

Aplikasi *Bamboo Submerged Breakwater* Berbasis Literasi Kelautan Untuk Mengurangi Abrasi Di Pantai Pulau Kodok Kota Tegal

Heru Kurniawan Alamsyah*, Sutaman, Kusnandar, Sri Mulyani, Noor Zuhry, Susi Watina Simanjutak, Beni Sabdo Nugroho, Yuyun Ulul Azmi, Nurul Aulia, Tegar Zamzami

Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Universitas Pancasakti Tegal;
Jln. Halmahera KM. 1 Kota Tegal
e-mail: herukurniawan@upstegal.ac.id

Abstrak

Sebagai Kota Bahari, Kota Tegal memiliki potensi perikanan dan kelautan yang cukup besar. Potensi perikanan dan kelautan Kota Tegal meliputi perikanan tangkap, perikanan budidaya, serta ekosistem pesisir dan laut yang dapat dimanfaatkan untuk peningkatan perekonomian masyarakat. Pantai Pulo Kodok sebagai salah satu kawasan pesisir di Kota Tegal merupakan salah satu primadona baru wisata bahari. Selain menyajikan pemandangan yang indah, kawasan tersebut memiliki kerentanan pesisir yakni abrasi pantai. Tujuan pengabdian masyarakat dari aplikasi "Bamboo Submerged Breakwater" berbasis literasi kelautan ini adalah untuk mengurangi dampak abrasi di Pantai Pulau Kodok, Kota Tegal, melalui pemanfaatan teknologi ramah lingkungan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilakukan dengan memberikan sosialisasi dan pelatihan tentang upaya meningkatkan keanekaragaman hayati laut serta upaya untuk mencegah terjadinya abrasi pantai kepada kelompok Nelayan yang berjumlah 10 orang. Metode pelaksanaan dengan sosialisasi serta praktik pembuatan Bamboo Submerged Breakwater, pemantauan kondisi abrasi sebelum dan sesudah pemasangan, serta evaluasi keberhasilan melalui pengukuran memecah gelombang laut. Penerapan Bamboo Submerged Breakwater berhasil mengurangi laju abrasi pantai Pulau Kodok, meningkatkan stabilitas garis pantai, serta melindungi ekosistem pesisir. Kegiatan ini juga menghasilkan peningkatan hardskill dan softskill sebesar 10% kepada para mitra di Pantai Pulo Kodok, Kota Tegal.

Kata kunci: *Bamboo; Submerged; Breakwater; Abrasi;*

1. PENDAHULUAN

Sebagai Kota Bahari, Kota Tegal memiliki potensi sumberdaya perikanan dan kelautan yang cukup besar. Salah satu potensi wilayah pesisir Kota Tegal yang dapat dikembangkan adalah Kawasan Pantai Kodok yang terletak di Kelurahan Panggung, Kelurahan Tegal Timur Kota Tegal. Wilayah Pantai Pulo Kodok Kota Tegal pada mulanya hanya sebagai wisata alam dan rekreasi [1]. Seiring berjalannya waktu Pantai Pulau Kodok banyak dikunjungi oleh mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan untuk kegiatan penanaman mangrove dan aktivitas edukasi lainnya.

Pantai Pulo Kodok dikelola oleh Kelompok Sadar Wisata (Pokdarwis) yang diketuai oleh Bapak Budi. Pokdarwis tersebut memiliki tujuan sebagai sarana silaturahmi dan komunikasi secara positif dan terarah, memperluas wawasan dan pengetahuan masyarakat untuk meningkatkan ekonomi kerakyatan dengan memanfaatkan potensi wilayah daerah setempat secara bersama-sama sebagai upaya membangkitkan dan menciptakan usaha bersama yang lebih maju sebagai wujud kepedulian terhadap program-program yang telah dicanangkan oleh pemerintah.

