

Rancang Bangun Sistem Pendingin (Freezer) Penyimpanan Ikan Menggunakan Energi Surya (Photovoltaic) Pada Kapal Nelayan

A. Muh. Noerkhasyiin H¹, Farhan Jaya^{2*}, Firman³, Nur Rahmah⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

*E-Mail korespondensi: farhanjaya260701@gmail.com

Abstract: The utilization of renewable energy that is currently receiving great attention due to the abundant availability of raw materials and is being highlighted by various countries is the utilization of energy from solar energy. Solar energy is a source of energy produced from abundant solar radiation and will not run out. Because solar energy can be accessed in almost all locations, this energy can be utilized, stored, and converted into electrical energy using available technology. One technology that utilizes solar energy to be converted into electrical energy is solar panels. This study aims to design and develop a fish storage system that uses solar energy as the main resource. This study began with the design and assembly of each component of the PLTS and cooling system. Data collection was carried out by testing the assembled cooling system. Furthermore, the data that has been obtained was analyzed to determine the Coefficient of Performance (COP). Based on this study, the maximum Coefficient of Performance (COP) value of the cooling system tested was 1.1, with a COP range observed between 0.95 and 1.1. Testing was carried out under various operational conditions to evaluate system performance and find optimal conditions.

Keywords: Solar Panel, Cooling system, Renewable Energy

Abstrak: Pemanfaatan energi terbarukan yang saat ini menjadi perhatian besar karena ketersediaan bahan bakunya yang melimpah dan menjadi sorotan berbagai negara adalah pemanfaatan energi dari surya. Energi surya adalah sumber energi yang dihasilkan dari radiasi matahari yang melimpah dan tidak akan habis. Karena energi surya dapat diakses di hampir semua lokasi, energi ini dapat dimanfaatkan, disimpan, dan diubah menjadi energi listrik menggunakan teknologi yang sudah tersedia. Salah satu teknologi yang memanfaatkan energi dari surya untuk dikonversi menjadi energi listrik adalah panel surya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem penyimpanan ikan yang menggunakan energi surya sebagai sumber daya utama. Penelitian ini diawali dengan perancangan dan perakitan setiap komponen PLTS dan sistem pendingin. Pengumpulan data dilakukan dengan pengujian sistem pendingin yang telah dirakit. Selanjutnya data yang telah diperoleh dianalisis untuk mengetahui Coefficient of Performance (COP). Berdasarkan penelitian ini, nilai Coefficient of Performance (COP) maksimum dari sistem pendingin yang diuji adalah 0,173, dengan rentang COP yang diobservasi antara 0.83 hingga 0,173. Pengujian dilakukan pada berbagai kondisi operasional untuk mengevaluasi kinerja sistem dan menemukan kondisi optimal.

Kata kunci : Panel Surya, Sistem Pendingin, Energi Terbarukan

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di berbagai sektor kehidupan semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan kemajuan teknologi. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama menimbulkan berbagai permasalahan seperti keterbatasan cadangan, fluktuasi harga minyak dunia, serta dampak lingkungan berupa emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pemanasan global [1]. Oleh karena itu, pengembangan dan pemanfaatan energi terbarukan menjadi langkah strategis untuk mendukung keberlanjutan energi dan mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil.

Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar, terutama energi surya, karena letaknya yang berada di garis khatulistiwa [2]. Potensi energi matahari di Indonesia mencapai rata-rata 4,5–5,5 kWh/m² per hari dengan waktu penyinaran sekitar 10–12 jam setiap hari, menjadikannya salah satu negara dengan sumber energi surya paling melimpah di dunia [3]. Energi surya dapat dimanfaatkan dengan menggunakan teknologi photovoltaic (PV), yaitu sistem konversi langsung radiasi matahari

menjadi energi listrik [4]. Teknologi PV dinilai ramah lingkungan, mudah diimplementasikan, dan dapat diadaptasi pada berbagai skala aplikasi, mulai dari rumah tangga hingga industri [5].

