

## Analisis Ekonomis Sistem Pendingin Kapal Ikan Katinting Berbasis Energi Surya

Azzahrawaani<sup>1</sup>, Surya Hariyanto<sup>1,\*</sup>, Syerly Klara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

\*Email: suryahariyanto@unhas.ac.id

---

### Abstrak

Di antara sekian banyak sumber energi terbarukan, pemanfaatan energi surya melalui sel surya merupakan energi alternatif yang berpotensi penerapannya paling besar di Indonesia. Untuk mengoptimalkan hal ini, rencana desain sistem pendingin kapal nelayan bertenaga surya dibuat dan dianalisis nilai teknis dan ekonominya menggunakan perangkat lunak HOMER. Sistem pengoperasian mesin pendingin kapal nelayan pada penelitian ini menggunakan komponen, kompresor, dan kondensor yang mengubah bentuk refrigeran yang disuplai dengan refrigeran jenis R134a pada proses pendinginannya. Nilai beban produk sebesar 0,0843 kJ/s. Usulan sistem pengoperasian kapal nelayan dengan panel surya menghasilkan daya operasi kompresor sebesar 0,77 kW. Kapasitas sistem untuk mendinginkan produk diketahui dengan nilai beban panas sebesar 0,084 kW dari evaporator dan nilai beban panas sebesar 0,091 kW dari kondensor. Hasil analisis menunjukkan, untuk menentukan baterai, nilainya adalah 0,204 kW, nilai *solar charge controller* adalah 0,240 kW, dan nilai inverter adalah 0,840 kW. Maka dipilihlah panel surya dengan jenis polikristalin 220 Wp. Hasil simulasi HOMER dan optimasi desain yang dilakukan menunjukkan bahwa PV yang digunakan sebanyak 2 lembar dengan masing – masing 110 WP, sehingga penelitian ini menggunakan sistem yang terdiri dari 1 unit baterai, 1 unit inverter dan 1 solar charger, dengan total biaya untuk *Net Present Cost* (NPC) sebesar Rp 63.922.174,00 dengan *Cost Of Energy* (COE) sebesar Rp 4.786/kWh.

### Abstract

**Economic Analysis of Solar Powered Cooling System for Katinting Fishing Boats.** Among the numerous renewable energy sources, the utilization of solar energy through solar cells is the alternative energy with the most potential for application in Indonesia. To optimize this, a design plan for a solar-powered cooling system for fishing boats was created and analyzed for its technical and economic value using HOMER software. The operation system of the fishing boat's cooling machine in this study employs components, compressors, and condensers that convert the form of supplied refrigerant with R134a refrigerant type in its cooling process. The product load value is 0.0843 kJ/s. The proposed operation system for the fishing boat with solar panels produces a compressor operating power of 0.77 kW. The system capacity to cool the product is determined by the heat load values of 0.084 kW from the evaporator and 0.091 kW from the condenser. The analysis results indicate that to determine the battery, the value is 0.204 kW, the solar charge controller value is 0.240 kW, and the inverter value is 0.840 kW. Hence, polycrystalline solar panels with a capacity of 220 Wp are selected. The HOMER simulation results and design optimization conducted show that PVs used are 2 sheets with 110 WP each, thus this research employs a system consisting of 1 battery unit, 1 inverter, and 1 solar charger, with a total Net Present Cost (NPC) of Rp 63.922.174,00 and Cost Of Energy (COE) of Rp 4.786/kWh.

**Kata Kunci:** Solar cells; cooling sistem; HOMER

---

### 1. Pendahuluan

Dengan wilayah laut yang sangat luas, Indonesia mempunyai kekayaan sumber daya kelautan yang melimpah dalam sektor perikanan dan energi. Kedua sumber daya ini belum dimanfaatkan secara maksimal untuk kesejahteraan penduduk terutama nelayan Indonesia. Sumber daya di kedua sektor ini dapat digunakan untuk menopang satu sama lain guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat Indonesia di daerah pesisir. Sumber energi terbarukan

seperti matahari, angin, energi panas, dan lain – lainnya yang tidak ada habisnya. Pengelolaan sumber energi yang sangat diperlukan adalah menyediakan energi berupa energi tenaga listrik dengan biaya seminimal mungkin dan dampak alam yang sekecil mungkin [1], [2]. Salah satu pengelolaannya yaitu menggunakan teknologi panel surya yang digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga surya. Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia

karena sebagai negara tropis dan Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Dengan memanfaatkan energi surya yang dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan panel surya untuk sistem pendingin pada penyimpanan hasil tangkap nelayan.

