapkan pada ruangan penyimpanan ikan. Dimana apabila suhu udara di ruangan penyimpanan ikan sudah mencapai suhu yang ditentukan, maka secara otomatis akan memutus aliran listrik ke sistem dan menyambungkan arus listrik kembali sesuai pengaturan suhu yang telah ditentukan. Peneliti menggunakan Termostat seri *Thermostat Digital Professional W1209*. Spesifikasi termostat yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Spesifikasi termostat

PARAMETER	TETAPAN	SATUAN
Model Series	<i>Thermostat Digital Professional W1209</i>	
Ukuran	5 x 4	cm
Range pengukuran	-50 ~ 110	C
Akurasi pengukuran	0,1	C
Tegangan suplai	12	VDC
Arus suplai	65	mA
Daya Suplai	0,78	W
Arus maksimal beban pada relay	20	A

Sedangkan bentuk fisik *Thermostat Digital Professional W1209* yang digunakan diunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Thermostat Digital Professional W1209*

### 3.2.4 Energi Meter

Pada penelitian ini energi meter berfungsi untuk mengukur tegangan (V), arus (A), daya (Watt), dan Energi listrik (Wh) yang digunakan oleh sistem secara *real time*. Spesifikasi energi meter yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Spesifikasi energi meter

PARAMETER	TETAPAN	SATUAN
Model Series	Energi Meter Digital	
Ukuran	10 x 8 x 2	cm
Range tegangan	0 ~ 120	VDC
Range arus	0 ~ 20	A
Range daya	0 ~ 2400	W
Range energi listrik	0 ~ 9999,9	Wh
Tegangan suplai	12	VDC
Arus Suplai	20	mA
Daya Suplai	0,24	W

Sedangkan bentuk fisik energi meter digital yang digunakan diunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Energi Meter Digital

### 3.2.5 Peti Insulasi

Peti insulasi pada penelitian ini digunakan sebagai wadah untuk menyimpan dan mendinginkan ikan. Peti insulasi dilengkapi bahan insulator yang bertujuan mengurangi perpindahan panas dari lingkungan menuju peti insulasi sehingga suhu di dalam peti insulasi tetap rendah. Material insulator bagian luar yang digunakan adalah stereofom karena memiliki nilai konduktivitas yang rendah sehingga dinilai efektif untuk mengurangi perpindahan panas dari lingkungan luar ke ruang insulasi. Sedangkan material insulator bagian dalam yang digunakan adalah plat alumunium dengan ketebalan 0,5 mm karena memiliki nilai konduktivitas yang besar sehingga dinilai efektif mempercepat perpindahan kalor dari elemen peltier sisi dingin ke sekitar ruang insulasi bagian dalam. Pada peti insulasi juga sebagai tempat melekatnya komponen lain seperti peltier atau TEC, peredam panas, termostat, dan energi meter. Spesifikasi peti insulasi ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Spesifikasi Peti insulasi

PARAMETER	TETAPAN	SATUAN
Ukuran Luar Peti Insulasi	50 x 35 x 30	cm
Ukuran Dalam Peti insulasi	47,5 x 35,5 x 27,5	cm
Ketebalan	2,5	cm
Material	Stereofom dan plat alumunium	
Konduktivitas termal stereofom	0,095	W/m °C
Konduktivitas termal alumunium	200	W/m °C

Sedangkan bentuk fisik peti insulasi yang digunakan diunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Peti insulasi

### 3.3 Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem ditunjukkan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Spesifikasi sistem pendingin peltier atau TEC

PARAMETER	TETAPAN	SATUAN
Tegangan operasi	12	VDC
Arus maksimal	14,22	A
Daya maksimal	150,5	W
Jumlah Peltier atau TEC	2	unit
Jumlah peredam panas	4	unit
Jumlah kipas pendingin A	2	unit
Jumlah kipas pendingin B	3	unit
Material luar	stereofom	
Material dalam	Alumunium	
Berat maksimal muatan	15	Kg
Berat tanpa beban	2,8	Kg

