

PENERAPAN TEKNOLOGI TEPAT GUNA PENGELOLAAN LIMBAH BUDI DAYA RUMPUT LAUT DI PANTAI AMAL KOTA TARAKAN

Hasrullah^{1*}, Ahmad Hernadi¹, Muhammad Firdan Nurdin², Amrullah Taqwa³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

³Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Borneo Tarakan

Jalan Amal Lama No.1 Kota Tarakan, Indonesia

hasrullah.ray@borneo.ac.id*, ahernavi@gmail.com, firdan@borneo.ac.id, amrultaqwa@gmail.com

(*) Corresponding Author



Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-NonKomersial 4.0 Internasional.

Abstract

The coastal area of Pantai Amal, Tarakan City, Indonesia, faces two major environmental challenges: the accumulation of post-harvest seaweed biomass waste and increasing coastal abrasion caused by climate change, both of which threaten environmental quality and the sustainability of local livelihoods. This Community Service Program aimed to develop an integrated community empowerment model by combining appropriate technology, mangrove rehabilitation, and institutional strengthening to address seaweed waste management and climate change adaptation. The program employed a Participatory Action Research (PAR) approach through four iterative stages: Plan, Act, Observe, and Reflect, actively involving community members in planning, implementation, evaluation, and program improvement. The results demonstrated the successful installation of two appropriate technology units, namely a portable solar dryer and a biomass chopper, followed by technical training for 30 community participants, all of whom were able to operate the equipment independently after the training. In addition, 1,000 Rhizophora mangrove seedlings were planted in erosion-prone coastal areas, while a tourism website and official social media platforms managed by the local Tourism Awareness Group (Pokdarwis) were established to strengthen digital promotion and community participation. The novelty of this program lies in the integration of circular economy-based seaweed waste management, ecosystem-based mangrove rehabilitation, and community institutional empowerment into a single community service model. This integrated approach contributes to strengthening local capacity in sustainable resource management, enhancing coastal resilience, and supporting the development of Pantai Amal as a sustainable community-based tourism destination.

Keywords: *appropriate technology; community empowerment; circular economy; mangrove rehabilitation; Participatory Action Research; seaweed waste.*

Abstrak

Kawasan pesisir Pantai Amal, Kota Tarakan, menghadapi dua permasalahan utama, yaitu akumulasi limbah biomassa pascapanen rumput laut dan meningkatnya abrasi pantai yang berdampak terhadap kualitas lingkungan serta keberlanjutan mata pencaharian masyarakat pesisir. Program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan mengembangkan model pemberdayaan masyarakat berbasis integrasi teknologi tepat guna, rehabilitasi mangrove, dan penguatan kelembagaan sebagai solusi pengelolaan limbah dan adaptasi perubahan iklim. Kegiatan dilaksanakan menggunakan pendekatan Participatory Action Research (PAR) melalui tahapan *Plan-Act-Observe-Reflect* yang melibatkan masyarakat secara aktif dalam perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, dan refleksi program. Hasil kegiatan menunjukkan terpasangnya dua unit teknologi tepat guna, yaitu *solar dryer portable* dan mesin pencacah biomassa (*chopper*), terlaksananya pelatihan kepada 30 peserta dengan kemampuan pengoperasian alat mencapai 100%, penanaman 1.000 bibit mangrove pada kawasan abrasi, serta terbentuknya website Desa Wisata dan media sosial yang dikelola oleh Pokdarwis sebagai media promosi digital. Kebaruan program ini terletak pada integrasi

pengelolaan limbah rumput laut berbasis ekonomi sirkular, rehabilitasi mangrove, dan pemberdayaan kelembagaan dalam satu model pengabdian yang saling mendukung. Model tersebut berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan sumber daya lokal, penguatan ketahanan lingkungan pesisir, dan pengembangan Desa Wisata Pantai Amal secara berkelanjutan.

Kata kunci: teknologi tepat guna; pemberdayaan masyarakat; ekonomi sirkular; rehabilitasi mangrove; *Participatory Action Research*; limbah rumput laut.

PENDAHULUAN

Kawasan pesisir Pantai Amal di Kota Tarakan, Kalimantan Utara, merupakan salah satu sentra utama budi daya rumput laut *Eucheuma cottonii* sekaligus destinasi wisata unggulan yang berperan penting dalam menopang perekonomian masyarakat pesisir [1]. Berdasarkan hasil observasi awal dan survei pendahuluan yang dilakukan tim pengabdian bersama kelompok pembudidaya, aktivitas budidaya menghasilkan limbah biomassa pascapanen sekitar 3–5 ton per bulan pada musim panen. Limbah tersebut sebagian besar belum dimanfaatkan secara optimal dan masih ditumpuk di lokasi budidaya, dibakar, atau dibuang kembali ke laut karena keterbatasan teknologi pengolahan yang sederhana dan sesuai dengan kapasitas masyarakat. Kondisi ini menyebabkan penurunan estetika kawasan wisata, munculnya bau tidak sedap, serta berpotensi meningkatkan pencemaran perairan akibat proses dekomposisi bahan organik [2], [3]. Di sisi lain, kawasan pesisir Pantai Amal juga menghadapi ancaman abrasi yang semakin meningkat. Hasil pemetaan awal menunjukkan sekitar 1,2 km garis pantai mengalami abrasi dengan tingkat sedang hingga berat yang mengancam area budidaya, infrastruktur wisata, dan permukiman masyarakat [4], [5]. Wawancara terhadap kelompok pembudidaya menunjukkan bahwa sekitar 70–100 kepala keluarga terdampak secara langsung, dengan penurunan pendapatan diperkirakan mencapai 20–35% pada musim gelombang tinggi, atau setara dengan kerugian ekonomi sekitar Rp1,5–3 juta per kepala keluarga setiap musim. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa permasalahan limbah biomassa dan degradasi kawasan pesisir tidak hanya berdampak pada kualitas lingkungan, tetapi juga menurunkan ketahanan ekonomi masyarakat sehingga memerlukan solusi yang terintegrasi dan berkelanjutan.

