

NASKAH ORISINAL

FABAKO: Program Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA) sebagai *Paving Jalan* untuk Meningkatkan UMKM Masyarakat Paiton

Yuyun Tajunnisa^{1,*} | Arwinda Aribah Cahyani¹ | Hazen Masrafat² | Ifarrel Rachmanda Hariyanto¹ | Yosi Noviani Wibowo¹ | Muhamad Rifki Alfayet¹ | Vonny Nur Halisah¹

¹Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

²Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Korespondensi

*Yuyun Tajunnisa, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: yuyun_t@ce.its.ac.id

Alamat

Laboratorium Material dan Struktur Gedung, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Abstrak

Desa Sumberrejo menghadapi dua permasalahan utama yakni, akses jalan yang buruk dan dampak limbah dari PLTU Paiton. Akses jalan yang tidak layak memerlukan renovasi, sementara limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA) dari PLTU menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan. PLTU Paiton menghasilkan 75% *fly ash* dan 25% *bottom ash* dari pembakaran 250 ton batu bara per jam, yang berdampak pada kerusakan hasil panen serta berpotensi menimbulkan masalah kesehatan. Meskipun demikian, uji karakteristik FABA menunjukkan bahwa limbah ini termasuk dalam kategori Limbah Non B3 Terdaftar dan aman digunakan sebagai pengganti semen dalam pembuatan *paving block*. Penggunaan FABA dalam *paving block* dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi konsumsi air, dan berdampak positif bagi lingkungan. Rencana optimalisasi pemanfaatan FABA mencakup sosialisasi dan pendampingan kepada masyarakat Desa Sumberrejo untuk mengolah limbah menjadi *paving block*. Inisiatif ini dapat memberikan pengetahuan untuk mengatasi masalah akses jalan, meminimalisasi dampak FABA, dan meningkatkan perekonomian desa. Studi lebih lanjut diperlukan untuk memahami karakteristik FABA, terutama terkait konduktivitas panas sinar matahari. Dengan upaya ini, Badan Usaha Milik Desa Sumberrejo (BUMDes) dapat memanfaatkan limbah PLTU secara berkelanjutan, meningkatkan produktivitas, dan menjaga lingkungan serta kesehatan masyarakat.

Kata Kunci:

Fly Ash, *Bottom Ash*, FABA, *Paving*, Paiton, Pendampingan, Pelatihan, Ramah Lingkungan

1.1 | Latar Belakang

Wilayah Desa Sumberrejo, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo memiliki potensi berupa Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yaitu PLTU Paiton. PLTU merupakan jenis pembangkit listrik yang menggunakan uap panas hingga menghasilkan energi listrik. Uap panas yang digunakan berasal dari proses penguapan air melalui *boiler*, dengan bahan bakar batu bara atau bahan bakar minyak untuk memanaskan^[1]. Proses pembakaran ini menghasilkan limbah padat berupa *fly ash* dan *bottom ash* (FABA). *Fly ash* merupakan bubuk halus dan bersifat *pozzolanic* yang baik sisa pembakaran batu bara. Kandungan pada *fly ash* sebagian besar terdiri dari silikon dioksida (SiO_2), aluminium (Al_2O_3), dan kalsium (CaO), serta sebagian kecil mengandung potasium, titanium, potasium, dan sulfur^[2]. Selain *fly ash* terdapat pula *bottom ash* yang memiliki ukuran partikel lebih besar, sehingga *bottom ash* dihasilkan pada dasar tungku pembakaran. Ukuran partikel *bottom ash* yang lebih besar menyebabkan reaksi pozzolan yang buruk, karena reaksi pozzolan batu bara yang berkaitan dengan tingkat kehalusan partikel yang menyebabkan reaksi pozzolan yang tidak efektif^[3].

Kebutuhan batu bara sebagai bahan bakar pada PLTU diprediksi akan mengalami kenaikan tiap tahunnya dan sejalan dengan peningkatan limbah FABA yang dihasilkan. Tercatat pada 15 Oktober 2015, PLTU Paiton menggunakan batu bara sebanyak 250 ton per jam dengan hasil pembakaran sebesar 4% yang terdiri dari 25% *bottom ash* dan 75% *fly ash*^[4]. Limbah FABA yang berlebih memungkinkan terjadi timbunan limbah seiring berjalannya waktu sehingga memerlukan ruang penampungan yang besar. Produksi yang berlebih menyebabkan sebagian besar FABA langsung dibuang ke sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Hal ini menimbulkan beberapa permasalahan yang kerap kali dirasakan masyarakat setempat.

