

PENERAPAN PELAT BETON BERTULANG HYBRID RAMAH LINGKUNGAN PADA INFRASTRUKTUR PINTU AIR TAMBAK UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PETANI

**Haikal Fajri¹⁾, Hamdani²⁾, Liza Fitria³⁾, Siti Komariyah⁴⁾, Defry Basrin⁵⁾,
Muhammad Riswandy⁶⁾, Arisna Fauzia⁷⁾, Lailissa'adah⁸⁾**

^{1,5,6,7)} Prodi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra Langsa, Indonesia

²⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

³⁾ Prodi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra Langsa, Indonesia

⁴⁾ Prodi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Samudra Langsa, Indonesia

⁸⁾ Prodi Pendidikan Geografi, Fakultas KIP, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

haikal.fajri@unsam.ac.id

Abstract

Food security in coastal regions is profoundly influenced by demographic dynamics and land-use conversion. The rapid growth of the human population, coupled with the reduction of aquaculture ponds due to their conversion into residential and industrial areas, presents a major challenge. The success of shrimp production—an activity that contributes significantly to improving the economic welfare of fishing communities and alleviating poverty—largely depends on the availability of reliable, cost-effective, and environmentally sustainable infrastructure. Discussions between the community service team and partner stakeholders indicated that leakage frequently occurs in wooden sluice gates commonly used in the area. This problem is primarily caused by high water salinity, climate variability, and the impacts of both tidal flooding (ROB) and upland flooding, which collectively lead to infrastructure degradation. Furthermore, limited transportation access remains a persistent obstacle, constraining the distribution of shrimp fry, feed, and harvests due to the absence of adequate transport infrastructure. To address these issues, a Community Partnership Service Program (PKM) is proposed, emphasizing the implementation of eco-friendly hybrid reinforced concrete slabs utilizing palm shell waste as a raw material. This initiative is expected to provide an effective and sustainable solution to the challenges faced by partner communities. The fabrication process will be systematically documented in a technical module comprising detailed specifications and engineering drawings, which will serve as instructional material for Training of Trainers (ToT) activities. It is anticipated that the partner institutions will subsequently disseminate this knowledge sustainably within the broader community.

Keywords: *Hybrid Concrete Slabs, Environmentally Friendly, Pond Sluice Gates, Farmer Productivity.*

Abstrak

Ketahanan pangan di wilayah pesisir sangat dipengaruhi oleh dinamika demografi dan alih fungsi lahan. Pertumbuhan populasi manusia yang pesat, ditambah dengan berkurangnya tambak budidaya akibat alih fungsi menjadi kawasan pemukiman dan industri, menghadirkan tantangan besar. Keberhasilan produksi udang—suatu kegiatan yang berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kesejahteraan ekonomi masyarakat nelayan dan pengentasan kemiskinan—sangat bergantung pada ketersediaan infrastruktur yang andal, hemat biaya, dan berkelanjutan secara lingkungan. Diskusi antara tim pengabdian masyarakat dan mitra pemangku kepentingan menunjukkan bahwa kebocoran sering terjadi pada pintu air kayu yang umum digunakan di wilayah tersebut. Masalah ini terutama disebabkan oleh salinitas air yang tinggi, variabilitas iklim, dan dampak banjir pasang surut (ROB) serta banjir dataran tinggi, yang secara kolektif menyebabkan degradasi infrastruktur. Lebih lanjut, keterbatasan akses transportasi masih menjadi kendala yang berkelanjutan, yang menghambat distribusi benih udang, pakan, dan hasil panen karena tidak adanya infrastruktur transportasi yang memadai. Untuk mengatasi masalah ini, diusulkan Program Pengabdian Masyarakat (PKM), yang menekankan penerapan pelat beton bertulang hibrida ramah

lingkungan dengan bahan baku limbah cangkang sawit. Inisiatif ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif dan berkelanjutan terhadap tantangan yang dihadapi oleh komunitas mitra. Proses fabrikasi akan didokumentasikan secara sistematis dalam sebuah modul teknis yang terdiri dari spesifikasi detail dan gambar teknik, yang akan berfungsi sebagai materi pembelajaran untuk kegiatan Pelatihan untuk Pelatih (ToT). Diharapkan lembaga mitra selanjutnya akan menyebarluaskan pengetahuan ini secara berkelanjutan kepada masyarakat luas.

