

PELATIHAN PEMBUATAN BATA BETON RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS FLY ASH BIOMASSA DAN AIR LAUT PADA MASYARAKAT PESISIR SULAWESI BARAT

Apriansyah¹, Amry Dasar^{2*}, Amalia Nurdin³, Dahlia Patah⁴, Yusman⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sulawesi Barat, Indonesia

^{2,4}Fakultas Vokasi, Universitas Hasanuddin, Indonesia

amrydasar@gmail.com

ABSTRAK

Abstrak: Masyarakat pada umumnya belum memiliki pengetahuan teknis, sarana produksi, dan pengalaman dalam memanfaatkan *fly ash* biomassa dan air laut untuk pembuatan bata beton. Kegiatan ini bertujuan meningkatkan pengetahuan dan kemampuan praktik 20 peserta dalam menerapkan campuran ramah lingkungan dengan 90% *Portland Composite Cement* dan 10% *fly ash* biomassa sebagai bahan pengikat serta air laut sebagai air pencampur. Program dilaksanakan melalui sosialisasi, pelatihan teknis, demonstrasi, praktik berkelompok, pendampingan, *pre-test*, *post-test*, dan observasi keterlaksanaan praktik. Jumlah soal yang diteskan berjumlah 20 nomor. Skor pengetahuan komposisi meningkat dari 47% menjadi 93% atau 46 poin persentase, teknik pencampuran dari 46% menjadi 92% atau 46 poin persentase, dan pemahaman mutu SNI dari 42% menjadi 85% atau 43 poin persentase. Peserta mampu mengikuti penakaran, pencampuran, pemadatan, pencetakan, dan perawatan awal dengan pendampingan. Tiga peserta bersedia menjadi calon koordinator kelompok produksi, sedangkan satu cetakan diserahkan kepada pemerintah desa untuk mendukung tindak lanjut program.

Kata Kunci: Air Laut; Bata Beton; *Fly Ash Biomassa*; Konstruksi Berkelanjutan; Pemberdayaan Masyarakat.

Abstract: Community had limited technical knowledge, production facilities, and experience in utilizing biomass fly ash and seawater for bata beton production. This program aimed to improve the knowledge and practical abilities of 20 participants in applying an environmentally friendly mixture containing 90% Portland Composite Cement and 10% biomass fly ash as the binder, with seawater as mixing water. The program comprised socialization, technical training, demonstration, group practice, mentoring, pre-tests, post-tests, and observation of practical procedures. The total number of questions tested was 20. Knowledge of mixture composition increased from 47% to 93%, equivalent to 46 percentage points; knowledge of mixing techniques increased from 46% to 92%, equivalent to 46 percentage points; and understanding of SNI quality requirements increased from 42% to 85%, equivalent to 43 percentage points. With assistance, participants completed material proportioning, mixing, compaction, molding, and initial curing. Three participants volunteered as prospective coordinators of a community-based production group, while one manual mold was handed over to the village administration to support program continuation.

Keywords: Biomass Fly Ash; Community Empowerment; Concrete Blocks; Seawater; Sustainable Construction.



Article History:

Received: 16-07-2026

Revised : 26-07-2026

Accepted: 03-08-2026

Online : 01-10-2026



This is an open access article under the
[CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

Pembangunan infrastruktur yang terus berkembang meningkatkan kebutuhan semen, agregat, dan air untuk memproduksi beton serta produk turunannya (Olatoyan et al., 2023). Penggunaan semen dalam jumlah besar masih berkaitan dengan konsumsi energi, eksploitasi bahan baku, dan emisi dari proses produksi klinker. Salah satu pendekatan untuk mengurangi ketergantungan terhadap semen adalah pemanfaatan abu hasil pembakaran biomassa sebagai supplementary cementitious material (Schlupp et al., 2024). Abu biomassa dapat berperan sebagai bahan pozzolan atau pengisi dalam material berbasis semen, tetapi kinerjanya dipengaruhi oleh jenis biomassa, suhu dan teknologi pembakaran, komposisi kimia, tingkat kehalusan, serta perlakuan sebelum digunakan (Liang et al., 2024).

