



Pemanfaatan Limbah Fly-Ash Untuk Campuran Bata di Desa Umbul Lumus Kecamatan Marga Punduh Kabupaten Pesawaran

Utilization of Fly-Ash Waste for Brick Mixture in Umbul Lumus Village Marga Punduh District Pesawaran Regency

Rajiman

Universitas Bandar Lampung, Indonesia

Email: rajiman.mt@gmail.com

Article History:

Received: Oktober 12, 2024;

Revised: November 18, 2024;

Accepted: Januari 13, 2025;

Online Available: Januari 28, 2025;

Published: Januari 28, 2025;

Keywords: Utilization of fly ash, Production of environmentally friendly bricks, Industrial waste management, Community empowerment, Sustainable development.

Abstract: This community service program aims to utilize fly ash waste as a mixture in brick production in Umbul Lumus Village, Marga Punduh District, Pesawaran Regency. The program was implemented using a community-based approach, involving the local community actively in every stage of the activity, from problem identification to production implementation. The results show that the community successfully produced high-quality fly ash-based bricks with higher compressive strength, lower water absorption, and better production cost efficiency compared to conventional bricks. In addition, this program also enhanced the community's knowledge and skills in waste utilization and environmental management. Significant social impacts were observed, including increased environmental awareness, behavioral changes, and the formation of small business groups focused on fly ash-based brick production. This program is expected to serve as a model for sustainable community empowerment that can be applied in other areas to address waste issues and improve local economies.

Abstrak

Program pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah fly ash sebagai bahan campuran dalam produksi batu bata di Desa Umbul Lumus, Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran. Program ini dilaksanakan dengan pendekatan berbasis komunitas yang melibatkan masyarakat secara aktif dalam setiap tahapan kegiatan, mulai dari identifikasi masalah hingga pelaksanaan produksi. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa masyarakat berhasil menghasilkan batu bata berbasis fly ash dengan kualitas yang baik, memiliki kekuatan tekan lebih tinggi, daya serap air rendah, dan efisiensi biaya produksi yang lebih baik dibandingkan batu bata konvensional. Selain itu, program ini juga meningkatkan pengetahuan dan keterampilan masyarakat mengenai pemanfaatan limbah dan pengelolaan lingkungan. Dampak sosial yang signifikan terlihat pada munculnya kesadaran lingkungan, perubahan perilaku, dan terbentuknya kelompok usaha kecil yang berfokus pada produksi batu bata berbasis fly ash. Program ini diharapkan dapat menjadi model pemberdayaan masyarakat berkelanjutan yang dapat diterapkan di daerah lain untuk mengatasi masalah limbah dan meningkatkan ekonomi lokal.

Kata Kunci: Pemanfaatan fly ash, Produksi batu bata ramah lingkungan, Pengelolaan limbah industry, Pemberdayaan masyarakat, Pembangunan berkelanjutan.

*Corresponding author: rajiman.mt@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah industri merupakan salah satu tantangan utama dalam mendukung pembangunan berkelanjutan. Salah satu limbah industri yang signifikan dan terus meningkat volumenya adalah fly ash, yaitu hasil sampingan dari proses pembakaran batubara di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Fly ash mengandung sifat kimia dan fisik yang menjanjikan untuk dimanfaatkan, terutama dalam sektor konstruksi. Namun, hingga kini, pemanfaatan fly ash di Indonesia masih belum optimal, sehingga sebagian besar limbah ini berakhir sebagai polutan yang mencemari lingkungan. Kondisi ini mencerminkan kebutuhan mendesak untuk mengembangkan strategi pemanfaatan yang inovatif dan berkelanjutan.

Desa Umbul Lumus, yang terletak di Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran, merupakan wilayah yang memiliki potensi besar untuk mengimplementasikan teknologi pemanfaatan fly ash. Sebagian besar penduduk desa bekerja di sektor konstruksi, khususnya dalam produksi batu bata. Sayangnya, metode produksi yang digunakan masih bergantung pada bahan konvensional seperti tanah liat murni, yang ketersediaannya semakin terbatas akibat eksploitasi yang berlebihan. Keterbatasan bahan baku tersebut berdampak pada meningkatnya biaya produksi dan berkurangnya kapasitas produksi masyarakat (Rosanti and Winanti 2021).

