

Penerapan Teknologi Paket Tenaga Surya Berbasis IoT dan LoRa untuk Meningkatkan Pelayanan dan Keamanan Pada Kapal Wisata Tradisional

Jangka Rulianto ^{1*}, Arif Fahmi ², Rochmad Eko ³, Indra Kurniawan ⁴

¹⁻⁴ Politeknik Negeri Banyuwangi

* jangka.rulianto@poliwangi.ac.id

Abstrak

Kapal wisata tradisional memiliki peran penting dalam mendukung perkembangan sektor pariwisata bahari di wilayah pesisir Banyuwangi. Namun, masih terdapat kendala berupa keterbatasan pasokan energi dan belum tersedianya sistem pemantauan jarak jauh yang memadai, sehingga berpengaruh terhadap kualitas layanan dan keselamatan pelayaran. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas layanan dan keselamatan kapal wisata melalui penerapan sistem *power pack* tenaga surya berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) dan jaringan *Long Range* (LoRa). Metode pelaksanaan meliputi kegiatan edukasi dan pelatihan kepada 20 anggota kelompok masyarakat pengawas (POKMASWAS) sumber daya kelautan dan perikanan Pesona Bahari. Perakitan sistem *power pack* tenaga surya, pemasangan sensor IoT, serta integrasi jaringan LoRa untuk pengiriman data secara langsung. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pengetahuan dan keterampilan teknis peserta dalam pengoperasian sistem kelistrikan dan pemantauan kapal. Selain itu, kelompok masyarakat (POKMASWAS) berhasil memiliki sistem daya mandiri serta kemampuan memantau kondisi kapal secara *real-time* yang mempercepat tanggap darurat dan meningkatkan efisiensi operasional. Kegiatan ini memberikan manfaat nyata berupa peningkatan kapasitas masyarakat pesisir dalam mengelola kapal wisata secara lebih aman, modern, dan ramah lingkungan. Penerapan sistem tenaga surya berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) dan jaringan *Long Range* (LoRa) pada kapal wisata tradisional menjadi langkah baru yang memperkuat keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan pariwisata bahari berkelanjutan.

Kata Kunci: *power pack tenaga surya, IoT, LoRa, kapal wisata tradisional, pokmaswas, keselamatan pelayaran*

Pendahuluan

Pariwisata bahari merupakan salah satu sektor unggulan yang memiliki potensi besar dalam mendorong pertumbuhan ekonomi masyarakat pesisir. Di wilayah pesisir Banyuwangi, kelompok masyarakat pengawas (POKMASWAS) Pesona Bahari berperan aktif dalam mengelola kapal wisata tradisional yang digunakan untuk melayani wisatawan sekaligus menjaga kelestarian lingkungan laut. Namun, pengoperasian kapal wisata tradisional masih menghadapi berbagai kendala, terutama dalam hal kualitas layanan dan keselamatan pelayaran. Keterbatasan pasokan listrik di kapal serta belum adanya sistem

pemantauan jarak jauh menjadi hambatan utama dalam mendukung operasional kapal yang optimal.

Berdasarkan hasil observasi awal, sebagian besar kapal wisata tradisional di kawasan tersebut masih bergantung pada sumber energi dari mesin utama atau aki konvensional yang kapasitasnya terbatas. Kondisi ini berdampak pada keterbatasan penerangan, sistem komunikasi, serta perangkat keselamatan yang membutuhkan pasokan energi stabil. Selain itu, ketiadaan sistem pemantauan kondisi kapal secara jarak jauh menyebabkan kesulitan dalam deteksi dini apabila terjadi keadaan darurat di laut. Permasalahan ini menunjukkan perlunya inovasi teknologi yang dapat meningkatkan kemandirian energi dan keselamatan kapal wisata secara berkelanjutan.

Perkembangan teknologi energi terbarukan dan *Internet of Things* (IoT) memberikan peluang besar untuk diterapkan dalam peningkatan kualitas layanan kapal wisata. Salah satu teknologi potensial adalah sistem *Power Pack Tenaga Surya*, yaitu sistem pembangkit listrik tenaga surya portabel yang ramah lingkungan dan mampu menyediakan sumber energi mandiri di kapal. Integrasi teknologi ini dengan sensor IoT dan jaringan komunikasi *Long Range* (LoRa) memungkinkan pengiriman data secara real-time, seperti posisi kapal, kondisi cuaca, dan status keamanan kapal, kepada petugas di darat. Sistem ini berpotensi mempercepat tanggap darurat serta meningkatkan kenyamanan wisatawan.