Saat ini Pantai Pulo Kodok dikembangkan sebagai kawasan wisata yang disertai dengan beberapa aktivitas yang mendukung pengembangan ekonomi masyarakat sekitar seperti aktivitas budidaya udang vannamee dan wisata bahari. Selain itu juga banyak warga disekitar Pantai Pulo Kodok yang mengembangkan wisata kuliner khususnya peran dari wanita nelayan. Namun demikian, seiring dengan berjalannya waktu serta perubahan iklim menyebabkan terjadinya abrasi pantai.

Abrasi pantai dapat menyebabkan hilangnya tanah dan vegetasi di daerah pantai karena tererosi oleh gelombang laut [2]. Ini mengakibatkan kerusakan lingkungan yang serius dan kehilangan habitat bagi spesies tanaman dan biota laut. Berdasarkan data dari Ketua Pengelolaan Sumber Daya Berbasis Komunitas Kota Tegal, Suharjo, telah terjadi abrasi di Pantai Kota Tegal sebesar 30%.

Pantai Pulo Kodok saat ini sedang digalakkan penanaman mangrove oleh masyarakat sekitar maupun stake holder terkait. Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya dalam mendukung program penanaman mangrove di Pantai Pulo Kodok dengan pembuatan Bamboo Submerged Breakwater yang dapat mengurangi kekuatan gelombang laut menuju ekosistem pesisir khususnya mangrove [3] dengan pendekatan literasi kelautan yakni seseorang yang memiliki literasi kelautan harus memiliki tiga aspek yaitu pengetahuan konten tentang laut, memiliki sikap yang baik terhadap lingkungan laut dan tidak melanggar nilai-nilai kelautan, serta berperilaku baik terhadap lingkungan laut [4].

Penerapan teknologi breakwater sebagai bentuk adaptasi terhadap perubahan iklim yang dapat mengurangi dampak abrasi di pesisir. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan struktur perlindungan pesisir yang ramah lingkungan, seperti breakwater, sangat efektif dalam menjaga kestabilan pantai serta melindungi ekosistem pesisir dari kerusakan lebih lanjut. Hal ini relevan dengan penerapan aplikasi "Bamboo Submerged Breakwater" berbasis literasi kelautan di Pantai Pulau Kodok, Kota Tegal, untuk mengurangi abrasi dan meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya keberlanjutan lingkungan pesisir [5].

Tujuan pengabdian masyarakat dalam aplikasi "Bamboo Submerged Breakwater" berbasis literasi kelautan untuk mengurangi abrasi di Pantai Pulau Kodok, Kota Tegal, adalah untuk memberikan solusi berbasis teknologi ramah lingkungan yang dapat mengurangi dampak abrasi pesisir dengan menggunakan bambu sebagai material breakwater terendam. Selain itu, tujuan utama pengabdian ini adalah untuk meningkatkan literasi kelautan masyarakat setempat, memberikan pelatihan mengenai pengelolaan ekosistem pesisir yang berkelanjutan, serta meningkatkan partisipasi aktif masyarakat dalam upaya perlindungan pesisir.

Solusi yang ditawarkan melalui aplikasi "Bamboo Submerged Breakwater" berbasis literasi kelautan untuk mengurangi abrasi di Pantai Pulau Kodok, Kota Tegal, adalah penerapan teknologi ramah lingkungan yang memanfaatkan bambu sebagai material utama dalam pembuatan breakwater terendam. Bambu dipilih karena sifatnya yang kuat, mudah didapat, dan memiliki dampak lingkungan yang minimal. Aplikasi ini akan menyediakan desain dan panduan praktis tentang instalasi breakwater bambu yang dapat memperlambat erosi pantai, sekaligus memberikan edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya literasi kelautan untuk menjaga ekosistem pesisir.