Pemanfaatan fly ash sebagai bahan campuran dalam pembuatan batu bata menawarkan solusi yang potensial. Tidak hanya dapat mengurangi dampak lingkungan akibat limbah, tetapi juga memberikan alternatif bahan baku yang lebih terjangkau bagi masyarakat. Dengan kandungan silika dan alumina yang tinggi, fly ash mampu meningkatkan sifat mekanik batu bata, seperti kekuatan tekan dan ketahanan terhadap air, sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih kompetitif (Abdurrohmanayah, Adha, and Ali 2020).

Melalui program pengabdian masyarakat ini, dilakukan berbagai inisiatif untuk memberikan edukasi dan pelatihan kepada masyarakat Desa Umbul Lumus. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai potensi pemanfaatan fly ash serta memberikan keterampilan teknis dalam produksi batu bata berbasis fly ash. Program ini diharapkan dapat mendukung masyarakat untuk mengadopsi teknologi ramah lingkungan sekaligus membuka peluang usaha baru yang dapat meningkatkan taraf hidup mereka.

Dalam program ini, pendekatan yang digunakan mencakup sosialisasi, pelatihan teknis, dan pendampingan intensif. Sosialisasi dilakukan untuk memberikan pengetahuan dasar mengenai

karakteristik fly ash dan manfaatnya dalam konstruksi. Pelatihan teknis melibatkan demonstrasi langsung proses pencampuran fly ash dengan bahan lainnya, teknik pencetakan, hingga proses pembakaran. Sementara itu, pendampingan intensif dilakukan untuk memastikan kualitas produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ditetapkan (Astriani, Elhusna, and Wahyuni 2021).

Keberhasilan program ini juga diukur melalui monitoring dan evaluasi terhadap tingkat adopsi teknologi oleh masyarakat serta dampaknya terhadap pendapatan mereka. Melibatkan berbagai pihak, termasuk akademisi, pemerintah desa, dan mitra industri, diharapkan dapat meningkatkan efektivitas dan keberlanjutan program ini.

Selain manfaat ekonomi, pengelolaan fly ash yang terintegrasi dengan produksi batu bata ramah lingkungan juga memberikan manfaat ekologis yang signifikan. Dengan mengurangi akumulasi limbah fly ash di lingkungan, program ini mendukung upaya pencegahan pencemaran tanah dan air, yang merupakan dampak negatif utama dari pengelolaan limbah yang tidak tepat.

Dari perspektif keberlanjutan, program ini sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), terutama dalam aspek pengelolaan limbah dan pengentasan kemiskinan. Melalui pemanfaatan fly ash, diharapkan tercipta harmoni antara pembangunan ekonomi, perlindungan lingkungan, dan kesejahteraan masyarakat (Latip, Kaselle, and Septhemy 2023).

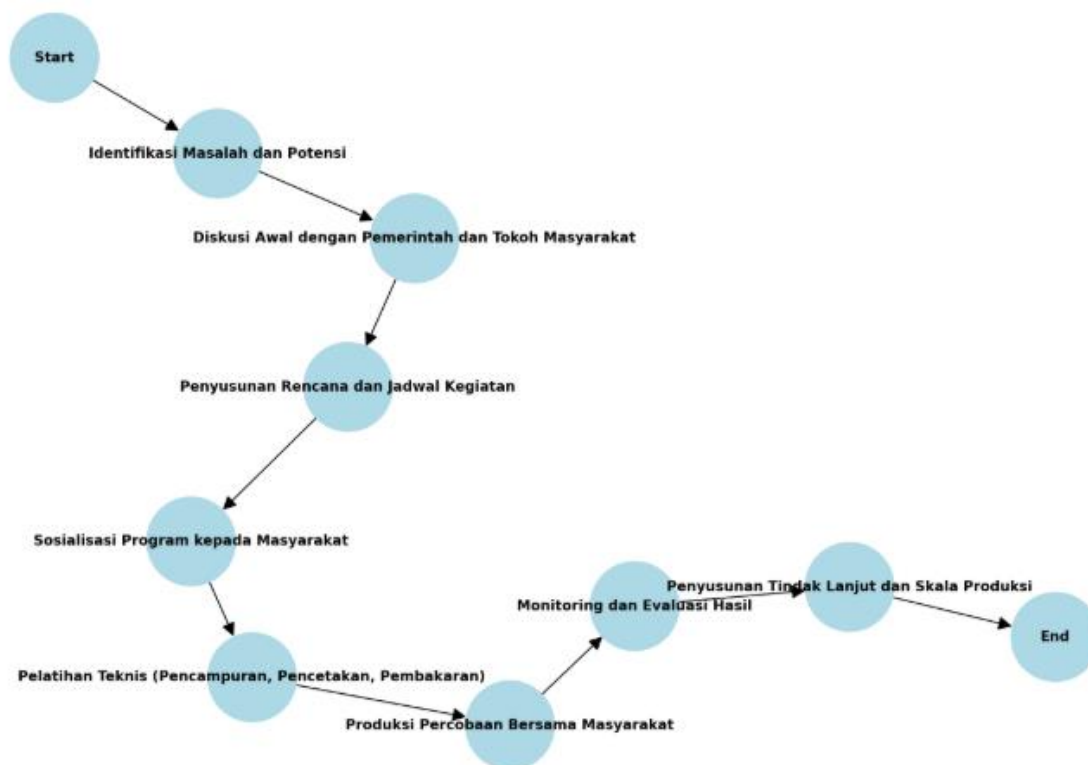
Secara keseluruhan, program ini bertujuan tidak hanya untuk mengatasi permasalahan limbah industri, tetapi juga untuk memberdayakan masyarakat lokal melalui pengembangan keterampilan baru. Dengan demikian, Desa Umbul Lumus dapat menjadi contoh penerapan teknologi ramah lingkungan yang berkelanjutan di tingkat komunitas. Potensi kolaborasi antara masyarakat, pemerintah, dan akademisi menjadi kunci dalam mewujudkan program ini secara optimal.