Pemanfaatan fly ash biomassa dalam material konstruksi tidak hanya berpotensi mengurangi konsumsi semen, tetapi juga mendukung ekonomi sirkular melalui konversi residu pembakaran menjadi material bernilai guna (Dasar et al., 2026). Meskipun demikian, manfaat lingkungan tidak dapat hanya diasumsikan dari keberadaan limbah dalam campuran. Persentase substitusi, kebutuhan pengolahan bahan, mutu produk, dan jumlah semen yang dapat dikurangi tetap perlu dikendalikan dan dilaporkan secara kuantitatif (AlJaber et al., 2024). Penggunaan limbah sebagai bahan semen tambahan akan memberikan manfaat yang lebih terukur apabila diikuti pengendalian proses dan evaluasi kinerja material (Oyejobi et al., 2024; Patah et al., 2023).

Wilayah pesisir menghadapi kebutuhan material konstruksi sekaligus ketergantungan terhadap air tawar untuk pekerjaan beton. Air laut dapat dipertimbangkan sebagai air pencampur pada produk beton non-struktural yang tidak mengandung tulangan baja, tetapi kandungan garamnya dapat memengaruhi hidrasi, karakteristik pori, sifat mekanis, dan durabilitas. Lincai Ge et al. (2023) Oleh karena itu, pemanfaatannya memerlukan formulasi yang terkendali serta pembatasan penggunaan sesuai jenis produk. Kajian terbaru menunjukkan bahwa air laut memiliki peluang sebagai sumber air alternatif dalam produksi beton, terutama di wilayah pesisir, tetapi aspek komposisi, metode produksi, dan tujuan penggunaan produk harus dijelaskan secara hati-hati (Mohamed et al., 2024; Rathnarajan & Sikora, 2023). Penelitian terhadap bata beton juga menunjukkan bahwa air laut berpotensi diterapkan pada produk beton non-struktural selama mutu campuran tetap dikendalikan (Patah et al., 2024).

Desa Tangnga-Tangnga, Kecamatan Tinambung, Kabupaten Polewali Mandar merupakan wilayah pesisir yang memiliki akses terhadap air laut dan berpotensi memanfaatkan *fly ash* biomassa sebagai bahan alternatif (Prasittisopin, 2026). Berdasarkan survei dan diskusi awal dengan pemerintah desa serta masyarakat, mitra belum memiliki unit produksi bata beton, belum memahami proporsi PCC, *fly ash biomassa*, pasir, dan air laut, serta belum menguasai prosedur penakaran, pencampuran, pemadatan,

pencetakan, dan perawatan produk. Mitra juga belum memiliki cetakan, standar operasional produksi, dan kelompok kerja yang dapat mengelola kegiatan produksi secara berkelanjutan (Zulkifli & Noor, 2023). Kondisi tersebut menyebabkan potensi bahan yang tersedia dan kebutuhan bata beton untuk lingkungan desa belum dapat dikembangkan menjadi kegiatan produktif (Dasar et al., 2026).

Teknologi yang diperkenalkan merupakan hilirisasi hasil penelitian tim mengenai penggunaan *fly ash biomass* dan air laut pada material berbasis semen. Penelitian Dasar et al. (2026) menunjukkan bahwa penggantian 10% semen menggunakan BFA mentah memberikan kinerja paling efektif pada mortar yang dicampur menggunakan air tawar dan dirawat dalam air laut. Campuran tersebut menghasilkan kuat tekan 21,68 MPa pada umur 28 hari dan 24,13 MPa pada umur 91 hari. Hasil tersebut digunakan sebagai dasar penentuan kadar substitusi BFA, bukan sebagai bukti bahwa bata beton yang dibuat dalam kegiatan ini telah mencapai kuat tekan yang sama. Dasar penggunaan air laut pada bata beton merujuk secara terpisah pada penelitian Patah et al., (2023); Patah et al., (2024) mengenai penerapan air laut pada produk bata beton non-struktural.

Transfer teknologi kepada masyarakat memerlukan penyampaian materi yang dikombinasikan dengan demonstrasi, praktik langsung, pendampingan, dan evaluasi. Pelatihan bata beton menggunakan air laut sebelumnya menerapkan penyuluhan, diskusi, demonstrasi, dan praktik lapangan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap proses produksi dan persyaratan SNI (Patah et al., 2023). Program lain di wilayah pesisir juga menunjukkan bahwa pelatihan berbasis material lokal perlu diikuti penyediaan alat, pengendalian proses, dan rencana keberlanjutan produksi (Dasar et al., 2025; Patah et al., 2023).

Kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan pengetahuan dan kemampuan praktik 20 peserta di Desa Tangnga-Tangnga dalam memproduksi bata beton menggunakan 10% *fly ash* biomassa sebagai pengganti sebagian bahan pengikat dan air laut sebagai air pencampur. Secara khusus, kegiatan diarahkan untuk meningkatkan pemahaman mengenai komposisi campuran, teknik pencampuran, dan persyaratan mutu SNI; melatih kemampuan penakaran, pemadatan, pencetakan, dan perawatan awal; serta mendorong pembentukan rintisan kelompok produksi masyarakat berbasis teknologi tepat guna.

B. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian dilaksanakan pada 23 Mei 2026 di Kantor Desa Kabupaten Polewali Mandar, Sulawesi Barat. Kegiatan melibatkan 20 peserta berusia sekitar 20-45 tahun. Peserta terdiri atas masyarakat usia produktif, termasuk tukang bangunan, buruh harian, dan warga yang berminat mengembangkan produksi bata beton skala rumah tangga. Tim dosen bertindak sebagai narasumber dan pendamping teknis, sedangkan

mahasiswa membantu penyiapan alat dan bahan, pendampingan praktik, observasi, dokumentasi, serta pengumpulan data evaluasi.

Metode pelaksanaan kegiatan menggunakan metode ceramah mengenai jenis bahan tambah, manfaat serta prinsip kerja bahan tambah yang digunakan pada pembuatan bata beton. Material utama yang digunakan terdiri atas PCC, *fly ash biomassa*, pasir, dan air laut. BFA diperoleh dari PT Mayora Makassar sebagai residu pembakaran dari 70% cangkang sawit dan 30% ampas teh. Setelah itu dilanjutkan dengan metode pelatihan dengan melatih peserta secara langsung cara menggunakan bahan tambah dan cara membuat bata beton agar sesuai dengan mutu yang diinginkan. Susunan kegiatan terdiri dari 3 tahapan yakni:

1. Tahap Pra Kegiatan

Tahap pra-kegiatan mencakup survei lokasi, koordinasi dengan pemerintah desa, identifikasi masalah mitra, penetapan peserta, penyusunan modul, dan persiapan alat serta bahan. Pelaksanaan kegiatan terdiri atas sosialisasi, pelatihan teknis, demonstrasi, praktik berkelompok, evaluasi, refleksi, dan pembahasan tindak lanjut. *Pre-test* diberikan sebelum penyampaian materi untuk mengukur pengetahuan awal peserta, sedangkan *post-test* diberikan setelah praktik dengan indikator dan tingkat kesulitan soal yang sama.

2. Tahap Pelaksanaan

Kegiatan diawali dengan metode ceramah yang bertujuan memberikan pemahaman kepada peserta mengenai jenis, manfaat, dan prinsip kerja bahan tambah yang digunakan dalam pembuatan bata beton ramah lingkungan. Pada tahap ini, peserta diberikan penjelasan mengenai komposisi material utama yang digunakan, yaitu *Portland Composite Cement* (PCC), *fly ash biomassa* (BFA), pasir, dan air laut. Bahan tambah berupa BFA diperoleh dari PT Mayora Makassar dan merupakan residu hasil pembakaran biomassa yang terdiri atas 70% cangkang sawit dan 30% ampas teh. Penggunaan BFA dalam campuran bata beton diperkenalkan sebagai upaya pemanfaatan limbah biomassa sekaligus mengurangi penggunaan bahan pengikat konvensional dan menghasilkan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan.

