

Prototipe Sistem Pendingin (*Cooler*) Ikan Berbasis Energi Surya (*Photovoltaic*) pada Kapal Nelayan

Faisal Mahmuddin^{1,*}, Andi Bukti Djufrie², Haidil Adha², Muhammad Amri², Rachmatan², Juarni¹, Syerly Klara¹, Surya Hariyanto¹, Balqis Shintarahayu¹

¹Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jalan Poros Malino km. 6 Bontomarannu, Gowa, Indonesia

²Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah, Pemerintah Kota Makassar, Makassar, Indonesia

*Email: f.mahmuddin@unhas.ac.id

Abstrak

Ketergantungan nelayan terhadap bahan bakar fosil untuk operasional kapal dan sistem pendinginan hasil tangkapan masih menjadi permasalahan utama, baik dari sisi biaya maupun dampak lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sebuah prototipe sistem pendingin (*cooler*) ikan yang dapat digunakan para nelayan agar ikan hasil tangkapan tetap segar sampai didarat. Sistem pendingin ikan yang dirancang menggunakan energi surya (*photovoltaic*) sebagai sumber daya. Metode penelitian meliputi perancangan sistem *photovoltaic* yang terdiri dari panel surya, solar charge controller, baterai, dan inverter, serta perancangan sistem pendingin menggunakan siklus refrigerasi kompresi uap. Pengujian performa dilakukan dengan pengukuran penurunan suhu dalam boks pendingin setiap 30 menit hingga 150 menit pengoperasian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menurunkan suhu dari 20 °C hingga mencapai -5 °C. Analisis performa sistem menghasilkan nilai Coefficient of Performance (COP) sebesar 5,17 yang menunjukkan bahwa sistem pendingin memiliki efisiensi yang baik. Dengan demikian, prototipe sistem pendingin ikan berbasis energi surya ini berpotensi menjadi solusi alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis untuk menjaga kesegaran ikan hasil tangkapan nelayan selama operasional penangkapan.

Abstract

Prototype of a Fish Cooling System (*Cooler*) Based on Solar Energy (*Photovoltaic*) on Fishing Vessels. The dependence of fishermen on fossil fuels for vessel operations and fish preservation systems remains a major issue, both in terms of cost and environmental impact. This study aims to develop a prototype of a fish cooling system that can be used by fishermen to maintain the freshness of the catch until landing. The proposed fish cooling system utilizes solar energy (*photovoltaic*) as its power source. The research method involves the design of a *photovoltaic* system consisting of solar panels, a solar charge controller, batteries, and an inverter, as well as the design of a cooling system using a vapor compression refrigeration cycle. Performance testing was carried out by measuring the temperature reduction inside the cooling box at 30-minute intervals over 150 minutes of operation. The test results show that the system can reduce the temperature from 20 °C to -5 °C. Performance analysis indicates that the system achieves a Coefficient of Performance (COP) value of 5.17, demonstrating good cooling efficiency. Therefore, the solar energy-based fish cooling system prototype has the potential to serve as an environmentally friendly and cost-effective alternative for preserving the freshness of fishermen's catches during fishing operations.

Keywords: Energi surya; photovoltaic; sistem pendingin; cooler; kapal nelayan

1. Pendahuluan

Konsumsi yang berlebihan dan ketergantungan pada sumber bahan bakar fosil akan menimbulkan kelangkaan dikarenakan pembentukannya yang membutuhkan waktu yang sangat lama. Penggunaan bahan bakar fosil juga merupakan salah satu penyebab global warming dan hujan asam akibat emisi gas yang dihasilkan dan dibuang ke lingkungan [1], [2].

Semakin menurunnya cadangan sumber bahan bakar fosil sebagai bahan bakar pembangkit listrik serta konsumsi yang terus meningkat membuat para ahli memikirkan dan mencari sumber-sumber energi alternatif serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Oleh karena itu, pada saat ini berbagai riset telah dilakukan di berbagai negara untuk mengurangi emisi gas buang dengan menghemat

penggunaan bahan bakar fosil, salah satu diantaranya adalah pemanfaatan energi matahari dengan menggunakan sistem photovoltaic atau panel surya [3].