Dalam sektor perikanan, khususnya bagi nelayan kecil di daerah pesisir dan pulau-pulau terpencil, ketersediaan listrik masih menjadi kendala utama dalam menjaga kualitas hasil tangkapan. Banyak nelayan yang masih harus segera menjual ikan setelah menangkapnya karena keterbatasan fasilitas pendinginan di kapal [6]. Akibatnya, mutu ikan menurun sebelum sampai ke konsumen, sehingga nilai ekonominya berkurang. Untuk mengatasi permasalahan ini, penggunaan sistem pendingin yang memanfaatkan energi surya menjadi solusi alternatif yang potensial dan ramah lingkungan [7].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan sistem pendingin berbasis energi surya dapat meningkatkan efisiensi penyimpanan hasil tangkapan maupun hasil pertanian. Kumara [2] mengkaji penerapan sistem PV skala rumah tangga di wilayah urban dan menemukan bahwa teknologi ini memiliki potensi besar untuk aplikasi mandiri di wilayah dengan akses listrik terbatas. Lande [7] meneliti performa inverter dalam sistem fotovoltaik dan menegaskan pentingnya kestabilan daya dalam sistem pendingin. Noor et al. [8] merancang sistem pendingin tenaga surya untuk penyimpanan hasil panen dan mencatat efisiensi sistem mencapai 85% pada kondisi radiasi optimum. Sementara itu, Ismail et al. [9] mengembangkan sistem freezer bertenaga surya untuk kapal nelayan kecil di Malaysia dan menemukan bahwa sistem hybrid PV-baterai mampu menjaga suhu -2°C selama 8 jam operasi. Studi serupa oleh Kadir [5] juga memperlihatkan bahwa integrasi PLTS dengan sistem pendingin menghasilkan performa termal yang stabil dan hemat energi.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut, penelitian ini difokuskan pada rancang bangun sistem pendingin (freezer) penyimpanan ikan pada kapal nelayan menggunakan energi surya. Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) merancang dan merealisasikan sistem pendingin ikan berbasis tenaga surya yang efisien dan ramah lingkungan, serta (2) menguji performanya melalui analisis Coefficient of Performance (COP) sebagai indikator efisiensi sistem. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis bagi nelayan kecil di wilayah terpencil serta berkontribusi terhadap pengembangan teknologi energi terbarukan di sektor perikanan berkelanjutan [10].

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pembuatan dan pengujian alat dilakukan di Laboratorium Energi Terbarukan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang dan untuk penerapan alat dilaksanakan di Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah Panel surya 150 Wp (2 buah), Baterai 12 Volt 200 A, Box Panel, Solar Charge Controller (SCC), Inverter 1000 watt (PSW), Kompresor 1/4 PK, Kondensor U12, Filter, Evaporator U12, Thermostat, Refirgerant R134A, Kwh meter digital, Tang amper, Termometer gun, Luxmeter, Bahan yang digunakan adalah Ikan, Seperangkat kabel, Akrilik, Besi L.

C. Tahap Perancangan

Tahap awal perancangan sistem adalah membuat rencana sederhana, dengan ini dilakukan agar sistem bisa bekerja dengan baik efisien. Pada tahap ini, beberapa langkah penting perlu dilakukan

- Menentukan dalam pemilihan komponen seperti panel surya, baterai, sistem pendingin, dan box penyimpanan ikan yang sesuai dengan kebutuhan.
- Perhitungan kapasitas energi yang diperlukan untuk menjaga suhu penyimpanan ikan dilakukan berdasarkan kebutuhan harian dan kondisi cuaca.
- Pemilihan jenis ikan yang akan disimpan dalam box pendingin sangat penting untuk menentukan suhu yang sesuai.
- Pastikan pipa kapiler tidak mengalami kebocoran pada saat pengujian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Perancangan