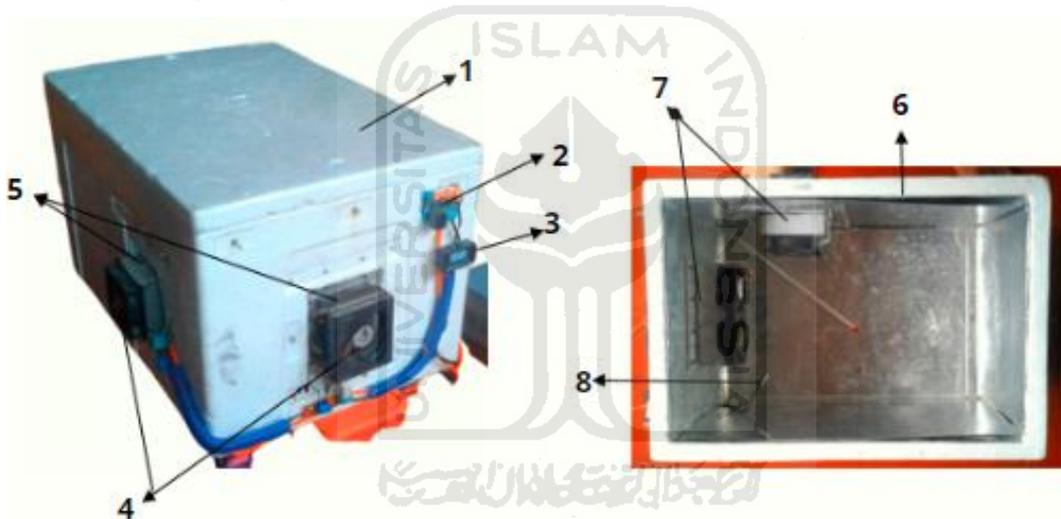
Penentuan spesifikasi tegangan operasi, arus maksimal, dan daya maksimal didapat berdasarkan *nameplate* sistem dan *datasheet* komponen yang digunakan. Untuk spesifikasi tegangan operasi sistem diambil berdasarkan tegangan operasi terendah komponen yaitu sebesar 12 VDC. Arus maksimal sistem diambil berdasarkan penjumlahan total arus komponen melalui persamaan:

$$\begin{aligned}
 \text{Arus maksimal } (I) &= (\text{Arus Peltier} \times \text{Jumlah}) + (\text{Arus Kipas Pendingin A} \times \text{jumlah}) + \\
 &\quad (\text{Arus Kipas Pendingin B} \times \text{Jumlah}) + (\text{Arus Suplai Termostat}) + (\text{Arus Suplai Energi Meter}) \quad (3.1) \\
 &= (6,4 \text{ A} \times 2) + (0,40 \text{ A} \times 2) + (0,18 \text{ A} \times 2) + (0,065 \text{ A}) + (0,020 \text{ A}) \\
 &= 14,32 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Daya maksimal sistem diambil berdasarkan penjumlahan total daya komponen melalui persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya maksimal } (P) &= (\text{Daya Peltier} \times \text{Jumlah}) + (\text{Daya Kipas Pendingin A} \times \text{jumlah}) + (\text{Daya Kipas Pendingin B} \times \text{Jumlah}) + \\ & (\text{Daya Suplai Termostat}) + (\text{Daya Suplai Energi Meter}) \quad (3.2) \\ &= (66,7 \text{ W} \times 2) + (4,8 \text{ W A} \times 2) + (2,16 \text{ W} \times 3) + (0,78 \text{ W}) + (0,24 \text{ W}) \\ &= 150,5 \text{ W} \end{aligned}$$

Secara umum konstruksi sistem terdiri dari beberapa lapis, yaitu lapisan bagian dalam yang harus kedap air dan tahan korosi, lapisan bahan insulator dan lapisan penguat dinding bagian luar yang juga harus kedap air. Setiap material yang digunakan dipersyaratkan terbuat dari bahan yang tidak mencemari ikan dan tidak rusak terkena air. Selain itu mempunyai permukaan halus sehingga tidak melukai ikan, mudah dibersihkan, kuat, tahan lama, dan mampu mempertahankan suhu ikan tetap rendah. Berat muatan dibatasi hanya sebesar 15 Kg muatan ikan. Rancangan sistem pendingin peltier atau TEC ditunjukkan pada Gambar 3.9.