2. METODE

Program pengabdian masyarakat ini menggunakan pendekatan berbasis komunitas melalui pengorganisasian partisipatif. Pendekatan ini melibatkan seluruh elemen masyarakat Desa Umbul Lumus, mulai dari tahap identifikasi hingga implementasi kegiatan. Tujuan utama pendekatan ini adalah memastikan keberlanjutan program dengan menumbuhkan rasa kepemilikan dan tanggung jawab dalam komunitas. Subyek pengabdian dalam program ini adalah masyarakat Desa Umbul Lumus. Kelompok utama yang dilibatkan mencakup masyarakat yang bekerja di sektor konstruksi dan produksi batu bata, pemerintah desa serta tokoh masyarakat sebagai mitra strategis dalam

pengorganisasian komunitas, dan akademisi maupun praktisi industri konstruksi yang berperan sebagai narasumber teknis dan mentor (Napitupulu and Kurniawan 2024). Program ini dilaksanakan di Desa Umbul Lumus, Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran. Lokasi ini dipilih berdasarkan potensi sumber daya fly ash yang tersedia serta kebutuhan masyarakat untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam produksi batu bata.

Proses perencanaan dan pelaksanaan kegiatan dilakukan secara aktif dengan melibatkan masyarakat melalui beberapa tahapan partisipatif. Diskusi Kelompok Terarah (Focus Group Discussion – FGD) dilaksanakan bersama pemerintah desa dan tokoh masyarakat untuk menggali kebutuhan, potensi, dan aspirasi mereka. Selanjutnya, pelatihan partisipatif diberikan kepada masyarakat untuk meningkatkan kemampuan teknis mereka dalam produksi batu bata berbasis fly ash. Evaluasi bersama juga dilakukan untuk melibatkan peserta dalam menilai keberhasilan program dan mengidentifikasi perbaikan yang diperlukan demi keberlanjutan. Metode yang digunakan dalam program ini mencakup Penelitian Tindakan Partisipatif (Participatory Action Research – PAR) yang memastikan bahwa program dirancang berdasarkan kebutuhan lokal. Selain itu, pendekatan edukasi dan demonstrasi diterapkan dengan metode "learning by doing" untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan teknis masyarakat. Monitoring dan evaluasi berbasis indikator digunakan untuk mengukur keberhasilan dari segi kualitas produk, tingkat adopsi teknologi, serta dampak sosial dan ekonomi yang dihasilkan (Winarno, Muhammad, and Wibowo 2020).



