

Implementasi Sistem Hybrid Surya-Generator Portabel untuk Meningkatkan Produktivitas Hasil tangkap Ikan

Ilmirrizki Imaduddin¹, M. Hasan Basri², Bachtera Indarto³, Dicky Mas'Udi Soleh⁴, Moh. Ifan Efendy⁵, Moh. Husnul Lutfi⁶

Universitas Nurul Jadid^{1,2,4,5,6},
Institut Teknologi Sepuluh Nopember³
{ilmi.eeunuja@gmail.com¹, hasanbasri0455@gmail.com², bachtera@physics.its.ac.id³,
dickymasudisoleh2004@gmail.com⁴, davidsonriese465@gmail.com⁵,
husnullutfi16@gmail.com⁶}

Submission: 2025-12-22

Received: 2026-03-25

Published: 2026-03-30

Keywords: Renewable Energy; Hybrid Inverter; Fishermen; Community Empowerment; Solar Panels.

Abstract. This community service program was conducted to address the limited availability of electrical energy on small-scale fishing boats in coastal areas, which often restricts night fishing activities and reduces catch productivity. The program was implemented at the Fish Landing Site (TPI) in Dusun Pesisir, Sumber Anyar Village, Paiton District, Probolinggo Regency, involving local fishermen as the main partners. The objective of this program was to improve energy efficiency and fishing productivity through the implementation of a hybrid solar power system on small fishing vessels. The implementation method consisted of energy needs assessment, system design, equipment installation, technical training for fishermen, and field mentoring followed by performance evaluation. The installed system includes a 550 Wp solar panel, a 12V 100Ah battery, a 1 kW hybrid inverter, and a 2.2 kW portable generator as a backup power source. The results indicate a significant increase in fishing productivity, where the average catch improved from approximately 18 kg to around 33 kg per trip, representing an increase of about 83%. Fishermen's net income also increased from approximately IDR 525,000 to IDR 1,105,000 per day, or about a 110% improvement. In addition, auxiliary energy consumption became more efficient, with energy cost savings reaching approximately 90% due to reduced dependence on manual battery charging. Overall, the implementation of the hybrid solar power system on small-scale fishing vessels proved effective in improving energy efficiency, fishing productivity, and energy independence for coastal fishing communities.

Katakunci: Energi terbarukan, Inverter Hybrid; Nelayan; Pemberdayaan Masyarakat; Solar Panel.

Abstrak. Program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan untuk menjawab keterbatasan pasokan energi listrik pada kapal nelayan skala kecil di wilayah pesisir, yang selama ini berdampak pada rendahnya durasi aktivitas melaut pada malam hari dan terbatasnya hasil tangkapan. Kegiatan dilaksanakan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Dusun Pesisir, Desa Sumber Anyar, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo dengan melibatkan

nelayan sebagai mitra pengabdian. Tujuan kegiatan ini adalah meningkatkan efisiensi energi dan produktivitas penangkapan ikan melalui penerapan sistem tenaga surya hybrid pada kapal nelayan. Metode pelaksanaan meliputi survei kebutuhan energi, perancangan sistem, instalasi perangkat, pelatihan teknis kepada nelayan, serta pendampingan dan evaluasi kinerja sistem di lapangan. Sistem yang diterapkan terdiri dari panel surya 550 Wp, baterai 12V 100Ah, inverter hybrid 1 kW, serta generator portabel 2.2 kW sebagai sumber cadangan energi. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan produktivitas tangkapan nelayan dari rata-rata sekitar 18 kg menjadi sekitar 33 kg per trip atau meningkat sekitar 83%. Pendapatan bersih nelayan juga meningkat dari sekitar Rp525.000 menjadi Rp1.105.000 per hari atau naik sekitar 110%. Selain itu, penggunaan energi bantu menjadi lebih efisien dengan penghematan biaya energi hingga sekitar 90% karena berkurangnya ketergantungan pada pengisian aki manual. Secara keseluruhan, penerapan sistem solar hybrid pada kapal nelayan skala kecil terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi, produktivitas penangkapan ikan, serta mendukung kemandirian energi masyarakat pesisir.

1 Pendahuluan

Aktivitas penangkapan ikan di wilayah pesisir sangat bergantung pada ketersediaan sumber energi yang memadai. Energi listrik dibutuhkan untuk berbagai keperluan selama melaut, mulai dari penerangan kapal pada malam hari, pengoperasian alat bantu tangkap, hingga penggunaan perangkat navigasi dan komunikasi sederhana. Bagi nelayan tradisional yang menggunakan kapal berukuran kecil, keberadaan sumber energi yang stabil menjadi faktor penting yang dapat mendukung kelancaran aktivitas penangkapan ikan di laut. Ketersediaan sistem energi yang andal pada kapal nelayan juga berperan penting dalam menjaga efektivitas operasional serta keselamatan selama aktivitas penangkapan ikan di laut (Ma'arif et al., 2025; Minak et al., 2023; Wang et al., 2025).

Pada praktiknya, sebagian besar kapal nelayan tradisional di Indonesia masih mengandalkan mesin berbahan bakar solar sebagai penggerak utama, sementara kebutuhan listrik di kapal dipenuhi menggunakan aki konvensional dengan kapasitas terbatas. Sistem kelistrikan seperti ini sering menimbulkan berbagai keterbatasan,

terutama ketika kapal beroperasi pada malam hari. Daya aki yang relatif kecil menyebabkan penerangan kapal tidak selalu stabil, sehingga penggunaan peralatan listrik di atas kapal sering harus dibatasi agar energi tidak cepat habis. Kondisi ini secara tidak langsung mempengaruhi efektivitas aktivitas penangkapan ikan (Ma'arif et al., 2025; Koričan et al., 2023).