Gambar 1. Kondisi Eksisting Pantai Pulokodok, Kota Tegal

2. METODE

Metode pelaksanaan yang ditawarkan untuk mengatasi permasalahan mitra dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini meliputi (1) Survei pendahuluan (2) Koordinasi dengan pihak terkait (3) Sosialisasi Kegiatan (4) Implementasi Kegiatan serta (5) Monitoring dan Evaluasi Kegiatan[5]. Adapun penjabaran metode pelaksanaan kegiatan sebagai berikut:

1. Suvei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan oleh mitra Masyarakat Pantai Pulo Kodok untuk mengidentifikasi kebutuhan, perancangan, pembuatan, pendampingan teknologi yang akan diberikan kepada mitra. Dalam survei pendahuluan mitra Masyarakat Pantai Pulo Kodok adalah kelompok Nelayan yang berjumlah 10 anggota yang berlokasi dikelurahan panggung. Mitra kelompok nelayan dilibatkan sehingga dalam pelaksanaannya menjadi terarah dan tepat sasaran. Survei pendahuluan perlu dilakukan untuk mengidentifikasi potensi sumberdaya perikanan yang dimiliki oleh Masyarakat Pantai Pulo Kodok.

2. Koordinasi Pihak Terkait

Kegiatan tidak akan dapat berjalan dengan lancar tanpa adanya koordinasi dengan pihak-pihak yang mendukung kelancaran acara. Koordinasi dengan pihak terkait dilakukan dengan beberapa pihak antara lain Pemerintah Desa Kelurahan Panggung, Masyarakat Pantai Pulo Kodok, Cabang Dinas Kelautan dan Perikanan Jawa Tengah, Dinas Kelautan, Perikanan, Pertanian dan Pangan Kota Tegal, Kantor Cabang Dinas Perikanan dan Kelautan, Pokdarwis Pantai Pulo Kodok.

3. Sosialisasi dan Pendampingan Kegiatan

Sosialisasi dan pendampingan masyarakat dalam aplikasi "Bamboo Submerged Breakwater" berbasis literasi kelautan untuk mengurangi abrasi di Pantai Pulau Kodok, Kota Tegal, akan dilakukan melalui serangkaian kegiatan yang melibatkan masyarakat secara langsung. Kegiatan ini meliputi pelatihan mengenai pemahaman konsep breakwater bambu, cara pembuatan dan instalasi yang tepat, serta manfaat jangka panjang untuk perlindungan pesisir. Selain itu, sosialisasi juga akan difokuskan pada pentingnya literasi kelautan dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir dan mitigasi perubahan iklim. Dengan pendampingan langsung, diharapkan masyarakat dapat memperoleh keterampilan yang berguna serta memahami betapa pentingnya peran mereka dalam menjaga kelestarian pantai dan lingkungan sekitar.

4. Implementasi Kegiatan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat memfokuskan pada upaya peningkatan pemahaman dan keterampilan dalam pengelolaan sumberdaya mangrove secara berkelanjutan. Masyarakat diajarkan tentang jenis-jenis mangrove yang cocok untuk ditanam dikawasan tersebut. Serta bagaimana pengelolaan ekosistem mangrove yang baik dan berkelanjutan.

Selanjutnya masyarakat yang tergabung dalam Pokdarwis dan Pokwasmas dilibatkan dalam pembuatan Bamboo Submerged Breakwater mulai dari penyiapan alat dan bahan, teknik pembuatannya serta bagaimana teknik perawatan terhadap alat yang sudah dibuat. Selain itu, masyarakat dilibatkan dalam pemantauan terhadap Bamboo Submerged Breakwater apakah kondisinya masih baik atau sudah perlu perbaikan.