Kegiatan pengabdian masyarakat ini mengusulkan pendekatan terintegrasi dengan menggabungkan teknologi *Power Pack* tenaga surya, sensor IoT, dan jaringan komunikasi LoRa yang dirancang khusus untuk kapal wisata tradisional. Berbeda dengan penerapan sebelumnya yang cenderung berfokus pada satu aspek, sistem terintegrasi ini mampu menjawab dua permasalahan utama sekaligus, yaitu keberlanjutan energi dan keselamatan pelayaran melalui kemampuan pemantauan secara langsung. Penggunaan jaringan LoRa menjadi inovasi penting karena mampu menjangkau area pesisir terpencil dengan konsumsi daya rendah—suatu keunggulan yang sangat relevan bagi sistem berbasis tenaga surya di kapal tradisional.



Gambar 1. Peta rute kapal wisata tradisional di wilayah Banyuwangi.

Melalui program pengabdian masyarakat ini, dilakukan kegiatan edukasi, pelatihan, serta penerapan teknologi *Power Pack* tenaga surya berbasis IoT dan LoRa kepada 20 anggota kelompok POKMASWAS Pesona Bahari. Program ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas pengetahuan dan keterampilan teknis masyarakat pesisir dalam mengoperasikan teknologi modern, sekaligus memperkuat aspek pelayanan dan keselamatan kapal wisata tradisional. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan mampu mendukung keberlanjutan sektor pariwisata bahari yang lebih aman, efisien, dan ramah lingkungan.



Gambar 2. Aktivitas kapal wisata tradisional Pesona Bahari di perairan Banyuwangi.

Metode Pelaksanaan

Tempat dan Waktu

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di wilayah pesisir Banyuwangi, dengan melibatkan kelompok masyarakat pengawas (POKMASWAS) *Pesona Bahari* sebagai mitra utama. Pelaksanaan kegiatan berlangsung selama tiga bulan, dimulai dari tahap persiapan hingga evaluasi akhir. Seluruh rangkaian kegiatan dilaksanakan di area kerja POKMASWAS serta bengkel kerja tim pelaksana untuk kegiatan perakitan sistem. Lokasi kegiatan berada di kawasan pesisir yang menjadi pusat aktivitas kapal wisata tradisional, sebagaimana ditunjukkan pada peta lokasi kegiatan (dapat dilampirkan dalam dokumen utama).

Khalayak Sasaran/Mitra Kegiatan

Khalayak sasaran kegiatan ini adalah anggota kelompok masyarakat pengawas sumber daya kelautan dan perikanan POKMASWAS *Pesona Bahari* yang berjumlah 20 orang. Penentuan mitra dilakukan berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan masyarakat pesisir yang memiliki keterlibatan langsung dalam pengelolaan kapal wisata tradisional dan aktivitas pelestarian lingkungan laut. POKMASWAS dipilih karena memiliki peran strategis dalam menjaga keamanan, ketertiban, dan keberlanjutan kegiatan wisata bahari di wilayah pesisir Banyuwangi.

Metode Pengabdian

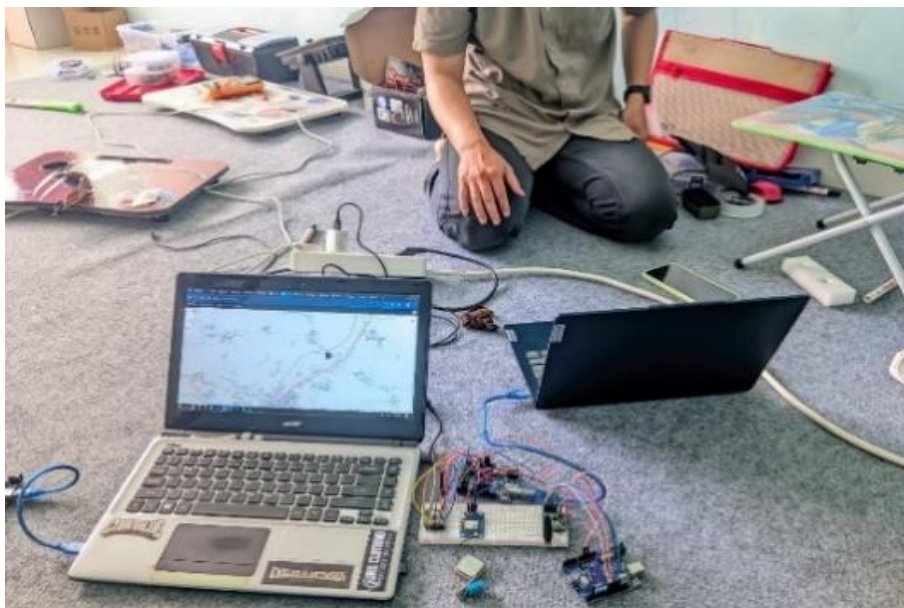
Metode pelaksanaan kegiatan dirancang dalam beberapa tahapan utama, yaitu:

1. Tahap Persiapan dan Koordinasi

Pada tahap ini dilakukan melalui rapat awal bersama pengurus POKMASWAS untuk mengidentifikasi permasalahan utama terkait sistem kelistrikan dan keselamatan kapal wisata. Tim pelaksana juga melakukan survei lapangan untuk memetakan kebutuhan teknis dan kesiapan sumber daya manusia.