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Disebut surya atau matahari karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaik, photovoltaik dapat diartikan sebagai "cahaya-listrik". Sel surya atau sel photovoltaik bergantung pada efek photovoltaik untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan [4], [5].

Sel surya merupakan salah sumber energi yang dapat dikembangkan di Indonesia dikarenakan letak geografis Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa, sehingga wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10-12 jam dalam sehari. Potensi sumber energi matahari di Indonesia mencapai rata-rata 4,5 kWh per meter persegi per hari, matahari bersinar berkisar 2000 jam per tahun, sehingga Indonesia tergolong kaya sumber energi matahari [6].

Salah satu bidang yang dapat memanfaatkan energi surya adalah pada system pendingin kapal nelayan. Sistem pendingin pada kapal nelayan tradisional masih cenderung konvensional yang mengakibatkan kondisi ikan hasil tangkapan nelayan harus segera dibawa ke daratan. Maka perlunya sebuah sistem pendingin yang optimal dan juga rama terhadap lingkungan. Sistem pendingin (cooler) menjadi salah satu opsi yang dapat digunakan, adapun sumber energy yang dapat digunakan untuk pengoperasiannya adalah dengan menggunakan photovoltaic. Selain penggunaan dan pengaplikasian photovoltaic yang cenderung lebih mudah dibandingkan energy terbarukan yang lain, photovoltaik sangat memungkinkan diterapkan pada perahu nelayan.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem pendingin (cooler) ikan pada kapal nelayan yang dapat digunakan untuk mendinginkan ikan hasil tangkapan para nelayan agar kualitas dan mutu ikan ketika berada di lautan sampai dibawah ketempat penjualan ikan dalam keadaan segar, sehingga harga yang ditawarkan lebih tinggi untuk hasil tangkapan yang masih segar.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan perancangan dan pengujian prototipe. Fokus penelitian adalah pembuatan dan evaluasi kinerja sistem pendingin ikan (cooler/freezer) berbasis energi surya (photovoltaic) yang diaplikasikan pada kapal nelayan.

Adapun data kapal yang menjadi acuan adalah sebuah kapal nelayan dengan nama EV. Kalina (Gambar 1) dengan data seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data kapal

Nama Kapal	Kapal Nelayan EV. Kalina
Type	Kapal Nelayan
Material	Fiberglass
LOA	7,73 m
LBP	6,9 m
LWL	6,7 m
B	1,37 m
H	0,6 m
T	0,17 m



Gambar 1. EV. KALINA

2.1. Rangkaian Panel Surya

1. Panel surya berfungsi sebagai pengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Listrik tenaga matahari dibangkitkan oleh komponen panel surya yang besarnya sekitar 10 - 15 cm persegi (Gambar 2). Spesifikasi panel surya yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Merk : GSE Solar Panel
- Type : SP250-P60
- Maximum Power (Pmax) : 250W
- Open-circuit voltage (Voc): 37.86V
- Short-circuit current (Isc) : 8.86A
- Voltage at Pmax (Vmp) : 30.36V
- Current Pmax (Imp) : 8.24A
- Maximum system voltage : 1000V



Gambar 2. Solar Panel

2. Battery berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh modul surya sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. Daya yang tidak digunakan dengan segera dipergunakan untuk mengisi battery. Spesifikasi battery (Gambar 3) yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu:

- Merk : GS-Maintenance Free
- Type : NS40
- Capacity : 12V-32Ah



Gambar 3. Battery

3. Inverter merupakan alat pengubah arus searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC). Spesifikasi inverter (Gambar 4) yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Merk : SOOER POWER INVERTER
- DC input : 12V
- AC output : 230V
- Power : 1000W