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa limbah rumput laut memiliki kandungan unsur hara makro (N, P, dan K) serta zat pengatur tumbuh yang berpotensi dikembangkan menjadi pupuk organik cair maupun produk bernilai tambah melalui pendekatan ekonomi sirkular (*circular*

economy) [6]. Pendekatan ini tidak hanya mampu mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga meningkatkan nilai ekonomi limbah melalui konsep *waste-to-wealth*. Pada aspek adaptasi perubahan iklim, restorasi mangrove merupakan salah satu bentuk *Nature-based Solutions* (NbS) yang terbukti efektif dalam meredam energi gelombang, menahan sedimen, meningkatkan kualitas ekosistem pesisir, serta mengurangi laju abrasi secara berkelanjutan [7], [8], [9]. Selain itu, keberhasilan pengelolaan kawasan wisata berbasis masyarakat sangat dipengaruhi oleh kapasitas kelembagaan lokal, khususnya Kelompok Sadar Wisata (Pokdarwis), yang berperan sebagai penggerak dalam menjaga keberlanjutan program, meningkatkan partisipasi masyarakat, serta mengintegrasikan aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial [5], [10], [11].

Meskipun berbagai penelitian mengenai pemanfaatan limbah rumput laut, rehabilitasi mangrove, maupun penguatan kelembagaan masyarakat telah banyak dilakukan, implementasinya di kawasan pesisir masih berlangsung secara parsial [6], [11], [12]. Program pemanfaatan limbah umumnya berhenti pada skala laboratorium atau pelatihan tanpa didukung teknologi tepat guna yang mampu diterapkan secara berkelanjutan oleh masyarakat [11]. Sementara itu, kegiatan rehabilitasi mangrove lebih banyak berfokus pada penanaman bibit tanpa diikuti mekanisme pemberdayaan ekonomi dan kelembagaan yang menjamin pemeliharaan tanaman setelah kegiatan berakhir. Hasil identifikasi lapangan di Pantai Amal menunjukkan bahwa kondisi tersebut juga terjadi pada masyarakat setempat, di mana belum tersedia model pemberdayaan yang mampu menghubungkan pengelolaan limbah budidaya rumput laut, konservasi pesisir, dan penguatan kelembagaan masyarakat dalam satu sistem yang saling mendukung. Akibatnya, berbagai program yang pernah dilaksanakan belum mampu memberikan dampak lingkungan, ekonomi, dan sosial secara berkelanjutan [6], [12], [13].

Kebaruan (*novelty*) kegiatan pengabdian ini terletak pada pengembangan model pemberdayaan masyarakat berbasis integrasi teknologi, konservasi, dan kelembagaan yang diterapkan

secara simultan dalam satu program. Berbeda dengan kegiatan pengabdian sebelumnya yang hanya berfokus pada salah satu aspek, program ini mengintegrasikan inovasi teknologi tepat guna berupa *solar dryer portable* dan mesin pencacah biomassa (*chopper*) untuk mengolah limbah rumput laut menjadi produk bernilai ekonomi, rehabilitasi kawasan pesisir melalui penanaman 1.000 bibit mangrove sebagai strategi adaptasi perubahan iklim berbasis masyarakat, serta pembentukan dan pendampingan Kelompok Sadar Wisata (Pokdarwis) sebagai kelembagaan lokal yang bertanggung jawab terhadap keberlanjutan pengelolaan lingkungan dan pengembangan desa wisata. Integrasi ketiga komponen tersebut diharapkan mampu menghasilkan dampak yang lebih berkelanjutan dibandingkan pendekatan parsial karena mampu menghubungkan peningkatan nilai ekonomi masyarakat dengan upaya konservasi lingkungan melalui dukungan kelembagaan lokal [6], [11].

Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan dan mengimplementasikan teknologi tepat guna dalam mengolah limbah budidaya rumput laut menjadi produk bernilai ekonomis melalui pendekatan ekonomi sirkular; (2) meningkatkan ketahanan kawasan pesisir Pantai Amal melalui rehabilitasi mangrove sebagai bentuk adaptasi perubahan iklim berbasis masyarakat; dan (3) memperkuat kapasitas masyarakat melalui pembentukan dan pendampingan Pokdarwis sebagai fondasi pengembangan Desa Wisata Mandiri yang berkelanjutan [3], [14].

METODE PENGABDIAN MASYARAKAT

Sasaran dan Lokasi Kegiatan

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dilaksanakan di Kelurahan Pantai Amal, Kota Tarakan, Kalimantan Utara, selama tujuh bulan, mulai dari identifikasi permasalahan hingga evaluasi keberlanjutan program. Lokasi dipilih karena merupakan sentra budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii* yang menghadapi dua permasalahan utama, yaitu akumulasi limbah biomassa pascapanen dan meningkatnya abrasi pesisir.

Sasaran kegiatan adalah 30 orang mitra yang terdiri atas kelompok pembudidaya rumput laut, tokoh masyarakat, pemuda pesisir, dan perangkat kelurahan. Tim pengabdian berperan sebagai fasilitator, pendamping, penyedia teknologi tepat guna, serta evaluator program. Seluruh mitra dilibatkan secara aktif sejak identifikasi masalah,

penyusunan solusi, implementasi kegiatan, hingga evaluasi hasil sebagai prinsip utama pendekatan *Participatory Action Research* (PAR).

Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan *Participatory Action Research* (PAR)[15], [16] yang menempatkan masyarakat sebagai subjek utama dalam proses perubahan. Pelaksanaan kegiatan mengikuti siklus PAR yang terdiri atas empat tahapan berulang (*Plan-Act-Observe-Reflect*), sehingga hasil evaluasi pada setiap tahap menjadi dasar penyempurnaan kegiatan berikutnya.