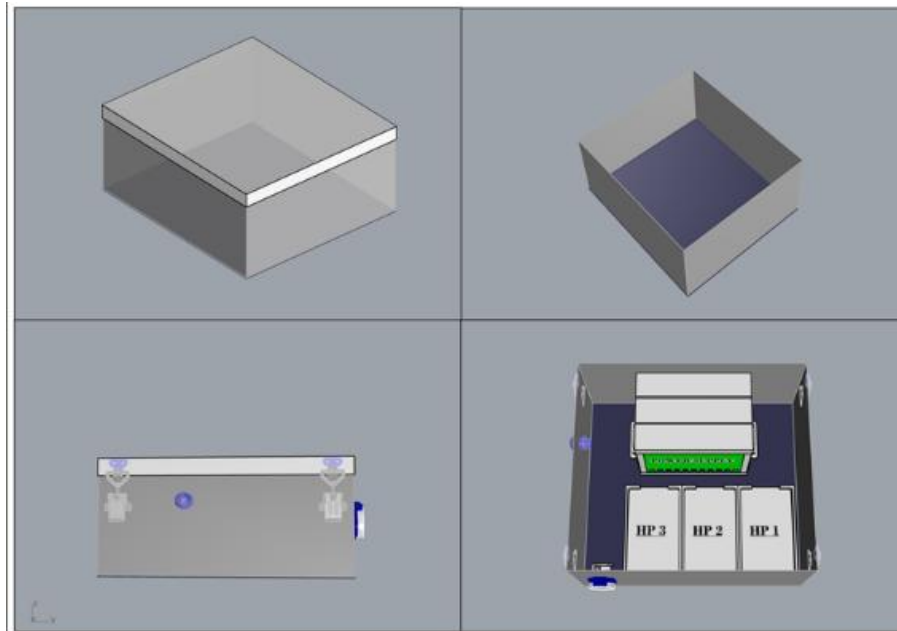
Gambar 3. Kegiatan penyuluhan dan diskusi bersama anggota masyarakat sebagai bagian dari sosialisasi teknologi baru.



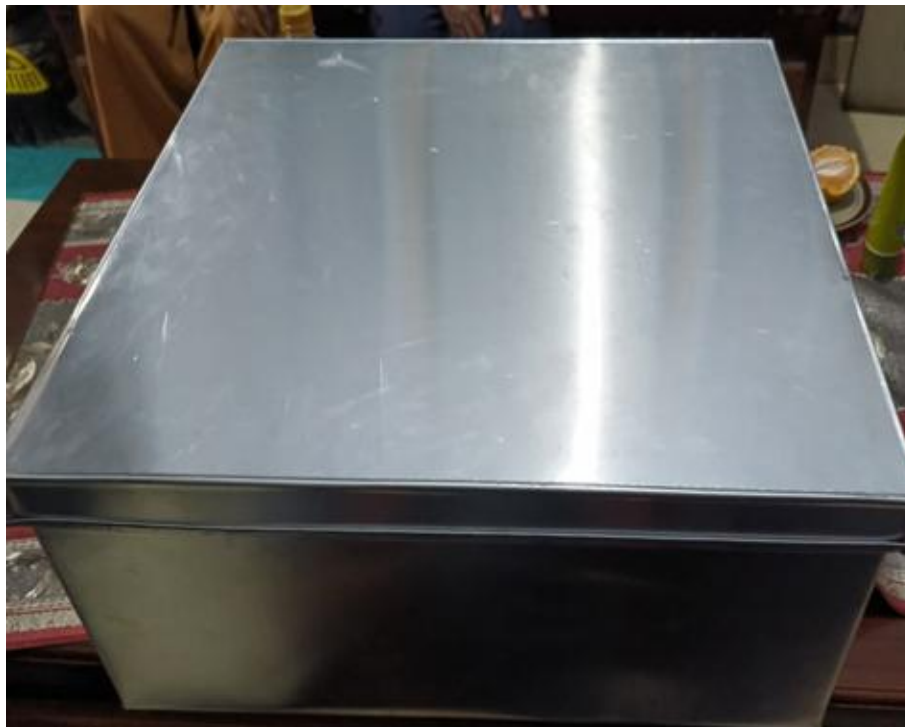
Gambar 4. Proses instalasi dan pengujian perangkat teknologi berbasis IoT dengan bantuan laptop dan perangkat sensor.

2. Tahap Edukasi dan Sosialisasi Teknologi

Kegiatan ini meliputi penyuluhan tentang konsep dasar energi terbarukan, prinsip kerja sistem *Power Pack* tenaga surya, serta pengenalan teknologi *Internet of Things (IoT)* dan jaringan *Long Range (LoRa)*. Sosialisasi dilakukan melalui pemaparan materi, diskusi interaktif, dan pemutaran video edukatif.