Gambar 4. Inverter

4. Controller merupakan komponen yang sangat penting. Charger controller adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur pengisian arus searah (DC) dari panel surya ke battery dan mengatur penyaluran arus listrik dari battery ke peralatan elektronik (beban). Spesifikasi charge controller (Gambar 5) yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Merk : MIKACHI
- Type : PTD1220
- Charge current : 20A
- Batt Voltage : 12V / 24V USB



Gambar 5. Charge Controller

Tabel 2. Data ketebalan bahan kotak pendingin

Bahan	Ketebalan
Fiber	0.5 cm
Polyurethane	1.5 cm
Gabus	1.0 cm

2.2. Komponen Sistem Pendingin

1. Kompresor berfungsi memompa bahan pendingin ke seluruh bagian yang ada dalam sistem pendingin. Bahan pendingin yang dimaksud adalah gas refrigerant. Spesifikasi kompresor (Gambar 6) yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Merk : Kulthorn
- Type : C-QN65L6C
- Voltase: 220-230V
- Power : 0.0919 kW



Gambar 6. Kompresor

2. Kondensator adalah alat yang berfungsi sebagai penukar kalor yang menurunkan temperatur refrigerant dari yang awalnya gas menjadi cair. Bagian ini terdiri dari coil dan fan. Kondensator yang digunakan adalah kondensator tipe U, dengan jumlah U = 6. Bahan untuk pipa yaitu besi dan untuk siripnya menggunakan bahan baja.

3. Filter mempunyai fungsi membersihkan bahan pengering dan menyaring benda-benda asing termasuk uap air dari sirkulasi refrigerant. Filter yang digunakan berbahan dasar tembaga dengan diameter 2 cm. Pipa kapiler berfungsi untuk menurunkan tekanan, merubah bentuk dari gas, menjadi bentuk cair, dan mengatur cairan refrigerant. Dan bahan untuk pipa kapiler adalah tembaga dengan diameter 0.028 inci.

4. Evaporator punya fungsi mengubah cairan pendingin tersebut kembali menjadi gas agar dapat dihembuskan kedalam kotak pendingin. Bahan untuk plat evaporator adalah aluminium dan bahan untuk pipa evaporator adalah tembaga.

5. Thermostat ini berfungsi untuk mengontrol suhu apabila terjadi pembekuan fan evaporator. Spesifikasi thermostat (Gambar 7) yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Merk : Thermostat
- Type : ATB-R132
- AC output : 125V/250V
- Range : +10 ~ -18°C



Gambar 7. Thermostat



Gambar 9. Sistem Pendingin

6. Refrigerant sendiri merupakan zat yang sangat mudah diubah bentuknya dari gas menjadi cair ataupun sebaliknya. Spesifikasi refrigerant (Gambar 8) yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Merk : Daikin
- Type : R134a



