



P-ISSN: 2716-2656, E-ISSN: 2985-9638

JOURNAL MARINE INSIDE

VOLUME 7, ISSUE 1, JUNE 2025

Web: <https://ejournal.poltekpel-banten.ac.id/index.php/ejmi/>

Inovasi kapal bertenaga panel surya sebagai implementasi energi baru terbarukan dalam transportasi laut

Semuel Palembang, Nursyamsu, Rudi Harun Irwansyah, Alvian Demaz Peramutya, Rahmat Santoso, Amirullah, Ade Taopik Hidayatulloh, Rabbani Ischak

Politeknik Pelayaran Banten

E-mail: *trik.stip.jkt@gmail.com

ABSTRAK

Ketergantungan sektor maritim pada bahan bakar fosil telah berkontribusi signifikan terhadap peningkatan emisi karbon, pencemaran lingkungan laut, dan tingginya biaya operasional kapal. Tantangan ini menuntut inovasi energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan prototipe kapal wisata bertenaga surya sebagai sumber energi utama penggerak. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan, perakitan, pengujian, dan evaluasi kinerja. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapal berbobot 1,3 ton dapat beroperasi dengan kecepatan rata-rata 3,5–4 knot menggunakan enam panel surya berkapasitas 100 WP dan empat baterai 200 Ah, dengan waktu pengisian penuh sekitar 12 jam pada kondisi penyinaran optimal. Temuan ini mengindikasikan bahwa kapal bertenaga surya berpotensi menjadi alternatif transportasi laut yang efisien, ramah lingkungan, serta mendukung penerapan energi terbarukan di sektor maritim.

Kata Kunci: Kapal tenaga surya, energi terbarukan, transportasi laut, emisi karbon.

ABSTRACT

The maritime sector's reliance on fossil fuels has significantly contributed to increased carbon emissions, marine environmental pollution, and high vessel operational costs. These challenges necessitate the development of environmentally friendly and sustainable alternative energy solutions. This study aims to design and implement a solar-powered tourist boat prototype as the primary propulsion energy source. The research employed a Research and Development (R&D) approach, encompassing needs analysis, design, assembly, testing, and performance evaluation stages. The test results indicate that a 1.3-ton vessel can operate at an average speed of 3.5–4 knots using six 100 WP solar panels and four 200 Ah batteries, with a full charging time of approximately 12 hours under optimal sunlight conditions. These findings suggest that solar-powered boats have the potential to serve as an efficient and environmentally friendly alternative for maritime transportation while promoting the adoption of renewable energy in the maritime sector.

Keywords: Solar-powered boat, renewable energy, maritime transportation, carbon emissions.

Tersedia pada: <https://doi.org/10.62391/ejmi.v7i1.137>

Disubmit pada 20/04/2025

Direview pada 28/04/2025

Direvisi pada 05/05/2025



Journal Marine Inside is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan meningkatnya kebutuhan energi di berbagai sektor menghadirkan tantangan besar dalam menjaga keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan. Hingga saat ini, pasokan energi global masih didominasi oleh bahan bakar fosil, yang penggunaannya terus meningkat seiring intensifikasi kegiatan industri dan transportasi, termasuk transportasi laut [1]. Ketergantungan yang tinggi pada bahan bakar fosil tidak hanya memperburuk emisi karbon dan mempercepat pemanasan global, tetapi juga meningkatkan risiko terjadinya krisis energi di masa mendatang [2]. Oleh karena itu, pemanfaatan energi baru dan terbarukan, khususnya energi surya, menjadi salah satu strategi yang menjanjikan untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus memastikan ketersediaan energi yang berkelanjutan.

Indonesia, dengan wilayah perairan yang luas, menjadikan sektor maritim sebagai tulang punggung transportasi nasional. Namun, sebagian besar kapal nelayan dan kapal wisata di Tanah Air masih mengandalkan mesin diesel sebagai sumber tenaga utama. Penggunaan mesin diesel menimbulkan sejumlah permasalahan, seperti pencemaran udara, emisi gas rumah kaca, serta ketergantungan terhadap harga bahan bakar yang cenderung berfluktuasi [3]. Data dari Bisnis.com mencatat bahwa hingga Oktober 2023, harga bahan bakar diesel mengalami kenaikan hingga Rp850 per liter. Kondisi ini menegaskan pentingnya pencarian alternatif sumber energi yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan energi matahari [4].