Keywords: *Pelat Beton Hybrid, Ramah Lingkungan, Pintu Air Tambak, Produktivitas Petani.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara pengekspor udang vaname terbesar di dunia dengan nilai produksi mencapai 650.000 ton pada tahun 2020 (Soebjakto, 2020). Udang vaname (*L.vannamei*) merupakan jenis udang yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia dibandingkan dengan spesies lainnya dengan bentuk pemeliharaan yang bervariasi, mulai dari traditional, semi intensif, intensif dan supra intensif (Gunarto et al., 2012). Hal ini disebabkan beberapa keunggulan yakni lebih tahan terhadap penyakit, rasio konversi pakan yang rendah, kemudahan dibudidaya dan harga jual yang tinggi (Ariadi & Wafi, 2020). Provinsi Aceh merupakan salah satu sentral produksi budi daya udang yang besar di Indonesia, dengan volume produksi 55.659 ton (Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh, 2018). Kota Langsa merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Aceh mempunyai lahan tambak tradisional yang cukup luas yaitu 2067,50 Ha dan mampu menyumbang produksi udang sebesar 15% dari total produksi Provinsi Aceh (Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh, 2018). Sektor tambak udang merupakan komoditas jenis perikanan yang paling dominan. Namun, dari tahun 2010 hingga tahun 2018 jumlah produksi udang di Kota Langsa terus menurun.

Tahun 2010 jumlah produksi udang mencapai 8.348 ton dengan luas

tambak sebesar 2.580 Ha. Kapasitas produksi ini lebih rendah dibandingkan luas lahan pada tahun 2018 yaitu 2.067,50 Ha dengan jumlah produksi sebesar 6.523 ton (menurun 21,86%); pada tahun 2017 menurun 18,31%; tahun 2016 menurun 15,34%; dan pada tahun 2015 menurun 10,55% (Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh, 2018). Beberapa faktor penyebab produktivitas udang pada lahan tambak diperlihatkan pada Tabel 1.

Upaya penerapan teknologi sangat dibutuhkan untuk memberikan solusi permasalahan agar kapasitas dan produktivitas perikanan dapat ditingkatkan kembali. Lahan tambak yang dikelola mitra PKM ini memiliki potensi besar untuk dioptimalkan terutama dari aspek luas lahan yang dimilikinya yang menjadi sumber pendapatan utama masyarakat di Desa Baroh. Situasi kondisi tambak diperlihatkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Faktor yang mempengaruhi produktivitas udang pada lahan tambak

No	Faktor Rendahnya Produktivitas	Referensi
1.	Produksi lahan; modal; dan tenaga kerja	(Haris, 2019)
2.	Kualitas sirkulasi Air dan endapan sisa pakan	(Akmal et al., 2020); (Hargreaves & Tucker, 2004)
3.	Penyakit terutama virus, bakteri dan jamur	(Hasmuni, n.d.); (Azmi et al., 2017)
4.	Infrastruktur dan Aksesibilitas; fisiografi; dan luas area garapan	(Soebandriyo, 2015); (Mahesa, 2023)
5.	Kekurangan pakan (underfeeding) ataupun kelebihan pakan	(Ulumiah, 2019)

(overfeeding)

Faktor infrastruktur dan aksesibilitas tambak menjadi permasalahan prioritas untuk diselesaikan melalui usulan Program PKM ini. Solusi yang ditawarkan adalah pembangunan pelat beton pintu air hybrid ramah lingkungan yang merupakan pengembangan dan aplikasi dari hasil penelitian kompetitif nasional yang sudah dilaksanakan oleh tim pengusul program PKM ini. Penyediaan infrastruktur yang mampu menjamin kelancaran proses persiapan, pembibitan, dan panen serta menjamin tersedianya akses jalur transportasi hasil panen sangat menentukan peningkatan produktivitas udang.