Gambar 1. Diagram Alir Pengabdian

Tahapan kegiatan pengabdian masyarakat ini dimulai dari persiapan kegiatan, yang meliputi identifikasi masalah dan potensi fly ash, diskusi awal dengan pemerintah desa dan tokoh masyarakat, serta penyusunan rencana kegiatan dan jadwal pelaksanaan. Kemudian dilanjutkan dengan sosialisasi program melalui penyampaian informasi mengenai manfaat dan teknologi pemanfaatan fly ash serta melibatkan masyarakat dalam diskusi interaktif. Tahapan berikutnya adalah pelatihan teknis, yang mencakup demonstrasi proses pencampuran, pencetakan, dan pembakaran batu bata, serta pendampingan langsung selama proses pelatihan. Setelah itu, dilakukan produksi percobaan bersama masyarakat untuk menghasilkan batu bata berbasis fly ash yang memenuhi standar kualitas. Produk hasil produksi ini kemudian diuji untuk memastikan kekuatannya (Haryanti 2020). Tahap terakhir adalah monitoring dan evaluasi yang bertujuan untuk menilai keberhasilan program berdasarkan indikator teknis maupun sosial-ekonomi. Hasil evaluasi ini digunakan untuk merumuskan perbaikan dan langkah tindak lanjut, sehingga keberlanjutan program dapat terjamin dan manfaatnya dapat dirasakan oleh masyarakat secara luas.

3. HASIL

Kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Umbul Lumus berhasil menghasilkan batu bata

berbasis fly ash dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan batu bata konvensional. Selama program, sekitar 500 unit batu bata diproduksi melalui pelatihan teknis yang melibatkan masyarakat. Batu bata ini memiliki kekuatan tekan lebih tinggi, daya serap air yang lebih rendah, dan ketahanan yang lebih baik terhadap perubahan cuaca. Selain itu, penggunaan fly ash sebagai bahan campuran berhasil mengurangi kebutuhan tanah liat, sehingga menekan biaya produksi hingga 20%.

Partisipasi masyarakat dalam program ini sangat aktif, dengan melibatkan 30 peserta dari berbagai latar belakang, seperti pengrajin lokal, petani, dan pemuda desa. Pelatihan teknis yang diberikan mencakup seluruh proses produksi, mulai dari pencampuran bahan hingga pembakaran batu bata. Masyarakat tidak hanya belajar keterampilan baru tetapi juga menunjukkan antusiasme tinggi dalam mengadopsi teknologi ini karena melihat manfaatnya secara langsung, baik dari segi kualitas produk maupun efisiensi biaya (Kabir, Imran, and Sultan 2020).

Dari sisi sosial, program ini membawa perubahan yang signifikan. Muncul kelompok kerja baru yang terorganisasi, berfokus pada produksi batu bata berbasis fly ash sebagai alternatif bahan bangunan. Dalam prosesnya, beberapa peserta mulai mengambil peran sebagai pemimpin lokal, menunjukkan kemampuan mereka dalam mengorganisasi komunitas dan mengelola usaha. Kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan limbah dan pemanfaatan sumber daya lokal juga meningkat secara drastis, membuka peluang transformasi sosial yang lebih besar di masa depan.

Secara ekonomi, program ini memberikan dampak positif dengan menciptakan peluang usaha baru bagi masyarakat setempat. Peningkatan kualitas batu bata membuatnya lebih kompetitif di pasar, sementara efisiensi biaya produksi meningkatkan margin keuntungan bagi para pengrajin. Selain itu, kegiatan ini juga mengurangi ketergantungan pada bahan baku tradisional, memberikan nilai tambah melalui pengelolaan limbah fly ash yang sebelumnya tidak dimanfaatkan secara optimal.

Dampak lingkungan yang dihasilkan dari program ini juga cukup signifikan. Pemanfaatan fly ash membantu mengurangi akumulasi limbah yang dapat mencemari tanah dan air. Di sisi lain, pengurangan eksploitasi tanah liat untuk bahan baku batu bata berkontribusi pada pelestarian lingkungan lokal. Keberhasilan ini memberikan landasan yang kuat untuk keberlanjutan program, yang akan dilanjutkan dengan penguatan kelompok usaha, pelatihan lanjutan, dan pengenalan

produk ke pasar yang lebih luas.

Selama pelaksanaan program, berhasil diproduksi sekitar 500 unit batu bata berbasis fly ash dengan karakteristik teknis yang lebih unggul dibandingkan batu bata konvensional. Uji coba menunjukkan bahwa batu bata ini memiliki kekuatan tekan lebih tinggi, daya serap air yang rendah, dan ketahanan terhadap perubahan cuaca. Efisiensi biaya produksi juga meningkat berkat penggantian sebagian bahan tanah liat dengan fly ash.