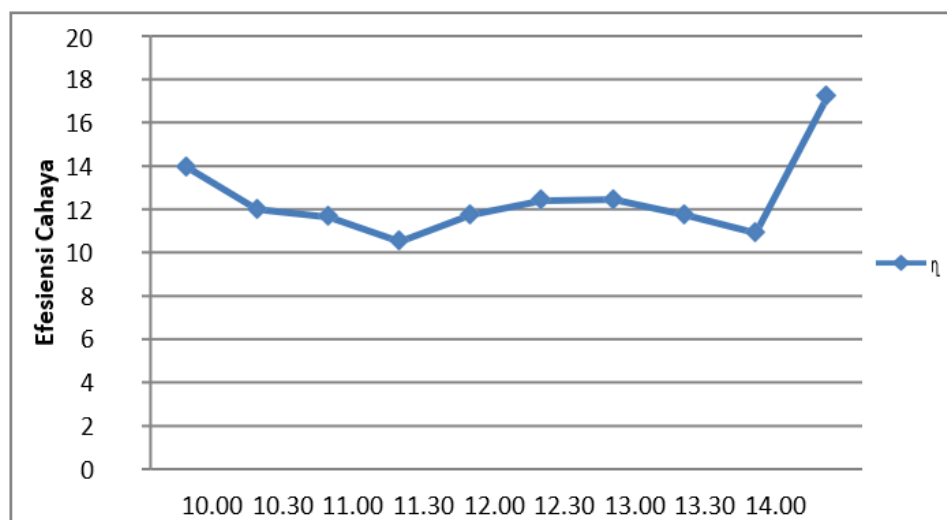
Setelah merangkai berbagai komponen yang telah disiapkan, mulai dari perakitan PLTS hingga pemasangan komponen sistem pendingin pada box penyimpanan ikan, proses perakitan berjalan sesuai dengan desain yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Hasil rancang bangun box pendingin ikan menggunakan PLTS

b. Analisis dan Pembahasan Hasil Pengujian

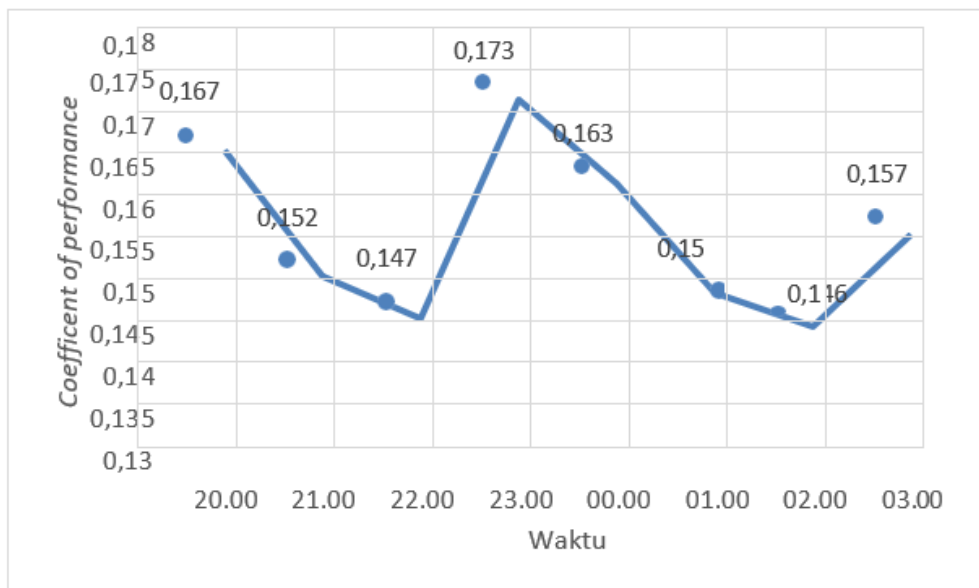
Hubungan Waktu aktual terhadap efesiensi matahari