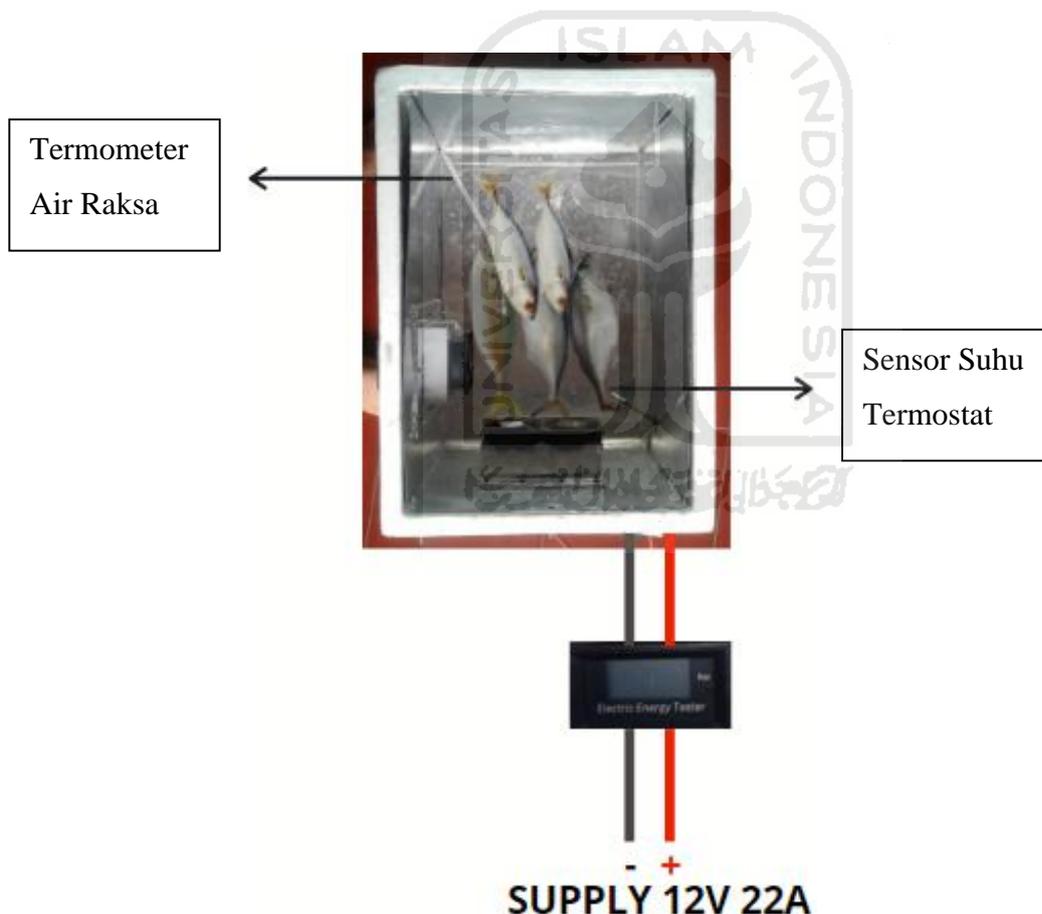
Gambar 3.8 Rancangan sistem pendingin peltier TEC

Keterangan Gambar 3.8:

1. Peti Insulasi
2. Termostat
3. Energi meter
4. Kipas pendingin A
5. *Heatsink* sisi panas peltier
6. Material insulator
7. *Heatsink* sisi dingin peltier
8. Sensor suhu termostat

### 3.4 Pengujian Performa Peltier atau TEC

Pengujian performa peltier atau TEC bertujuan untuk mengetahui suhu dingin maksimal yang dapat dicapai sistem untuk mendinginkan ruang insulasi, muatan ikan, serta total penggunaan energi listrik dalam jangka waktu tertentu. Parameter yang diukur dalam tahap pengujian ini adalah suhu ruang insulasi, suhu ikan, tegangan, arus, daya, dan penggunaan energi listrik selama 24 jam. Data pengujian suhu ruang insulasi berdasarkan pada pembacaan sensor suhu pada termostat. Sedangkan data pengujian suhu ikan berdasarkan pada pembacaan termometer air raksa yang diletakan dibagian bawah ikan. Data pengujian tegangan, arus, daya, dan penggunaan energi listrik berdasarkan pada pembacaan energi meter. Pengambilan data dilakukan setiap rentang 1 jam. Total muatan ikan sebanyak 5 ekor ikan kembung sebagai *sample*. Penggunaan termostat pada pengujian ini diabaikan dengan tujuan untuk mengetahui suhu terendah yang dapat dicapai sistem. Skema pengujian performa peltier atau TEC ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Skema Pengujian peforma Peltier atau TEC dengan muatan ikan

Untuk menentukan spesifikasi penggunaan *power supply* sebagai sumber listrik mengacu pada daya maksimal sistem. Berdasarkan perhitungan (3.2) daya maksimal sistem adalah 150,5 W, maka penggunaan *power suplay* pada sistem sebagai sumber listrik pada pengujian ini harus

lebih besar dari 150,5 W. *Power supply* yang digunakan adalah POWER Supplies ADVANCE V-2130, 450W / 12V,22A.

Sebelum masuk ke tahap pengujian, peneliti telah melakukan perhitungan matematis penggunaan energi listrik oleh sistem selama 24 jam dengan tujuan sebagai acuan bahwa sistem pendingin peltier atau TEC yang dirancang sesuai dengan unjuk kerja spesifikasi yang telah ditentukan.

$$\text{Energi Listrik (E)} = \text{Daya Listrik (P)} \times \text{Waktu Penggunaan (jam)} \quad (3.3)$$

Daya listrik sistem peneliti ambil berdasarkan hasil perhitungan (3.2) yaitu sebesar 150,5 W. Maka penggunaan energi listrik sistem selama 24 jam sesuai persamaan (3.3):

$$\text{Energi Listrik (E)} = 150,5 \text{ W} \times 24 \text{ jam} = 3612 \text{ Wh} = 3,61 \text{ kWh}$$

### 3.5 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi bertujuan untuk mengetahui kelayakan sistem pendingin pendingin peltier sebagai pendingin ikan di kapal nelayan melalui pertimbangan biaya operasional dan nilai BEP. Dengan melakukan analisis ekonomi maka perencanaan pembangunan proyek dapat berjalan lebih optimal. Analisis biaya operasional dilakukan dengan membandingkan biaya operasional yang dikeluarkan antara menggunakan sistem pendingin peltier dengan menggunakan es balok.