Dalam beberapa tahun terakhir, pemanfaatan energi terbarukan mulai banyak dikaji sebagai alternatif solusi untuk meningkatkan efisiensi energi pada sektor maritim. Integrasi sistem energi hybrid yang menggabungkan sumber energi terbarukan dengan sistem penyimpanan energi dinilai mampu menyediakan suplai listrik yang lebih stabil serta mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sistem hybrid berbasis panel surya pada kapal kecil dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi sekaligus mendukung operasional kapal secara lebih berkelanjutan (Lee et al., 2024; Wang et al., 2025). Selain itu, wilayah tropis seperti Indonesia memiliki potensi radiasi matahari yang cukup besar sehingga pemanfaatan energi surya menjadi salah satu opsi yang cukup menjanjikan untuk dikembangkan pada sektor perikanan skala kecil (Kasaeian et al., 2025).

Pemanfaatan energi terbarukan pada sektor pesisir juga memiliki relevansi dengan upaya transisi energi nasional menuju sistem energi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Pengembangan teknologi energi berbasis sumber terbarukan tidak hanya berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, tetapi juga dapat membantu meningkatkan efisiensi operasional serta kesejahteraan masyarakat pesisir yang bergantung pada aktivitas perikanan (Adiansyah et al., 2025; Langer et al., 2021).

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan pada nelayan yang beroperasi di wilayah Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Nelayan di wilayah ini umumnya menggunakan kapal kecil dengan kapasitas sekitar 1-2 GT yang digerakkan oleh mesin berbahan bakar solar. Untuk memenuhi kebutuhan listrik di kapal, nelayan masih menggunakan aki konvensional dengan kapasitas di

bawah 100 Ah sebagai sumber energi untuk penerangan dan beberapa peralatan elektronik sederhana.

Kapasitas aki yang terbatas sering menyebabkan penerangan kapal menjadi kurang stabil, terutama ketika digunakan dalam waktu yang cukup lama saat aktivitas melaut pada malam hari. Kondisi ini membuat sebagian nelayan harus menghemat penggunaan lampu agar daya aki tidak cepat habis. Akibatnya, aktivitas penangkapan ikan pada malam hari tidak dapat dilakukan secara optimal.

Berdasarkan hasil observasi lapangan, rata-rata hasil tangkapan nelayan sebelum penerapan teknologi berada pada kisaran 18 kg per perjalanan melaut, dengan pendapatan bersih sekitar Rp525.000 per hari setelah dikurangi biaya operasional bahan bakar. Selain itu, keterbatasan sumber energi listrik juga menyebabkan durasi operasional melaut pada malam hari menjadi relatif terbatas. Di sisi lain, sebagian besar nelayan di wilayah ini juga masih memiliki keterbatasan pengetahuan terkait pemanfaatan teknologi energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif di kapal.

Melihat kondisi tersebut, diperlukan suatu solusi teknologi yang sederhana, mudah diterapkan, dan sesuai dengan kebutuhan operasional kapal nelayan skala kecil. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah penerapan sistem tenaga surya hybrid, yaitu sistem yang menggabungkan panel surya, baterai penyimpanan energi, serta sumber daya cadangan dalam satu sistem kelistrikan yang terintegrasi.

Keunikan dari kegiatan pengabdian ini terletak pada penerapan sistem solar hybrid inverter berkapasitas 1 kW yang dirancang secara modular untuk kapal nelayan kecil, sehingga dapat dipasang tanpa mengubah sistem penggerak utama kapal yang masih menggunakan mesin diesel. Sistem ini menggabungkan panel surya 550 Wp, baterai penyimpanan energi, inverter hybrid, serta generator portabel sebagai sumber cadangan daya. Selain penerapan teknologi, kegiatan ini juga dilengkapi dengan pelatihan operasional serta pendampingan teknis kepada nelayan agar sistem yang diterapkan dapat dioperasikan dan dirawat secara mandiri.

Melalui kegiatan ini diharapkan sistem tenaga surya hybrid dapat membantu menyediakan sumber energi listrik yang lebih stabil bagi kapal nelayan, meningkatkan durasi operasional melaut pada malam hari, serta berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas dan kesejahteraan nelayan di wilayah pesisir.

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah menerapkan dan mendampingi penggunaan sistem tenaga surya hybrid pada kapal nelayan di wilayah TPI Paiton guna meningkatkan efisiensi energi, mendukung aktivitas penangkapan ikan, serta mendorong kemandirian energi masyarakat pesisir.

2 Metode

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan untuk memberikan solusi terhadap keterbatasan pasokan energi listrik yang dialami oleh nelayan di wilayah Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Paiton, Desa Sumber Anyar, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo. Selama ini nelayan masih mengandalkan aki konvensional dengan kapasitas relatif kecil sebagai sumber penerangan saat melaut pada malam hari. Kapasitas aki yang terbatas sering kali tidak mampu memenuhi kebutuhan energi selama aktivitas penangkapan ikan berlangsung.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, kegiatan ini menerapkan sistem kelistrikan hybrid berbasis energi surya yang dikombinasikan dengan generator portabel sebagai sumber daya cadangan. Sistem ini dirancang agar mampu menyediakan pasokan listrik yang lebih stabil untuk kebutuhan penerangan dan peralatan elektronik di kapal nelayan tanpa mengubah sistem penggerak utama kapal yang masih menggunakan mesin berbahan bakar solar. Adapun tahapan dalam pelaksanaan sebagaimana tabel dibawah ini:

Tabel 1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian

Tahapan Kegiatan	Deskripsi Kegiatan	Indikator
Pendekatan Pelaksanaan	Kegiatan menggunakan partisipatif pendekatan	Tingkat keterlibatan nelayan dan

	dengan melibatkan nelayan dalam survei, perancangan, implementasi, dan pendampingan teknologi.	kemampuan mengoperasikan sistem secara mandiri.
Identifikasi Kebutuhan	Survei lapangan, observasi, dan wawancara untuk mengetahui kondisi kelistrikan kapal, kapasitas aki, serta kebutuhan energi saat melaut.	Kondisi sistem kelistrikan, pola penggunaan energi, dan kebutuhan daya listrik nelayan.
Perancangan Sistem	Perancangan sistem hybrid menggunakan panel surya 550 Wp, baterai 100 Ah, inverter 1 kW, dan generator portabel.	Kesesuaian desain sistem dengan kebutuhan energi dan kesiapan komponen.
Implementasi Teknologi dan Pelatihan	Instalasi sistem pada kapal nelayan serta pelatihan pengoperasian dan perawatan dasar sistem kelistrikan.	Keberhasilan instalasi dan kemampuan nelayan dalam mengoperasikan sistem.
Pendampingan dan Evaluasi	Pemantauan penggunaan sistem selama melaut serta evaluasi kinerja dan pemanfaatan energi.	Stabilitas sistem, efisiensi energi, dan kemandirian nelayan dalam penggunaan teknologi.

Tabel di atas menunjukkan tahapan pelaksanaan kegiatan penerapan sistem tenaga surya hybrid pada kapal nelayan skala kecil yang dilakukan secara sistematis dan partisipatif. Kegiatan diawali dengan pendekatan partisipatif yang melibatkan nelayan secara aktif dalam setiap proses, kemudian dilanjutkan dengan tahap identifikasi kebutuhan melalui survei, observasi, dan wawancara untuk mengetahui kondisi sistem kelistrikan serta kebutuhan energi saat melaut. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, dilakukan perancangan sistem kelistrikan hybrid yang disesuaikan dengan kebutuhan operasional kapal nelayan. Tahap selanjutnya adalah implementasi teknologi melalui instalasi sistem pada kapal nelayan disertai pelatihan teknis mengenai pengoperasian dan perawatan perangkat. Terakhir, dilakukan pendampingan dan evaluasi untuk memantau kinerja sistem, efisiensi

penggunaan energi, serta tingkat kemandirian nelayan dalam memanfaatkan teknologi yang telah diterapkan.

3 Hasil

Pelaksanaan kegiatan Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) dilaksanakan di wilayah Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Dusun Pesisir, Desa Sumber Anyar, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo. Program ini bertujuan meningkatkan efisiensi penggunaan energi serta mendukung produktivitas nelayan melalui penerapan sistem tenaga surya hybrid pada kapal nelayan skala kecil.

Sistem yang diterapkan memiliki kapasitas 1 kW, yang terdiri dari panel surya 550 Wp, baterai 12V 100 Ah, inverter hybrid 1 kW, serta generator portabel 2.2 kW sebagai sumber daya cadangan. Pemilihan kapasitas sistem ini didasarkan pada hasil identifikasi kebutuhan energi listrik di kapal nelayan, yang meliputi kebutuhan penerangan malam hari, pengoperasian peralatan bantu tangkap, serta pengisian perangkat elektronik sederhana. Berdasarkan perhitungan kebutuhan daya tersebut, kapasitas 1 kW dinilai cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik dasar kapal nelayan tanpa membebani ruang dan struktur kapal yang relatif kecil.

Kondisi Sebelum Penerapan Sistem Solar Hybrid

Sebelum sistem hybrid diterapkan, nelayan umumnya menggunakan aki konvensional berkapasitas kecil sebagai sumber listrik bantu di kapal, sementara mesin berbahan bakar solar tetap digunakan sebagai penggerak utama. Aki tersebut digunakan terutama untuk penerangan kapal pada malam hari serta kebutuhan listrik sederhana lainnya. Namun dalam praktiknya, kapasitas aki sering kali tidak mampu menyediakan daya listrik secara stabil selama aktivitas melaut berlangsung.

Kondisi ini menyebabkan lampu penerangan sering mengalami penurunan intensitas cahaya setelah digunakan beberapa jam. Sebagian nelayan bahkan harus membatasi penggunaan lampu agar aki tidak cepat habis. Pada kondisi tersebut, jenis lampu yang digunakan umumnya

berupa lampu LED sederhana dengan sumber daya langsung dari aki kapal.

Selain itu, aki juga harus diisi ulang secara rutin di darat sebelum nelayan kembali melaut. Proses pengisian ini membutuhkan waktu dan sering kali menjadi kendala tersendiri bagi nelayan, terutama ketika frekuensi melaut cukup tinggi.

Metode Pengambilan Data

Untuk mengetahui kondisi operasional nelayan sebelum penerapan teknologi, dilakukan survei lapangan selama satu minggu, yaitu pada 20–26 September 2025. Pengambilan data dilakukan melalui observasi langsung selama aktivitas melaut, serta wawancara dengan nelayan terkait hasil tangkapan, penggunaan energi listrik, dan biaya operasional harian.

Data yang dikumpulkan meliputi jumlah tangkapan ikan per perjalanan melaut, harga jual ikan, pendapatan kotor nelayan, serta pengeluaran operasional utama seperti bahan bakar. Data tersebut kemudian direkap dan disajikan dalam bentuk tabel untuk memberikan gambaran kondisi ekonomi nelayan sebelum penerapan sistem tenaga surya hybrid.