Gambar 2. Grafik Hubungan waktu aktual dengan efesiensi cahaya matahari

Dari gambar 2 dapat diketahui bahwa efesiensi matahari berfluktuasi sepanjang hari. Nilai tertinggi adalah 17,21 pada pukul 14:30 dan nilai terendah yaitu 10,55 terjadi pada pukul 11:30. Secara umum grafik mengalami kenaikan hingga mencapai puncak tengah hari kemudian setelah itu terjadi penurunan. Penurunan ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor termasuk perubahan sudut matahari dan penurunan intensitas cahaya disebabkan oleh cuaca.

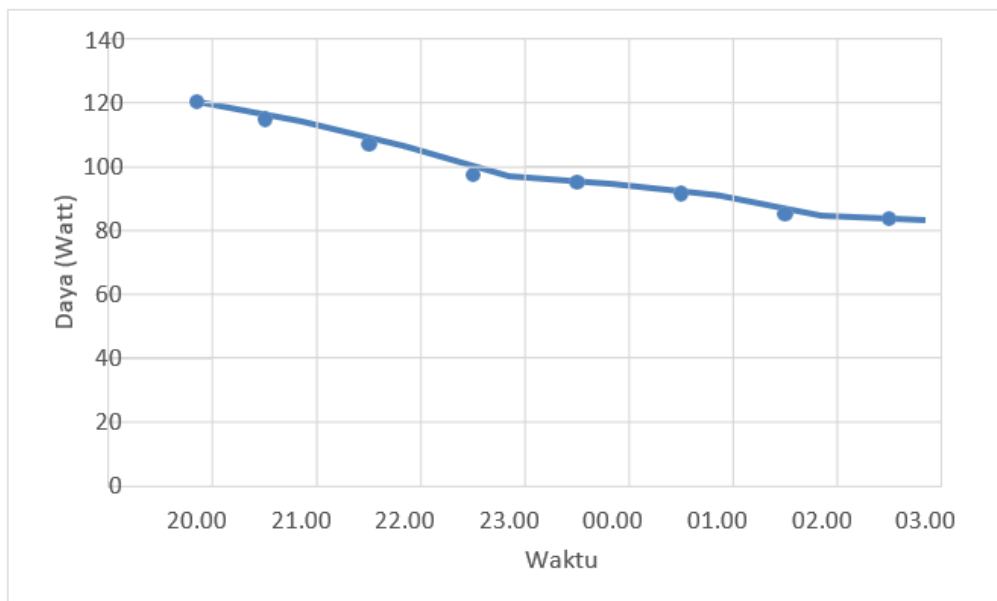
Hubungan waktu dengan Coefficient of performance



Gambar 3. Hubungan waktu dengan *Coefficient of performance*

Dari gambar 3 menunjukkan hubungan kerja kompresor dengan *Coefficient of performance* pada hari pertama. COP mengalami fluktuatif yang dimana nilai tertinggi 0,173 pada pukul 23:00 dan nilai terendah 0,146 pada pukul 02:00. Secara umum grafik menunjukkan fluktuatif pada kedua variabel secara berbanding terbalik.

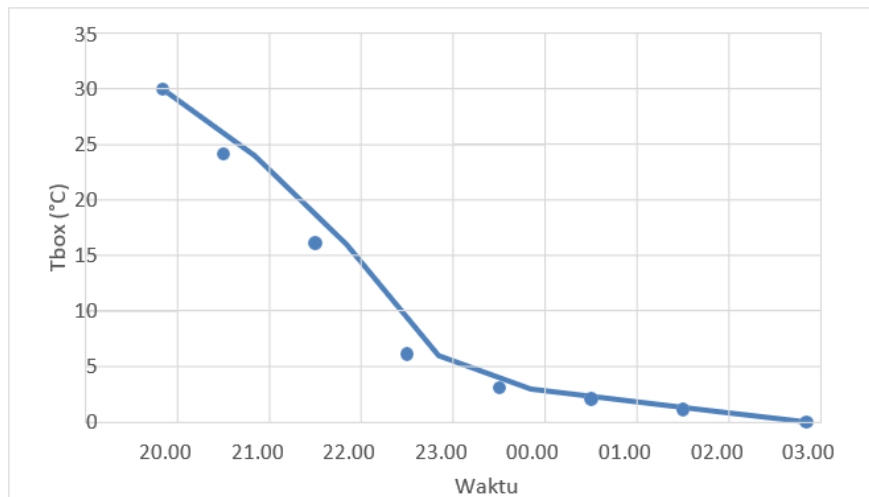
Hubungan Waktu dengan Daya Input Kompresor