Menurut hasil survei yang telah kami lakukan, FABA yang dihasilkan oleh PLTU Paiton dapat menimbulkan bau tidak sedap yang mengganggu aktivitas masyarakat sekitar. Asap yang dihasilkan dari hasil pembakaran juga merusak tanaman dan hasil panen petani karena terserang penyakit. Namun, di sisi lain limbah FABA menunjukkan potensi besar terhadap bidang konstruksi bangunan, contohnya dalam pembuatan batu bata, keramik, konstruksi jalan, dan produksi beton, meskipun masih diperlukan pemahaman lebih mendalam tentang karakteristiknya. Di negara lain, regulasi pengelolaan FABA telah memungkinkan penggunaan hingga 97%.

Sejak dikeluarkannya Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021, FABA termasuk dalam kategori Limbah Non B3 Terdaftar. Berdasarkan hasil data dari uji karakteristik terhadap FABA PLTU, yang dilakukan oleh Kementerian LHK tahun 2020 menunjukkan bahwa FABA PLTU masih di bawah baku mutu karakter berbahaya dan beracun. Hasil uji karakteristik menunjukkan bahwa FABA PLTU tidak mudah menyala dan tidak mudah meledak, suhu pengujian adalah di atas 140° Fahrenheit^[2]. Hasil uji karakteristik FABA PLTU selanjutnya adalah tidak ditemukan hasil reaktif terhadap Sianida dan Sulfida, serta tidak ditemukan korosif pada FABA PLTU. Dengan demikian, dari hasil uji karakteristik menunjukkan limbah FABA dari PLTU tidak memenuhi karakteristik sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)^[4].

Penggunaan FABA dalam bahan konstruksi seperti batako dan *paving block* saat ini telah banyak dikembangkan di Indonesia, namun masih memiliki kekurangan. Selain itu, pemanfaatan FABA di bidang konstruksi telah mendapat perhatian luas, terutama terkait keunggulan material ini dalam memperbaiki karakteristik mekanis beton dan menurunkan biaya produksi. Seiring berjalannya waktu, *fly ash* mulai bereaksi secara kimiawi dan meningkatkan kekuatan tekan beton^[5]. Misalnya, Shubbar (2019) menunjukkan bahwa penggunaan *fly ash* dalam beton dapat meningkatkan durabilitas dan kekuatan tekan, sehingga berpotensi meningkatkan kualitas *paving block* yang ramah lingkungan^[6]. Saat ini sedang terjadi peningkatan pembangunan infrastruktur pengolahan FABA menjadi *paving block* pada beberapa pembangkit listrik di Indonesia termasuk PLTU Paiton. *Paving block* yang diproduksi nantinya dapat menyelesaikan permasalahan yang ada di Desa Sumberrejo yakni akses jalan yang tidak layak. Kombinasi *fly ash* dan *bottom ash* bisa dimanfaatkan sebagai agregat *paving block*, yang tidak hanya ringan dan kuat, tetapi juga ramah lingkungan. Penggunaan pengisi ini dapat meningkatkan sifat mekanik beton, mengurangi limbah, serta mengurangi emisi gas rumah kaca^[7].

Paving block merupakan komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen *portland*, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu dari *paving* tersebut^[8]. *Paving block* yang terbuat dari campuran pasir, semen *portland*, dan air dengan perbandingan campuran yang tepat antara volume semen *portland* dan pasir berkisar antara 1:2 sampai dengan 1:6 atau lebih besar^[9]. Penelitian tentang penggunaan FABA sebagai bahan *paving block* dari PLTU Paiton dilakukan untuk memahami karakteristiknya terutama terkait konduktivitas panas sinar matahari. Studi ini relevan karena FABA sedang dikembangkan dalam industri konstruksi dan arsitektur di Indonesia.