Gambar 1 : Situasi Areal Tambak di Lokasi

Infrastruktur pintu air pada areal tambak berperan penting dalam meningkatkan produksi pangan di areal pesisir yang berdampak langsung kepada pertumbuhan ekonomi dan pengentasan kemiskinan masyarakat. Kemampuan pemerintah dalam menyediakan sarana dan prasarana dalam rangka meningkatkan taraf hidup masyarakat tentunya terbatas, sehingga diperlukan adanya upaya dari pihak lain seperti Perguruan Tinggi, swasta, maupun masyarakat sendiri untuk ikut berkontribusi dan berpartisipasi aktif. Adanya pelat beton pintu air hybrid ini diharapkan dapat membantu menjaga kestabilan jaringan tata air dan menghindari adanya kebocoran pada pintu ketika debit air banjir. Kualitas pelat beton yang ada pada pintu air tersebut dimungkinkan untuk aksesibilitas sepeda motor dan mobil bertonase kecil sehingga memberikan kemudahan ketika pengangkutan hasil panen. Selain itu, akses ini juga dapat digunakan oleh masyarakat menuju ke pematang tambak sekitarnya dan ketika proses perlebaran tambak dengan bantuan excavator mini yang melintasinya.

Selama ini, pintu air kayu tersebut digunakan nelayan sebagai jaringan tata air utama menuju tambak warga serta kesulitan dalam akses pengangkutan hasil panen. Solusi yang

ditawarkan pada masalah tersebut adalah pembangunan pelat beton pintu air hybrid yang ramah lingkungan dan berkelanjutan dengan menggabungkan supplementary cementing materials dari geopolimer alami abu cangkang sawit sebagai pengganti sebagian semen dan limbah kerak bongkahan cangkang sawit (clinker) sebagai substitusi agregat kasar. Melalui substitusi material tersebut dapat dihasilkan konstruksi pelat beton pintu air yang memiliki durabilitas dan kekuatan yang tinggi namun lebih ekonomis, karena ketersediaan material yang melimpah dan belum termanfaatkan di Kota Langsa yang didominasi oleh industri sawit seperti PTPN 1 dan swasta. Selain itu, lebih dari 60% infrastruktur di industri teknik sipil dibuat menggunakan beton sebagai material konstruksi (Amran, Debbarma, and Ozbakkaloglu 2021), sehingga ketersediaan material alami semakin berkurang setiap tahun. Persentase optimum abu cangkang sawit sebagai pengganti semen yang akan digunakan adalah 15% dari berat semen, clinker cangkang sawit 40% dari agregat kasar dan pasir pozolan 10% dari agregat halus (Aulia et al. 2018). Bongkahan cangkang sawit yang akan digunakan merupakan sisa pembakaran tanur tinggi pada temperatur 300°C di salah satu Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit (CPO) di Kota Langsa. Cangkang dan Clinker Cangkang sawit diperlihatkan pada Gambar 2.



a. Cangkang Sawit



b. Clinker Cangkang Sawit

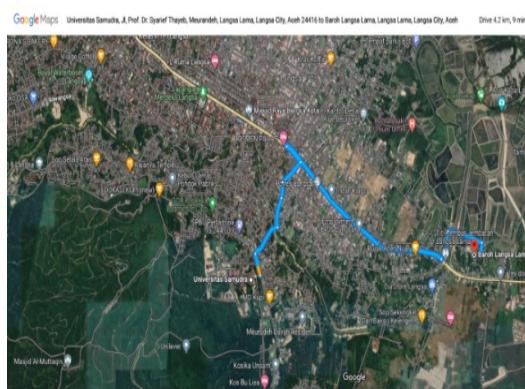
Gambar 2 : Material yang digunakan dalam perencanaan beton

Abu cangkang sawit yang digunakan berasal dari Boiler Penglohan Kelapa Sawit di Kota Langsa. Clinker cangkang sawit yang diambil dari dapur pembakaran pabrik CPO awalnya berbentuk bongkahan kristal yang kemudian dihancurkan secara manual dengan alat bantu pemecah, selanjutnya disaring dengan menggunakan ayakan sehingga diperoleh material sampai didapatkan ukuran diameter maksimal 12 mm untuk digunakan sebagai agregat kasar. Bongkahan cangkang sawit yang digunakan mempunyai kandungan komposisi kimia sebagai berikut: $\text{SiO}_2 = 34,11\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 3,57\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,06\%$, dan $\text{SO}_2 = 0,2\%$ (Aulia et al. 2016).