1. Plan (Perencanaan Partisipatif)

Tahap perencanaan diawali melalui observasi lapangan, *Focus Group Discussion* (FGD), wawancara mendalam, serta survei awal untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan dan kebutuhan masyarakat. Survei meliputi estimasi volume limbah biomassa rumput laut, kondisi abrasi pantai, kapasitas masyarakat dalam pengolahan limbah, serta kondisi kelembagaan lokal. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa prioritas kebutuhan masyarakat meliputi:

- teknologi sederhana untuk mengolah limbah rumput laut menjadi produk bernilai ekonomi;
- rehabilitasi kawasan pesisir melalui penanaman mangrove; dan
- pembentukan kelembagaan lokal yang mampu menjamin keberlanjutan program.

Temuan pada tahap ini digunakan sebagai dasar penyusunan desain kegiatan, materi pelatihan, spesifikasi teknologi tepat guna, serta penyusunan indikator evaluasi.

2. Act (Implementasi Program)

Tahap implementasi meliputi tiga komponen kegiatan yang saling terintegrasi. Pertama, dilakukan pelatihan pengolahan limbah biomassa rumput laut menggunakan konsep ekonomi sirkular melalui pemanfaatan *solar dryer portable* dan mesin pencacah biomassa (*chopper*). Biomassa yang telah dikeringkan dan dicacah selanjutnya difermentasi menjadi pupuk organik cair (POC).

Kedua, POC hasil produksi dimanfaatkan sebagai pupuk awal pada kegiatan rehabilitasi pesisir melalui penanaman 1.000 bibit mangrove jenis *Rhizophora sp.* pada kawasan abrasi.

Ketiga, masyarakat didampingi membentuk Kelompok Sadar Wisata (Pokdarwis) yang bertugas mengelola kegiatan konservasi, pemasaran produk POC, serta pengembangan paket eduwisata

mangrove. Dengan demikian, seluruh rangkaian kegiatan membentuk satu model integrasi berbasis ekonomi sirkular, yaitu: Limbah biomassa rumput laut → pengeringan → pencacahan → produksi POC → pemupukan mangrove → rehabilitasi pesisir → pengembangan eduwisata → peningkatan ekonomi masyarakat melalui Pokdarwis.

3. *Observe* (Monitoring dan Evaluasi)

Monitoring dilakukan secara berkala selama pelaksanaan program menggunakan observasi partisipatif, lembar evaluasi, dokumentasi lapangan, *pre-test* dan *post-test*, serta wawancara terhadap seluruh peserta. Evaluasi dilakukan terhadap empat aspek utama, yaitu peningkatan kapasitas masyarakat, performa teknologi tepat guna, keberhasilan rehabilitasi mangrove, serta penguatan kelembagaan masyarakat.

4. *Reflect* (Refleksi dan Penyempurnaan)

Tahap refleksi dilaksanakan melalui FGD bersama seluruh mitra setelah setiap kegiatan utama selesai. Masukan masyarakat digunakan untuk memperbaiki metode fermentasi POC, tata letak rak pengering, mekanisme operasional mesin pencacah, lokasi penanaman mangrove, serta pembagian tugas dalam Pokdarwis. Proses refleksi tersebut menghasilkan penyempurnaan pelaksanaan program sehingga kegiatan tidak berlangsung secara linear, melainkan mengikuti siklus pembelajaran bersama sesuai prinsip PAR.

Teknik Analisis dan Indikator Keberhasilan

Keberhasilan program dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif berdasarkan indikator yang telah ditetapkan sejak tahap perencanaan.

1. Peningkatan kapasitas masyarakat

Pengetahuan peserta diukur menggunakan instrumen *pre-test* dan *post-test* yang terdiri atas 20 soal mengenai pengelolaan limbah rumput laut, produksi POC, konservasi mangrove, dan kelembagaan. Nilai awal (*baseline*) diperoleh sebelum pelatihan, sedangkan nilai akhir diperoleh setelah pelatihan selesai. Program dinyatakan berhasil apabila terjadi peningkatan rata-rata skor minimal 25% dibandingkan nilai awal.

2. Evaluasi teknologi tepat guna

Evaluasi dilakukan terhadap performa dua unit alat yang dikembangkan, yaitu *solar dryer portable* dan mesin pencacah biomassa. Parameter yang diamati meliputi:

- kapasitas pengeringan (kg/hari),
- waktu pengeringan,

- kapasitas pencacahan (kg/jam),
- tingkat keberhasilan pengoperasian oleh masyarakat (% operator mampu mengoperasikan secara mandiri),
- frekuensi gangguan alat selama masa uji coba.

Kualitas pupuk organik cair dievaluasi berdasarkan parameter:

- pH,
- warna dan aroma fermentasi,
- kadar unsur hara makro (N, P, dan K) apabila tersedia hasil uji laboratorium,
- volume produksi setiap siklus fermentasi.

3. Evaluasi rehabilitasi mangrove

Keberhasilan rehabilitasi diukur berdasarkan:

- jumlah bibit mangrove yang berhasil ditanam,
- persentase *survival rate* setelah tiga bulan,
- tinggi rata-rata bibit,
- jumlah daun baru sebagai indikator pertumbuhan vegetatif.

Survival rate dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Survival Rate (\%)} = \frac{\text{Jumlah bibit hidup}}{\text{Jumlah bibit ditanam}} \times 100\% \quad (1)$$

Monitoring dilakukan setiap bulan melalui observasi langsung pada seluruh plot penanaman.

4. Evaluasi kelembagaan Pokdarwis

Penguatan kelembagaan dievaluasi menggunakan lima indikator utama:

- terbentuknya struktur organisasi dan legalitas Pokdarwis;
- tingkat partisipasi anggota (>75% kehadiran pada setiap kegiatan);
- jumlah kegiatan yang berhasil dilaksanakan secara mandiri;
- tersusunnya program kerja tahunan;
- keberlanjutan pengelolaan produk POC dan kegiatan konservasi setelah program selesai.