Setelah penyampaian materi melalui metode ceramah, kegiatan dilanjutkan dengan metode pelatihan secara langsung. Peserta diberikan kesempatan untuk mempraktikkan tahapan penggunaan bahan tambah BFA dalam campuran bata beton, mulai dari proses penyiapan dan penimbangan material, pencampuran PCC, BFA, pasir, dan air laut sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan, hingga proses pencetakan bata beton. Pelatihan ini bertujuan meningkatkan keterampilan peserta agar mampu menerapkan teknologi pembuatan bata beton secara mandiri serta memahami prosedur pencampuran dan pencetakan yang tepat sehingga bata beton yang dihasilkan dapat memenuhi mutu yang diinginkan. Melalui

praktik langsung, peserta tidak hanya memperoleh pengetahuan secara teoritis, tetapi juga memiliki pengalaman dalam mengaplikasikan bahan tambah berbasis limbah biomassa sebagai bagian dari inovasi material konstruksi yang berkelanjutan.

3. Tahap Evaluasi

Tahap terakhir adalah evaluasi kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui tingkat pemahaman, keterampilan, dan penerimaan peserta terhadap materi serta praktik yang telah diberikan. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan angket yang dibagikan kepada peserta setelah seluruh rangkaian kegiatan selesai. Instrumen angket digunakan untuk menilai tanggapan peserta terhadap pelaksanaan kegiatan, tingkat pemahaman mengenai bahan tambah BFA, manfaat dan prinsip kerjanya, serta kemampuan peserta dalam memahami proses pembuatan bata beton. Hasil evaluasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai indikator keberhasilan kegiatan pengabdian sekaligus sebagai bahan untuk mengetahui efektivitas metode ceramah dan pelatihan dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan peserta dalam pembuatan bata beton ramah lingkungan berbasis *fly ash biomassa* dan air laut.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tahap Pra Kegiatan

Kegiatan diikuti oleh 20 peserta yang terdiri atas masyarakat usia produktif, tukang bangunan, dan buruh harian. Meskipun sebagian peserta telah mengenal pekerjaan konstruksi sederhana, peserta belum memiliki pengalaman menggunakan BFA sebagai pengganti sebagian semen dan belum memahami perbedaan antara komposisi bahan, prosedur produksi, dan persyaratan mutu produk. Sebelum materi disampaikan, peserta mengikuti registrasi dan mengerjakan pre-test untuk mengidentifikasi pemahaman awal mengenai komposisi, teknik pencampuran, dan mutu bata beton.

2. Tahap Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan dilanjutkan dengan penyampaian materi mengenai konsep konstruksi berkelanjutan, potensi BFA, penggunaan air laut pada produk non-struktural, komposisi campuran, serta persyaratan SNI 03-0691-1996. Penyampaian materi pelatihan kepada peserta seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Penyampaian Materi Pelatihan

Kegiatan berikutnya berupa pelatihan teknis dan penerapan formulasi. Materi teknis menekankan bahwa campuran yang dipraktikkan menggunakan 90% PCC dan 10% BFA sebagai bahan pengikat. Kadar 10% dipilih berdasarkan penelitian mortar oleh Patah et al. (2026), yang menunjukkan bahwa kadar tersebut memberikan kinerja paling efektif dibandingkan kadar BFA yang lebih tinggi. Namun, peserta juga diberikan penjelasan bahwa penelitian tersebut menggunakan air tawar untuk pencampuran dan air laut sebagai media curing. Oleh karena itu, nilai kuat tekan dari penelitian mortar tidak digunakan sebagai klaim mutu untuk bata beton hasil pelatihan. Penggunaan air laut sebagai air pencampur bata beton merujuk pada penelitian Patah et al. (2024) yang secara khusus mengevaluasi produk bata beton non-struktural.

Pelatihan mencakup pengenalan kondisi bahan, teknik penimbangan, pencampuran kering PCC dan BFA, penambahan pasir, penambahan air laut, pemeriksaan konsistensi adukan, pengisian cetakan, pemadatan, pembukaan cetakan, dan perawatan awal. Pendekatan tersebut sejalan dengan kegiatan pengabdian sebelumnya yang menggunakan kombinasi pemaparan materi, demonstrasi, praktik, dan evaluasi untuk membantu masyarakat memahami produksi bata beton (Nirwana et al., 2023; Dasar et al., 2025; Patah et al., 2025).