Gambar 4. Hubungan Waktu dengan Daya Input Kompresor

Dari gambar 4 menunjukkan hubungan daya input kompresor (Watt) dengan waktu. Garis daya kompresor pada grafik mengalami penurunan secara konsisten dimana nilai tertinggi yaitu 120,4 Watt terjadi pada pukul 12.00 dan nilai terendah 83,25 Watt terjadi pada pukul 03.00. Ini menunjukkan bahwa kompresor membutuhkan lebih banyak energi saat awal beroperasi, Sementara itu, jika semakin lama kompresor beroperasi maka kebutuhan energi menurun karena temperatur lebih rendah.

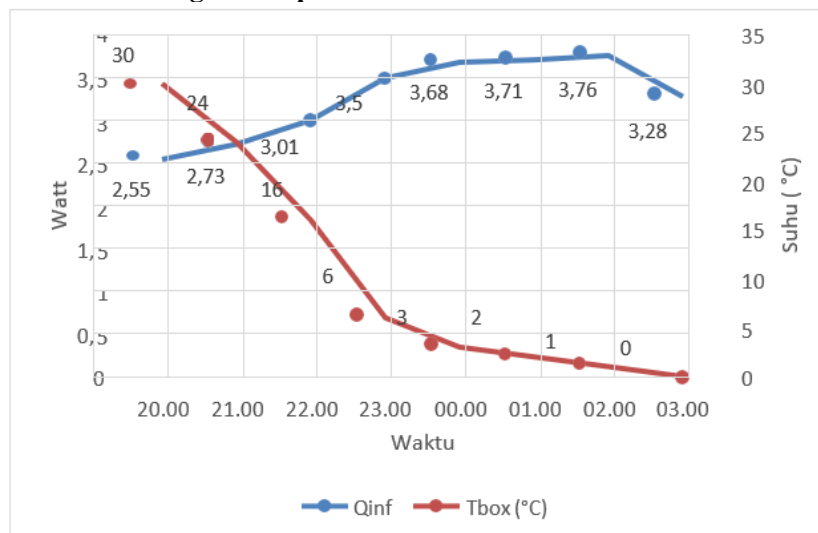
Hubungan Waktu dengan Temperatur Box



Gambar 5. Hubungan Waktu dengan Temperatur Box

Dari gambar 5 menunjukkan hubungan Temperatur Box (°C) dengan waktu. Garis daya kompresor pada grafik mengalami penurunan secara konsisten dimana nilaitertinggi yaitu 30 °C terjadi pada pukul 20.00 dan nilai terendah 0 °C terjadi pada pukul 03.00. Penurunan suhu ini menunjukkan bahwa sistem pendinginan pada box tersebut efektif dalam menjaga penurunan temperatur selama beroperasi. Secara umum, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu yang lebih rendah semakin melambat setelah beberapa jam, yang merupakan penyebab box mulai mencapai kestabilan termal di mana laju penurunan suhu menjadi lambat.