Gambar 8. Refrigerator

Tabel 3. Ukuran sistem pendingin

Spesifikasi	Nilai
Panjang	0,88 m
Lebar	0,55 m
Tinggi	0,39 m

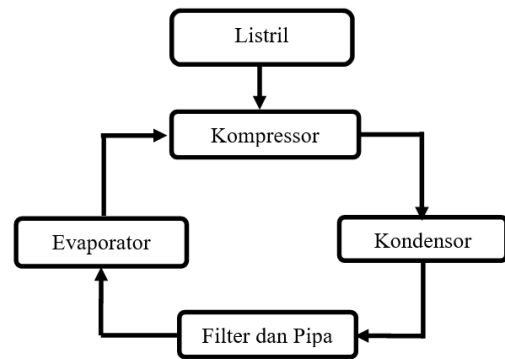
2.3. Bahan Pembuatan Kotak Pendingin

1. Resin adalah zat kimiawi yang bersifat kental, cenderung transparan, tidak larut dalam air, mudah terbakar dan akan mengeras dengan cepat.
2. Talk adalah mineral yang memiliki kekerasan 1 skala Mohs, menjadikannya sebagai mineral paling lembut.
3. Serat adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh.
4. Katalis yaitu suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tetapi tidak mengalami perubahan dan pengurangan jumlah.
5. Polyurethane adalah campuran dua jenis bahan kimia (Isocyanate dan Polyon) yang diaduk secara bersama-sama, sehingga terjadi reaksi dan membentuk foam. Polyurethan digunakan untuk meredam suhu dingin yang akan keluar.
6. Styrofoam/stereofom ini digunakan sebagai lapisan terdalam pada kotak pendingin.

Adapun kotak pendingin yang telah selesai dibuat dapat dilihat pada Gambar 9.

2.4. Sistem Kerja Rangkaian

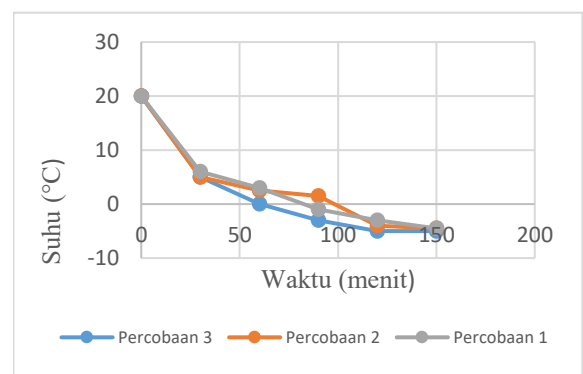
Alur kerja sistem pendingin diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Alur Kerja Sistem Pendingin

Alur kerja sistemnya adalah sebagai berikut:

- 1) Aliran listrik berasal dari panel surya
- 2) Dari aliran listrik ini yang dapat menggerakkan komponen utama pada sistem pendingin yaitu kompresor.
- 3) Dari kompresor ini udara atau fluida gas ditekan atau dimampatkan dan masuk kedalam kondensor.
- 4) Pada bagian kondensor berfungsi untuk menukar panas dalam proses perubahan gas freon menjadi wujud cair.
- 5) Filter dan pipa kapiler berfungsi untuk menyaring kotoran sebelum masuk ke evaporator.
- 6) Selanjutnya evaporator bertujuan untuk menyerap panas dari benda yang masuk kedalam sistem pendingin kemudian kembali ke kompresor.



Gambar 11. Perubahan suhu terhadap waktu

3. Pembahasan

Data dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diplot ke dalam bentuk grafik yang ditampilkan pada Gambar 11. Gambar 11 menunjukkan grafik perubahan suhu di dalam kotak pendingin terhadap waktu pengoperasian untuk tiga kali percobaan. Secara umum, seluruh percobaan memperlihatkan pola penurunan suhu yang relatif serupa, yang mengindikasikan kestabilan dan konsistensi kinerja sistem pendingin yang dirancang.

Pada kondisi awal (menit ke-0), suhu di dalam kotak pendingin pada ketiga percobaan berada pada nilai yang sama, yaitu sekitar 20 °C. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi awal pengujian dilakukan secara seragam. Setelah 30 menit pengoperasian, suhu pada ketiga percobaan mengalami penurunan yang signifikan hingga berada pada kisaran 5–6 °C. Penurunan suhu yang tajam pada periode awal ini menunjukkan bahwa sistem pendingin mampu menyerap panas dengan cepat pada tahap awal kerja, ketika perbedaan temperatur antara ruang pendingin dan lingkungan masih cukup besar.

Pada menit ke-60, suhu terus mengalami penurunan, namun dengan laju yang lebih kecil dibandingkan fase awal. Nilai suhu yang tercatat berada pada kisaran 0 °C hingga 3 °C. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem pendingin mulai mendekati titik beku dan laju perpindahan panas mulai menurun seiring dengan berkurangnya perbedaan temperatur antara ruang pendingin dan refrigeran.