Gambar 2. Demonstrasi Penakaran dan Pencampuran Bahan

Peserta diajarkan cara menakar semua bahan yang digunakan serta tata cara memcampur agar tidak ada sisa atau kekurangan bahan yang digunakan dan sesuai dengan jumlah bata beton yang ingin diproduksi tiap kali melakukan pencetakan. Kegiatan berikutnya berupa Praktik Produksi dan Pendampingan. Peserta dibagi menjadi beberapa kelompok kecil agar

setiap peserta memperoleh kesempatan terlibat dalam proses produksi. Setiap kelompok melakukan penimbangan bahan, pencampuran kering, penambahan air laut, pengisian cetakan, pemadatan manual, pembukaan cetakan, dan penempatan produk pada area perawatan. Pendamping memberikan koreksi langsung apabila terdapat kesalahan dalam penakaran, urutan pencampuran, konsistensi adonan, atau teknik pemadatan.

Berdasarkan lembar observasi, peserta dapat mengikuti tahapan produksi dengan arahan tim. Peserta telah mampu menimbang PCC, BFA, dan pasir, mencampur bahan, mengisi cetakan, dan melakukan pemadatan manual. Namun, hasil tersebut belum dapat dinyatakan sebagai kemampuan produksi mandiri karena praktik masih dilakukan secara berkelompok dan berada di bawah pendampingan tim. Selama kegiatan, peserta menghasilkan sebanyak jumlah aktual unit bata beton. Produk dapat dikeluarkan dari cetakan dan mempertahankan bentuk awal secara visual. Pengamatan tersebut hanya menunjukkan keberhasilan pencetakan dan tidak membuktikan bahwa produk telah memenuhi mutu SNI. Penilaian mutu memerlukan pengujian kuat tekan, penyerapan air, dan ketahanan aus pada umur yang ditentukan. Keterlibatan peserta dalam pencampuran, pemadatan, dan pencetakan bata beton seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Praktik pencampuran dan pencetakan bata beton

3. Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi bertujuan untuk mengetahui peningkatan pengetahuan peserta setelah seluruh sesi praktik selesai, peserta mengerjakan *post-test* menggunakan indikator yang sama dengan *pre-test*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa skor seluruh indikator meningkat. Perbandingan nilai *pre-test* dan *post-test* peserta disajikan pada Tabel 4.

Tabel 1. Hasil *Pre-Test* dan *Post-Test* Peserta

Indikator	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>	Selisih
Pengetahuan komposisi campuran	47%	93%	46 poin persentase
Teknik pencampuran	46%	92%	46 poin persentase
Pemahaman mutu SNI	42%	85%	43 poin persentase

Peningkatan tertinggi terjadi pada pengetahuan komposisi dan teknik pencampuran, masing-masing sebesar 46 poin persentase. Pemahaman mengenai mutu SNI meningkat sebesar 43 poin persentase. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penyampaian materi yang dilanjutkan dengan demonstrasi dan praktik membantu peserta memahami hubungan antara proporsi bahan dan prosedur produksi. Hasil ini konsisten dengan pelatihan bata beton sebelumnya yang menggunakan presentasi, diskusi, demonstrasi, dan praktik langsung untuk meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai proses produksi dan standardisasi (Patah et al., 2023).

Program pelatihan di komunitas pesisir lainnya juga memperlihatkan bahwa pembelajaran prosedural perlu dikombinasikan dengan alat sederhana dan pendampingan agar masyarakat dapat mengulangi proses produksi setelah kegiatan selesai (Patah et al., 2024). Meskipun demikian, *post-test* dilaksanakan pada hari yang sama dengan pelatihan. Nilai tersebut menggambarkan pemahaman segera setelah kegiatan dan belum dapat digunakan untuk menyimpulkan retensi pengetahuan atau kemampuan produksi jangka panjang.

4. Keberlanjutan Program

Pada sesi refleksi, peserta mengusulkan agar kegiatan dilanjutkan melalui pembentukan kelompok produksi bata beton. Tiga peserta menyatakan kesediaan menjadi calon koordinator. Kesediaan tersebut menunjukkan adanya minat untuk melanjutkan kegiatan, tetapi kelompok usaha belum dapat dinyatakan terbentuk secara formal karena struktur organisasi, pembagian tugas, jadwal produksi, pencatatan biaya, dan rencana pemasaran belum disusun.