Analisis Kondisi Sebelum Pemasangan Sistem

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 1, rata-rata hasil tangkapan nelayan berada pada kisaran 18 kg per perjalanan melaut dengan pendapatan bersih sekitar Rp525.000 per hari. Nilai tersebut diperoleh setelah dikurangi biaya operasional utama berupa bahan bakar solar.

Namun demikian, hasil tangkapan nelayan tidak hanya dipengaruhi oleh faktor ketersediaan energi listrik di kapal. Faktor lingkungan seperti kondisi cuaca, musim penangkapan ikan, serta kondisi gelombang laut juga turut mempengaruhi jumlah tangkapan yang diperoleh nelayan. Oleh karena itu, data yang disajikan dalam penelitian ini lebih difokuskan pada perbandingan kondisi operasional sebelum dan sesudah penerapan teknologi pada periode waktu yang relatif sama.

Keterbatasan daya listrik di kapal menyebabkan penerangan saat melaut menjadi kurang optimal. Kondisi tersebut berdampak pada keterbatasan durasi aktivitas penangkapan ikan pada malam hari, sehingga nelayan tidak dapat memaksimalkan waktu operasional selama melaut.

Tabel 2. Kondisi Sebelum Pemasangan Sistem Solar Hybrid.

Hari/Tgl	Waktu Melaut	Jumlah (Kg)	Jenis Ikan Dominan	Harga Jual (Rp/Kg)	Pendapatan Kotor (Rp)	Pengeluaran BBM (Rp)	Profit Bersih (Rp)
Senin	Malam	17	Campuran	35.000	595.000	100.000	495.000
Selasa	Pagi	19	Campuran	34.000	646.000	100.000	546.000
Rabu	Malam	18	Campuran	35.000	630.000	100.000	530.000
Kamis	Pagi	20	Campuran	34.000	680.000	100.000	580.000
Jumat	Malam	17	Campuran	33.000	561.000	100.000	461.000
Sabtu	Pagi	19	Campuran	35.000	665.000	100.000	565.000
Minggu	Malam	16	Campuran	34.000	544.000	100.000	444.000
Rata-rata per hari	-	≈18 kg/trip	-	-	Rp 625.000	Rp 100.000	Rp 525.000

Selain data kuantitatif yang disajikan pada Tabel 1, kondisi operasional nelayan sebelum penerapan sistem solar hybrid juga dapat dilihat dari kondisi fisik perahu serta sistem penerangan yang digunakan saat melaut. Pada umumnya, nelayan menggunakan lampu sederhana yang terhubung langsung dengan aki kapal berkapasitas kecil sebagai sumber penerangan pada malam hari. Karena kapasitas energi yang terbatas, intensitas cahaya lampu sering menurun setelah beberapa jam penggunaan sehingga penerangan di atas perahu menjadi kurang stabil. Kondisi perahu serta sistem pencahayaan yang digunakan nelayan sebelum penerapan teknologi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi Perahu Nelayan sebelum Terpasang Solar Hybrid Inverter pada Siang dan Malam Hari.

Analisis Kondisi Kondisi Sesudah Penerapan Sistem Solar Hybrid

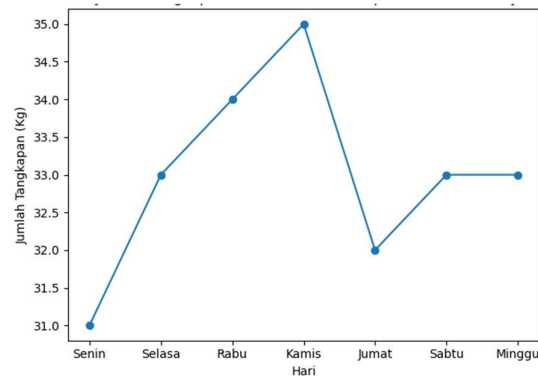
Setelah sistem solar hybrid berkapasitas 1 kW dipasang pada kapal nelayan, dilakukan survei lanjutan selama tujuh hari pada periode 28 September – 4 Oktober 2025 dengan metode pengambilan data yang sama seperti pada survei sebelumnya. Pengambilan data dilakukan melalui observasi langsung selama aktivitas melaut serta pencatatan hasil tangkapan dan pendapatan nelayan pada setiap perjalanan melaut. Pemilihan periode survei yang berdekatan dengan pengambilan data sebelumnya dilakukan untuk menjaga konsistensi kondisi operasional nelayan, sehingga faktor eksternal seperti cuaca, musim penangkapan ikan, serta kondisi gelombang laut relatif tidak mengalami perubahan yang signifikan. Dengan demikian, perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah penerapan sistem dapat memberikan gambaran yang lebih representatif terhadap dampak penerapan teknologi pada aktivitas nelayan.

Tabel 3. Kondisi Sesudah Pemasangan Sistem Solar Hybrid.