Gambar 5. Desain dan realisasi kotak sistem *Power Pack* tenaga surya berbasis IoT dan jaringan LoRa.



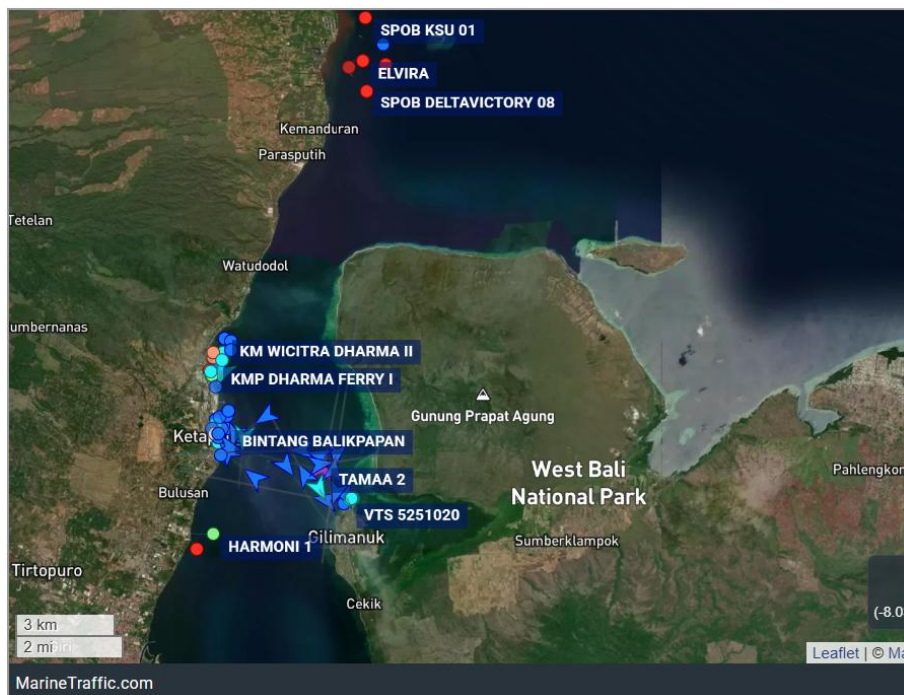
Gambar 6. Kotak sistem *Power Pack* tenaga surya berbasis IoT dan jaringan LoRa.

3. Tahap Pelatihan dan Perakitan Sistem

Setelah peserta memahami teori dasar, dilaksanakan pelatihan teknis mengenai perakitan sistem *Power Pack* tenaga surya, instalasi panel surya, konfigurasi baterai dan inverter, serta pemasangan sensor IoT (sensor posisi, tegangan, dan suhu) yang terhubung dengan jaringan LoRa. Kegiatan pelatihan dilakukan secara praktik langsung di bengkel dan di kapal wisata.



Gambar 7. Pengujian sensor IoT dan modul LoRa di lingkungan pelabuhan.



Gambar 8. Peta lokasi pelatihan dan perakitan sistem *Power Pack* tenaga surya pada kapal wisata tradisional.

4. Tahap Implementasi dan Uji Coba

Sistem yang telah dirakit dipasang pada kapal wisata tradisional milik anggota POKMASWAS. Uji coba operasional dilakukan untuk memastikan fungsi kelistrikan dan pengiriman data secara real-time melalui jaringan LoRa agar kondisi kapal dapat dipantau dari darat.



Gambar 9. Perangkat sensor IoT untuk pemantauan kondisi kapal secara real-time.



Gambar 10. Peta lokasi uji coba sistem Power Pack tenaga surya pada kapal wisata tradisional.

5. Tahap Pendampingan dan Evaluasi

Setelah implementasi, dilakukan pendampingan selama dua minggu untuk memastikan keberlanjutan penggunaan peralatan.

Indikator Keberhasilan

Indikator keberhasilan kegiatan ini meliputi: meningkatnya pengetahuan dan keterampilan teknis peserta dalam pengoperasian sistem tenaga surya dan pemantauan digital, terbentuknya sistem kelistrikan mandiri pada kapal wisata tradisional, berfungsinya sistem pemantauan jarak jauh yang mampu mengirimkan data kondisi kapal secara real-time, dan tingginya tingkat kepuasan dan kesiapan anggota POKMASWAS dalam mengoperasikan teknologi yang telah diterapkan.

Metode Evaluasi

Evaluasi dilakukan melalui observasi langsung di lapangan, wawancara mendalam, dan penyebaran kuesioner kepada anggota POKMASWAS. Teknik evaluasi ini digunakan untuk mengukur tingkat peningkatan pengetahuan teknis, efektivitas sistem yang diterapkan, serta keberlanjutan pemanfaatan teknologi oleh masyarakat. Hasil evaluasi menjadi dasar perbaikan dan pengembangan program serupa di masa mendatang.