METODE

Desa Baroh terletak pada koordinat 4.462°N 97.993°E . Lokasi mitra yang merupakan kelompok masyarakat tambak diberikan pada Gambar 3. Lokasi mitra berjarak sekitar

4,2 Km dari Universitas Samudra yang dapat dijangkau dengan waktu dan biaya transportasi yang relatif murah. Lokasi mitra diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3 : Lokasi Mitra PKM

Pendekatan yang digunakan pada usulan kegiatan ini adalah partisipatif kualitatif. Pendekatan kualitatif digunakan untuk mengetahui partisipasi kelompok masyarakat dalam implementasi teknologi tepat guna di pesisir, yaitu pembangunan pelat beton pintu air hybrid yang ekonomis, ramah lingkungan dan berkelanjutan. Pelat beton pintu air ini sangat dibutuhkan oleh nelayan di Desa Baroh Langsa Lama, Kecamatan Langsa Lama, Kota Langsa. Secara garis besar, sasaran dari kegiatan pengabdian Program Kemitraan Masyarakat ini adalah:

1. Meningkatkan kapasitas produksi udang vaname untuk mewujudkan ketahanan pangan masyarakat pesisir melalui peningkatan infrastruktur dan aksesibilitas nelayan dalam tahap persiapan, pengelolaan, panen dan pascapanen pada lahan tambak masyarakat.

2. Membentuk kelompok masyarakat nelayan yang mandiri secara ekonomi yang mampu merespon kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dari Perguruan Tinggi untuk kemudian diaplikasikan di lapangan.

3. Menciptakan sebuah mata rantai knowledge transfer di dalam masyarakat melalui pelatihan dengan metode training of trainer tentang pembangunan dan perawatan konstruksi pelat beton pintu air hybrid yang tepat guna dan berdaya guna sekaligus berwawasan lingkungan dan berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah dan menggunakan material alami yang murah serta tersedia melimpah di alam.

Pada tahap persiapan yang dilakukan dengan melakukan koordinasi dan diskusi untuk mengetahui permasalahan yang dirumuskan dalam kegiatan ini sehingga menghasilkan solusi yang tepat guna. Persiapan pengabdian dilakukan setelah adanya penandatanganan surat perjanjian kerja. Persiapan yang dilakukan meliputi:

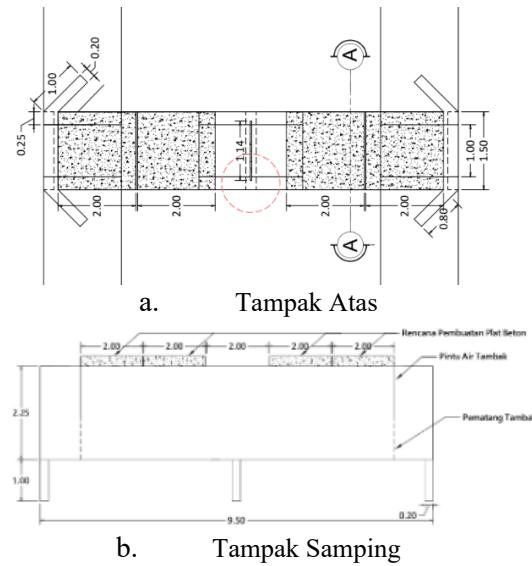
1. Memberikan informasi tentang maksud dan tujuan program pengabdian yang akan dilaksanakan di Desa Baroh Kota Langsa.
2. Mendata dan mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi Mitra dan Mitra
3. Memberikan surat tugas dari Universitas Samudra kepada Kepala Desa
4. Mendiskusikan jumlah peserta yang akan mengikuti kegiatan sosialisasi
5. Mendiskusikan kegiatan dan jadwal pelaksanaan program pengabdian tersebut.
6. Mempersiapkan bahan dan perlengkapan untuk keperluan pengabdian masyarakat.

Kegiatan pengabdian ini direncanakan berdurasi selama 4 bulan. Pembuatan pelat beton pintu air hybrid

ini akan dilaksanakan di Laboratorium Dasar Universitas Samudra yang telah memiliki peralatan yang diperlukan dan mempunyai tenaga laboran yang memadai. Pelaksanaan pembangunan pelat lantai yang berfungsi sebagai jalur akses kendaraan dan pelat pracetak penutup pintu air sebagai keluar masuk sirkulasi tata air akan dilakukan di Laboratorium. Kelompok masyarakat nelayan akan terlibat secara partisipatif dalam knowledge transfer terhadap implementasi teknologi tepat guna di wilayah pesisir. Menyampaikan informasi tentang maksud dan tujuan kegiatan yang akan dilaksanakan.