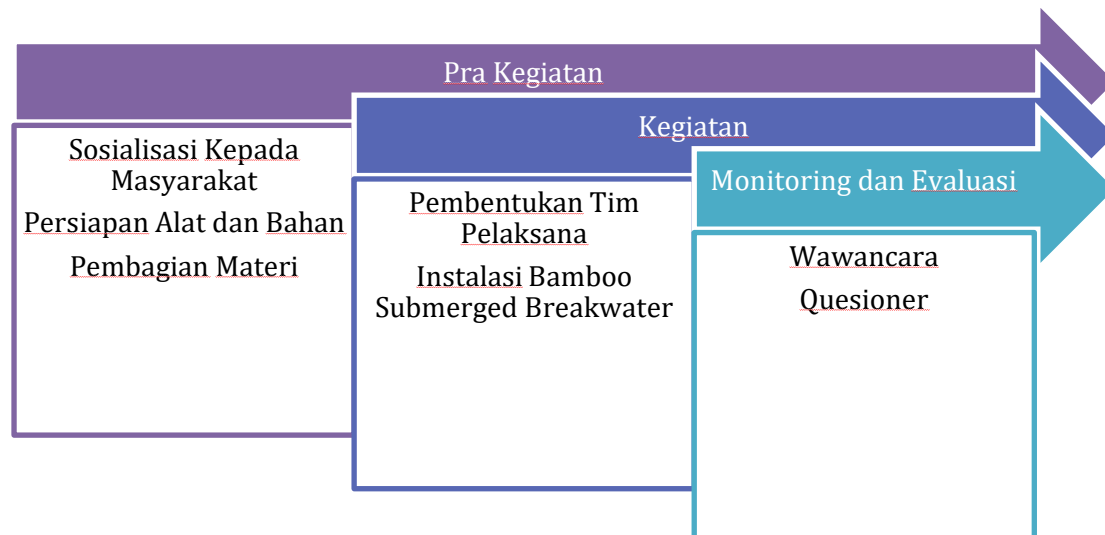
5. Monitoring dan Evaluasi Kegiatan

Monitoring dan evaluasi dilakukan untuk menjaga keberlanjutan suatu program setelah program itu terlaksana. Monitoring dan evaluasi dilakukan dengan melibatkan Mitra berdasarkan pada ketertarikan mengikuti kegiatan pengabdian, kemampuan dalam melaksanakan program yang diberikan serta output dan outcome yang dihasilkan. Alat yang digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan abrasi di Pantai Pulau Kodok meliputi

pemetaan garis pantai serta observasi langsung di lapangan untuk mengukur tingkat erosi. Selain itu, penggunaan perangkat pengukur gelombang laut dan arus juga penting untuk memahami faktor-faktor penyebab abrasi.

Monitoring dan evaluasi dilakukan secara berkala untuk mengetahui perkembangan (progress) penerapan teknologi yang dilakukan. Indikator keberhasilan dalam monitoring dan evaluasi meliputi: penurunan tingkat abrasi pantai yang tercatat melalui pemantauan garis pantai, kestabilan ekosistem pesisir dengan peningkatan populasi flora dan fauna, pengurangan kecepatan gelombang laut yang dapat diukur menggunakan alat pemantau arus, serta feedback positif dari masyarakat terkait peningkatan kesadaran dan keterlibatan dalam pelestarian pantai.

Didalam melaksanakan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat, Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan telah menjalin kerjasama dengan Pemerintah Kelurahan Panggung diharapkan dapat membantu dalam hal pengembangan inovasi teknologi yang telah dilaksanakan. Adapun prosedur pelaksanaan kegiatan digambarkan pada gambar dibawah ini



Gambar 2. Prosedur Pelaksanaan Kegiatan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Pengabdian Masyarakat di Pantai Pulokodok, Kota Tegal adalah inisiatif yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir serta melestarikan lingkungan pantai. Pantai Pulokodok, yang dikenal dengan keindahan alamnya dan keragaman ekosistem laut, menjadi lokasi ideal untuk berbagai kegiatan pengabdian yang fokus pada pelestarian lingkungan, pemberdayaan masyarakat, dan pengembangan wisata berkelanjutan.