Data diperoleh melalui observasi partisipatif, dokumentasi organisasi, daftar hadir kegiatan, wawancara, dan Focus Group Discussion. Seluruh hasil evaluasi kemudian dianalisis secara deskriptif untuk menilai efektivitas model integrasi teknologi tepat guna, rehabilitasi mangrove, dan penguatan kelembagaan dalam mendukung pengembangan Desa Wisata Mandiri berbasis ekonomi sirkular dan adaptasi perubahan iklim.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) disajikan berdasarkan

tiga pilar utama yang dirancang untuk mengatasi masalah limbah, kerentanan iklim, dan promosi digital.

Pilar 1: Pengembangan Inovasi Transformasi Limbah

Pengembangan inovasi transformasi limbah diawali dengan instalasi dua unit teknologi tepat guna berupa *Solar Dryer Portable* dan mesin pencacah biomassa (*Chopper*) di lokasi Mitra 1. Kedua peralatan tersebut dirancang untuk mendukung proses pengolahan limbah biomassa rumput laut yang sebelumnya belum dimanfaatkan secara optimal. *Solar Dryer* digunakan sebagai media pengeringan biomassa dengan memanfaatkan energi matahari sehingga proses pengeringan tidak bergantung sepenuhnya pada kondisi cuaca, sedangkan mesin *Chopper* berfungsi memperkecil ukuran biomassa sehingga lebih mudah diproses pada tahapan fermentasi menjadi pupuk organik cair (POC). Pemasangan kedua alat dilakukan secara partisipatif bersama mitra agar masyarakat memahami fungsi, komponen, serta prosedur pengoperasiannya sejak awal. Proses instalasi kedua teknologi tepat guna tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



(a)



(b)

Sumber: (Dokumentasi Penulis, 2025)
Gambar 1. Instalasi Teknologi Tepat Guna Berupa
(a) Rak pengering rumput laut (*Solar Dryer*) dan
(b) Mesin pencacah biomassa (*Chopper*)

Setelah proses instalasi selesai, kedua alat diuji coba untuk memastikan seluruh komponen berfungsi dengan baik sebelum digunakan oleh masyarakat. Hasil uji operasional menunjukkan bahwa *Solar Dryer* mampu digunakan sebagai sarana pengeringan biomassa rumput laut secara optimal pada kondisi lapangan, sedangkan mesin *Chopper* dapat beroperasi dengan baik untuk proses pencacahan biomassa sebelum difermentasi. Penggunaan kedua alat memberikan alternatif pengolahan limbah yang lebih praktis dibandingkan metode manual yang sebelumnya dilakukan oleh masyarakat.

Tahap berikutnya adalah pelaksanaan pelatihan pengoperasian teknologi tepat guna kepada masyarakat. Pelatihan diikuti oleh 30 peserta yang terdiri atas kelompok pembudidaya rumput laut, tokoh masyarakat, dan pemuda pesisir. Materi pelatihan meliputi pengenalan komponen alat, prosedur pengoperasian, keselamatan kerja, pemeliharaan peralatan, serta praktik langsung pengolahan limbah biomassa menjadi bahan baku pupuk organik cair. Selama kegiatan berlangsung, peserta memperoleh pendampingan secara langsung dari tim pengabdian sehingga setiap peserta memiliki kesempatan untuk mengoperasikan *Solar Dryer* maupun *Chopper* secara mandiri. Pelaksanaan kegiatan pelatihan dan praktik pengoperasian alat oleh peserta disajikan pada Gambar 2.



Sumber: (Dokumentasi Penulis, 2025)
Gambar 2. Pelaksanaan Pelatihan Pengoperasian
Solar Dryer dan Mesin *Chopper*

Hasil evaluasi pelatihan menunjukkan bahwa seluruh peserta mampu mengoperasikan kedua peralatan secara mandiri setelah mengikuti sesi praktik. Total kegiatan pelatihan tercatat sebesar 160 Jam Kerja Efektif Mahasiswa (JKEM) yang dihitung berdasarkan jumlah peserta dan durasi efektif pelaksanaan kegiatan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses transfer teknologi

berjalan dengan baik dan dapat diterima oleh masyarakat sebagai pengguna utama teknologi.

Capaian pelaksanaan Pilar 1 yang meliputi instalasi teknologi, jumlah peserta pelatihan, tingkat keberhasilan operasional alat, dan total Jam Kerja Efektif Mahasiswa (JKEM) dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Capaian Pilar 1 Pengembangan Inovasi Transformasi Limbah

Indikator	Capaian
Solar Dryer terpasang	1 unit
Chopper terpasang	1 unit
Peserta pelatihan TTG	30 orang
Tingkat keberhasilan operasional alat	100%
Output kegiatan	160 JKEM

Sumber: (Dokumentasi Penulis, 2025)

Berdasarkan Tabel 1, seluruh indikator pada Pilar 1 berhasil dicapai sesuai target. Instalasi masing-masing satu unit Solar Dryer dan Chopper telah selesai dilaksanakan, pelatihan diikuti oleh 30 peserta, serta kedua peralatan menunjukkan tingkat keberhasilan operasional sebesar 100%. Selain itu, pelaksanaan kegiatan menghasilkan akumulasi 160 JKEM sebagai bentuk kontribusi mahasiswa dalam proses pemberdayaan masyarakat.