Hasil dan Pembahasan

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat ini menghasilkan capaian signifikan, baik dari aspek teknis maupun peningkatan kapasitas sumber daya manusia anggota POKMASWAS Pesona Bahari. Rangkaian kegiatan yang komprehensif—dilakukan secara bertahap mulai dari edukasi, pelatihan teknis, perakitan alat, implementasi, hingga pendampingan operasional—telah memberikan dampak positif pada mutu layanan dan keselamatan kapal wisata tradisional yang dikelola POKMASWAS.

Peningkatan Pengetahuan dan Kapasitas Teknologi Anggota POKMASWAS

Sebelum program, sebagian besar anggota POKMASWAS belum memiliki pengetahuan dasar mengenai teknologi energi terbarukan, sistem kelistrikan kapal, dan perangkat *Internet of Things* (IoT). Melalui sesi edukasi dan pelatihan, anggota diperkenalkan dengan prinsip kerja panel surya, baterai penyimpan energi, fungsi inverter, serta mekanisme pengiriman data melalui sensor dan jaringan LoRa. Hasil evaluasi menggunakan kuesioner pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan rata-rata 68% pada skor pemahaman peserta. Hal ini membuktikan pendekatan edukasi dan praktik langsung efektif meningkatkan literasi teknologi di kalangan masyarakat pesisir.

Keberhasilan Perakitan dan Pemasangan Sistem Solar Power Pack

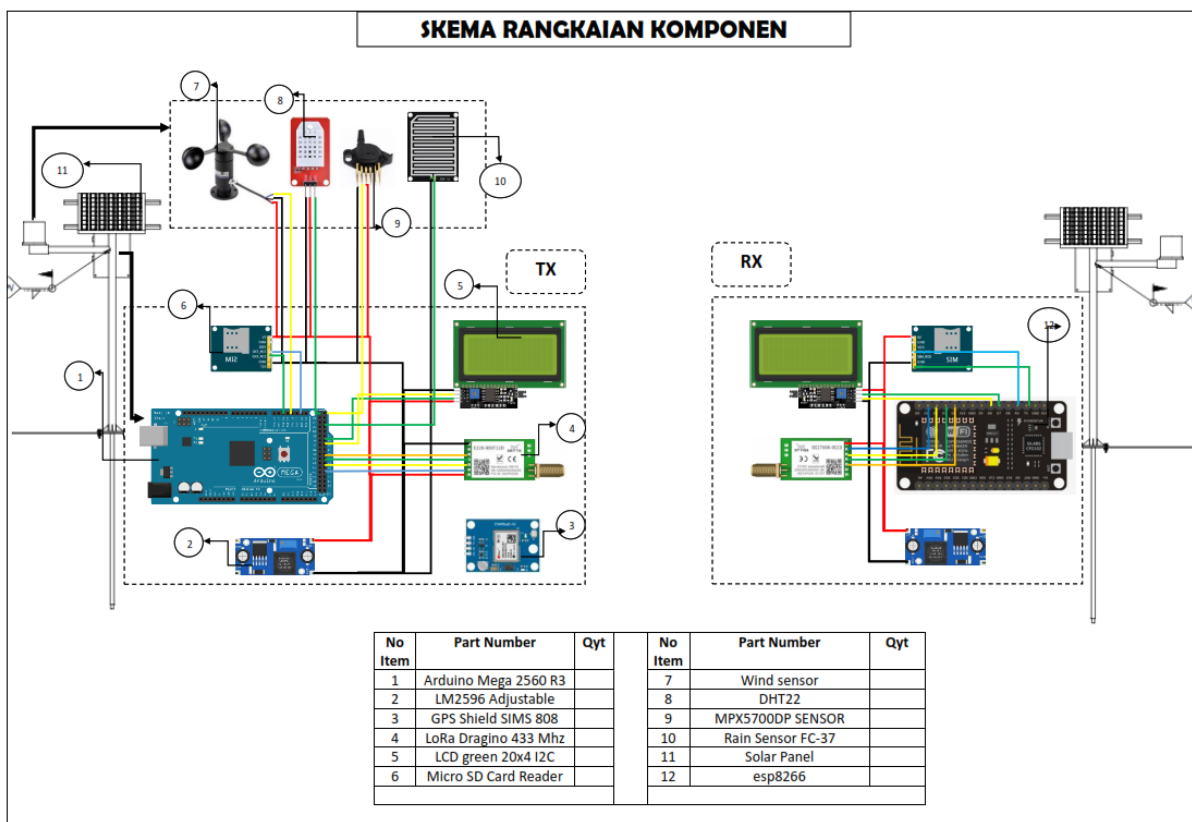
Pada tahap implementasi teknis, tim berhasil merakit satu unit solar power pack portabel yang terdiri dari panel surya 100 Wp, baterai penyimpan energi 100 Ah, charge controller, dan inverter 500 W. Unit ini dipasang pada salah satu kapal wisata tradisional milik POKMASWAS Pesona Bahari. Pengujian menunjukkan sistem mampu menyediakan daya listrik mandiri rata-rata 6–7 jam operasi harian, cukup untuk mengoperasikan peralatan navigasi ringan, penerangan, serta pengisian perangkat komunikasi. Sistem listrik mandiri ini mengurangi ketergantungan pada sumber listrik darat dan meningkatkan efisiensi biaya operasional kapal.