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini diikuti oleh nelayan yang tergabung dalam Pokmaswas Jaladri Abipraya yang berarti Lautan Harapan Pelaksanaan kegiatan dimulai dari bulan Maret hingga Agustus 2024. Secara keseluruhan kegiatan sosialisasi dan pelatihan pembuatan Bamboo Submerged Breakwater berjalan dengan baik. Kegiatan pengabdian diawali dengan sosialisai tentang manfaat dan dampak penggunaan *Bamboo Submerged Breakwater* dalam mengurangi abrasi pantai(Gambar 3).



Gambar 3. Sosialisasi *Bamboo Submerged Breakwater*

Pembuatan *Bamboo Submerged Breakwater* adalah teknik inovatif dan berkelanjutan untuk melindungi garis pantai dari erosi dan mengurangi dampak gelombang laut. Breakwater ini berfungsi untuk memecah dan mengurangi energi gelombang yang mencapai pantai, serta membantu dalam stabilisasi pantai dan perlindungan habitat pesisir. Menggunakan bambu sebagai bahan utama tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga ekonomis dan mudah diperoleh di banyak daerah.

Tim Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Pancasakti Tegal melakukan pembuatan *Bamboo Submerged Breakwater* selama 2 minggu. Pada minggu I, tim dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok A yang terdiri atas laki-laki dan kelompok B dan C yang terdiri atas perempuan. Kelompok A memiliki tugas memotong bambu dan memasangnya di pinggir Pantai Pulo kodok dan sedangkan kelompok B dan C yang terutama perempuan ini akan membantu membawa bambu ke pinggir pantai pulo kodok.



Gambar 4. Proses Pembuatan *Bamboo Submerged Breakwater*

Kegiatan pada minggu ke dua setelah selesai memasang bambu breakwaternya dan penguatan kembali pada bambu yang sudah di pasang minggu sebelumnya, setelah itu kelompok B dan C mencari karung untuk diisi dengan pasir untuk di taruh di bawahnya bambu breakwaternya setelah karung sudah terisi penuh kelompok A dan B akan membawanya lalu di pasang di bawah bambu dan hasilnya memuaskan ombak tidak terlalu besar ke pinggir pantai pulo podok. Para anggota mencari ranting-ranting pohon yang sudah mati lalu kita di kumpulkan di ikat dan di taruh di atas karung pasir dan hasilnya breakwater aman terkendali dari hantaman ombak yang besar.



Gambar 5. Proses *Finishing Bamboo Submerged Breakwater*

Setelah selesai dibangun, breakwater harus dipantau secara teratur untuk memastikan keefektifannya dalam melindungi mangrove dari abrasi pantai. Pemeliharaan rutin meliputi perbaikan bambu yang rusak dan penggantian karung pasir yang terdegradasi oleh lingkungan laut. Adanya *bamboo submerged breakwater* mampu memecah dan mengurangi energi gelombang laut sekitar 5-10%.



Gambar 6. Proses Pemeliharaan *Bamboo Submerged Breakwater*

Hasil monitoring dalam kegiatan pemasangan "*Bamboo Submerged Breakwater*" akan dilakukan dengan pemantauan secara langsung melalui wawancara dan observasi terhadap masyarakat serta lingkungan sekitar Pantai Pulau Kodok. Wawancara akan dilakukan dengan masyarakat setempat untuk mendapatkan feedback terkait pemahaman mereka mengenai pentingnya pengelolaan pesisir dan teknologi breakwater bambu. Selain itu, observasi lapangan akan dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana instalasi breakwater bambu dapat mengurangi dampak abrasi dan keberhasilannya dalam menjaga stabilitas pesisir.

Hasil evaluasi akan mencakup indikator-indikator yang menunjukkan tercapainya tujuan pengabdian masyarakat, di antaranya dapat dilihat dari peningkatan pengetahuan masyarakat tentang pelestarian lingkungan pesisir, yang diukur melalui pre-test dan post-test. Penilaian tersebut akan mencakup aspek hard skill, seperti keterampilan dalam membuat dan memasang breakwater bambu, serta soft skill dalam berkomunikasi dan bekerja sama dalam kelompok. Persentase peningkatan dari pre-test ke post-test akan dihitung untuk menunjukkan sejauh mana pemahaman masyarakat bertambah.