Hasil pelaksanaan Pilar 1 menunjukkan bahwa teknologi tepat guna yang dikembangkan dapat diimplementasikan dengan baik melalui pendekatan partisipatif. Keberhasilan instalasi alat yang diikuti dengan pelatihan intensif memberikan peluang bagi masyarakat untuk mulai memanfaatkan limbah biomassa rumput laut sebagai bahan baku produk bernilai tambah. Meskipun dampak terhadap peningkatan kapasitas produksi maupun pendapatan masyarakat belum dievaluasi dalam periode pendampingan yang relatif singkat, kegiatan ini telah menghasilkan peningkatan kapasitas teknis masyarakat dalam mengoperasikan teknologi pengolahan limbah serta menjadi fondasi awal penerapan konsep ekonomi sirkular pada tingkat komunitas. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian yang menyatakan bahwa keberhasilan penerapan teknologi tepat guna pada masyarakat sangat dipengaruhi oleh proses pendampingan, pelatihan, dan keterlibatan aktif masyarakat sebagai pengguna teknologi.

Pilar 2: Penguatan Ketahanan Pesisir melalui Penanaman Mangrove

Pilar kedua difokuskan pada upaya meningkatkan ketahanan kawasan pesisir Pantai Amal melalui rehabilitasi lingkungan berbasis masyarakat. Kegiatan diawali dengan pelaksanaan aksi bersih lingkungan (Ablin) pada kawasan pesisir

yang menjadi lokasi budidaya rumput laut dan kawasan wisata. Aksi ini bertujuan mengurangi akumulasi sampah organik maupun anorganik yang berpotensi menurunkan kualitas lingkungan pesisir sekaligus membangun kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kebersihan kawasan wisata. Kegiatan melibatkan seluruh peserta pengabdian, kelompok pembudidaya rumput laut, Pokdarwis, tokoh masyarakat, serta pemuda setempat sehingga tercipta kolaborasi dalam pengelolaan lingkungan pesisir. Pelaksanaan aksi bersih lingkungan bersama masyarakat ditunjukkan pada Gambar 3.



Sumber: (Dokumentasi Penulis, 2025)

Gambar 3. Pelaksanaan Aksi Bersih Lingkungan (Ablin) di Kawasan Pantai Amal.

Pelaksanaan aksi bersih lingkungan menjadi tahapan awal sebelum kegiatan rehabilitasi mangrove dilakukan. Melalui kegiatan ini, masyarakat memperoleh pemahaman mengenai hubungan antara kebersihan kawasan pesisir, keberlanjutan budidaya rumput laut, dan daya tarik wisata. Selain menghasilkan lingkungan yang lebih bersih, kegiatan ini juga memperkuat partisipasi masyarakat sebagai modal sosial dalam pelaksanaan kegiatan konservasi berikutnya.

Tahap selanjutnya adalah rehabilitasi kawasan pesisir melalui penanaman 1.000 bibit mangrove jenis *Rhizophora* sp. pada zona yang mengalami abrasi. Penentuan lokasi penanaman dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan yang menunjukkan adanya kerusakan garis pantai akibat abrasi. Penanaman dilaksanakan secara gotong royong oleh seluruh peserta dengan menerapkan teknik penanaman yang sesuai untuk meningkatkan peluang keberhasilan pertumbuhan bibit. Pada tahap awal, pupuk organik cair (POC) hasil pengolahan limbah rumput laut dimanfaatkan sebagai bagian dari upaya mendukung pertumbuhan bibit sehingga terbentuk keterkaitan antara kegiatan pengelolaan limbah dan rehabilitasi

lingkungan. Kegiatan penanaman mangrove pada kawasan abrasi disajikan pada Gambar 4.



Sumber: (Dokumentasi Penulis, 2025)

Gambar 4. Penanaman 1.000 Bibit Mangrove Jenis *Rhizophora* sp. Pada Zona Abrasi Pantai Amal

Kegiatan penanaman mangrove tidak hanya berorientasi pada penambahan vegetasi pesisir, tetapi juga menjadi media edukasi bagi masyarakat mengenai pentingnya fungsi mangrove dalam menjaga kestabilan garis pantai, menyediakan habitat bagi biota pesisir, serta mendukung keberlanjutan kegiatan perikanan dan pariwisata. Selama pelaksanaan kegiatan, seluruh peserta berpartisipasi aktif mulai dari persiapan bibit, penanaman, hingga penyusunan rencana pemeliharaan pascatanam.

Capaian pelaksanaan Pilar 2 yang meliputi jumlah bibit mangrove yang ditanam, lokasi penanaman, pelaksanaan aksi bersih lingkungan, dan tingkat partisipasi mitra dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Capaian Pilar 2 Imunitas Pesisir

Indikator	Capaian
Bibit mangrove ditanam	1000 bibit
Lokasi penanaman	Zona abrasi tinggi
Kegiatan Ablin	1 kali pelaksanaan
Partisipasi mitra	100%

Sumber: (Dokumentasi Penulis, 2025)

Berdasarkan Tabel 2, seluruh target kegiatan pada Pilar 2 berhasil dicapai. Sebanyak 1.000 bibit mangrove berhasil ditanam pada kawasan dengan tingkat abrasi tinggi, aksi bersih lingkungan (Ablin) terlaksana satu kali sesuai rencana, dan tingkat partisipasi mitra mencapai 100%. Capaian tersebut menunjukkan tingginya keterlibatan masyarakat dalam setiap tahapan rehabilitasi pesisir yang dilaksanakan.

Pelaksanaan Pilar 2 menunjukkan bahwa pendekatan konservasi berbasis partisipasi masyarakat dapat diimplementasikan dengan baik pada kawasan pesisir Pantai Amal. Tingkat partisipasi masyarakat yang mencapai 100%

menunjukkan adanya penerimaan yang baik terhadap kegiatan rehabilitasi lingkungan sekaligus memperkuat kolaborasi antara kelompok pembudidaya rumput laut, Pokdarwis, dan masyarakat setempat. Selain itu, pemanfaatan pupuk organik cair hasil pengolahan limbah rumput laut pada tahap awal penanaman memperlihatkan adanya integrasi antara kegiatan pengelolaan limbah dan konservasi pesisir dalam satu rangkaian program. Meskipun efektivitas rehabilitasi terhadap pengurangan abrasi maupun tingkat kelangsungan hidup mangrove memerlukan pemantauan dalam jangka waktu yang lebih panjang, kegiatan ini telah membangun fondasi awal bagi pengelolaan kawasan pesisir yang lebih berkelanjutan melalui keterlibatan aktif masyarakat. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian yang menyatakan bahwa keberhasilan rehabilitasi mangrove tidak hanya ditentukan oleh jumlah bibit yang ditanam, tetapi juga oleh tingkat partisipasi masyarakat dalam pemeliharaan dan pengelolaan kawasan secara berkelanjutan [7], [9].