Tabel 1. Tabel hasil evaluasi peningkatan pengetahuan dan kapasitas teknologi anggota POKMASWAS setelah pelaksanaan program pengabdian.

No	Aspek Penilaian	Indikator	Sebelum Program	Setelah Program
1	Peningkatan Pengetahuan	Peningkatan pemahaman tentang konsep energi terbarukan, IoT, dan LoRa	1	4
2	Peningkatan Keterampilan Teknis	Kemampuan untuk merakit, memasang, dan memelihara sistem <i>solar power pack</i>	2	5
3	Peningkatan Kualitas Layanan	Kenyamanan dan kepuasan wisatawan yang lebih baik selama operasi kapal	2	5
4	Peningkatan Keamanan	Ketersediaan pemantauan real-time dan respons darurat yang lebih cepat	1	5
5	Keberlanjutan dan Kemandirian	Kemampuan masyarakat untuk mengoperasikan dan memelihara sistem secara mandiri tanpa bantuan	2	4
6	Dampak Sosial Ekonomi	Peluang kewirausahaan dan kolaborasi dengan pelaku usaha lokal	2	5
7	Ramah Lingkungan	Pengurangan ketergantungan pada bahan bakar dan peningkatan penggunaan energi hijau	1	5
8	Potensi Replikasi	Kemungkinan penerapan sistem pada kapal wisata tradisional lainnya	1	4

Skala Penilaian:

1 = Sangat Rendah, 2 = Rendah, 3 = Sedang, 4 = Tinggi, 5 = Sangat Tinggi



Gambar 11. Skema rangkaian komponen sistem Power Pack tenaga surya berbasis IoT dan jaringan LoRa.

Integrasi Sensor IoT dan Jaringan LoRa

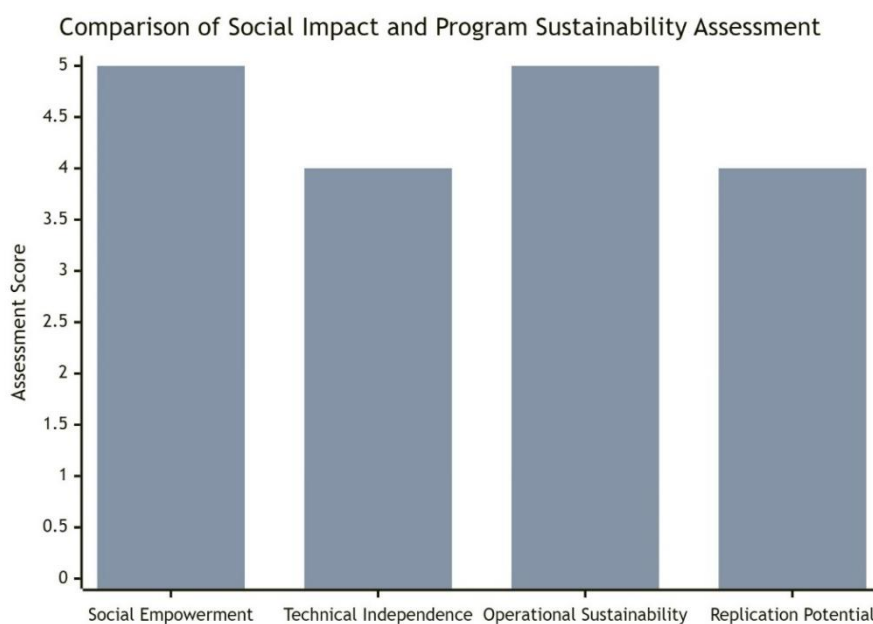
Selain sistem kelistrikan, program berhasil mengintegrasikan sensor IoT (GPS, sensor suhu, dan sensor tegangan baterai) dengan jaringan komunikasi LoRa (*Long Range*). Data sensor dikirim secara real-time ke stasiun penerima darat, memungkinkan operator POKMASWAS memantau posisi kapal, suhu ruang mesin, dan status daya baterai secara kontinu. Sistem ini merupakan inovasi baru dalam pengelolaan kapal wisata tradisional yang sebelumnya belum memiliki kemampuan monitoring jarak jauh. Uji jangkauan LoRa mengonfirmasi penerimaan sinyal hingga 2,5 km dari pantai, cukup untuk operasi wisata di dekat garis pantai.