Hari	Waktu Melaut	Jumlah Tangkapan (Kg)	Jenis Ikan Dominan	Harga Jual (Rp/Kg)	Pendapatan Kotor (Rp)	Pengeluaran BBM (Rp)	Profit Bersih (Rp)
Senin	Pagi	31	Campuran	36.000	1.116.000	100.000	1.016.000
Selasa	Malam	33	Campuran	37.000	1.221.000	100.000	1.121.000
Rabu	Pagi	34	Campuran	36.000	1.224.000	100.000	1.124.000
Kamis	Malam	35	Campuran	35.000	1.225.000	100.000	1.125.000
Jumat	Pagi	32	Campuran	36.000	1.152.000	100.000	1.052.000
Sabtu	Malam	33	Campuran	37.000	1.221.000	100.000	1.121.000
Minggu	Pagi	33	Campuran	36.000	1.188.000	100.000	1.088.000

Rata-rata per hari	≈33 kg/trip	Rp 1.205.000	Rp 100.000	Rp 1.105.000
--------------------	-------------	--------------	------------	--------------

Untuk memperjelas perubahan jumlah tangkapan nelayan selama periode pengamatan setelah penerapan sistem solar hybrid, data pada Tabel 2 juga disajikan dalam bentuk grafik tren seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Tren Jumlah Tangkapan Ikan Nelayan Setelah Penerapan Sistem Solar Hybrid

Berdasarkan data pada Tabel 2 serta visualisasi pada Gambar 2, terlihat bahwa jumlah tangkapan nelayan selama periode pengamatan berada pada kisaran 31–35 kg per perjalanan melaut dengan rata-rata sekitar 33 kg per trip. Nilai ini menunjukkan peningkatan dibandingkan kondisi sebelum penerapan sistem solar hybrid yang hanya mencapai sekitar 18 kg per trip. Dengan demikian terjadi peningkatan jumlah tangkapan sekitar 83%.

Peningkatan ini juga berdampak pada pendapatan bersih nelayan yang meningkat dari sekitar Rp525.000 per hari menjadi sekitar Rp1.105.000 per hari atau mengalami kenaikan lebih dari 110%. Selain itu, sistem penerangan yang lebih stabil memungkinkan nelayan memperpanjang durasi aktivitas melaut pada malam hari hingga sekitar tiga jam lebih lama dibandingkan sebelumnya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan pasokan energi listrik yang lebih stabil berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas nelayan.

Rekapitulasi Hasil Kegiatan

Untuk memberikan gambaran menyeluruh, hasil capaian dari setiap aspek kegiatan dirangkum dalam tabel 3 berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Kegiatan.

Aspek Kegiatan	Kegiatan Utama	Hasil dan Capaian
Penerapan Teknologi Hybrid	Instalasi sistem Solar Hybrid 1kW dan Pengujian beban AC/DC.	Sistem bekerja stabil dengan efisiensi 90-95% tanpa gangguan operasional.
Efisiensi Energi dan Biaya	Penggantian aki kecil dengan panel surya dan baterai besar.	Penghematan biaya energi bantu $\pm 90\%$, tidak ada lagi biaya pengisian aki.
Peningkatan Produktivitas dan Pendapatan	Pemanfaatan Energi Surya untuk penerangan dan bantu tangkap.	Hasil tangkapan naik dari 18kg, ke 13 kg/trip, pendapatan bersih naik $\pm 110\%$.
Pelatihan dan Pendampingan Teknis	Pelatihan operasioanl, perawatan sistem, dan simulasi lapangan.	80% nelayan mampu melakukan perawatan mandiri, dan membaca sistem.
Kelembagaan dan Keberlanjutan	Penguatan Paguyuban Nelayan Hybrid Paiton dan tim Teknis.	Paguyuban aktif memantau sistem dan menyiapkan replikasi ke kapal lain.

Implementasi Sistem Solar Hybrid

Setelah tahap perancangan selesai, sistem solar hybrid kemudian dipasang secara langsung pada kapal nelayan yang menjadi lokasi penerapan teknologi. Proses instalasi meliputi pemasangan inverter hybrid, baterai penyimpanan energi, serta pengaturan sistem kelistrikan agar dapat terintegrasi dengan panel surya dan sumber daya cadangan. Pemasangan komponen sistem dilakukan pada kompartemen kapal dengan mempertimbangkan aspek keamanan, kemudahan perawatan, serta keterbatasan ruang pada kapal nelayan skala kecil.

Proses pemasangan inverter dan baterai pada kapal nelayan ditunjukkan pada Gambar 3. Setelah seluruh komponen sistem

terpasang, dilakukan uji coba operasional untuk memastikan sistem dapat bekerja dengan baik selama aktivitas melaut. Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan sistem penerangan kapal pada malam hari serta memantau kestabilan pasokan listrik yang dihasilkan oleh sistem hybrid. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem mampu menyediakan penerangan yang lebih stabil dibandingkan kondisi sebelumnya. Kondisi uji coba sistem solar hybrid saat kapal beroperasi pada malam hari ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Pemasangan Inverter dan Baterai di Kompartemen Kapal.



Gambar 4. Uji Coba Sistem Solar Hybrid Saat Kapal Beroperasi di Malam Hari.

Analisis Umum

Secara keseluruhan, hasil pelaksanaan kegiatan menunjukkan bahwa penerapan sistem solar hybrid berkapasitas 1 kW pada kapal nelayan memberikan dampak positif terhadap aspek operasional dan ekonomi nelayan. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, produktivitas penangkapan ikan meningkat dari rata-rata sekitar 18 kg per perjalanan melaut menjadi sekitar 33 kg per trip atau mengalami peningkatan sekitar 83%. Peningkatan ini juga diikuti dengan kenaikan pendapatan bersih nelayan dari sekitar Rp525.000 per hari menjadi sekitar Rp1.105.000 per hari, atau meningkat lebih dari 110% dibandingkan sebelum penerapan teknologi.

Selain meningkatkan produktivitas tangkapan, sistem solar hybrid juga memberikan efisiensi pada penggunaan energi listrik di kapal nelayan. Sebelum penerapan teknologi, nelayan sepenuhnya bergantung pada aki konvensional yang harus diisi ulang secara manual di darat. Dengan adanya panel surya sebagai sumber energi utama, kebutuhan listrik untuk penerangan dapat dipenuhi secara langsung di kapal sehingga frekuensi pengisian ulang aki dapat berkurang secara signifikan.