Pada penelitian ini analisa ekonomi sistem pendingin peltier akan dibandingkan dengan penggunaan es balok pada kapal ikan skala kecil dibawah 5 GT. Pemilihan kapal ikan skala kecil karena sejak Pemerintah Indonesia melarang kapal ikan asing (KIA) beroperasi untuk menangkap ikan di wilayah perairan nasional, armada penangkapan ikan didominasi berukuran skala kecil. Kapal ikan di bawah 5 GT mampu mengangkut ikan hingga 50 Kg untuk sekali malaut dalam sehari[8]. Karena muatan maksimal pada peti insulasi sistem pendingin peltier hanya 15 Kg, maka analisa ekonomi dari segi berat menggunakan perbandingan muatan ikan 15 Kg : 15 Kg. Berikut adalah Spesifikasi Kapal ikan 5 GT yang diambil dari Ditjen Perikanan Tangkap Kementerian Kelautan dan Perikanan ditunjukkan pada Tabel 3.8[9].

Tabel 3.8 Spesifikasi umum kapal ikan ukuran 5 GT

Panjang Utama Kapal	10 Meter
Lebar Maximum	1,20 Meter
Tinggi Geladak	0,90 Meter
Sarat Benam Air	0,40 Meter
Volume Ruang Palka	$\pm 1.5 M^3$
Mesin penggerak <i>Outboard Engine</i>	$\pm 15 - 25 HP$
Tangki Bahan Bakar (Portable FOT)	1 x 25 Liter
Lama Operasi	1 Hari
Kecepatan Jelajah Ekonomis	7 - 9 Knot

Perbandingan yang digunakan dalam penggunaan es balok dengan muatan ikan adalah 1 : 1. Perbandingan tersebut dapat menjaga suhu dingin dibawah 10 C selama 15 jam di dalam palka kapal nelayan. Durasi tersebut juga menandakan rata-rata durasi nelayan skala kecil melaut perhari jika menggunakan perbandingan muatan ikan dengan es balok 1 : 1 [10].

Pada penelitian ini tetapan harga rata-rata es balok untuk nelayan di pasaran adalah Rp10.000/50Kg. Artinya biaya operasional pendingin dengan es balok yang dikeluarkan untuk setiap 1 Kg muatan ikan adalah sebesar Rp200. Dengan mengetahui harga es balok dan perbandingan yang digunakan, penulis dapat membandingkan biaya operasional yang dikeluarkan antara menggunakan sistem pendingin peltier dengan menggunakan pendingin es balok. Biaya operasional sistem pendingin peltier dapat dicari menggunakan persamaan (3.4).

$$Biaya = Energi Listrik(E) \times COE \quad (3.4)$$

Durasi penggunaan energi listrik sistem pendingin peltier pada analisis biaya operasional mengikuti durasi es balok dapat mempertahankan suhu dibawah 10 C untuk perbandingan 1 : 1 yaitu selama 15 jam. Karena pada pengujian sistem pendingin peltier menggunakan sumber listrik dari *power supply* maka nilai COE mengikuti harga tetapan dari PLN yaitu sebesar Rp 1.467/kWh.

Analisis ekonomi selanjutnya yang dibahas adalah nilai BEP sistem pendingin peltier. Nilai BEP pada penelitian ini dinyatakan dalam hari. Untuk menentukan nilai BEP diperlukan data pendapatan harian nelayan jika menggunakan sistem pendingin peltier. Peti insulasi sistem pendingin dapat menampung maksimal muatan hingga 15 Kg. Pada penelitian ini tetapan harga jual ikan laut di pasaran adalah Rp25.000/Kg.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Peforma Sistem Pendingin Peltier atau TEC