Peningkatan Mutu Layanan dan Keselamatan Kapal

Implementasi sistem secara langsung meningkatkan mutu layanan dan aspek keselamatan kapal. Dari segi mutu layanan, wisatawan melaporkan kenyamanan lebih karena pencahayaan memadai dan daya pengisian perangkat elektronik tersedia. Dari segi keselamatan, operator POKMASWAS dapat memantau posisi kapal secara real-time dan merespons lebih cepat terhadap gangguan atau keadaan darurat. Data perjalanan historis juga memfasilitasi evaluasi operasional dan perencanaan rute wisata ke depan.

Dampak Sosial dan Keberlanjutan Program

Selain manfaat teknis, program menghasilkan dampak sosial berupa meningkatnya kepercayaan diri dan kemandirian anggota POKMASWAS dalam mengoperasikan dan merawat teknologi yang diterapkan. Beberapa anggota menunjukkan kemampuan melakukan pemeliharaan dasar seperti pembersihan panel surya, pengecekan koneksi kabel, dan reset sensor. Masa pendampingan dua minggu membuktikan sistem dapat dioperasikan secara mandiri tanpa ketergantungan pada tim pelaksana. Hal ini menunjukkan potensi keberlanjutan program yang kuat dan peluang replikasi sistem pada kapal lain yang dikelola POKMASWAS.



Gambar 12. Perbandingan Dampak Sosial dan Penilaian Keberlanjutan Program.

Dampak Pelatihan

Pelatihan tidak hanya meningkatkan kompetensi teknis peserta tetapi juga memberikan dampak positif terhadap potensi pengembangan ekonomi kreatif di wilayah pesisir. Beberapa dampak signifikan meliputi:

1. **Motivasi Kewirausahaan.** Beberapa peserta menunjukkan minat kuat mendirikan layanan wisata berbasis olahraga air, yang berpotensi meningkatkan jumlah wisatawan dan menciptakan lapangan kerja baru.
2. **Kolaborasi dengan Bisnis Lokal.** Peserta mulai menjalin kerja sama dengan pengelola wisata lokal dan pemasok komponen elektronik guna mendukung kelangsungan usaha mereka.
3. **Penguatan Ekonomi Komunitas.** Munculnya inisiatif bisnis baru di sektor pariwisata berpotensi meningkatkan pendapatan masyarakat dan memperkuat ekonomi lokal dalam jangka panjang.



Gambar 13. Kegiatan Diskusi dan Pendampingan Peserta Pelatihan.

Kendala dan Tantangan

Meskipun pelaksanaan berhasil, beberapa tantangan teridentifikasi:

1. **Ketersediaan Komponen.** Komponen kunci seperti baterai berkapasitas tinggi dan motor listrik sulit diperoleh di wilayah pesisir, sehingga harus didatangkan dari daerah lain.
2. **Pengalaman Teknologi Terbatas.** Pada awalnya peserta mengalami kesulitan memahami konsep dasar elektronik, namun hal ini dapat diatasi dengan bimbingan intensif selama sesi praktik.
3. **Keberlanjutan Bisnis.** Tantangan utama bagi peserta adalah menjamin kelangsungan usaha dan daya saing dalam pasar wisata yang dinamis, memerlukan pendampingan lanjutan untuk memperkuat model bisnis mereka.

Pembahasan

Pelatihan ini membuktikan bahwa dengan pengetahuan dan keterampilan yang memadai, masyarakat pesisir dapat memanfaatkan inovasi teknologi untuk mendukung ekonomi kreatif. Produk inovatif seperti papan selancar listrik memiliki potensi

memperkuat daya tarik wisata lokal dan menciptakan peluang kerja baru. Selain itu, kombinasi pelatihan teknis dan kewirausahaan memberikan fondasi menyeluruh bagi peserta untuk mengembangkan usaha mandiri. Kolaborasi di masa depan dengan pemerintah daerah dan sektor swasta sangat penting untuk mendukung ketersediaan komponen dan pemasaran produk. Dengan tindak lanjut dan dukungan berkelanjutan, inisiatif ini diharapkan menjadi penggerak utama ekonomi kreatif di wilayah pesisir.

Kesimpulan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilaksanakan berhasil menunjukkan bahwa penerapan teknologi paket daya surya berbasis IoT dan jaringan LoRa dapat meningkatkan kualitas layanan serta keselamatan kapal wisata tradisional di POKMASWAS Pesona Bahari. Melalui serangkaian kegiatan seperti edukasi, pelatihan teknis, perakitan sistem, implementasi, dan pendampingan operasional, para anggota POKMASWAS memperoleh pengetahuan serta keterampilan baru dalam mengoperasikan dan merawat peralatan teknologi tersebut.

Sistem paket daya surya yang dipasang mampu menyediakan sumber listrik mandiri untuk mendukung operasional kapal, sementara sensor IoT dan jaringan LoRa memungkinkan pemantauan kondisi kapal secara *real-time* dari darat. Inovasi ini telah meningkatkan kenyamanan wisatawan, efisiensi operasional, serta kesiapsiagaan terhadap keadaan darurat di laut. Selain itu, kegiatan ini juga menumbuhkan rasa percaya diri dan kemandirian anggota POKMASWAS dalam mengelola kapal wisata dengan pendekatan yang modern dan berkelanjutan.