Kapal perikanan digunakan untuk menangkap atau mengumpulkan sumber daya laut, serta untuk riset, pelatihan, dan inspeksi sumber daya perairan. Beragam sistem pendinginan muatan, mulai dari penggunaan es balok hingga sistem pendinginan modern, digunakan untuk menjaga mutu ikan selama penangkapan dan transportasi [3]–[5]. Pemilik kapal sering menggunakan penyimpanan dengan kayu berlapis styrofoam, namun pencairan es yang cepat menjadi masalah. Oleh karena itu, diperlukan sistem pendingin yang optimal dan ramah lingkungan, seperti freezer berbasis energi surya yang mudah diterapkan pada perahu nelayan. Penurunan mutu ikan setelah kematian dapat dihambat dengan suhu rendah yang memperlambat proses biokimia, seperti autolysis, dan mengurangi aktivitas enzim serta bakteri pembusuk.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Kapal Katinting

Kapal ikan jenis ini adalah kapal yang digunakan untuk kegiatan penangkap ikan di perairan laut atau sungai. Kapal ini dirancang khusus dengan fasilitas dan peralatan yang diperlukan untuk membantu proses penangkapan ikan, seperti jarring, pancing, alat tangkap lainnya, serta sistem penyimpanan dan pengawetan ikan.

Kapal Katinting jenis ini merupakan kapal penangkap ikan dimana menurut Undang-Undang RI No. 31 tahun 2004 tentang perikanan adalah kapal, atau alat apung lainnya yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian atau eksplorasi perikanan.

### 2.2. Panel surya

Panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang disusun sedemikian rupa sehingga didapatkan output sesuai dengan yang diinginkan. Dari kumpulan sel surya ini dapat dikonversi cahaya matahari menjadi listrik arus searah. Dengan menambahkan baterai yang dihubungkan dengan panel surya, maka daya hasil konversi cahaya matahari menjadi listrik dapat disimpan sebagai cadangan energi listrik.

### 2.3. Kinerja mesin refrigerasi kompresi

Untuk mengetahui besar beban pada mesin pendingin, dimana sistem siklus pendingin memelurkan kerja pada masing – masing komponen seperti kondensor, kompresor, evaporator, dan katup ekspansi.

1. Usaha pendinginan refrigrasi atau efek refrigerasi

$$W = h_1 - h_4 (\text{kJ/kg})$$

2. Laju aliran pendingin Refrigerant

$$\dot{m} = (Q \text{ total beban pendingin})/w$$

3. Kerja Kompresi

$$W_{comp} = \dot{m} (h_2 - h_1) (\text{kJ/s})$$

4. Kerja Kondensor

$$Q_{con} = \dot{m} (h_2 - h_3) (\text{kJ/s})$$

5. Kerja Evaporator

$$Q_{ev} = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

6. Koefisien Prestasi (*Coefficient of Performance*)

Unjuk kerja (COP) adalah besarnya energi yang berguna, yaitu efek refrigerasi dibagi dengan kerja yang diperlukan sistem ( kerja kompresi).

$$COP = Q_{ev}/W_{comp}$$

### 2.4. Software HOMER

HOMER adalah singkatan dari *the Hybrid Optimisation Model For Electric Renewables*, salah satu software populer untuk desain sistem PLTH menggunakan energi terbarukan. Software HOMER merupakan sebuah perangkat lunak yang dikembangkan oleh The National Renewable Energy Laboratory (NREL), Amerika Serikat. Software HOMER adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk operasi model sistem pembangkit listrik skala kecil (micropower), perangkat lunak ini mempermudah evaluasi desain sistem pembangkit listrik untuk berbagai jenis pembangkit listrik skala kecil baik yang tersambung ke jaringan listrik atau pun tidak.