Kegiatan ini melibatkan 30 peserta yang terdiri dari pengrajin lokal, pemuda desa, dan petani. Partisipasi aktif dari masyarakat menunjukkan antusiasme terhadap teknologi baru, terutama karena potensi manfaat ekonomi dan lingkungan yang dapat dicapai. Selama pelatihan, peserta tidak hanya memahami teknis produksi tetapi juga mulai menyadari pentingnya pengelolaan limbah yang berkelanjutan. Kesadaran kolektif ini membuka peluang untuk adopsi teknologi dalam skala yang lebih luas.

Program ini berhasil menciptakan dampak sosial yang signifikan dengan munculnya pranata baru, seperti terbentuknya kelompok kerja komunitas yang fokus pada produksi batu bata berbasis fly ash. Kelompok ini dipimpin oleh individu-individu yang mulai muncul sebagai pemimpin lokal (*local leaders*), menunjukkan kapasitas mereka dalam mengelola usaha dan mengorganisasi komunitas. Selain itu, masyarakat menunjukkan perubahan perilaku ke arah yang lebih peduli terhadap lingkungan dan efisiensi sumber daya (Syahrul and Amir 2024).

Secara ekonomi, kegiatan ini membuka peluang usaha baru bagi masyarakat, terutama dengan adanya peningkatan kualitas produk batu bata yang dihasilkan. Pengurangan biaya bahan baku sebesar 20% memberikan keuntungan yang signifikan bagi pengrajin lokal. Dari segi lingkungan, penggunaan fly ash membantu mengurangi akumulasi limbah, sementara eksploitasi tanah liat yang lebih sedikit mengurangi dampak kerusakan lingkungan akibat penggalian.

Beberapa kendala yang dihadapi meliputi kesulitan awal dalam menentukan proporsi campuran ideal, keterbatasan alat produksi, dan penerimaan pasar terhadap produk baru. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan edukasi berkelanjutan, pendampingan intensif, dan pengajuan bantuan alat produksi kepada pemerintah dan mitra industri.

Tabel 1. Tindak Lanjut Program

Aspek Tindak Lanjut	Langkah-Langkah	Tujuan	Hasil yang Diharapkan
Penguatan Kelompok Usaha	Membentuk unit usaha mandiri.	Menciptakan kemandirian ekonomi masyarakat.	Kelompok usaha produktif dan mandiri.
Pelatihan Lanjutan	Peningkatan keterampilan teknis dan penggunaan alat modern.	Meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi.	Masyarakat lebih mahir dan produktif.
Pemasaran Produk	Kerja sama dengan pemerintah desa dan swasta.	Memperluas akses pasar.	Produk diterima pasar lokal dan regional.
Pengembangan Teknologi	Pengadaan alat produksi modern.	Meningkatkan kapasitas dan efisiensi produksi.	Kapasitas produksi yang lebih besar dan efisien.
Replikasi Model	Sosialisasi ke daerah lain.	Menginspirasi komunitas serupa.	Pemberdayaan di komunitas lain berbasis model yang sama.

Untuk memastikan program pengabdian masyarakat ini dapat berjalan secara berkelanjutan, langkah pertama yang akan diambil adalah penguatan kelompok usaha yang telah terbentuk selama kegiatan. Kelompok komunitas yang telah dilatih akan diarahkan menjadi unit usaha mandiri yang berfokus pada produksi batu bata berbasis fly ash. Dengan pengorganisasian yang lebih baik, kelompok ini diharapkan mampu mengelola seluruh proses produksi, mulai dari pengadaan bahan baku hingga pemasaran produk, sehingga menciptakan kemandirian ekonomi. Langkah selanjutnya adalah menyediakan pelatihan tambahan untuk meningkatkan keterampilan teknis masyarakat. Pelatihan ini dirancang untuk memperdalam pemahaman tentang teknik pencampuran yang lebih kompleks, penggunaan alat produksi modern, serta metode pengujian kualitas produk. Dengan penguasaan keterampilan yang lebih baik, masyarakat tidak hanya

meningkatkan produktivitas tetapi juga memastikan kualitas batu bata yang konsisten dan sesuai standar pasar.