Jika dihitung secara sederhana, penghematan biaya energi yang sebelumnya digunakan untuk proses pengisian aki dan kebutuhan energi tambahan diperkirakan dapat mencapai sekitar Rp90.000 per hari. Dengan asumsi nelayan melakukan aktivitas melaut rata-rata 20 hari dalam satu bulan, maka potensi penghematan biaya energi dapat mencapai sekitar Rp1.800.000 per bulan atau sekitar Rp21.600.000 per tahun. Nilai ini menunjukkan bahwa penerapan sistem energi terbarukan tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional tetapi juga memberikan manfaat ekonomi yang cukup signifikan bagi nelayan.

Dalam jangka panjang, penerapan sistem tenaga surya hybrid juga berpotensi meningkatkan kemandirian energi nelayan karena kebutuhan listrik tidak lagi sepenuhnya bergantung pada sumber energi konvensional. Selain itu, peningkatan pemahaman nelayan terhadap penggunaan teknologi energi terbarukan melalui kegiatan pelatihan dan pendampingan memungkinkan nelayan untuk mengoperasikan serta melakukan perawatan dasar sistem secara mandiri.

Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini tidak hanya memberikan manfaat pada peningkatan efisiensi energi dan produktivitas penangkapan ikan, tetapi juga membuka peluang penerapan teknologi serupa pada kapal nelayan skala kecil lainnya di wilayah pesisir.

4 Pembahasan

Implementasi sistem hybrid panel surya-generator portabel pada perahu nelayan di Paiton menghasilkan dampak multidimensional yang signifikan, melampaui sekadar pemenuhan kebutuhan energi. Berikut beberapa dampak positif yang tercatat setelah program: peningkatan produktivitas tangkapan hingga 83%, peningkatan pendapatan bersih nelayan sebesar 110%, penghematan biaya energi bantu hingga 90%, serta terbentuknya kelembagaan lokal yang mengelola teknologi. Pembahasan dalam bagian ini akan menganalisis temuan kegiatan dari perspektif teknis, ekonomi, sosial, dan keberlanjutan. Diskusi akan mengelaborasi bagaimana peningkatan tersebut tidak hanya berasal dari ketersediaan penerangan yang stabil, tetapi juga dari peningkatan efisiensi operasional dan penguatan kapasitas masyarakat. Lebih lanjut, akan dibahas peningkatan kemandirian nelayan melalui pelatihan teknis serta peran krusial Paguyuban Nelayan Hybrid Paiton dalam menjamin keberlanjutan teknologi. Analisis juga akan menyoroti konteks sosial-lingkungan program, tantangan yang dihadapi di lapangan, serta memberikan rekomendasi strategis berdasarkan pembelajaran selama implementasi untuk replikasi dan pengembangan program serupa di masa depan.

Peningkatan Produktivitas dan Ekonomi Nelayan

Peningkatan hasil tangkapan dari rata-rata 18 kg menjadi 33 kg per trip ($\pm 83\%$) serta kenaikan pendapatan bersih sebesar $\pm 110\%$ menjadi indikator paling nyata dari keberhasilan program. Fenomena ini selaras dengan teori pemberdayaan ekonomi masyarakat pesisir yang menekankan bahwa akses terhadap teknologi tepat guna dapat menjadi katalis peningkatan produktivitas (Emilia, 2022). Penerangan yang stabil dari sistem hybrid memungkinkan nelayan memperpanjang waktu

operasional penangkapan ikan di malam hari, yang secara ekologis merupakan waktu aktif bagi banyak spesies ikan. Selain itu, kemampuan untuk mengoperasikan alat bantu tangkap elektronik (seperti lampu sinar plankton) meningkatkan efektivitas metode penangkapan. Peningkatan harga jual rata-rata ikan yang tercatat pasca-instalasi (dari Rp 34.000/kg menjadi Rp 36.000/kg) dapat dikaitkan dengan kualitas hasil tangkapan yang lebih baik karena proses penanganan yang lebih cepat didukung listrik, serta faktor permintaan pasar yang stabil karena pasokan yang lebih terjamin.

Efisiensi Energi dan Penghematan Biaya

Transformasi dari ketergantungan penuh pada aki konvensional menuju sistem berbasis energi surya menghasilkan efisiensi energi yang signifikan. Penghematan biaya energi bantu hingga $\pm 90\%$ merupakan konsekuensi langsung dari dieliminasi proses pengisian aki manual di darat, yang sebelumnya memakan waktu dan biaya transportasi. Secara teknis, integrasi panel surya 550 Wp, baterai 100Ah, dan inverter hybrid 1kW telah membentuk sistem *microgrid* yang tangguh di atas kapal. Konsep hybrid dengan generator portabel 2.2 kW sebagai cadangan berhasil mengatasi masalah intermittensi energi surya, memastikan keandalan pasokan listrik (ketersediaan 90-95%) sebagaimana diukur selama pendampingan. Temuan ini mendukung penelitian sebelumnya mengenai efektivitas sistem hybrid skala kecil dalam menyediakan energi yang andal untuk aplikasi produktif di daerah terpencil (contoh referensi tentang energi terbarukan untuk komunitas pesisir).