## 3. Metode Penelitian

Mengidentifikasi masalah, dalam hal ini penulis mengambil objek Kapal Kantinting di galangan Taiyo Marineng, Makassar. Hasil identifikasi objek kontruksi palka belum dilengkapi dengan sistem insulin palka. Juga dilakukan studi lapangan untuk memperoleh data terkait jenis muatan kapal dengan tipe yang sama. Setelah itu dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk pembuatan model kapal

menggunakan aplikasi *Software Autocad* untuk 2 dimensi dan model untuk 3 dimensi menggunakan *Software Sketchup*. Data yang dikumpulkan seperti data utama kapal, material kapal, ukuran palka, trayek pelayaran, data ikan yang menjadi target penangkapan.

Data kapal diambil dengan melakukan pengukuran langsung .

Tabel 1. Data utama kapal

|                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| Tipe Kapal      | Katinting          |
| LOA             | 8,25 m             |
| B               | 0,73 m             |
| T               | 0,51 m             |
| H               | 0,55 m             |
| Mesin           | Honda GX270, 9 PK  |
| Lama Berlayar   | 8 Jam              |
| Kecepatan kapal | 8,96 Knot          |
| Alat Tangkap    | Jaring dan pancing |



Gambar 1. Kapal Katinting



Gambar 2. Ruang palka ikan

Dimensi palka yang diperoleh dari pengukuran langsung :

Tabel 2. Dimensi palka

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| Bentuk  | Mengikuti bentuk lambung |
| Panjang | 0,95 m                   |
| Lebar   | 0,63 m                   |
| Tinggi  | 0,454 m                  |

Data spesifikasi hasil tangkap disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi hasil tangkapan (Ikan Cepa/Kuwe)

|                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| Kingdom             | Animalia               |
| Filum               | Chordata               |
| Kelas               | Actinopterygii         |
| Ordo                | Perciformes            |
| Famili              | Carangidae             |
| Genus               | Caranx                 |
| Spesies             | Caranx Ignobilis       |
| Suhu Habitat        | 28 -30 °C              |
| Suhu awal           | 28 °C                  |
| Panas Spesifik      | 0,9 kkal/kg/°C         |
| Panjang sampel Ikan | 15 cm                  |
| Berat sampel Ikan   | 0,2 kg                 |
| Volume sampel Ikan  | 0,00032 m <sup>3</sup> |

Data beban panas ruang palka dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Dimensi palka

|              |        |
|--------------|--------|
| Beban Kalor  | Q (kW) |
| Transmisi    | 0,0509 |
| Infiltrasi   | 0,0253 |
| Produk       | 0,0080 |
| Q Total (kW) | 0,0843 |

#### 4. Hasil dan Pembahasan

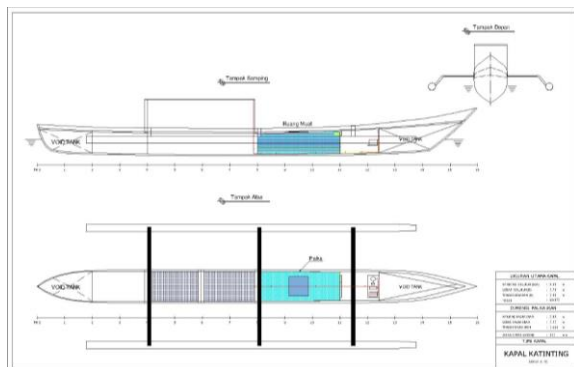
##### 4.1. Perhitungan kerja sistem refrigerasi kompresi

Tabel 5 menunjukkan jumlah daya yang diperoleh dari semua komponen yang digunakan sebesar 0,181 kW. Dengan kebutuhan energi yang di dapatkan tersebut digunakan untuk menentukan daya panel surya, inverter, kapasitas baterai dan solar battery charger dimana panel surya sebesar 220 Wp, inverter sebesar 22,62 Watt/Jam, kapasitas baterai sebesar 131,9 AH, dan solar battery charger sebesar 12,28 A.