Selain itu, evaluasi juga akan dilakukan untuk melihat perubahan dalam sikap, sosial budaya, dan ekonomi masyarakat. Indikator perubahan sikap dapat dilihat dari tingkat kesadaran masyarakat dalam menjaga ekosistem pesisir, misalnya dengan berkurangnya kebiasaan merusak lingkungan. Dari sisi sosial budaya, diharapkan ada peningkatan partisipasi aktif masyarakat dalam pelestarian lingkungan melalui kegiatan yang melibatkan mereka langsung. Sementara dari aspek ekonomi, keberhasilan bisa terlihat jika ada peningkatan pendapatan masyarakat yang bergantung pada potensi wisata pantai, serta stabilitas ekosistem yang mendukung aktivitas ekonomi berbasis pesisir. Ketercapaian ini akan dihitung melalui angket yang diisi oleh masyarakat untuk mengetahui perubahan yang terjadi setelah pelaksanaan kegiatan.

Aplikasi “Bamboo Submerged Breakwater” berbasis literasi kelautan merupakan inovasi dalam upaya mitigasi abrasi di Pantai Pulau Kodok, Kota Tegal. Struktur pemecah gelombang ini dirancang menggunakan material bambu yang bersekat, mengikuti prinsip permeable breakwater sebagaimana yang telah diteliti oleh [6], yang menunjukkan efektivitas tiang pancang bambu dalam mereduksi energi gelombang. Pemanfaatan bambu sebagai material utama tidak hanya ekonomis dan mudah didapat, tetapi juga memiliki keunggulan ramah lingkungan serta dapat berkontribusi dalam mempertahankan keseimbangan ekosistem pesisir.

Kajian mengenai bangunan pengaman pantai, seperti yang dilakukan oleh [7] dan [8], menekankan pentingnya desain struktur yang dapat mereduksi energi gelombang secara optimal tanpa merusak lingkungan. Penggunaan bambu dalam submerged breakwater diharapkan mampu mengurangi laju abrasi dengan cara menahan dan mendispersikan energi gelombang sebelum mencapai garis pantai. Selain itu, penelitian oleh [9] mengenai Organic Coastal Defence (OCD) menegaskan bahwa struktur alami dapat meningkatkan keberhasilan rehabilitasi mangrove, yang dapat dikombinasikan dengan pemecah gelombang bambu untuk perlindungan pantai yang lebih efektif.

Penerapan konsep literasi kelautan dalam proyek ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat pesisir terhadap pentingnya mitigasi abrasi dan konservasi lingkungan. Sebagaimana yang dikaji oleh [10], vegetasi seperti mangrove dapat berperan dalam mereduksi energi gelombang, sehingga kombinasi antara submerged breakwater berbasis bambu dan upaya rehabilitasi ekosistem pesisir akan menjadi solusi berkelanjutan. Dengan demikian, aplikasi ini diharapkan mampu menjadi model perlindungan pantai yang berbasis pada kearifan lokal dan teknologi ramah lingkungan.

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dalam pembuatan Bamboo Submerged Breakwater di Pantai Pulo Kodok telah mencapai beberapa tujuan penting dan memberikan manfaat signifikan baik bagi lingkungan maupun komunitas lokal antara lain:

1. Pembuatan breakwater bambu berhasil mengurangi dampak erosi pantai dan melindungi ekosistem pesisir dari gelombang laut yang kuat.
2. Kegiatan ini melibatkan anggota masyarakat lokal dalam proses pembuatan dan pemeliharaan breakwater, memberikan pelatihan praktis mengenai teknik konstruksi berkelanjutan dan meningkatkan keterampilan mereka.
3. Melalui workshop dan seminar, masyarakat lokal mendapatkan pemahaman lebih dalam tentang pentingnya pelestarian lingkungan dan penggunaan material alami. Kegiatan edukasi ini juga meningkatkan kesadaran tentang dampak positif dari penggunaan bambu sebagai bahan konstruksi ramah lingkungan.