Peningkatan Kapasitas dan Kemandirian Nelayan

Aspek pemberdayaan manusia menjadi kunci keberlanjutan program. Pelatihan teknis yang berfokus pada pengoperasian, manajemen daya, dan perawatan dasar sistem berhasil meningkatkan literasi teknis nelayan. Capaian dimana 80% peserta pelatihan mampu melakukan perawatan mandiri menunjukkan keberhasilan transfer pengetahuan. Proses pendampingan intensif selama dua minggu pasca-instalasi berperan penting dalam membangun kepercayaan diri dan kemampuan pemecahan masalah teknis di lapangan. Kemandirian ini mengurangi ketergantungan pada tenaga ahli dari luar, yang sejalan

dengan prinsip *community-based development* dimana komunitas menjadi subjek aktif dalam pengelolaan teknologinya sendiri.

Keberlanjutan Teknologi dan Replikasi melalui Kelembagaan

Pembentukan Paguyuban Nelayan Hybrid Paiton merupakan *turning point* sosial dari program ini. Paguyuban ini tidak hanya berfungsi sebagai forum pembelajaran bersama, tetapi juga menjadi institusi yang mengelola pengetahuan teknis, memantau kinerja sistem, dan merencanakan replikasi ke kapal lain. Keberadaan kelembagaan lokal semacam ini sangat kritis dalam menjaga keberlanjutan intervensi teknologi pasca-program, sebagaimana diungkapkan dalam studi tentang keberlanjutan program pengabdian masyarakat (Grande, 2023). Semangat gotong royong yang terlihat dalam proses instalasi dan pemantauan bersama memperkuat modal sosial masyarakat, yang menjadi fondasi bagi adopsi teknologi yang lebih luas.

Dampak Sosial dan Lingkungan yang Lebih Luas

Di luar dampak ekonomi dan teknis, program ini telah memberikan kontribusi terhadap pembangunan sosial dan lingkungan. Pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik bantu sejalan dengan komitmen global menuju transisi energi. Secara sosial, program ini telah memperkuat kohesi kelompok nelayan dan menciptakan rasa kebanggaan kolektif atas kemandirian energi. Nelayan yang sebelumnya hanya sebagai pengguna teknologi, kini menjadi agen perubahan yang dapat berbagi pengetahuan dengan nelayan lain, menciptakan efek multiplier dalam komunitas.

Selain memberikan dampak ekonomi dan teknis, implementasi sistem solar hybrid juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan kapasitas masyarakat nelayan dalam mengelola teknologi energi terbarukan secara mandiri. Melalui kegiatan pelatihan teknis dan pendampingan selama program berlangsung, nelayan memperoleh pemahaman mengenai pengoperasian sistem, manajemen penggunaan energi, serta perawatan dasar komponen seperti baterai dan inverter.

Peningkatan literasi teknis ini menjadi faktor penting dalam menjaga keberlanjutan penggunaan teknologi setelah kegiatan pengabdian selesai. Dengan kemampuan tersebut, nelayan tidak hanya

menjadi pengguna teknologi, tetapi juga mampu melakukan pengelolaan dan pemeliharaan sistem secara mandiri. Pendekatan partisipatif yang menggabungkan transfer teknologi, peningkatan kapasitas, serta keterlibatan aktif masyarakat terbukti mampu memperkuat adopsi teknologi energi terbarukan pada komunitas pesisir..

5 Kesimpulan

Penerapan sistem tenaga surya hybrid berbasis panel surya dan generator portabel pada kapal nelayan skala kecil terbukti memberikan dampak positif terhadap peningkatan produktivitas dan efisiensi energi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa rata-rata hasil tangkapan nelayan meningkat dari sekitar 18 kg menjadi 33 kg per trip (naik sekitar 83%), yang berimplikasi pada peningkatan pendapatan bersih nelayan dari sekitar Rp525.000 menjadi Rp1.105.000 per hari atau meningkat lebih dari 110% dibandingkan sebelum penerapan sistem. Selain itu, ketersediaan energi listrik yang lebih stabil melalui sistem solar hybrid memungkinkan nelayan memperpanjang durasi aktivitas melaut pada malam hari serta mengurangi ketergantungan terhadap pengisian aki konvensional di darat, sehingga penggunaan energi menjadi lebih efisien dan operasional penangkapan ikan dapat berjalan lebih optimal. Berdasarkan temuan tersebut, teknologi tenaga surya hybrid pada kapal nelayan skala kecil memiliki potensi besar untuk dikembangkan secara lebih luas sebagai solusi energi terbarukan yang mendukung peningkatan produktivitas sektor perikanan skala kecil. Oleh karena itu, diperlukan upaya replikasi dan pengembangan di wilayah pesisir lainnya melalui dukungan pemerintah daerah, lembaga pemberdayaan masyarakat, serta sektor swasta agar manfaat peningkatan efisiensi energi dan kesejahteraan nelayan dapat dirasakan secara lebih luas.

6 Pengakuan

Tim Pengabdian kepada Masyarakat menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung terlaksananya kegiatan ini. Penghargaan khusus disampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia melalui Direktorat

Jenderal Pendidikan Tinggi (Dikti) atas dukungan pendanaan melalui Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM). Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Lembaga Penelitian, Pengembangan, dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP3M) Universitas Nurul Jadid atas dukungan dalam proses administrasi dan koordinasi kegiatan. Apresiasi turut diberikan kepada Pemerintah Desa Sumber Anyar, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, serta kelompok nelayan dan pengelola Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Dusun Pesisir atas partisipasi aktif dan kerja sama selama pelaksanaan program. Kami juga berterima kasih kepada dosen dan mahasiswa Universitas Nurul Jadid serta tim dosen dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan kegiatan ini. Dukungan berbagai pihak tersebut sangat berarti dalam mewujudkan penerapan teknologi yang bermanfaat bagi masyarakat pesisir.