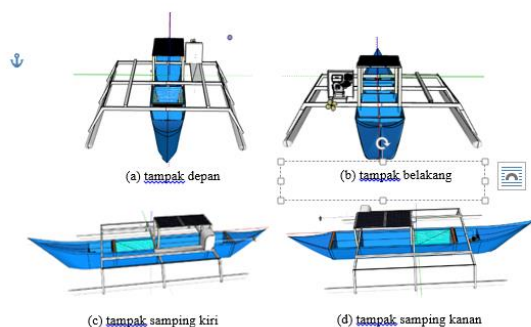
Tabel 5. Total Kebutuhan Energi untuk menghitung daya panel surya

|            |           |
|------------|-----------|
| Komponen   | Daya (kW) |
| Kompresor  | 0,007     |
| Kondensor  | 0,091     |
| Evaporator | 0,084     |
| Total (kW) | 0,181     |

Setelah menghitung daya yang dibutuhkan oleh sistem pendingin kapal ikan katinting berbasis energi surya, selanjutnya dilakuka pembuatan desain sistem pendingin menggunakan *Software Sketchup* untuk 3 dimensi dan *software Autocad* untuk desain 2 dimensi.



Gambar 1. Desain 2D menggunakan AUTOCAD



Gambar 2. Desain 3D menggunakan software Sketchup

#### 4.2. Analisis ekonomis

Analisis ekonomis ini dilakukan untuk menentukan suatu proyek apakah layak atau tidak ditinjau dari sisi keuangan dengan menggunakan periode 5 tahun berdasarkan umur pakai komponen yang digunakan. Berikut perhitungan untuk analisis ekonomis menggunakan pada penelitian ini :

Tabel 6. Biaya operasional pembangkit listrik tenaga surya selama 5 tahun

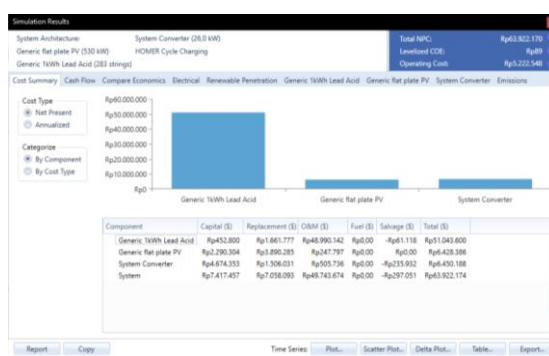
| Parameter                   | Nilai            |
|-----------------------------|------------------|
| Net Present Cost            | Rp 63.922.174,00 |
| Cost of Energy              | Rp 89.500,00     |
| Produksi Energi (kWh/Tahun) | 1.091,100        |
| Renewable Fraction          | 100%             |

Tabel 6 menunjukkan nilai ekonomi pembangkit listrik tenaga surya dengan parameter *Net Present Cost* (total biaya perawatan dan operasional) dengan total sebesar Rp 63.922.174,00 dengan *Cost of Energi* (biaya pengeluaran per kWh) dengan biaya Rp 89.500,00 dengan produksi energi pertahunnya sebesar 1.091,100 kWh/tahun dan nilai *renewable fraction* (persentase dari total energi yang diproduksi atau digunakan yang berasal dari sumber energi terbarukan) sebesar 100%.

Tabel 7. Data total *annualized cost* dan produksi listrik tahunan

| Parameter                   | Nilai           |
|-----------------------------|-----------------|
| Produksi Energi (kWh/Tahun) | 1.091,100       |
| Operating Cost              | Rp 5.222.548,00 |

Tabel 7 menunjukkan total energi listrik yang dikonsumsi dalam satu tahun. Penggunaan energi listrik dari beban listrik yang disuplai adalah 1.091.100 kWh/tahun. *Cost Of Energy* dari konfigurasi ini yaitu sebesar Rp 89.500,00. Dan untuk menentukan daya total biaya tahunan yang digunakan adalah dengan membagi *operating cost* dengan produksi energi sehingga didapatlah sebesar Rp 4.786/kWh.