Secara teoritis, kegiatan pengabdian ini memberikan kontribusi dalam penerapan teknologi tepat guna untuk sektor wisata bahari berbasis masyarakat pesisir. Adapun saran untuk kegiatan selanjutnya adalah memperluas penerapan sistem ini pada lebih banyak kapal wisata dan mengembangkan modul pelatihan lanjutan yang berfokus pada pengelolaan data IoT dan pemeliharaan sistem energi terbarukan.

Ucapan Terimakasih

Tim pelaksana kegiatan pengabdian kepada masyarakat mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada POKMASWAS Pesona Bahari atas dukungan penuh, partisipasi aktif, serta keterbukaannya selama proses penerapan teknologi power pack tenaga surya berbasis IoT dan jaringan LoRa pada kapal wisata tradisional.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Politeknik Negeri Banyuwangi selaku lembaga penyandang dana yang telah memberikan dukungan pembiayaan, fasilitas, serta bantuan administrasi sehingga kegiatan ini dapat berjalan dengan lancar.

Penghargaan khusus diberikan kepada seluruh dosen, teknisi, dan mahasiswa yang terlibat atas dedikasi, kerja keras, dan kerja sama yang baik selama pelaksanaan program. Semoga hasil dari kegiatan pengabdian ini dapat memberikan manfaat berkelanjutan dalam memperkuat kapasitas masyarakat pesisir serta mendukung pengembangan sektor wisata bahari di Banyuwangi.

Referensi

- Al-Ghaili, A. M., Kasim, H., Al-Hada, N. M., Othman, M., & Hassan, Z. (2021). A review of renewable energy applications in coastal communities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110428.
- Atmaja, T. D., & Sasongko, A. (2020). Design and implementation of LoRa-based monitoring system for small-scale fishing vessels. *International Journal of Marine Engineering*, 2(1), 45-53.
- Chen, J., Zhang, Y., & Wang, Y. (2022). IoT-based monitoring systems for marine safety: A comprehensive review. *Ocean Engineering*, 245, 110432.
- Firdaus, R., Santoso, H., & Putra, G. D. (2021). Solar power pack development for traditional fishing boats in Eastern Indonesia. *Journal of Marine Technology*, 15(2), 89-101.
- Gunawan, T. S., Munir, A., & Sari, R. F. (2020). Design and implementation of IoT-based vessel tracking system using LoRa technology. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 10(5), 5123-5132.
- Hidayat, R., Prasetyo, A., & Wijayanto, A. (2021). Community empowerment through renewable energy technology implementation in coastal areas. *Journal of Community Service and Empowerment*, 2(3), 112-125.
- International Maritime Organization. (2019). Safety recommendations for non-conventional vessels. IMO Publishing.
- Kurniawan, B. S., Suryono, S., & Rahayu, P. (2022). Renewable energy adoption in Indonesian coastal communities: Challenges and opportunities. *Energy Policy*, 161, 112745.
- Lee, S. H., & Park, J. H. (2020). Design of solar-powered IoT monitoring system for small vessels. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(3), 215.
- Liu, X., Wang, Q., & Zhang, L. (2021). Low-power wide-area networks for maritime applications: A LoRa case study. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(4), 2678-2690.
- Maritime Safety Committee. (2018). Guidelines for the installation of renewable energy systems on small vessels. International Maritime Organization.
- Nugroho, A., & Sari, D. P. (2022). Community-based marine tourism development using appropriate technology. *Journal of Coastal Conservation*, 26(3), 28-42.
- Patel, R. K., & Singh, A. (2021). Solar energy harvesting systems for marine applications: A technical review. *Renewable Energy*, 172, 1203-1217.
- Putri, S. A., & Hermawan, A. (2020). Technology adoption in traditional fishing communities: A case study of IoT implementation. *Marine Policy*, 121, 104195.
- Rahman, A., Santoso, B., & Wijaya, C. (2023). Sustainable tourism development through renewable energy integration in coastal areas. *Tourism Management Perspectives*, 46, 101067.
- Smith, J., & Brown, K. (2022). Long-range communication technologies for maritime monitoring: Comparative analysis. *Journal of Navigation*, 75(2), 345-360.
- Suhartono, S., & Lee, M. (2021). Battery storage systems for small marine vessels: Performance analysis and optimization. *Energy Reports*, 7, 512-523.
- Wang, Y., & Chen, X. (2020). Integration of IoT and renewable energy for smart coastal communities. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102030.

- Wibowo, A., & Chen, K. (2022). Real-time monitoring systems for traditional vessel safety enhancement. *Safety Science*, 147, 105598.
- Zhang, L., & Li, W. (2021). Community participation in marine technology implementation: Success factors and challenges. *Ocean & Coastal Management*, 210, 105697.