Pilar 3: Pemberdayaan Digital Desa Wisata

Pilar ketiga difokuskan pada penguatan kapasitas kelembagaan masyarakat melalui pemanfaatan teknologi informasi sebagai media promosi Desa Wisata Pantai Amal. Kegiatan diawali dengan pengembangan website resmi Desa Wisata Pantai Amal yang berfungsi sebagai pusat informasi mengenai profil kawasan wisata, potensi wisata mangrove, produk hasil inovasi limbah rumput laut, galeri kegiatan, serta informasi kontak yang dapat diakses oleh masyarakat maupun calon pengunjung. Website dirancang dengan tampilan yang sederhana dan mudah digunakan sehingga dapat dikelola secara mandiri oleh Pokdarwis setelah kegiatan pengabdian selesai. Tampilan website yang dikembangkan sebagai media informasi dan promosi digital ditunjukkan pada Gambar 5.



Sumber: (Dokumentasi Penulis, 2025)

Gambar 5. Tampilan Website Desa Wisata Pantai Amal

Keberadaan website memberikan sarana publikasi yang lebih terstruktur dibandingkan media promosi konvensional. Informasi mengenai kegiatan konservasi mangrove, inovasi pengolahan limbah rumput laut, serta aktivitas desa wisata dapat diperbarui secara berkala sehingga memudahkan masyarakat dalam menyampaikan informasi kepada wisatawan maupun pemangku kepentingan lainnya.

Selain website, dilakukan pula pendampingan dalam pengelolaan akun media sosial Pokdarwis Pantai Amal sebagai media komunikasi yang lebih interaktif. Pendampingan meliputi penyusunan konten, teknik fotografi sederhana, penulisan narasi promosi, serta tata cara publikasi informasi secara berkala. Konten yang dipublikasikan berfokus pada tiga tema utama, yaitu kegiatan konservasi mangrove, edukasi lingkungan, dan promosi produk hasil pengolahan limbah rumput laut berupa pupuk organik cair (POC). Hasil pengembangan dan pengelolaan akun media sosial Pokdarwis ditampilkan pada Gambar 6.



Sumber: (Dokumentasi Penulis , 2025)
Gambar 6. Tampilan Akun Media Sosial Pokdarwis Pantai Amal

Melalui pendampingan tersebut, Pokdarwis mulai mampu mengelola media sosial secara mandiri sebagai sarana publikasi kegiatan desa wisata. Media sosial juga dimanfaatkan untuk mendokumentasikan kegiatan penanaman mangrove, aksi bersih lingkungan, pelatihan

teknologi tepat guna, serta promosi produk inovasi yang dihasilkan masyarakat sehingga informasi mengenai Desa Wisata Pantai Amal dapat menjangkau masyarakat yang lebih luas.

Capaian pelaksanaan Pilar 3 yang meliputi pengembangan website, pengelolaan media sosial, penunjukan pengelola digital, serta fokus konten promosi dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Capaian Pilar 3 Pemberdayaan Digital

Indikator	Capaian
Website desa wisata	1 unit
Akun media sosial resmi	1 akun
Pengelola digital	Mitra 2
Konten utama	Mangrove & inovasi limbah

Sumber: (Dokumentasi Penulis , 2025)

Berdasarkan Tabel 3, seluruh luaran yang direncanakan pada Pilar 3 berhasil diwujudkan. Program menghasilkan satu website resmi Desa Wisata Pantai Amal, satu akun media sosial resmi yang dikelola oleh Mitra 2 (Pokdarwis), serta penyusunan konten digital yang berfokus pada promosi mangrove dan inovasi pengolahan limbah rumput laut. Capaian tersebut menunjukkan bahwa infrastruktur promosi digital dan kapasitas dasar pengelolanya telah tersedia untuk mendukung keberlanjutan promosi desa wisata.

Pelaksanaan Pilar 3 menunjukkan bahwa pemanfaatan media digital dapat mendukung penguatan kapasitas kelembagaan masyarakat dalam mempromosikan potensi lokal. Website berfungsi sebagai pusat informasi resmi yang memuat profil desa wisata, kegiatan, dan produk inovasi masyarakat, sedangkan media sosial menjadi sarana komunikasi yang lebih dinamis untuk menjangkau calon wisatawan dan masyarakat umum. Pendampingan yang diberikan selama kegiatan memungkinkan Pokdarwis mengelola kedua platform tersebut secara mandiri, mulai dari penyusunan konten hingga publikasi informasi. Meskipun efektivitas media digital terhadap peningkatan jumlah kunjungan wisata maupun penjualan produk belum dievaluasi dalam periode pendampingan ini, keberadaan platform digital telah menjadi langkah awal dalam memperkuat promosi Desa Wisata Pantai Amal serta mendukung keberlanjutan pengelolaan wisata berbasis masyarakat. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian yang menyatakan bahwa pemanfaatan media digital dapat meningkatkan akses informasi dan memperluas jangkauan promosi destinasi wisata apabila didukung oleh kapasitas pengelola yang memadai [17], [18], [19].

Integrasi Hasil Program

Ketiga pilar kegiatan menunjukkan keterkaitan yang saling mendukung dalam membangun model pemberdayaan masyarakat pesisir. Teknologi tepat guna pada Pilar 1 menghasilkan pemanfaatan limbah biomassa rumput laut menjadi pupuk organik cair. Produk tersebut selanjutnya dimanfaatkan sebagai pupuk awal pada kegiatan rehabilitasi mangrove dalam Pilar 2. Sementara itu, seluruh proses kegiatan konservasi dan inovasi limbah dipublikasikan melalui website dan media sosial yang dikelola Pokdarwis pada Pilar 3 sehingga mendukung promosi desa wisata.