Gambar 5. Biaya Operasional Software Homer

Tabel 8. Modal awal

| Modal Awal  | Harga (Rp)   |
|-------------|--------------|
| Panel Surya | 2.290.304,00 |
| Aki/Baterai | 452.800,00   |
| Inverter    | 4.674.353,00 |
| Total       | 7.417.457,00 |

Tabel 8 merupakan modal awal pembelian komponen sistem pendingin pada palka ikan, yang dimana komponennya adalah panel surya, aki/battery dan inverter dengan biaya sebesar Rp 7.417.457,00.

a. Keuntungan nelayan menggunakan panel surya  
Setelah mengetahui biaya investasi awal selanjutnya dapat menghitung berat muatan palka ikan, berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{Berat muatan palka} &= \text{Volume palka} \times \text{Stowage factor} \\ &= 0,13139 \text{ m}^3 / 1.6 \text{ m}^3/\text{ton} \\ &= 0,082119 \text{ ton} \approx 82,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kemudian, dari berat muatan ikan yang diperoleh, kita dapat menghitung jumlah keuntungan nelayan yang diperoleh dalam jangka waktu satu kali beroperasi, berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan} &= \text{harga ikan} \times \text{berat muatan} \\ \text{Keuntungan} &= \text{Rp } 60.000 \times 82,12 \text{ kg} \\ \text{Keuntungan} &= \text{Rp } 4.927.200,00 \end{aligned}$$

Jadi, keuntungan hasil tangkap dari penjualan yang diperoleh nelayan selama satu kali beroperasi yaitu sebesar Rp 4.927.200,00.

- b. Payback periode ( Periode Pengembalian Modal)  
Perhitungan payback periode digunakan untuk mengetahui terhadap jangka waktu (periode) pengembalian investasi suatu proyek atau bisnis.

Berikut perhitungan payback periode :

$$\begin{aligned} PP &= \frac{\text{Rp } 7.417.457,00}{\text{Rp } 4.927.200,00} \\ PP &= 1,48 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan payback periode, jadi waktu pengembalian modal adalah =  $1,48 \times 12 = 17,87$  atau 1 tahun 5 bulan.

- c. Biaya penggunaan es balok

Untuk menghitung biaya yang di perlukan dalam sistem pendingin menggunakan es balok maka, berdasarkan Irianto dan Soesilo, perbandingan es dan ikan yang ideal untuk penyimpanan dingin dengan es adalah 1 : 1. Oleh karena itu harus diketahui terlebih dahulu volume ruang palka. Volume Ruang palka dengan material insulasi polyurethane diperoleh dengan menggunakan software Ansys yaitu 0.13139 m<sup>3</sup>. Dari volume palka dan stowage factor muatan pada perhitungan sebelumnya, dapat dihitung berat muatan palka dengan rumus berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Berat muatan palka} &= \text{Volume palka} \times \text{Stowage factor} \\ &= 0,13139 \text{ m}^3 / 1.6 \text{ m}^3/\text{ton} \\ &= 0,082119 \text{ ton} \approx 82,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, agar dapat memenuhi syarat ideal untuk perbandingan ikan dan es, maka berat muatan ikan dan es harus sama. Sehingga berat muatan ikan dan es balok masing - masing adalah 41,6 kg.

Setelah mengetahui berat muatan es yang akan digunakan, selanjutnya dapat menghitung biaya operasional dalam satu hari berlayar dengan estimasi harga es balok adalah Rp 3.000,00 per kg berikut adalah perhitungannya

$$\text{Biaya es balok} = \text{Berat muatan es (kg)} \times \text{harga es balok (Rp)}$$

$$\text{Biaya es balok ( 1 hari berlayar)} = 41,6 \times 3.000,00$$

$$\text{Biaya es balok ( 1 hari berlayar)} = \text{Rp } 123.180,00$$

Setelah mendapatkan biaya es balok perhari sebesar Rp 123.180,00, maka selanjutnya untuk mengetahui biaya es balok dalam waktu 5 tahun adalah sebagai berikut:

$$\text{Biaya es balok} = \text{Rp } 123.180,00 \times 1825$$

$$\text{Biaya es balok} = \text{Rp } 224.803.500,00$$

Jadi biaya yang diperlukan untuk pembelian es balok selama jangka waktu 5 tahun sebesar Rp 224.803.500,00