Politeknik Pelayaran Banten, sebagai institusi pendidikan kedinasan di bawah naungan BPSDM Perhubungan, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, turut berkontribusi dalam mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs) melalui pengembangan riset dan inovasi di bidang kemaritiman. Fokus penelitian ini sejalan dengan beberapa poin SDGs, termasuk penyediaan energi bersih dan terjangkau, pengembangan infrastruktur berkelanjutan, serta pelestarian ekosistem laut. Upaya ini diimplementasikan melalui pengenalan teknologi energi terbarukan di sektor maritim kepada taruna/i pelayaran, baik secara teoritis maupun praktis.

Salah satu bentuk implementasi komitmen tersebut adalah pengembangan kapal tenaga surya sebagai alternatif kapal konvensional berbahan bakar fosil. Kapal jenis ini memiliki keunggulan signifikan, seperti tidak menghasilkan emisi gas buang, sehingga lebih ramah terhadap lingkungan laut dan atmosfer. Energi yang dihasilkan dari panel surya dikonversi menjadi listrik untuk menggerakkan motor kapal, mendukung konsep green energy yang menjadi bagian dari strategi menuju transportasi laut berkelanjutan [5].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan prototipe kapal wisata bertenaga surya sebagai sumber energi penggerak utama. Penelitian ini juga berupaya mengevaluasi efisiensi energi surya terhadap kinerja kapal serta menawarkan solusi inovatif bagi pengembangan transportasi laut yang hemat energi, ramah lingkungan, dan berorientasi pada keberlanjutan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan metode eksperimen. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggabungkan proses inovasi teknologi dengan pengujian empiris untuk menghasilkan produk yang tidak hanya inovatif tetapi juga layak diterapkan di lapangan. Produk yang dikembangkan berupa prototipe kapal wisata bertenaga surya, dengan tujuan utama menguji efektivitasnya sebagai alternatif transportasi laut yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Fokus penelitian diarahkan pada proses perancangan, perakitan, pengujian, dan penyempurnaan prototipe secara berkesinambungan sehingga dapat dicapai kinerja yang optimal dalam berbagai kondisi operasional [6-7].

Tahap awal penelitian dimulai dengan analisis kebutuhan. Analisis ini dilaksanakan melalui studi literatur terhadap artikel ilmiah, laporan teknis, dan publikasi relevan yang membahas penerapan energi terbarukan, khususnya energi surya, pada sektor transportasi laut. Informasi yang diperoleh digunakan untuk merumuskan spesifikasi awal desain kapal. Selanjutnya, dilakukan diskusi dengan pakar di bidang perkapalan guna menentukan besarnya kapasitas daya mesin yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal sesuai dengan bobot dan dimensi yang direncanakan. Perhitungan kebutuhan daya listrik kemudian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem penggerak listrik mampu menghasilkan tenaga yang memadai. Berdasarkan hasil analisis tersebut, ditentukan desain kapal, ukuran dan kapasitas panel surya, serta spesifikasi baterai yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan energi selama pengoperasian.

Setelah rancangan teknis disetujui, penelitian memasuki tahap pengembangan prototipe. Tahap ini meliputi proses perakitan struktur kapal sesuai desain, pemasangan panel surya sebagai sumber energi utama, instalasi baterai untuk penyimpanan energi listrik, dan integrasi sistem permesinan dengan motor listrik penggerak. Seluruh komponen disusun sedemikian rupa untuk memastikan kinerja sistem yang efisien, aman, dan mudah dalam perawatan. Pada tahap ini, perhatian khusus diberikan pada kualitas konstruksi dan penyusunan tata letak komponen agar distribusi beban merata serta meminimalkan kehilangan energi.

Tahap berikutnya adalah pengujian prototipe. Pengujian dilakukan di lingkungan operasional yang menyerupai kondisi nyata untuk mengevaluasi kinerja kapal, termasuk kecepatan, daya tahan, efisiensi energi, dan respons terhadap kondisi cuaca yang berbeda. Uji coba dilakukan secara berulang untuk memperoleh data yang konsisten dan akurat. Apabila ditemukan kelemahan, baik dari segi desain maupun kinerja teknis, dilakukan penyesuaian dan modifikasi pada prototipe. Siklus pengujian dan penyempurnaan ini terus dilakukan hingga kapal mencapai performa yang diharapkan.