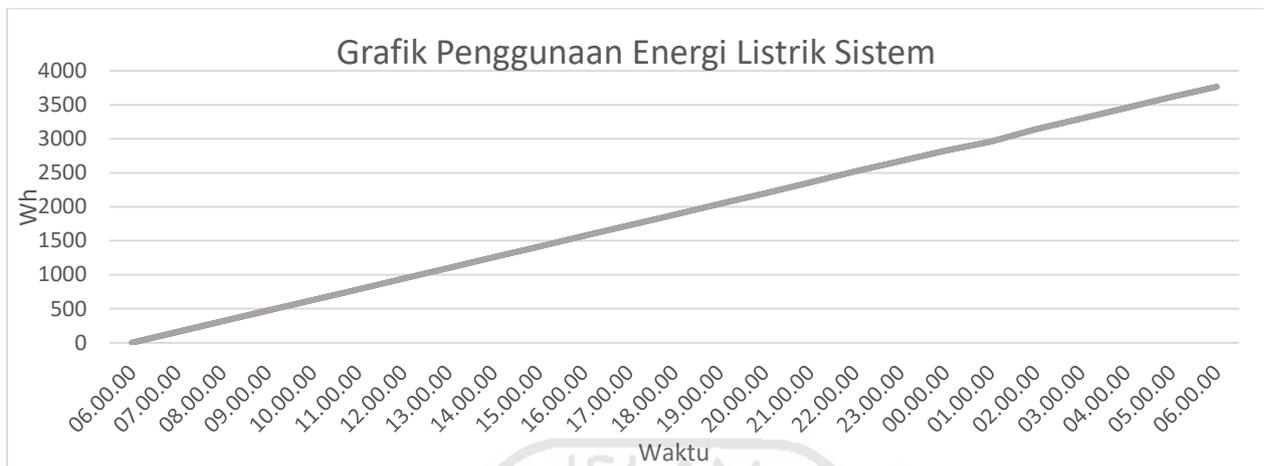
Hasil dari pengujian performa sistem pendingin peltier ditujukan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian performa sistem pendingin peltier

JAM	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	ENERGI (Wh)	SUHU RUANG INSULASI (C)	SUHU IKAN (C)
06.00.00	12,45	13,38	166,58	0	22,6	25,7
07.00.00	12,13	13,16	159,63	155,98	11,3	12,3
08.00.00	11,97	13,14	157,29	314,50	8,1	8,9
09.00.00	11,96	13,10	156,68	469,87	6,3	6,7
10.00.00	11,97	13,11	156,93	629,42	5,8	6,2
11.00.00	11,95	13,10	156,55	784,65	5,5	6,2
12.00.00	11,98	13,12	157,18	943,12	5,4	5,8
13.00.00	11,99	13,00	155,87	1098,87	5,5	5,7
14.00.00	12,00	13,00	156,00	1256,31	5,3	5,6
15.00.00	11,98	13,11	157,06	1415,17	5,3	5,8
16.00.00	11,99	13,12	157,31	1570,32	5,4	5,8
17.00.00	11,98	13,00	155,74	1727,97	5,3	5,5
18.00.00	12,00	13,10	157,20	1884,06	5,2	5,4
19.00.00	11,97	13,12	157,05	2043,11	5,2	5,5
20.00.00	11,98	13,12	157,18	2198,96	5,3	5,5
21.00.00	11,96	13,11	156,80	2356,67	5,2	5,3
22.00.00	11,97	13,00	155,61	2520,11	5,1	5,4
23.00.00	11,99	13,12	157,31	2670,50	5,2	5,5
00.00.00	11,98	13,11	157,06	2825,11	5,2	5,3
01.00.00	11,98	13,10	156,94	2958,41	5,3	5,4
02.00.00	11,97	13,12	157,05	3143,20	5,2	5,5
03.00.00	11,99	13,11	157,19	3298,14	5,2	5,4
04.00.00	11,98	13,10	156,94	3455,26	5,1	5,3
05.00.00	11,98	13,12	157,18	3613,99	5,3	5,5
06.00.00	11,99	13,11	157,19	3768,12	5,3	5,5
Rata-rata	12,00	13,10	157,35			