Setelah mendapatkan biaya es balok yang digunakan untuk sistem pendingin pada palka dalam jangka waktu 5 tahun, maka dapat dibandingkan biaya yang dibutuhkan antara sistem pendingin yang menggunakan photovoltaic dengan es balok

$$\text{Selisih biaya} = \text{biaya es balok} - \text{biaya photovoltaic}$$

$$\text{Selisih biaya} = \text{Rp } 224.803.500,00 - \text{Rp } 63.922.174,00$$

$$\text{Selisih biaya} = \text{Rp } 160.881.326,00$$

Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, biaya yang penggunaan photovoltaic jauh lebih murah dengan selisih Rp 160.881.326,00, dimana dalam jangka waktu 5 tahun.

Tabel 9. Perbandingan palka menggunakan panel surya dan es balok

| No | Variabel | Panel Surya      | Es Balok          |
|----|----------|------------------|-------------------|
| 1  | Harga    | Rp 63.922.174,00 | Rp 224.804.500,00 |
| 2  | Muatan   | 82,12 kg         | 41,6 kg           |

## 5. Kesimpulan

Untuk desain yang dirancang untuk kapal Katinting dengan menggunakan *refrigerant* tipe R134A, nilai beban total yang diterapkan sebesar 0,0843 kJ/s. Menghitung sistem operasi kapal ikan yang direncanakan, daya operasi kompresor adalah 0,77 kW. Kapasitas sistem untuk mendinginkan produk diketahui dengan nilai beban panas sebesar 0,084 kW dari evaporator dan 0,091 kW dari kondensor. Pada perhitungan daya untuk menentukan baterai diperoleh nilai sebesar 0,204 kW, nilai solar charge controller sebesar 0,240 kW, dan nilai inverter sebesar 0,840 kW. Maka dipilihlah panel surya dengan jenis polikristalin 220Wp.

Berdasarkan analisis ekonomi perencanaan penerapan sistem pendingin kapal ikan berbasis panel surya melibatkan perhitungan *capital cost*, *replacement cost*, *operational & maintenance cost*, *fuel cost*, dan *salvage cost*. Dengan menggunakan software HOMER didapatkan estimasi total biaya untuk *Net Present Cost* sebesar Rp 63.922.174,00 selama 5 tahun beroperasi, dengan *Cost Of Energy* sebesar Rp 4.786 /kWh untuk sistem pendingin berbasis panel surya.

## Referensi

- [1] F. Mahmuddin, S. Klara, M. B. Selamat, and Rahmatullah, "Penerapan Teknologi Pendingin Ikan Berbasis Energi Surya pada Masyarakat Nelayan di Desa Turungan Kecamatan Mattiro Sompe Kabupaten Pinrang," *J. Ris. Teknol. Terap. Kemaritiman*, vol. 1, no. 2, pp. 59–64, 2022, doi: 10.25042/jrt2k.122022.09.
- [2] I. Setiono, "Akumulator, Pemakaian dan Perawatannya," *METANA*, vol. 11, no. 01, pp. 31–36, 2015, doi: 10.14710/metana.v11i01.12579.
- [3] Zulkifli, Baharuddin, A. H. Sitepu, and M. Farid, "Desain Sistem Refrigerated Sea Water (RSW) pada Kapal Ikan Pelat Datar 10 GT," *J. Penelit. Enj.*, vol. 23, no. 1, pp. 39–44, 2019, doi: 10.25042/jpe.052019.06.
- [4] Razali and Stephan, "Perencanaan Sistem Pendingin Palka Ikan Menggunakan Tenaga Surya," *INOVTEK Polbeng*, vol. 4, no. 2, pp. 98–105, 2014, doi: 10.35314/ip.v4i2.104.
- [5] Kiryanto and H. Supriyanto, "Analisa Teknis dan Ekonomis Perencanaan Sistem Pendingin Ruang Palkah Ikan dengan Sistem Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran R22 (Monokloro Difluoro Metana)," *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 8, no. 1, pp. 6–15, 2012, doi: 10.14710/kpl.v8i1.1695.