7 Referensi

- Adiansyah, J. S. (2025). Environmental impacts of solar PV energy systems for small islands: A life cycle assessment. *Environmental Development*, *55*, 1000018. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2025.1000018>.
- Adiansyah, J. S., Rozaki, Z., & Wicaksono, A. (2025). Solar energy in Indonesia: The implementation of sustainable development goals for net zero emissions. *Energy Reports*, *11*, 101345. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.101345>.
- Ali, M., Subramanian, R., & Priyanto, A. (2025). Microgrids for energy access in remote and islanded areas: A case study in Lombok, Indonesia. *Energy for Sustainable Development*, *78*, 101360. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2025.101360>.
- Ashkzari, A. Z., Mobasheri, R., & Seif, M. S. (2025). Comparative energy and environmental assessment of diesel, hybrid-electric, and fuel cell marine powertrains: Focusing on carbon footprint reduction during the onboard operational phase of maritime transportation. *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.152322>

- Domenico, C., Di Silvestre, M. L., & Zizzo, G. (2026). Multi-carrier based optimization of renewable energy communities in small non-interconnected islands. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544226005724>.
- Duah, N., Chen, Y., & Chen, J. (2025). Marine energy supported multi-energy system planning and operation optimization for sustainable coastal community. *Sustainable Energy, Grids and Networks*. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2025.102046>
- Escoto, B. E., Abundo, M. L. S., & Abundo, B. L. S. (2025). Evaluation the feasibility and sustainability of hybrid renewable energy systems (HRES) for electric vessel charging applications: A case study in Donsol, Sorsogon, Philippines. *Results in Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105119>
- Fouz, D. M., Carballo, R., & Iglesias, G. (2025). Floating solar photovoltaic energy for coastal areas: A siting methodology. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.146733>
- Hwang, J., Park, S., & Kim, Y. (2022). A study on the application of hybrid propulsion system for small fishing vessels. *Ship & Ocean Engineering*, *50*(3), 123–134. <https://doi.org/10.1080/25725084.2022.2149176>.
- Kasaeian, A., Zarkhah, N., & Yan, W. M. (2025). A review of the applications of solar photovoltaic in marine vessels and ships. *Applied Energy*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261925009080>.
- Koričan, M., Perčić, M., & Vladimir, N. (2023). Electrification of fishing vessels and their integration into renewable energy systems. *Journal of Cleaner Production*, *398*, 136540. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136540>.
- Langer, J., Suryani, A. F., & Schmidt, T. S. (2021). Review of renewable energy potentials in Indonesia and their impact on rural

- electrification. *Energies*, *14*(21), 7033.
<https://doi.org/10.3390/en14217033>.
- Lee, K.-W., Kim, M.-C., Shin, S.-C., & Lee, J.-H. (2024). Propulsion performance of eco-friendly hybrid electric fishing boats. *Journal of Coastal Research*, *116*(sp1), 568–572.
<https://doi.org/10.2112/JCR-SI116-115.1>.
- Ma'arif, S., Santosa, A., & Putra, G. L. (2025). Progress in hybrid and electric propulsion technologies for fishing vessels: A review. *Ocean Engineering*, *311*, 119001.
<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.119001>.
- Maloberti, L., Zaccone, R., & Colleoni, E. (2025). An environmentally sustainable energy management strategy for marine hybrid propulsion. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.134517>.
- Martínez-López, A., Ballester-Falcón, P., & Marrero, A. (2023). Solar photovoltaic systems for the short sea shipping's compliance with decarbonization regulations in the European Union. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*.
<https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103506>
- Menesy, A. S., Kotb, K. M., & Afia, R. (2026). A modified walrus optimization algorithm for multi-objective sizing and excess energy management of hybrid microgrid in coastal communities with excess-driven freshwater desalination. *Energy Conversion and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2026.101658>
- Minak, G., et al. (2023). Solar energy-powered boats: State of the art and perspectives. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(8), 1519. <https://doi.org/10.3390/jmse11081519>
- Moon, S. W., Kim, H. T., & Lee, D. Y. (2024). A study on fishing vessel energy system optimization using hybrid renewable sources. *Journal of Marine Science and Engineering*, *12*(6), 903.
<https://doi.org/10.3390/jmse12060903>.
- Peddakapu, K., Mat Said, D., & Ravi, P. H. (2026). Energy conversion and emission trade-offs in hybrid marine microgrids: A CNN-LSTM

forecasting approach. *Energy Conversion and Management*.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.120967>

Qin, Q., Adeboye, L., & Huang, L. (2026). Techno-economic and environmental assessment of floating solar power with innovative charging systems for decarbonizing maritime operations in the UK. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.124398>

Radica, G., et al. (2025). Overview of Hybrid Marine Energy System Configurations and System Component Modeling Approaches. *Energies*, 18(5), 1189. <https://doi.org/10.3390/en18051189>

Tang, E., Jungo, G., & Qian, Y. (2025). Marine renewable energy: Progress, challenges, and pathways to scalable sustainability. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.138083>

Wang, G., Tianyi, X., & Niu, W. (2025). Review on renewable energy systems of unmanned marine vehicles and guidance for energy selection. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121548>

Xu, C., Fan, L., & Jiang, Z. (2024). A multi-objective optimization energy management strategy for marine hybrid propulsion with waste heat recovery system. *Applied Thermal Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121548>

Yang, Q., Zhang, S., & Li, W. (2025). A two-stage energy management strategy for hybrid ship power systems considering the dynamic output characteristics of batteries. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2025.122248>

Yi, H., Du, Z., & Zhang, K. (2025). Multi-objective optimization framework for PEMFC hybrid marine power systems: Integrating dynamic lifetime degradation and energy management. *Ocean Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2025.122248>