Selanjutnya, pada menit ke-90, sebagian besar hasil percobaan menunjukkan suhu telah berada di sekitar atau di bawah titik beku, dengan nilai berkisar antara -3 °C hingga 1,5 °C. Hal ini menandakan bahwa proses pendinginan telah memasuki fase lanjutan, di mana panas laten mulai banyak diserap, terutama ketika suhu mendekati kondisi beku.

Pada menit ke-120, seluruh percobaan menunjukkan suhu di bawah 0 °C, dengan nilai suhu terendah mencapai -5 °C. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem pendingin telah mampu mencapai temperatur yang sesuai untuk menjaga kesegaran ikan dengan menghambat aktivitas mikroorganisme dan proses pembusukan. Pada menit ke-150, suhu cenderung stabil dengan nilai berkisar antara -4,5 °C hingga -5 °C, yang menunjukkan bahwa sistem telah mencapai kondisi mendekati tunak.

Perbedaan nilai suhu antar percobaan yang relatif kecil menunjukkan bahwa sistem pendingin bekerja secara konsisten. Variasi kecil yang terjadi dapat disebabkan oleh faktor seperti distribusi suhu di dalam kotak pendingin, kondisi lingkungan sekitar saat pengujian, serta respon kerja thermostat dalam mengatur siklus hidup dan mati kompresor. Secara keseluruhan, hasil pengujian pada Gambar 11 memperlihatkan bahwa sistem pendingin ikan berbasis

energi surya yang dirancang mampu menurunkan dan mempertahankan suhu rendah secara efektif selama periode pengujian.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan merealisasikan sebuah prototipe awal sebuah sistem pendingin ikan berbasis energi surya (photovoltaic) yang diaplikasikan pada kapal nelayan. Sistem yang dibangun terdiri atas rangkaian photovoltaic, yaitu panel surya, solar charge controller, baterai, dan inverter sebagai sumber daya listrik, serta sistem pendingin yang menggunakan siklus refrigerasi kompresi uap dengan komponen utama berupa kompresor, kondensor, pipa kapiler, evaporator, thermostat, dan refrigeran R134a.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pendingin mampu menurunkan suhu di dalam kotak pendingin dari 20 °C hingga mencapai -5 °C dalam waktu pengoperasian selama 150 menit. Penurunan suhu yang terjadi secara bertahap menunjukkan bahwa sistem pendingin berbasis energi surya ini dapat bekerja dengan baik dalam menjaga temperatur rendah di dalam kotak pendingin. Dengan demikian, prototipe sistem pendingin ikan berbasis energi surya ini berpotensi digunakan sebagai solusi alternatif yang ramah lingkungan untuk menjaga kesegaran ikan hasil tangkapan nelayan selama proses penangkapan hingga pendaratan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (Balitbangda) Pemerintah Kota Makassar atas dukungan serta bantuan pembiayaan dana yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dan diselesaikan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Referensi

- [1] M. B. A. Aswar, "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Panel Surya (Photovoltaic) dan Generator pada Floting Platform," Universitas Hasanuddin, 2018.
- [2] H. Hasan, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi," *J. Ris. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 10, no. 2, pp. 169–180, 2012.
- [3] D. P. Putri, E. S. Koenhardono, and I. R. Kusuma, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (Sel Surya dan Diesel Generator) Pada Kapal Tanker," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. B394–B399, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.19318.
- [4] V. Quaschnig, *Understanding Renewable Energy Systems*, 1st ed. London: Earthscan Publications Ltd., 2005.
- [5] M. Rif'an, S. H. Pramono, M. Shidiq, R. Yuwono, H. Suyono, and F. Suhartati, "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya," *J. EECCIS (Electrical Eng. Comput. Sci. Informatics Journal)*, vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012.
- [6] Satwiko, "Uji Karakteristik Sel Surya Pada Sistem 24 Volt DC Sebagai Catudaya pada Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid," Universitas Negeri Jakarta, 2012.