Dari sisi pemasaran, kerja sama dengan pemerintah desa dan pihak swasta akan difokuskan untuk memperluas akses pasar bagi produk batu bata berbasis fly ash. Strategi ini mencakup kampanye edukasi untuk meningkatkan penerimaan pasar terhadap produk inovatif ini, serta mengidentifikasi jaringan distribusi yang potensial di tingkat lokal maupun regional. Dengan pemasaran yang efektif, produk ini memiliki peluang untuk bersaing di pasar konstruksi. Pengembangan teknologi juga menjadi salah satu prioritas dalam tindak lanjut program ini. Upaya akan dilakukan untuk mendapatkan bantuan alat produksi modern dari mitra pemerintah atau sektor swasta. Teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas produksi sekaligus mengurangi waktu dan tenaga yang dibutuhkan. Dengan adopsi teknologi, kelompok usaha dapat meningkatkan efisiensi operasionalnya, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan profitabilitas. Program ini tidak hanya dirancang untuk Desa Umbul Lumus tetapi juga sebagai model pemberdayaan masyarakat yang dapat direplikasi di daerah lain. Dengan mengintegrasikan aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi, program ini memberikan contoh bagaimana komunitas lokal dapat diberdayakan melalui pengelolaan limbah dan pengembangan usaha berbasis sumber daya lokal. Keberhasilan di Desa Umbul Lumus diharapkan menjadi inspirasi bagi komunitas lain yang menghadapi tantangan serupa.

4. DISKUSI

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat di Desa Umbul Lumus menunjukkan bahwa pendekatan berbasis komunitas dan pengorganisasian partisipatif sangat efektif dalam memberdayakan masyarakat. Melalui serangkaian kegiatan seperti pelatihan teknis, produksi percobaan, serta evaluasi bersama, masyarakat tidak hanya memperoleh keterampilan baru tetapi juga kesadaran akan pentingnya pengelolaan limbah fly ash untuk keberlanjutan lingkungan. Hal ini menciptakan dinamika positif dalam komunitas, di mana anggota masyarakat mulai menunjukkan inisiatif untuk mengadopsi teknologi yang telah diperkenalkan.

Program ini juga menghadapi beberapa kendala yang menantang. Pada awalnya, keterbatasan pengetahuan masyarakat mengenai pemanfaatan fly ash menghambat proses adaptasi teknologi. Beberapa peserta mengalami kesulitan dalam menguasai teknik pencampuran dan pencetakan yang memerlukan tingkat presisi tinggi. Selain itu, keterbatasan alat produksi modern

membatasi kapasitas produksi dan efisiensi kerja, sehingga mendorong perlunya inovasi teknologi untuk mendukung program secara berkelanjutan.

Keberhasilan program ini tidak hanya terlihat dari aspek teknis, seperti kualitas batu bata berbasis fly ash yang dihasilkan, tetapi juga dari perubahan sosial yang muncul dalam komunitas. Masyarakat mulai menunjukkan pola pikir yang lebih terbuka terhadap inovasi, dengan meningkatnya minat untuk terus belajar dan berinovasi. Selain itu, munculnya pemimpin lokal dari kalangan peserta pelatihan memperlihatkan bahwa program ini berhasil menciptakan agen perubahan di tingkat komunitas, yang menjadi motor penggerak bagi keberlanjutan inisiatif ini.



Gambar 2. Penyuluhan Pemanfaatan Limbah *Fly-Ash*

Diskusi mengenai hasil program ini juga menyoroti pentingnya kolaborasi dengan pihak eksternal. Keterlibatan pemerintah desa, akademisi, dan sektor swasta telah memberikan dukungan penting dalam menyediakan sumber daya, teknologi, dan akses pasar yang dibutuhkan untuk keberlanjutan program. Dengan adanya kerja sama yang berkesinambungan, peluang untuk mengatasi kendala seperti keterbatasan alat produksi dan penerimaan pasar dapat lebih mudah dicapai.

Secara keseluruhan, program ini menjadi bukti nyata bahwa pendekatan pemberdayaan berbasis komunitas mampu menghasilkan transformasi sosial yang signifikan. Dinamika proses pendampingan yang melibatkan berbagai pihak, serta fokus pada pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan, telah menciptakan dampak positif yang tidak hanya dirasakan oleh masyarakat Desa Umbul Lumus, tetapi juga memberikan inspirasi bagi komunitas lainnya. Program ini diharapkan dapat terus berkembang dan menjadi model pemberdayaan masyarakat di daerah lain.