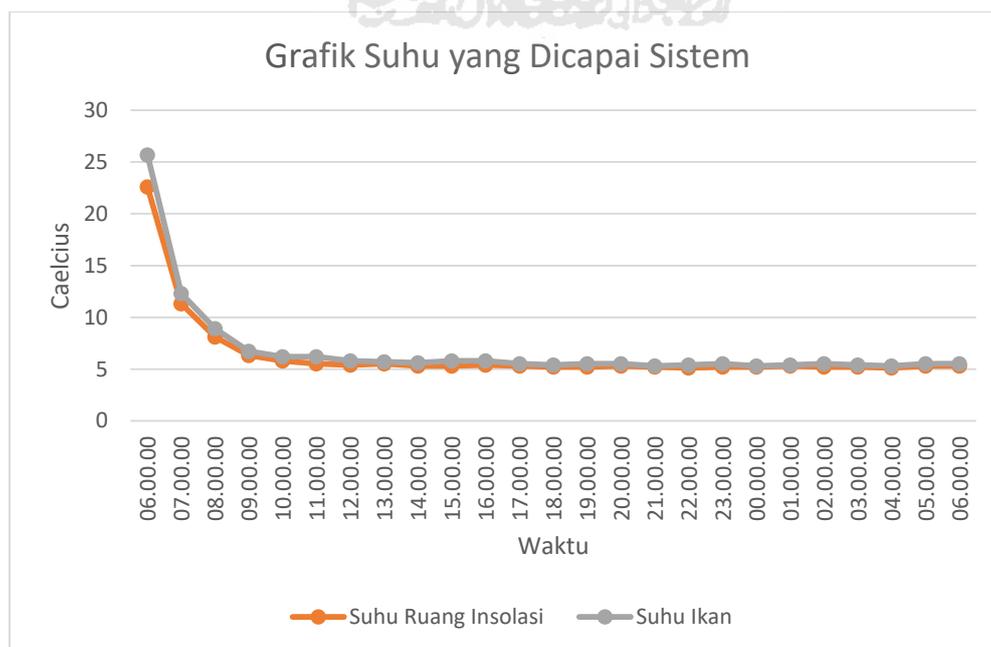
Dari Tabel 4.1 terlihat bahwa total pemakaian energi listrik oleh sistem pendingin peltier atau TEC selama 24 jam adalah 3768,12 Wh atau 3,768 kWh dengan rata-rata tegangan, arus, dan daya adalah 12,00 V; 13,10 A; dan 157,29 W. Spesifikasi sistem yang ditentukan untuk tegangan, arus, dan daya sesuai (Tabel 3.7) adalah 0 – 14 VDC; 14,22 A; dan 150,5 W serta perhitungan energi

total sesuai persamaan (3.3) adalah 3612 Wh. Data pengujian tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dirancang telah sesuai dengan unjuk kerja spesifikasi yang telah ditentukan. Meskipun terdapat perbedaan angka namun hal tersebut dalam batas toleransi. Grafik penggunaan energi listrik terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik penggunaan energi listrik oleh sistem pendingin peltier atau TEC

Sedangkan suhu dingin maksimal yang dapat dicapai sistem adalah 5,1 C untuk suhu ruang insulasi dan 5,3 C untuk suhu ikan. Aktivitas pembusukan ikan secara kimiawi dan enzimatik dapat diperlambat dengan menerapkan rantai dingin pada suhu 2 C sampai 10 C sehingga memperlambat pertumbuhan bakteri. Artinya sistem pendingin peltier atau TEC yang dirancang telah memenuhi target karena mampu mendinginkan suhu ikan dibawah 10 C. Grafik suhu terhadap waktu yang dicapai sistem pendingin peltier atau TEC ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik suhu yang dicapai sistem pendingin peltier atau TEC

Berdasarkan Grafik 4.2 terlihat bahwa sistem pendingin peltier mampu mendinginkan suhu ruang insulasi dan muatan ikan dibawah 10 C setelah pemakaian lebih dari 2 jam. Setelah pemakaian selama 2 jam, kondisi suhu ruang insulasi dan muatan ikan dapat dijaga tetap konstan dibawah 10 C selama terus menerus selama sistem diberi energi listrik. Hal tersebut berdampak positif jika dibandingkan menggunakan es balok karena rantai dingin dibawah 10 C dapat terus dijaga untuk mencegah proses pembusukan ikan. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan es balok dengan perbandingan dengan muatan ikan 1 : 1 hanya dapat mempertahankan suhu dingin dibawah 10 C selama 15 jam.

#### 4.1.1 Analisis Ekonomi

Analisis biaya operasional dilakukan dengan membandingkan biaya operasional yang dikeluarkan antara menggunakan sistem pendingin peltier dengan menggunakan es balok. Perbandingan yang digunakan dalam penggunaan es balok dengan muatan ikan adalah 1 : 1. Perbandingan 1 : 1 tersebut dapat menjaga suhu dingin dibawah 10 C selama 15 jam di dalam palka kapal nelayan. Energi listrik yang digunakan selama 15 jam berdasarkan pengujian performa sistem pendingin peltier pada Tabel 4.1 sebesar 2356,67 Wh atau 2,356 kWh. Oleh karena itu biaya operasional yang dikeluarkan sistem pendingin peltier selama 15 jam penggunaan dapat dicari menggunakan persamaan 3.4, maka biaya operasional:

$$Biaya = 2,356kWh \times 1.467/kWh = Rp3.456,252$$

Sistem pendingin peltier yang dirancang mampu menampung muatan ikan hingga 15 Kg. Sedangkan biaya operasional pendingin dengan es balok yang dikeluarkan untuk setiap 1 Kg muatan ikan adalah sebesar Rp200. Berarti biaya operasional penggunaan es balok untuk 15 Kg adalah Rp3.000. Dari segi biaya operasional, penggunaan es balok lebih murah jika dibandingkan sistem pendingin peltier dengan selisih harga sekitar Rp456. Akan tetapi sistem pendingin peltier memiliki keuntungan dari segi berat. Perbandingan berat muatan dengan sistem pendingin peltier adalah 1 : 0,18. Sehingga total berat akan lebih ringan jika dibandingkan sistem pendingin es balok. Dengan selisih biaya operasional yang tidak terlalu jauh dan memiliki keunggulan dari segi berat, maka sistem pendingin peltier memungkinkan untuk diterapkan jika ditinjau dari biaya operasional. Analisa ekonomi antara sistem pendingin peltier dengan sistem pendingin es balok berdasarkan biaya operasional ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rincian biaya operasioanl antara sistem pendingin peltier dengan es balok