Hubungan kalor infiltrasi dengan Temperatur box



Gambar 6. Hubungan Kalor Infiltrasi dengan Temperatur Box

Dari gambar 6 menunjukkan hubungan kalor infiltrasi (Watt) dengan temperatur box pada garis bewarna biru untuk kalor infiltrasi mengalami kenaikan secara konsisten kemudian mengalami penurunan sekali dimana nilai tertinggi yaitu 3,76 Watt dan nilai terendah 2,55 Watt. Sedangkan garis bewarna merah untuk Temperatur box juga mengalami penurunan yang konsisten dari waktu ke waktu yang dimana nilai tertinggi 30 °C dan nilai terendah 0 °C. Secara umum grafik daya menunjukkan kenaikan secara konsisten kemudian mengalami penurunan sekali sementara grafik suhu mengalami penurunan secara konsisten yang berarti berbandingterbalik pada kedua variabel.

IV. KESIMPULAN

- a. Sistem pendingin yang dirancang dan diproduksi dengan memanfaatkan tenaga surya telah berhasil mengoperasikan peralatan pendingin pada kapal dengan baik. Sistem ini mampu menghasilkan dan menyimpan energi listrik yang cukup untuk menjaga kesegaran ikan selama di laut, terutama bagi nelayan yang berada di daerah dengan akses listrik terbatas. Komponen utama seperti panel surya, solar charge controller, baterai, inverter, dan sistem pendingin telah berfungsi dengan baik yang dapat mencapai suhu 3 °C hingga -1 °C.
- b. Coefficient of Performance (COP) yang dihasilkan dalam penelitian ini enunjukkan fluktuasi yang signifikan, dengan angka tertinggi mencapai 0,173. Meskipun demikian, sistem tetap mampu mendinginkan box berkapasitas 200 L selama 8 jam, yang menunjukkan bahwa sistem masih berfungsi meskipun efisiensinya tergolong sangat rendah. Efisiensi yang rendah ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti masalah pada komponen sistem, kurangnya pemeliharaan, atau kondisi operasi yang tidak optimal. Misalnya, suhu lingkungan yang terlalu tinggi atau beban pendinginan yang melebihi kapasitas sistem dapat mengakibatkan penurunan kinerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Kusnanto, "Optimasi Pengaruh Kecepatan Udara Pendingin pada AC Mobil," Tugas Akhir S-1, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2004.
- [2] N. S. Kumara, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Urban dan Ketersediaannya di Indonesia," Teknologi Elektro, vol. 9, no. 1, pp. 1–7, 2010.
- [3] N. Putri, "Pabrik Panel Surya yang Ada di Indonesia," Janaloka, 2017. [Online]. Available: <https://janaloka.com/pabrik-panel-surya-yangada-diindonesia/>
- [4] T. L. Bergman and A. S. Lavine, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 8th ed. New York: Wiley, 2020.
- [5] M. H. Kadir, "Analisis Pemanfaatan Energi Surya untuk Sistem Pendingin Skala Kecil," Jurnal Energi dan Lingkungan, vol. 11, no. 2, pp. 65–72, 2018.
- [6] E. Kartini, Pengetahuan Kapal Laut dan Muatannya. Yogyakarta: Deepublish, 2013.
- [7] N. M. Lande, "Pengujian Inverter di Laboratorium Pengujian Komponen Sistem Fotovoltaik," Balai Besar Teknologi Konversi Energi (B2TKE-BPPT), 2017.
- [8] M. Noor, A. Rahim, and T. Iskandar, "Solar-Powered Cooling System for Post-Harvest Storage," International Journal of Renewable Energy Research, vol. 9, no. 3, pp. 1121–1129, 2019.
- [9] A. Ismail, M. Y. Othman, and F. Omar, "Design of Solar-Powered Freezer System for Small Fishing Boats," Energy Procedia, vol. 152, pp. 541–547, 2021.
- [10] N. S. Kumara and R. Prasetyo, "Prospect of Renewable Energy Utilization in Indonesia's Coastal Communities," Journal of Applied Energy Research, vol. 15, no. 2, pp. 35–42, 2022.