Tim pengusul merupakan fasilitator dan pelaksana utama dalam kegiatan Program Pemberdayaan Berbasis Masyarakat ini. Motivasi Tim Pengusul adalah untuk memperkuat dan meningkatkan eksistensi sebagai pengabdi di bawah naungan Universitas Samudra sebagai Pusat Riset terhadap berbagai kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dicapai dan dikembangkan di Perguruan Tinggi untuk dapat diaplikasikan kepada masyarakat, sebagai manifestasi pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi, agar dapat menyelesaikan berbagai permasalahan yang ada di masyarakat secara optimal, efektif dan efisien.

Peningkatan pemberdayaan mitra terhadap kegiatan PKM yang diusulkan dilakukan dengan menganalisis data kuesioner hasil jawaban mitra dan masyarakat sebagai responden. Tim pelaksana mempersiapkan materi dan bahan peraga dan sosialisasi. Selanjutnya, para Tim pelaksana secara bergantian menyampaikan materi dan peragaan kepada peserta.



Gambar 4 : Desain Struktur Pelat Beton Pintu Air Hybrid

Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat yang berhasil akan dievaluasi selama pelaksanaan kegiatan berjalan. Evaluasi dilakukan dalam beberapa tahapan, evaluasi awal dilakukan oleh tim pelaksana dalam dua kegiatan, yaitu kegiatan pokok dan di luar kegiatan pokok. Saat kegiatan pokok ketika peserta menerima sosialisasi atau pelatihan, dan di luar kegiatan yaitu tim PKM melakukan survei quisioner tentang pemahaman dan ketertarikan peserta untuk menerapkan teknologi yang dijelaskan. Evaluasi kedua dilakukan oleh anggota Komisi Lembaga Pengabdian Masyarakat untuk menilai keberhasilan pelaksanaan kegiatan. Selanjutnya evaluasi terakhir guna melihat dampak kegiatan pengabdian yang dilakukan oleh tim pelaksana dengan wawancara dan survei ke lokasi pengabdian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi pintu air masyarakat di lokasi pengabdian didominasi oleh pintu air berbahan kayu dan beton. Kondisi air yang asin, salinitas tinggi akibat perubahan iklim mempercepat

pelapukan balok dan papan kayu sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk waktu yang lama. Peningkatan infrastruktur melalui pembangunan pelat beton pintu air ini diharapkan masyarakat nelayan di Desa Baroh dapat meningkatkan efektivitas dan produktivitas pembibitan udang tanpa harus khawatir akan adanya gagal panen akibat debit banjir. Hal ini tentu saja akan berdampak kepada peningkatan hasil perikanan dalam produksi udang, yang pada akhirnya dapat meningkatkan *income-generating* nelayan. Pintu air dengan konstruksi terbuat dari beton hybrid memiliki kondisi fisik yang relatif berat dibandingkan dengan kayu, sehingga tidak mudah terangkat oleh air ketika proses pasang surut. Hal ini dapat mencegah terjadinya kebocoran pada sisi bawah pintu. Penggunaan material beton hybrid ini tahan terhadap korosi, memiliki umur konstruksi yang lama dan kekuatan tekan yang tinggi. Pelat beton pintu air yang akan dibangun direncanakan dapat dilalui oleh kendaraan roda dua dan roda empat tonase kecil, karena pintu air ini terhubung dengan tambak masyarakat lain di sebelahnya sehingga dapat juga berfungsi sebagai akses. Dalam pelaksanaan kegiatan juga dilakukan slump test dan uji kuat tekan beton terhadap beton yang akan dibentuk menjadi pelat beton pintu air hybrid.



Gambar 5 : Material Cangkang sawit, pasir, air, dan semen yang sudah ditimbang



Gambar 6 : Pengujian Slump test



Gambar 7 : Proses Pencetakan Beton Uji

Pengembangan dan penerapan teknologi konstruksi pelat beton pintu air hybrid dimulai dengan persiapan bahan dan peralatan hingga Knowledge transfer kepada masyarakat tentang pembangunan dan perawatan pintu

beton Hybrid. Pelat beton pintu air yang akan dibangun adalah pelat beton hybrid pada lokasi yang sudah ada pintu air beton seperti diperlihatkan pada Gambar 1, dengan panjang bentang 8 m dan lebar pintu 1,5 m. Pelat beton tersebut berukuran 2,00 m x 1,5 m berjumlah 4 buah yang akan di pasang diatas pintu air beton existing. Sementara pelat pintu berukuran 1 m x 2,25 m dengan tebal 0,03 m. Pintu air berguna untuk melayani jalur sirkulasi air masuk dan keluar dengan konstruksi pondasi khusus untuk mencegah kebocoran serta mampu menahan aliran debit banjir. Pelat beton ini juga mampu untuk dilalui oleh sepeda motor, dan kendaraan roda empat bertonase kecil seperti untuk mobilisasi *backhoe mini excavator*.