Integrasi tersebut membentuk satu siklus pemberdayaan masyarakat, yaitu limbah rumput laut → pengolahan menggunakan teknologi tepat guna → pupuk organik cair → rehabilitasi mangrove → promosi desa wisata melalui media digital. Model ini menunjukkan bahwa kegiatan pengabdian tidak hanya menghasilkan luaran fisik berupa teknologi dan penanaman mangrove, tetapi juga memperkuat kapasitas masyarakat dalam mengelola sumber daya lokal secara kolaboratif [4], [20], [21].

Keberhasilan program tercermin dari beberapa indikator utama, yaitu terpasangnya dua unit teknologi tepat guna, terlaksananya pelatihan kepada 30 peserta dengan tingkat keberhasilan operasional alat mencapai 100%, penanaman 1.000 bibit mangrove, terbentuknya media promosi digital yang dikelola Pokdarwis, serta tingginya partisipasi masyarakat dalam seluruh rangkaian kegiatan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan integratif mampu meningkatkan kapasitas teknis masyarakat sekaligus memperkuat kolaborasi antar pemangku kepentingan dalam pengelolaan kawasan pesisir [22], [23].

Meskipun demikian, kegiatan ini masih memiliki keterbatasan. Evaluasi dilakukan dalam waktu pendampingan yang relatif singkat sehingga dampak ekonomi dari pemanfaatan limbah rumput laut maupun tingkat keberhasilan pertumbuhan mangrove dalam jangka panjang belum dapat dievaluasi secara komprehensif. Oleh karena itu, diperlukan pendampingan lanjutan untuk memantau keberlanjutan operasional teknologi, perkembangan kelembagaan Pokdarwis, serta tingkat kelangsungan hidup mangrove setelah program selesai.

KESIMPULAN

Program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) di Kelurahan Pantai Amal, Kota Tarakan, berhasil mengimplementasikan solusi terpadu dalam pengelolaan limbah biomassa rumput laut,

rehabilitasi kawasan pesisir, dan penguatan kapasitas masyarakat melalui penerapan teknologi tepat guna, penanaman mangrove, serta pemberdayaan Pokdarwis.

Kegiatan ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi tepat guna, konservasi mangrove, dan pemberdayaan digital dapat diterapkan sebagai satu model pemberdayaan masyarakat pesisir yang saling mendukung, di mana pemanfaatan limbah rumput laut menjadi pupuk organik cair berkontribusi pada rehabilitasi mangrove, sementara Pokdarwis berperan dalam menjaga keberlanjutan program melalui promosi dan pengelolaan desa wisata.

Model tersebut memberikan kontribusi terhadap penguatan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan sumber daya lokal, peningkatan kepedulian terhadap lingkungan pesisir, serta pengembangan Desa Wisata Pantai Amal berbasis ekonomi sirkular dan konservasi yang berkelanjutan.

Untuk pengembangan program selanjutnya, diperlukan pendampingan berkelanjutan melalui hilirisasi produk olahan limbah rumput laut, pemantauan pertumbuhan mangrove secara berkala, serta optimalisasi platform digital untuk memperluas promosi dan pemasaran produk maupun potensi wisata.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih dan apresiasi yang setinggi-tingginya atas dukungan pendanaan yang telah diberikan sehingga program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dan penulisan artikel ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih ini secara khusus ditujukan kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi Republik Indonesia melalui skema Program Mahasiswa Berdampak: Pemberdayaan Masyarakat oleh Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Tahun 2025, yang telah membiayai kegiatan ini melalui Bima.kemendiktisaintek. Kami juga menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Borneo Tarakan atas fasilitasi administrasi dan koordinasi yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Rimmer *et al.*, "Seaweed Aquaculture in Indonesia Contributes to Social and Economic Aspects of Livelihoods and Community Wellbeing," *Sustainability*, vol. 13, no. 19, p. 10946, Oct. 2021, doi: 10.3390/su131910946.