Tahap terakhir adalah evaluasi dan validasi. Evaluasi dilakukan secara deskriptif kualitatif berdasarkan hasil uji coba di lapangan. Data yang diperoleh dianalisis untuk menilai kinerja kapal secara menyeluruh, mencakup aspek efisiensi energi, kemampuan manuver, keandalan sistem, dan kenyamanan operasional. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar untuk melakukan penyempurnaan akhir pada desain prototipe. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil uji coba terhadap standar teknis dan kriteria keberhasilan yang telah ditetapkan sejak awal penelitian. Dengan demikian, produk akhir tidak hanya memenuhi kebutuhan fungsional tetapi juga mendukung penerapan teknologi energi terbarukan secara luas di sektor maritim.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan

Hasil analisis kebutuhan kapal, menunjukkan bahwa hambatan kapal menitikberatkan pada perhitungan besarnya *resistant* untuk menentukan tenaga (*power*), bentuk dan jenis dari alat penggerak kapal berupa *propeller* dan bentuk sistem transmisi tenaga yang berupa *powers propeller*, bantalan dan *stern tube*. Perencanaan ini diawali dengan menentukan besarnya tahanan kapal yaitu tahanan kapal akibat dari gerak kapal yang melaju di permukaan air berupa gaya dorong kapal yang dihasilkan oleh putaran *propeller*.

Untuk dapat menghasilkan kecepatan kapal sesuai yang diinginkan, diperlukan gaya dorong untuk melawan tahanan kapal atau pemilihan motor penggerak utama kapal sebagai penghasil gaya dorong yang sesuai dengan kebutuhan kapal. *Type propeller* serta diameter *powers* yang sesuai dan memenuhi syarat, perlu direncanakan agar daya motor penggerak utama dapat menghasilkan daya dorong yang maksimal untuk menghasilkan kecepatan kapal sesuai dengan yang diinginkan. Setelah semua hambatan diketahui, maka dapat diketahui hambatan total (R_t) kapal. Langkah selanjutnya kita bisa menghitung *Effective Horse Power* (EHP), kemudian kita menghitung *Thrust Horse Power* (THP), *Delivery Horse Power* (DHP), dan *Shaft Horse Power* (SHP).

Analisis kebutuhan daya listrik pada kapal dilakukan dengan menjumlahkan daya motor listrik, alat navigasi dan alat lainnya, yaitu sebesar 3,4 Kwh dengan rincian sebagai berikut :

- Motor Listrik, membutuhkan daya sebesar 3 Kwh (3000 Watt/hour);
- Alat Navigasi, membutuhkan daya sebesar 0,15 Kwh (150 Watt/hour);
- Alat lainnya, membutuhkan daya sebesar 0,25 Kwh (250 Watt/hour);

Penentuan ukuran panel surya yang dibutuhkan untuk pemenuhan energi listrik dilakukan terlebih dahulu dengan menganalisis perhitungan solar panel dengan daya maksimum, dimana jumlah panel (6 unit) dikalikan WP atau titik daya maksimum pada panel surya (100 WP) dan dikalikan dengan energi surya dalam ukuran jam (6 jam waktu terik), sehingga daya maksimum solar panel yang dibutuhkan adalah 3600 Wh.

Kapal pada penelitian ini menggunakan baterai 72 Volt dengan kapasitas 200 Ah, sehingga daya listrik (P) yang bisa disimpan adalah besaran arus listrik (200 Ah) dikalikan dengan tegangan listrik (72 Volt), sehingga diperoleh 14400 Watt. Daya tersebut merupakan daya maksimal yang bisa disimpan di dalam baterai. Oleh karena tipe baterai yang digunakan memiliki tipe Baterai VRLA, DoD yang dimiliki pada baterai bertipe VRLA bisa diperkirakan sekitar 50% dari 14400 Watt, maka kapasitas baterai diketahui sebesar 7200 Wh.

Dengan kapasitas baterai sebesar 7200 Wh dan input sel surya sebesar 3600 Wh, maka diperoleh waktu charging baterai sebesar 2 Wh. Sehingga dengan 6 panel surya, maka untuk pengisian daya maksimal dibutuhkan waktu (2 x 6 jam waktu terik), yaitu 12 jam waktu terik. Hasil analisis perhitungan kecepatan, diperoleh hasil bahwa untuk menghitung kecepatan gerak kapal berdasarkan putaran mesin (RPM), diperlukan pertimbangan beberapa variabel, termasuk rasio gigi (gear ratio), ukuran baling-baling (*propeller*), serta faktor efisiensi seperti slip baling-baling. Berikut adalah perhitungan kecepatan kapal (knot):