Gambar 8 : Proses perawatan beton uji



Gambar 9 : Tulangan dan Bekisting Pelat Beton



Gambar 10 : Pengecoran Pelat Beton



Gambar 11 : Pengujian kuat tekan beton

Produk yang dihasilkan dari kegiatan PKM ini adalah Pelat beton bertulang hybrid yang ramah lingkungan pada pintu air tambak dengan mitra desa Baroh. Selain memberikan inovasi pelat beton tersebut, kegiatan ini juga memiliki target berupa Publikasi di Jurnal Nasional Terakreditasi; Publikasi di Media Massa Elektronik; Video Pelaksanaan Kegiatan daring; serta Peningkatan Pemberdayaan Mitra

melalui Peningkatan Keterampilan Mitra Terhadap Penerapan Iptek. Disamping itu kegiatan ini juga akan melibatkan dua orang mahasiswa Program Studi Teknik Sipil (S1) Universitas Samudra untuk dijadikan data Tugas Akhir.

Pelaksanaan kegiatan sosialisasi PKM dilaksanakan di Laboratorium Dasar Universitas Samudra, di Lab. Teknik Sipil. Kegiatan sosialisasi diawali dengan presentasi dari ketua tim serta dilanjutkan dengan tanya jawab dengan para peserta yang merupakan para tukang di desa tersebut. Setelah itu dilanjutkan dengan melakukan penjelasan material yang digunakan serta perhitungan masing-masing berat material yang akan dicampur dalam adukan beton. Tahapan akhir dari pelatihan tersebut adalah demo pembuatan beton hybrid yang diamati langsung oleh mitra.



Gambar 12 : Sosialisasi dan edukasi beton Hybrid kepada Mitra dan aparat Desa

Setelah kegiatan PKM ini dilakukan, rencana tahapan selanjutnya adalah pembuatan full-scale pintu air

beton hybrid ramah lingkungan yang langsung diaplikasikan pada desa yang berlokasi di pesisir tambak dengan menggunakan bahan baku ramah lingkungan berupa limbah sawit seperti cangkang, clingker cangkang dan abu bisa pembakaran cangkang sawit.

Proses pembuatan konstruksi pelat beton pintu air hybrid yang ramah lingkungan, ekonomis, dan berkelanjutan yang menggambarkan metoda monitoring dan evaluasi serta knowledge transfer kepada mitra kelompok masyarakat sebagai manfaat yang diperoleh oleh mitra.