Dengan berbagai latar belakang yang berada di Desa Sumberrejo pada Program Pengabdian Masyarakat (PPM) ini akan bekerja sama dengan masyarakat serta Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) Desa Sumberrejo melalui kegiatan sosialisasi dan pendampingan simulasi pengolahan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA) menjadi *paving* dan pembentukan UMKM yang nantinya akan mengelola keberlanjutan program ini. Kegiatan pengabdian masyarakat ini diharapkan mengedukasi masyarakat dalam mengelola FABA agar dapat meningkatkan perekonomian warga Desa Sumberrejo.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Kegiatan pengabdian masyarakat kali ini diharapkan dapat menjadi solusi atas permasalahan yang dihadapi oleh BUMDes Sumberrejo khususnya terkait dengan dampak limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA) yang dihasilkan oleh PLTU Paiton serta kondisi infrastruktur jalan desa yang memerlukan perbaikan. Program ini berfokus dalam pengembangan sektor UMKM dengan mengoptimalkan pengolahan limbah FABA menjadi *paving block* yang dapat digunakan untuk memperbaiki jalan-jalan desa. Untuk mencapai tujuan tersebut, program ini akan melibatkan pelatihan dan sosialisasi kepada masyarakat tentang komposisi FABA menjadi *paving block*. Pelatihan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman mendalam tentang potensi pemanfaatan FABA sebagai bahan bangunan yang ramah lingkungan dan memiliki nilai ekonomi. Langkah ini diharapkan tidak hanya menyelesaikan masalah lingkungan dan infrastruktur, tetapi juga meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat melalui UMKM. Dengan strategi ini, diharapkan program pengabdian masyarakat ini dapat memberikan solusi berkelanjutan yang dapat diimplementasikan secara mandiri oleh masyarakat Desa Sumberrejo. Oleh karena itu, kegiatan pelatihan pemanfaatan limbah *fly ash* dan *bottom ash* (FABA) dapat dijadikan salah satu upaya untuk meningkatkan UMKM masyarakat di Paiton melalui pembuatan *paving* jalan.

1.3 | Target Luaran

Target luaran dari kegiatan pengabdian masyarakat ini mencakup beberapa hasil yang dicapai, yaitu:

1. Produksi *paving block* dari pemanfaatan FABA sebagai produk teknologi

Masyarakat mitra di Desa Sumberrejo diharapkan dapat memproduksi *paving block* secara mandiri menggunakan limbah FABA setelah mendapatkan pelatihan. Target produksi yang diharapkan adalah mencapai 100 unit penjualan *paving block* per bulan, atau sesuai dengan permintaan pasar. Selain itu, komposisi *paving FABA* ini telah didaftarkan untuk mendapatkan Hak Kekayaan Intelektual (HKI) berupa paten sederhana.

2. Modul Pelatihan

Disusun dan disebarkan modul pelatihan sebagai pedoman bagi masyarakat dalam memproduksi *paving block* dari FABA. Modul ini mencakup *Standard Operating Procedure* (SOP) dan langkah-langkah kerja yang diperlukan untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan standar.

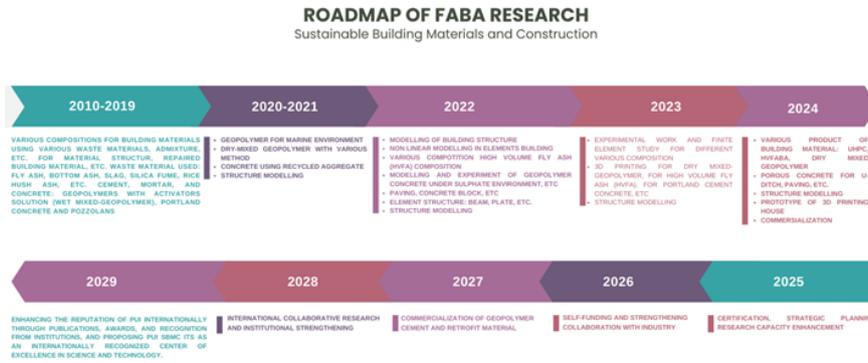
3. Diseminasi Informasi

Kegiatan pengabdian masyarakat ini juga disebarluaskan melalui media massa, termasuk publikasi di media *ITS Online* dan pembuatan video dokumentasi yang akan diunggah di *platform* YouTube.

Melalui pencapaian target-target ini, diharapkan kegiatan pengabdian masyarakat dapat memberikan dampak positif secara berkelanjutan bagi masyarakat Desa Sumberrejo dalam pemanfaatan limbah FABA serta peningkatan kesejahteraan ekonomi lokal.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

Pelaksanaan program pelatihan pembuatan *paving* berbasis material berkelanjutan di Desa Sumberrejo, diperlukan beberapa variabel dan definisi operasional terkait penggunaan material FABA dan geopolimer. Kajian teoritis dan studi terdahulu terhadap objek yang diamati diambil dari penelitian sebelumnya yang relevan, termasuk roadmap penelitian FABA yang menyoroti penggunaan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai bahan dasar. Perkembangan penelitian FABA sebagai dasar terlaksananya program pemanfaatan *fly ash* dan *bottom ash* di Desa Sumberrejo terdapat pada Gambar (1).