Gambar 3. Foto Bersama Peserta Pemanfaatan Limbah Fly-Ash Untuk Campuran Bata di Desa Umbul Lumus Kecamatan Marga Punduh Kabupaten Pesawaran

KESIMPULAN

Program pengabdian masyarakat yang dilaksanakan di Desa Umbul Lumus, Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran, berhasil mengintegrasikan pendekatan teoritis dengan praktik lapangan untuk memberdayakan komunitas dalam memanfaatkan limbah fly ash sebagai bahan campuran batu bata. Melalui pendekatan berbasis komunitas dan metode partisipatif, masyarakat tidak hanya memperoleh keterampilan teknis tetapi juga kesadaran akan pentingnya pengelolaan limbah untuk keberlanjutan lingkungan. Hal ini sejalan dengan teori pemberdayaan yang menekankan pentingnya kolaborasi, partisipasi aktif, dan pemanfaatan potensi lokal untuk menciptakan transformasi sosial. Refleksi teoritis dari kegiatan ini menunjukkan bahwa

keberhasilan program pemberdayaan sangat bergantung pada keterlibatan semua elemen masyarakat, mulai dari pemerintah desa, tokoh masyarakat, hingga peserta dari berbagai latar belakang. Dinamika kelompok yang terbentuk melalui diskusi, pelatihan, dan evaluasi bersama memperkuat keberlanjutan program. Selain itu, penerapan teknologi berbasis lokal, seperti pemanfaatan fly ash, menjadi model aplikatif dari konsep pembangunan berkelanjutan yang mengedepankan aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi. Sebagai rekomendasi, program serupa perlu diperluas ke daerah lain dengan potensi serupa untuk meningkatkan kesadaran lingkungan dan memberdayakan ekonomi lokal. Pemerintah dan sektor swasta disarankan untuk lebih aktif mendukung pengadaan alat modern dan membuka akses pasar yang lebih luas, sehingga hasil produksi dapat memiliki daya saing yang tinggi. Selain itu, pelatihan lanjutan dan pendampingan teknis perlu terus dilakukan untuk memastikan konsistensi kualitas produk dan keberlanjutan usaha masyarakat.

DAFTAR REFERENSI

- Abdurrohman, Abdurrohman, Idharmahadi Adha, and Hadi Ali. 2020. "Studi Kuat Tekan Batu Bata Menggunakan Bahan Additive (Abu Sekam Padi, Abu Ampas Tebu Dan Fly Ash) Berdasarkan Spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI)." *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain* 3(3):541–52.
- Astriani, Nelly, Elhusna Elhusna, and Ade Sri Wahyuni. 2021. "Pengaruh Penambahan Fly Ash Dan Kondisi Adukan Tanah Liat Terhadap Kuat Tekan Bata Merah." *Inersia: Jurnal Teknik Sipil* 9(2):33–38.
- Haryanti, Ninis Hadi. 2020. "Kuat Tekan Bata Ringan Dengan Bahan Campuran Abu Terbang PLTU Asam-Asam Kalimantan Selatan." *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat* 12(1):20–30.
- Kabir, Dahri, Imran Imran, and Mufti Amir Sultan. 2020. "Penggunaan Fly Ash Sebagai Bahan Tambah Pada Proses Pembuatan Mortar Dengan Bahan Dasar Pasir Apung." *Techno: Jurnal Penelitian* 7(2):157–64.
- Latip, Abdullah, Hermana Kaselle, and Sri Septhemy. 2023. "KEKUATAN BATA RINGAN BERBASIS FLY ASH DAN BOTTOM ASH DENGAN PENAMBAHAN ADMIXTURE." Pp. 219–27 in *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*. Vol. 9.
- Napitupulu, Robert, and Zaldy Kurniawan. 2024. "Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Bahan Alternatif Pada Bata Beton Untuk Meningkatkan Peredaman Panas." *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)* 12(2):176–81.
- Rosanti, Wennt Masita, and E. T. Winanti. 2021. "Pemanfaatan Lumpur Lapindo Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Pada Pembuatan Bata Beton Ringan." *Rekayasa Tek. Sipil* 2(2):1–7.
- Syahrul, Syahrul, and Amir Amir. 2024. "EFEKTIFITAS PEMANFAATAN MATERIAL TERBUANG FLY ASH KOMPOSISI BAHAN TAMBAH PENGIKAT BATA BETON."

Sebatik 28(1):41–48.

Winarno, Hadi, Damris Muhammad, and Yudha Gusti Wibowo. 2020. “Pemanfaatan Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash Dari Pltu Sumsel-5 Sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block.” *Jurnal Teknik* 11(1):1067–70.