5. SARAN

Saran yang dapat disampaikan dengan adanya aplikasi Bamboo Submerged Breakwater adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya Kampanye kesadaran yang lebih luas untuk mengedukasi masyarakat tentang manfaat dan pentingnya breakwater bambu, serta dampaknya terhadap pelestarian pantai dan perlindungan lingkungan.
2. Perlu penelitian untuk mengidentifikasi dan mengembangkan metode dan material baru yang dapat meningkatkan efisiensi dan daya tahan breakwater bambu.
3. Bekerja sama dengan ahli di bidang rekayasa lingkungan, teknologi bahan, dan manajemen pesisir untuk mendapatkan wawasan dan inovasi terbaru yang dapat diterapkan..

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Pancasakti Tegal yang telah menyetujui dan memberi dukungan finansial terhadap kegiatan pengabdian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Pokmaswas Jaladri Abipraya, Pantai Pulkodok Kota Tegal yang telah berpartisipasi aktif dalam kegiatan pengabdian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. I. Domestik and D. I. Ekspor, "Pelabuhan Perikanan Samudera Kendari," no. 0401.
- [2] F. Cahyati, "Analisis Tingkat Kerusakan Pantai Akibat Bencana Abrasi Di Kabupaten Bengkalis," *Tesis*, pp. 1–216, 2020.
- [3] P. Sabdono and P. N. Parmantoro, "Design of Submerged Breakwater," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 1, pp. 1–11, 2004.
- [4] N. E. K. Hindrasti, "Reorientasi Pembelajaran Sains Berbasis Literasi Kelautan," *BIOEDUKASI J. Pendidikan Biol.*, vol. 11, no. 2, pp. 81–86, 2018, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v11i2.22842>
- [5] G. Nurkhotija, R. Diawangsa, and A. N. Patria, "Sentra Pengolahan Breakwater sebagai Bentuk Adaptasi Perubahan Iklim," *Abdi Wiralodra J. Pengabdian Masyarakat*, vol. 6, no. 2, pp. 293–307, Sep. 2024, doi: 10.31943/abdi.v6i2.167.
- [6] A. L. Ahmad, H. Achiari, and D. M. Sulaiman, "Efektifitas Pemecah Gelombang Tiang Pancang Bambu Bulat Bersekat," *J. Sci. Technol. Virtual Cult.*, vol. 1, no. 3, pp. 142–148, 2021, [Online]. Available: <https://journal.itera.ac.id/index.php/jstvc/article/view/729>
- [7] W. Nur laila sari ayu and Ariyanto, "Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai (Breakwater) TPI Ujung Batu Jepara," *J. Civ. Eng. Study*, vol. 2, no. 01, pp. 35–43, 2022, doi: 10.34001/ces.02012022.5.
- [8] H. Hafid, H. M. A. Thaha, F. Maricar, and B. Bakri, "Struktur Hybrid Engineering Sebagai Permeable Breakwater Untuk Mereduksi Energi Gelombang Pada Pantai Berpasir," *Tek. Sipil Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Surakarta*, pp. 141–146, 2022.
- [9] T. Permanus, K. P. Utomo, J. Jumiati, and R. Jembar, "Efektivitas Bangunan Organic Coastal Defence (OCD) untuk Meningkatkan Persentase Keberhasilan Penanaman Mangrove di Mempawah Mangrove Park," *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 12, no. 1, p. 255, 2024, doi: 10.26418/jtlb.v12i1.74297.
- [10] S. L. Widhianto, D. Kharisma, Suharyanto, and S. Hardiyati, "Kajian Struktur Pengaman Pantai Sigandu, Batang," *J. Karya Tek. Sipil*, vol. 3, no. 4, pp. 1207–1221, 2014, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>