Sebagai dukungan awal, tim menyerahkan satu cetakan bata beton kepada perangkat desa untuk digunakan secara kolektif. Penyerahan alat tersebut diharapkan dapat mengurangi keterbatasan sarana produksi yang sebelumnya menjadi salah satu masalah mitra. Keberlanjutan program masih memerlukan pendampingan dalam penyusunan SOP, pengendalian penggunaan air, pemadatan, curing, pengujian mutu, penghitungan harga pokok produksi, pembagian tugas, dan pemasaran. Pendampingan kelembagaan penting karena penyerahan alat tanpa sistem pengelolaan belum menjamin berlangsungnya kegiatan produksi.

5. Kendala dan solusi

Pelaksanaan kegiatan dalam satu hari menjadi keterbatasan utama karena proses curing, evaluasi produk pada umur tertentu, dan pengujian laboratorium tidak dapat diselesaikan pada hari pelatihan. Oleh karena itu, evaluasi produk hanya mencakup keterlaksanaan proses dan kondisi visual awal. Solusi yang dilakukan adalah memberikan petunjuk curing kepada mitra dan menyusun rencana pengujian pada kegiatan pendampingan berikutnya. Penggunaan peralatan manual juga menyebabkan konsistensi

penakaran dan pemadatan sangat bergantung pada ketelitian peserta.

Untuk mengurangi variasi produk, diperlukan SOP sederhana yang memuat berat masing-masing bahan, jumlah air laut, urutan dan durasi pencampuran, jumlah lapisan pengisian cetakan, metode pemadatan, waktu pembukaan cetakan, serta prosedur curing. Kendala berikutnya adalah belum tersedianya data biaya produksi dan harga jual. Klaim bahwa penggunaan BFA dan air laut menurunkan biaya produksi belum dapat dinyatakan sebelum dilakukan perhitungan kebutuhan bahan, biaya pengangkutan BFA, biaya pengolahan abu, tenaga kerja, penyusutan alat, dan jumlah produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, manfaat ekonomi pada tahap ini dinyatakan sebagai potensi yang masih perlu diverifikasi melalui perhitungan harga pokok produksi.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Pelatihan pembuatan bata beton menggunakan 90% PCC, 10% *fly ash biomass*, dan air laut telah meningkatkan pengetahuan peserta mengenai komposisi campuran, teknik pencampuran, dan persyaratan mutu produk. Skor pengetahuan komposisi meningkat dari 47% menjadi 93% atau 46 poin persentase, teknik pencampuran dari 46% menjadi 92% atau 46 poin persentase, dan pemahaman mutu SNI dari 42% menjadi 85% atau 43 poin persentase. Melalui praktik berkelompok, peserta mampu mengikuti tahapan penakaran, pencampuran, pemadatan, pencetakan, dan perawatan awal dengan pendampingan. Sebanyak unit bata beton berhasil dicetak, tetapi kesesuaiannya terhadap persyaratan mutu belum dapat dinyatakan karena pengujian kuat tekan, penyerapan air, dan ketahanan aus belum dilakukan. Tiga peserta menyatakan kesediaan menjadi calon koordinator kelompok produksi, sedangkan satu cetakan diserahkan kepada perangkat desa untuk mendukung kegiatan lanjutan.

Program selanjutnya perlu diarahkan pada pendampingan curing, penyusunan dan penerapan SOP produksi, pengujian mutu produk, evaluasi retensi pengetahuan, produksi mandiri tanpa pendampingan, serta perhitungan harga pokok produksi. Pembentukan kelompok usaha baru dapat dinyatakan berhasil setelah terdapat struktur pengelola, pembagian tugas, jadwal produksi, pencatatan keuangan, dan bukti produksi lanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Sulawesi Barat atas dukungan pendanaan melalui DIPA Universitas Sulawesi Barat Tahun Anggaran 2026 berdasarkan Kontrak Pendanaan Nomor. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Pemerintah Desa Tangnga-Tangnga, masyarakat peserta, dan mahasiswa Program Studi Teknik Sipil yang telah mendukung persiapan serta pelaksanaan kegiatan pengabdian. Apresiasi diberikan

kepada seluruh pihak yang membantu penyediaan lokasi, material, peralatan, dan dokumentasi kegiatan.