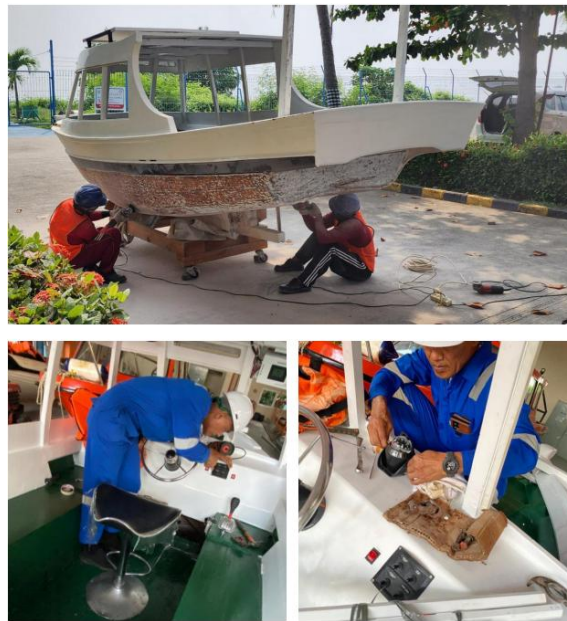
$$V = \frac{RPM \times Pitch \times (1-Slip)}{C} = \frac{7000 \times 1,02 \text{ Meter} (1-Slip)}{1852 \text{ Meter}} = 3,5 \text{ knot} \quad (1)$$

dengan 7000 Rpm pada jarak yang dilalui baling-baling dalam satu putaran sebesar 1,02 meter, pada persentase slip baling-baling sebesar 10%, dan konstanta 1852 meter, maka diperoleh

kecepatan kapal sebesar 3,5 Knot.

Perakitan Kapal

Pekerjaan dimulai dari Lambung Kapal dengan melapisi Rasin sebanyak 4 lapis agar kedap air dan menghindari kebocoran, kemudian dilanjutkan dengan melapisi *Epoxy Non Sag* khusus untuk air laut agar lapisan terlihat halus. Cat Putih Marine untuk lambung kapal dan *Anti Fouling* untuk anti karang pada Lambung Kapal bagian bawah. Selanjutnya, pekerjaan dilanjutkan dengan pembuatanudukan mesin dan setting tempat kemudi serta daun kemudi beserta propeller. Selanjutnya penambahan navigasi kompas, lampu sorot, dan livery kapal.



Gambar 1. Pekerjaan badan kapal (*body*).

Perakitan dan Peletakan (Instalasi) Panel Surya pada Kapal

Pemasangan panel surya Polycrystalline sebanyak 6 unit dilakukan pada bagian atap kapal yang terhubung ke 6 buah baterai sebagai penyimpan daya dengan masing-masing 200 Ah. Panel Surya berfungsi menerima panas cahaya matahari dan mengkonversinya menjadi arus listrik DC, selanjutnya dari panel surya masuk ke *charging indicator* yang berfungsi sebagai alat monitor kapasitas baterai, yang terletak di Cabin Kapal, dan besaran panas yang masuk pada panel Surya.



Gambar 2. Pemasangan panel surya.

Perakitan Permesinan

Pada tahap ini dilakukan pemasangan *propeller* yang disambungkan ke motor dinamo dan pemasangan daun kemudi ditambahkan Sistem Hydrolis yang disambungkan ke Stir Kemudi (*Steering Wheel*). Selain itu ditambah *Gear Box* untuk menambah torsi (daya dorong kapal).



Gambar 3. Perakitan permesinan kapal.

PENGUJIAN KAPAL

Pengujian Stabilitas dan Kedapan Air

Hasil percobaan stabilitas dan kekedapan air menunjukkan stabilitas kapal yang baik dan cat anti fouling berfungsi sempurna tidak ada rembesan air masuk ke dalam di tengah kondisi cuaca yang bergelombang dan berangin. Pengujian mampu menggerakkan kapal, dengan pengetesan dinamo penggerak menunjukkan adanya kebocoran dari tabung/poros baling-baling dikarenakan kurang kedap/pas dan kurang maksimalnya simpangan daun kemudi untuk membelokkan kapal.



Gambar 4. Kendala air masuk melalui seal poros baling-baling.

Pengujian Putaran Mesin/Motor Listrik Dengan Baterai Dan Kemudi Kapal

Hasil pengujian kedua menunjukkan kapal lebih stabil setelah diperbaiki, dimana *seal* *poros* baling-baling sudah tidak ada kebocoran. Pengujian ini juga menunjukkan kecepatan kurang maksimal, sehingga diperlukan *Gear Box* untuk memaksimalkan kecepatan dan dilakukan percobaan dengan mengganti *handle gas*.

Uji Coba Daun Kemudi Rudder Dan Monitoring Perawatan Permesinan

Hasil pengujian ketiga menunjukkan bahwa diperlukan perbaikan pada sistem kemudi untuk meningkatkan performa kapal. Langkah yang diambil, meliputi pelebaran konstruksi daun kemudi guna meningkatkan efisiensi manuver dan kemampuan membelokkan kapal, khususnya pada kondisi gelombang atau arus laut yang lebih kuat. Selain itu, sistem hidrolik kemudi juga diperbaiki dengan cara membuang angin yang terperangkap di dalam sistem hidrolik serta menambahkan oli hidrolik untuk memastikan kelancaran operasi kemudi. Perbaikan ini berhasil meningkatkan responsivitas dan stabilitas kapal selama pengujian di

lapangan.