- [2] B.-T. Dang *et al.*, "Current application of seaweed waste for composting and biochar: {A} review," *Bioresour. Technol.*, vol. 375, p. 128830, May 2023, doi: 10.1016/j.biortech.2023.128830.
- [3] R. Kurniati, W. Handayani, B. Prabawani, R. S. Nida, and S. F. Savitri, "Community Participation, Community Readiness, and Preferences to Promote Edu-Tourism in Mangrove Areas of Teluk Awur Village, Jepara, Indonesia," *Planning Malaysia*, vol. 22, no. 4, pp. 370–384, Aug. 2024, doi: 10.21837/PM.V22I33.1555.
- [4] D. Norma Astuti, B. Kisworo, Y. Olayinka Shogbesan, and W. Herwina, "The Effect of Local Community Empowerment on Digital Transformation in Cultural and Tourism Preservation," *JPPM (Jurnal Pendidikan dan Pemberdayaan Masyarakat)*, vol. 11, no. 1, pp. 1–13, May 2024, doi: 10.21831/JPPM.V11I1.72325.
- [5] E. Y. Astuti, W. Martokusumo, A. Z. Allam, L. Ayushitarum, A. U. Paramitasari, and H. Kurniawan, "Urban Infrastructure Changes and Their Influences on Inhabitants' Well-Being: A Case Study of Transcultural Heritage Conservation in Lasem, Indonesia," *Heritage & Society*, vol. 17, no. 3, pp. 389–412, Sep. 2024, doi: 10.1080/2159032X.2023.2293500.
- [6] M. A. Rimmer *et al.*, "Seaweed Aquaculture in Indonesia Contributes to Social and Economic Aspects of Livelihoods and Community Wellbeing," *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 10946*, vol. 13, no. 19, p. 10946, Oct. 2021, doi: 10.3390/SU131910946.
- [7] V. B. Arifanti *et al.*, "Challenges and Strategies for Sustainable Mangrove Management in Indonesia: A Review," *Forests*, vol. 13, no. 5, p. 695, May 2022, doi: 10.3390/F13050695/S1.
- [8] C. Wulandari, L. Mei Marwadani, G. Nola Salsabila, A. Rafif Santoso, and N. Azis, "Mangrove untuk Ekosistem Sehat dan Ekonomi Tangguh: Solusi Berkelanjutan di Tengah Perubahan Iklim (KKN-PPM UGM 2024 JT-013 Wedung, Demak)," *Jurnal Pengabdian, Riset, Kreativitas, Inovasi, dan Teknologi Tepat Guna*, vol. 2, no. 2, pp. 381–393, Nov. 2024, doi: 10.22146/PARIKESIT.V2I2.17427.
- [9] N. I.S. and M. D., *Strategi Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove: Sebagai Rujukan Konservasi dan Rehabilitasi Kawasan Berkelanjutan dan Pembangunan Rendah Karbon*, 2022, doi: 10.17528/CIFOR-ICRAF/008790.
- [10] P. Bunting *et al.*, "The global mangrove watch - A new 2010 global baseline of mangrove extent," *Remote Sens. (Basel)*, vol. 10, no. 10, Oct. 2018, doi: 10.3390/RS10101669.
- [11] M. Rizal, N. Sagara, I. Wayan, and K. Suryawan, "Seaweed Waste in Nusa Dua: An Analysis of Environmental Challenges and Recycling Opportunities," *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*, vol. 4, no. 1, pp. 142–148, Oct. 2023, doi: 10.31284/J.JEMT.2023.V4I1.4994.
- [12] B. T. Dang *et al.*, "Current application of seaweed waste for composting and biochar: A review," *Bioresour. Technol.*, vol. 375, p. 128830, May 2023, doi: 10.1016/J.BIORTECH.2023.128830.
- [13] M. Farghali, I. M. A. Mohamed, A. I. Osman, and D. W. Rooney, "Seaweed for climate mitigation, wastewater treatment, bioenergy, bioplastic, biochar, food, pharmaceuticals, and cosmetics: a review," *Environmental Chemistry Letters 2022 21:1*, vol. 21, no. 1, pp. 97–152, Oct. 2022, doi: 10.1007/S10311-022-01520-Y.
- [14] R. M. Ihsan and E. Elyusra, "Exploring digital promotion as a tool for community empowerment: A participatory analysis of website utilization in Sumber Urip tourism village," *Priviet Social Sciences Journal*, vol. 5, no. 7, pp. 96–106, Jul. 2025, doi: 10.55942/PSSJ.V5I7.442.
- [15] S. R. Duea, E. B. Zimmerman, L. M. Vaughn, S. Dias, and J. Harris, "A Guide to Selecting Participatory Research Methods Based on Project and Partnership Goals," *J. Particip. Res. Methods*, vol. 3, no. 1, p. 2022, 2022, doi: 10.35844/001C.32605.
- [16] N. Aafiyah and M. Mussadun, "Kelembagaan Masyarakat Sebagai Media Partisipasi Masyarakat Berbasis Komunitas Cerdas dalam Pengelolaan Hutan Mangrove di Kelurahan Mangunharjo," *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, vol. 11, no. 3, pp. 206–214, Aug. 2022, doi: 10.14710/TPWK.2022.30263.
- [17] R. Rifdan, Indra, S. H. Arhas, and S. Suprianto, "Mangrove Forest Ecotourism Program Development Tongke-tongke in Sinjai Regency," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 9, no. 5, pp. 2556–2562, May 2023, doi: 10.29303/JPPIPA.V9I5.3607.
- [18] N. A. Pradisty, F. Sidik, Y. Bimantara, I. E. Susetya, and M. Basyuni, "Litterfall and Associated Macrozoobenthic of Restored Mangrove Forests in Abandoned Aquaculture Ponds," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14,

- no. 13, p. 8082, Jul. 2022, doi: 10.3390/SU14138082/S1.
- [19] N. A. Pradisty, F. Sidik, Y. Bimantara, I. E. Susetya, and M. Basyuni, "Litterfall and Associated Macrozoobenthic of Restored Mangrove Forests in Abandoned Aquaculture Ponds," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 13, p. 8082, Jul. 2022, doi: 10.3390/SU14138082/S1.
- [20] W. Nurhayu, N. Adhha, R. Rahmattullah, I. Amelia, S. S. Tasib, and I. T. Sumatera, "IoT-Based Smart Mangrove Tourism: Innovations in Conservation and Community Empowerment at Petengoran Mangrove," *Engagement: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 9, no. 2, pp. 385–399, Oct. 2025, doi: 10.29062/ENGAGEMENT.V9I2.2179.
- [21] A. Galvão, F. B. Abreu, and J. J. de Melo, "Toward a Consensual Definition for Smart Tourism and Smart Tourism Tools," *Smart Life and Smart Life Engineering: Current State and Future Vision*, pp. 153–183, Jan. 2025, doi: 10.1007/978-3-031-75887-4_8/FIGURES/18.
- [22] Y. S. Wang and J. D. Gu, "Ecological responses, adaptation and mechanisms of mangrove wetland ecosystem to global climate change and anthropogenic activities," *Int. Biodeterior. Biodegradation*, vol. 162, Aug. 2021, doi: 10.1016/J.IBIOD.2021.105248.
- [23] W. R. Khan *et al.*, "Assessing the Productivity of the Matang Mangrove Forest Reserve: Review of One of the Best-Managed Mangrove Forests," *Forests 2024, Vol. 15, Page 747*, vol. 15, no. 5, p. 747, Apr. 2024, doi: 10.3390/F15050747.