DAFTAR RUJUKAN

- AlJaber, A., Martinez-Vazquez, P., & Baniotopoulos, C. (2024). Developing Critical Success Factors for Implementing Circular Economy in Building Construction Projects. *Buildings*, 14(8), 1–27. <https://doi.org/10.3390/buildings14082319>
- Amry Dasar, Nur Okviyani, Akbar Indrawan Saudi, D. P. (2025). Pemberdayaan Masyarakat Pesisir Melalui Pelatihan Produksi Paving Block Berbasis Material Lokal dan Sni Di Lingkungan Leppe, Kabupaten Majene. *Minda Baharu*, 9(2), 414–429.
- Dahlia Patah, Irma Ridhayani, Abdi Manaf, A. D. (2024). Pengembangan Kapasitas Masyarakat Melalui Inovasi Bata Beton Berbasis Air Laut di Daerah Pesisir Di Desa Tinambung, Majene. *Minda Baharu*, 2(2), 306–312.
- Dasar, A., Patah, D., Okviyani, N., & Noor, N. (2026). Feasibility Study of Biomass Fly Ash as a Partial Cement Replacement in Mortar Cured in Seawater. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 65–74.
- Lapyote Prasittisopin. (2026). Power plant waste (fly ash, bottom ash, biomass ash) management for promoting circular economy in sustainable construction: emerging economy context. *Smart and sustainable built environment*, 15(3), 1341-1365. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/SASBE-09-2024-0395>
- Liang, X., Li, Z., Dong, H., & Ye, G. (2024). A review on the characteristics of wood biomass fly ash and their influences on the valorization in cementitious materials. *Journal of Building Engineering*, 97(September), 110927. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110927>
- Lincai Ge, Zixian Feng, Usama Sayed, Haitao Li. (2023). Research on the performance of seawater sea-sand concrete: A review,. *Construction and Building Materials*, 409. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133921>.
- Mohamed, A. M., Tayeh, B. A., Majeed, S. S., Aisheh, Y. I. A., & Salih, M. N. A. (2024). Fresh, hardened, durability and microstructure properties of seawater concrete: A systematic review. *Journal of CO2 Utilization*, 83(May), 102815. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2024.102815>
- Olatoyan, O. J., Kareem, M. A., Adebajo, A. U., Olawale, S. O. A., & Alao, K. T. (2023). Potential use of biomass ash as a sustainable alternative for fly ash in concrete production: A review. *Hybrid Advances*, 4(August), 100076. <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2023.100076>
- Oyejobi, D. O., Firoozi, A. A., Fernández, D. B., & Avudaiappan, S. (2024). Integrating circular economy principles into concrete technology: Enhancing sustainability through industrial waste utilization. *Results in Engineering*, 24(September). <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102846>
- Patah, D., Dasar, A., & Apriansyah, A. (2024). Pengaruh Air Laut pada Kualitas Paving Block untuk Aplikasi Non-Struktural. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, 8(3), 253–266. <https://doi.org/10.35334/be.v8i3.5993>
- Patah, D., Nirwana, H., Ridhayani, I., Dasar, A., & Yusman, Y. (2023). Sosialisasi Dan Implementasi Bata Beton Untuk Pemberdayaan Masyarakat Di Desa Tammerodo Utara, Kec. Tammerodo Sendana, Majene. *Minda Baharu*, 7(2), 199–210. <https://doi.org/10.33373/jmb.v7i2.5735>
- Rathnarajan, S., & Sikora, P. (2023). Seawater-mixed concretes containing natural and sea sand aggregates-A review. *Results in Engineering*, 20(August), 101457. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101457>
- Schlupp, F., Page, J., Djelal, C., & Libessart, L. (2024). Use of Biomass Bottom Ash as an Alternative Solution to Natural Aggregates in Concrete Applications: A

- Review. *Materials*, 17(18). <https://doi.org/10.3390/ma17184504>
- Zulkifli, F., & Noor, N. M. (2023). Preliminary Experimental Work on Concrete-Fly Ash Compressive Strength Blended with Seawater as Mixing Water. *International Journal of Integrated Engineering*, 15(6), 118–125. <https://doi.org/10.30880/IJIE.2023.15.06.013>