Jenis Sistem Pendingin	Berat muatan ikan	Perbandingan berat muatan dengan jenis sistem pendingin	Total Berat	Biaya Operasional
Es Balok	15 Kg	15 : 15 = 1 : 1	30 Kg	Rp3.000
Peltier	15 Kg	15 : 2,8 = 1 : 0,18	17,8 Kg	Rp3.456

Untuk mencari nilai BEP sistem pendingin peltier dibutuhkan total biaya modal komponen pembuatan alat. Rincian biaya model komponen ditunjukkan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Rincian biaya modal komponen

Komponen	Kuantitas	Satuan	Harga Perunit	Jumlah
Peltier TEC1-12706	2	pcs	Rp60.000	Rp120.000
Heatsink prosessor AMD A8-3870K	2	pcs	Rp60.000	Rp120.000
Heatsink Extruded 10 sirip	2	pcs	Rp20.000	Rp40.000
Thermostat Digital Professional W1209	1	pcs	Rp52.000	Rp52.000
Energi Meter Digital	1	pcs	Rp62.000	Rp62.000
Kotak Stereofom	1	pcs	Rp28.000	Rp28.000
Plat Alumunium	1 x 1	meter	Rp30.000	Rp30.000
Kipas Pendingin B	3	pcs	Rp7.000	Rp21.000
Kabel	2	meter	Rp4.000	Rp8.000
Total				Rp481.000

Sistem pendingin peltier yang dirancang mampu menampung mutan ikan maksimal hingga 15 Kg. Dengan harga jual ikan Rp25.000/Kg maka pendapatan harian yang diperoleh jika menggunakan sistem pending peltier adalah Rp375.000/hari. Sehingga nilai BEP sistem pending peltier berdasarkan persamaan 2.4 adalah :

$$BEP = \frac{Rp481.000}{Rp375000 - Rp3.456} = 1,29 \approx 1 \text{ hari}$$

Berdasarkan perhitungan nilai BEP adalah 1 hari, maka sistem pendingin peltier memungkinkan untuk diterapkan jika ditinjau dari nilai BEP karena waktu untuk balik modal komponen sangat singkat.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem pendingin peltier atau TEC yang dirancang mampu mendinginkan suhu ruang insulasi sebesar 5,1 C dan 5,3 C untuk suhu ikan dengan total penggunaan energi listrik sebesar 3768,12 Wh/hari atau 3,768 kWh/hari.
2. Sistem pendingin peltier memiliki keunggulan dari segi berat jika dibandingkan dengan pendingin menggunakan es balok. Perbandingan berat muatan dengan jenis sistem pendingin untuk peltier adalah 1 : 0,18. Sedangkan untuk es balok adalah 1 : 1.
3. Biaya operasional yang dikeluarkan untuk sistem pendingin peltier selama penggunaan 15 jam sebesar Rp3.456 dibandingkan Rp.3000 untuk pendingin es balok. Durasi penggunaan 15 jam mengikuti durasi es balok dapat mempertahankan suhu dibawah 10 C didalam palka ikan. Durasi tersebut juga menandakan rata-rata durasi nelayan melaut dalam sehari jika menggunakan perbandingan muatan ikan dengan es balok 1 : 1.
4. Nilai BEP sistem pendingin peltier dapat tercapai dalam waktu 1 hari.

#### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan parameter pengujian yang lebih lengkap, sehingga kondisi ikan pada ruang insulasi dapat diketahui secara lebih akurat. Karena pada penelitian ini pengujian hanya sebatas pada suhu ruang insulasi dan suhu ikan tanpa memperhitungkan faktor lainnya.
2. Teknologi peltier atau TEC perlu dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan kemampuan kerja yang lebih baik dengan pemakaian energi listrik yang lebih sedikit.
3. Desain rancangan dan pemilihan material peti insulasi perlu di optimalkan sehingga proses perpindahan kalor dari lingkungan ke dalam ruang insulasi dapat dicegah lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad Fikri Aziz Adnan, “ANALISA KEBUTUHAN ES BALOK PADA KAPAL IKAN DI WILAYAH KARRANGSONG INDRAMAYU, JAWA BARAT,” pp. 1–110, 2017.
- [2] Prawirohardjo, “Perancangan dan Simulasi containerized block ice plant,” pp. 1–15, 2015.
- [3] N. Suryanto *et al.*, “PENGUJIAN THERMOELECTRIC GENERATOR ( TEG ) DENGAN SUMBER KALOR ELECTRIC HEATER 60 VOLT MENGGUNAKAN AIR PENDINGIN PADA Jom FTEKNIK Volume 4 No . 2 Oktober 2017 Jom FTEKNIK Volume 4 No . 2 Oktober 2017,” vol. 4, no. 2, pp. 3–7, 2017.
- [4] J. Delly, M. Hasbi, and I. fitra Alkhoiron, “Studi Penggunaan Modul Thermoelektrik Sebagai Sistem Pendingin Portable,” *ENTHALPY – J. Ilm. Mhs. Tek. Mesin*, 2016.
- [5] T. N. Widiyanto, “Desain alat transportasi ikan segar berpendingin untuk pedagang ikan keliling tri nugroho widianto,” 2013.
- [6] F. Pepayosa, “Rancang Bangun Kotak Pendingin Peltier Penyimpanan Buah dan Sayur dengan Sumber Tenaga Surya,” 2018.
- [7] U. Riau, “Portable Thermoelectric Cooler Box Performance with Variation of Input Power and Cooling Load,” vol. 7, no. August, pp. 85–92, 2018.
- [8] R. Pramoda, “KAJIAN HUKUM KEBIJAKAN UKURAN KAPAL A Legal Study on Vessel Size Policy Within The Definition of Small Scale Fisher,” no. 7, pp. 143–156, 2019.
- [9] M. M. VI, K. I. Gt, M. M. VI, B. A. B. Ii, and B. Kapal, “Spesifikasi Teknis ( Mina Maritim 3 VL - Linggi,” no. Tipe 2.
- [10] T. Apriliani and A. H. Purnomo, “Komparasi Aspek Teknis Dan Finansial Sistem Pendinginan Ikan Untuk Kapal Pengangkut,” *J. Penelit. Perikan. Indones.*, vol. 11, no. 3, p. 79, 2017.

## LAMPIRAN

Komponen	Kuantitas	Satuan	Harga Perunit	Jumlah
Peltier TEC1-12706	2	pcs	Rp60.000	Rp120.000
Heatsink prosessor AMD A8-3870K	2	pcs	Rp60.000	Rp120.000
Heatsink Extruded 10 sirip	2	pcs	Rp20.000	Rp40.000
Thermostat Digital Professional W1209	1	pcs	Rp52.000	Rp52.000
Energi Meter Digital	1	pcs	Rp62.000	Rp62.000
Kotak Stereofom	1	pcs	Rp28.000	Rp28.000
Plat Alumunium	1	pcs	Rp30.000	Rp30.000
Kipas Pendingin B	3	pcs	Rp7.000	Rp21.000
Kabel	2	meter	Rp4.000	Rp8.000
Total				Rp481.000

Rincian Biaya Perancangan Sistem Pendingin Peltier atau TEC

Thermonamic Module

High Performance and Highly Reliable Solution  
for Cooling and Heating Applications

### Specification of Thermoelectric Module

**TEC1-12706**

#### Description

The 127 couples, 40 mm × 40 mm size single stage module is made of selected high performance ingot to achieve superior cooling performance and greater delta T up to 70 °C, designed for superior cooling and heating up to 100 °C requirement. If higher operation or processing temperature is required, please specify, we can design and manufacture the custom made module according to your special requirements.

#### Features

- High effective cooling and efficiency.
- No moving parts, no noise, and solid-state
- Compact structure, small in size, light in weight
- Environmental friendly, RoHS compliant
- Precise temperature control
- Exceptionally reliable in quality, high performance

#### Application

- Food and beverage service refrigerator
- Portable cooler box for cars
- Liquid cooling
- Temperature stabilizer
- Photonic and medical systems

#### Performance Specification Sheet

Th(°C)	27	50	Hot side temperature at environment: dry air, N <sub>2</sub>
DT <sub>max</sub> (°C)	70	79	Temperature Difference between cold and hot side of the module when cooling capacity is zero at cold side
U <sub>max</sub> (Voltage)	16.0	17.2	Voltage applied to the module at DT <sub>max</sub>
I <sub>max</sub> (amps)	6.1	6.1	DC current through the modules at DT <sub>max</sub>
Q <sub>Cmax</sub> (Watts)	61.4	66.7	Cooling capacity at cold side of the module under DT=0 °C
AC resistance(ohms)	2.0	2.2	The module resistance is tested under AC
Tolerance (%)	± 10		For thermal and electricity parameters

Data Sheet Peltier TEC1-12706