SIMPULAN

Penerapan pelat beton bertulang hybrid ramah lingkungan pada infrastruktur pintu air tambak menjadikan masyarakat sadar bahwa penggunaan material beton ramah lingkungan yang memiliki usia layan yang tinggi sangat sesuai untuk digunakan pada tambak warga di wilayah pesisir dan masyarakat memiliki solusi alternatif dengan mengaplikasikan material limbah sawit seperti cangkang, abu dan clingker untuk menghasilkan beton dengan biaya yang murah, serta ketersediaan yang cukup banyak di Kota Langsa. Pengembangan infrastruktur didesa dapat ditingkatkan dengan adanya peran perangkat desa yang perlu melakukan pilot project pembangunan infrastruktur di desa dengan menggunakan aplikasi beton hybrid ini dengan melibatkan kampus agar informasi pelatihan ini dapat dilihat dan dipahami oleh seluruh warga desa serta peran masyarakat yang berprofesi sebagai tukang harus terjun langsung dalam pembangunan infrastruktur desa menggunakan teknologi ini supaya lebih menguasai dan dapat menyalurkan ilmu tersebut kepada para tukang lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui program Bantuan Pendanaan Program Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (BIMA) Tahun Anggaran 2024 dengan nomor kontrak 470/UN54.6/PM/2024 dan Hibah LPPM Universitas Samudra dengan no Kontrak 720/UN54.6/PM/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, Yusrizal, R. Humairani, and I. Zulfahmi. 2020. "Penerapan Teknologi Closed System Pada Pembudidaya Udang Vaname (Litopenaeus Vannamei) Kelompok 'Laut Mina Budidaya' Bireuen, Aceh." *Jurnal Solma* 9(2):249–60.
- American Society for Testing and Materials ((West Conshohocken, PA, USA: ASTM International). n.d. "ASTM C618-2003 Standart Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete."
- Amran, Mugahed, Solomon Debbarma, and Togay Ozbakkaloglu. 2021. "Fly Ash-Based Eco-Friendly Geopolymer Concrete: A Critical Review of the Long-Term Durability Properties." *Construction and Building Materials* 270:121857.
- Ariadi, Heri, and Abdul Wafi. 2020. "Water Quality Relationship with FCR Value in Intensive Shrimp Culture of Vannamei (Litopenaeus Vannamei)." *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan* 11(1):44–50.
- Aulia, T. B., M. Afifuddin, M. Zaki, and S. Merriza. 2018. "Shear Capacity Analysis of High-Strength Reinforced Concrete Beams Using Geopolymer Flyash and Palm Oil Blast Furnace Slag as Additives and Aggregate Substitution." P. 12199 in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 434. IOP Publishing.
- Aulia, T. B., M. Muttaqin, M. Afifuddin, M. Zaki, and G. Nastiti. 2019. "Effect of Using Geopolymer Flyash on Torsion Capacity of Hybrid High-Strength Reinforced Concrete Beams Containing Fine and Coarse Aggregates Substitution Which Added Iron Ores as Filler." P. 22014 in *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1402. IOP Publishing.
- Aulia, Teuku Budi, Mochammad Afifuddin, and Lissa Opirina. 2016. "Bending Capacity Analysis of High-Strength Reinforced Concrete Beams Using Geopolymer Fly Ash and Environmentally Friendly Slag as Fine Aggregate Substitution." in *Proceedings of The 7th Civil Engineering Conference in the Asian Region (CECAR7)*.
- Azmi, Fauziah, Teuku Muhammad Faisal, Aldi Suransyah, Sorbakti Sinaga, and Amir Firli. 2017. "Identifikasi Penyebab Kegagalan Panen Petani Tambak: Inventory, Dan Implikasi Biosecurity Perikanan Kota Langsa." *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika* 1(2):26–36.

- Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh. 2018. "Kota Langsa Dalam Angka."
- Gunarto, Gunarto, Hidayat Suryanto Suwoyo, and Muhammad Nur Syafaat. 2012. "BUDIDAYA UDANG VANAME, Litopenaeus Vannamei POLA INTENSIF DENGAN PENAMBAHAN MOLASE." Pp. 469–78 in Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur.
- Hargreaves, John A., and Craig S. Tucker. 2004. Managing Ammonia in Fish Ponds. Vol. 4603. Southern Regional Aquaculture Center Stoneville.
- Haris, Andi Tenri Lawa Putri L. 2019. "Analisis Efisiensi Usaha Tambak Udang Vannamei Litopaneaus Vannamei Di Kabupaten Takalar." SKetsa Bisnis 6(1):35–42.
- Hasmuni, Humairani. n.d. "R., & Muliari.(2017). Pemanfaatan Bahan Baku Lokal Sumber Protein Tinggi Terhadap Pertumbuhan Udang Windu (Panaeus Monodon)." Jurnal Ilmiah Sains, Teknologi, Ekonomi, Sosial Dan Budaya 1(3).
- Mahesa, Hildan Cahya. 2023. "ANALISIS MANAJEMEN BENCANA DAN KETAHANAN MASYARAKAT TERHADAP BANJIR PASANG AIR LAUT (ROB) DI KAMPUNG NELAYAN TAMBAK LOROK." Journal of Politic and Government Studies 12(2):454–71.
- Soebandriyo, Soebandriyo. 2015. "Analisis Produksi Perikanan Laut, Budidaya Laut, Tambak, Dan Kolam, Perikanan Tangkap Di Kabupaten Rembang." Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah 13(1):25–43.
- Soebjakto, S. 2020. "Strategi Pengembangan Bisnis Budidaya Udang." Kementerian Kelautan Perikanan, Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya 1–23.
- Ulumiah, Miftachul. 2019. "MANAJEMEN PAKAN DAN ANALISIS USAHA BUDIDAYA UDANG VANAME Litopenaeus Vannamei PADA LOKASI YANG BERBEDA DI KABUPATEN BANGKALAN DAN KABUPATEN SIDOARJO PENELITIAN DESKRIPTIF DAN ANALISIS USAHA."