Gambar 5. Penambahan GearBox.



Gambar 6. Memperlebar daun kemudi.

Kapal inovasi berbasis energi surya telah berhasil diuji coba dalam perjalanan sejauh 8 mil laut dari Politeknik Pelayaran Banten menuju Pulau Lancang. Pengujian ini difokuskan untuk mengevaluasi kinerja sistem tenaga surya dan stabilitas kapal dalam kondisi operasional nyata. Hasil uji coba menunjukkan bahwa kapal mampu mempertahankan kecepatan rata-rata 3,5 sampai 4 knot sepanjang perjalanan, dengan penggunaan energi yang efisien dan tanpa kendala teknis signifikan. Keberhasilan ini menjadi pijakan penting untuk pengembangan lebih lanjut, termasuk penerapan teknologi serupa pada kapal dengan bobot dan rute yang lebih besar, serta pengujian efisiensi sistem dalam berbagai kondisi cuaca dan medan laut.



Gambar 7. Kapal berjalan dengan baik.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan prototipe kapal wisata bertenaga surya sebagai solusi alternatif transportasi laut yang ramah lingkungan dan hemat energi. Berdasarkan hasil pengujian, kapal berbobot 1,3 ton mampu beroperasi pada kecepatan 3,5–4 knot dengan memanfaatkan enam panel surya berkapasitas 100 WP dan empat baterai 200 Ah. Sistem tenaga surya yang digunakan mampu menyediakan kebutuhan daya sebesar 3,4 kWh dengan waktu pengisian penuh sekitar 12 jam pada kondisi penyinaran matahari optimal. Selain efisiensi energi, kapal menunjukkan stabilitas dan kinerja yang baik selama pelayaran uji sejauh 8 mil laut. Temuan ini menunjukkan bahwa kapal bertenaga surya berpotensi menjadi alternatif yang efektif untuk menggantikan penggunaan bahan bakar fosil, sekaligus membuka peluang pengembangan teknologi energi terbarukan di sektor maritim.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji kapal bertenaga surya pada berbagai kondisi cuaca dan perairan guna menilai keandalannya. Penerapan sistem *hybrid* dan optimalisasi desain kemudi serta distribusi beban perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan efisiensi energi. Kolaborasi dengan industri dan pemerintah dapat mempercepat penerapan teknologi ini di sektor perikanan dan pariwisata. Selain itu, pengembangan sistem pemantauan digital direkomendasikan untuk mendukung keselamatan dan efisiensi operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahma, R., Sugiarto, M., & Isya, M. (2025). *Strategi Dekarbonisasi Transportasi: Inventarisasi dan Proyeksi Emisi Udara*. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala (USK) Press.
- [2] Tarumingkeng, R. C. (2024). *Hilirisasi dan Transformasi Ekonomi Indonesia*. Dapat diakses di <https://rudycr.com/ab/Hilirisasi.Kunci.Kemakmuran.Indonesia.pdf> pada 1 Februari 2025.
- [3] Irvana, R. (2020). Optimasi desain kapal ikan monohull menjadi demihull hybrid (diesel–solar PV). [Tesis]. Jakarta: Sekolah Pascasarjana Universitas Darma Persada.
- [4] Meilanova, D. R. (2023, Oktober 2). Naik lagi! Daftar harga BBM Pertamina di seluruh Indonesia Oktober 2023. *Bisnis.com*. dapat diakses di <https://ekonomi.bisnis.com/read/20231002/44/1699882/naik-lagi-daftar-harga-bbm-pertamina-di-seluruh-indonesia-oktober-2023> pada 2 Oktober 2023.
- [5] Pratiwi, S. Y. I., & Pratama, P. (2020). Desain kapal wisata dengan penggunaan panel surya di Labuan Bajo. *SENSISTEK: Riset Sains dan Teknologi*, vol. 3, no. 1, pp. 63–70.
- [6] Kamal, M. (2019). Research and development (R&D). *Al-Afkar: Manajemen Pendidikan Islam*, vol. 7, no. 2, pp. 1–22.
- [7] Siregar, T. (2023). Stages of research and development model research and development (R&D). *DIROSAT: Journal of Education, Social Sciences & Humanities*, vol. 1, no. 4, pp. 142–158.