Gambar 1 Roadmap Penelitian Fly Ash Bottom Ash (FABA).

Roadmap penelitian FABA yang ditunjukkan pada Gambar (1) menunjukkan perkembangan penelitian material bangunan berkelanjutan dari tahun 2010 hingga 2029. Dimulai dengan eksplorasi berbagai komposisi material bangunan menggunakan limbah seperti *fly ash* dan *bottom ash*, penelitian terus berkembang dengan fokus pada penggunaan geopolimer, metode *dry-mixed*, pemodelan struktur, dan studi eksperimental. Pada tahun 2024, berbagai produk seperti UHPC, HVFA, dan beton berpori mulai dikomersialisasi, diikuti dengan penguatan kapasitas penelitian dan kolaborasi dengan industri. Pada 2028, fokus beralih ke kolaborasi internasional untuk memperkuat reputasi ITS sebagai pusat keunggulan ilmu pengetahuan dan teknologi. Pengabdian masyarakat pada penggunaan material FABA di Desa Sumberrejo dilaksanakan pada tahun 2024, di mana penelitian dan pengembangan teknologi berbasis *fly ash* dan *bottom ash* sudah mulai diuji coba untuk berbagai aplikasi konstruksi berkelanjutan.

3 | METODE KEGIATAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis dan terstruktur, melibatkan partisipasi aktif dari masyarakat Desa Sumberrejo serta kolaborasi dengan pihak PLTU Paiton dan BUMDes setempat. Tahapan pelaksanaan kegiatan disajikan pada Gambar (2).



Gambar 2 Alur Pelaksanaan Kegiatan.

Tahapan pelaksanaan yang dalam skema pengabdian masyarakat di Desa Sumberrejo, Kecamatan Paiton, Probolinggo meliputi:

3.1 | Analisis Kondisi Masyarakat Desa

Metode analisis ini dilakukan dengan cara survei lokasi serta wawancara kepada ketua BUMDes serta perwakilan pelaksana usaha *paving*. Melalui survei lokasi serta wawancara yang dilakukan akan didapatkan data seperti utilitas pelatihan *paving*, lokasi pelatihan, kebutuhan pengembangan usaha *paving*, kebutuhan warga desa untuk meningkatkan perekonomian desa. Selain itu, survei dan wawancara ini juga bertujuan untuk mengetahui potensi lokal daerah serta mengetahui seberapa besar potensi tersebut telah dimanfaatkan oleh warga lokal.

3.2 | Focus Group Discussion (FGD)

Kegiatan FGD dilakukan dengan tujuan untuk memetakan data hasil analisis kondisi masyarakat desa serta mendiskusikan bentuk kegiatan yang sesuai dengan kebutuhan warga desa dan dana hibah pengabdian masyarakat. Pada tahap FGD juga di rancang alur pengabdian masyarakat serta tahapan yang harus dilalui dalam program pengabdian masyarakat tersebut. Perancangan anggaran biaya pelaksanaan serta teknik kegiatan juga didiskusikan pada tahap ini.

3.3 | Percobaan *Paving* di Laboratorium

Percobaan pembuatan *paving* di laboratorium meliputi pencampuran pasir, semen, dan air dalam komposisi tertentu. Campuran dicetak dalam cetakan *paving* dan dipadatkan, lalu dibiarkan mengering selama 24 jam. Setelah itu, *paving* direndam dalam air (*curing*) selama 7–28 hari. Setelah proses *curing* selesai, *paving* diuji kekuatan tekannya untuk mengevaluasi kualitasnya sesuai standar yang berlaku.

3.4 | Penyusunan Modul Pelatihan

Penyusunan modul dilakukan setelah mendapatkan komposisi campuran sesuai dengan kebutuhan dari mitra BUMDes untuk nantinya dijadikan bahan pelatihan. Modul disusun oleh tim pengabdian masyarakat. Modul yang dirancang ini bertujuan untuk memudahkan tukang serta pelaku industri *paving* sebagai pedoman untuk membuat *paving* sesuai dengan kelas yang diinginkan. Modul yang disusun menyesuaikan kebutuhan dan kemudahan pengerjaan di lapangan.

3.5 | Pelatihan Pembuatan *Paving Block*

Pelatihan pembuatan *paving* dirancang dengan dua kegiatan yaitu pemaparan materi dan praktik dilapangan yang dipandu oleh dosen ITS. Kegiatan ini bertujuan untuk melatih pelaku usaha *paving* untuk memahami kualitas bahan dasar pembuatan *paving* serta cara produksi sesuai dengan standar. Selain itu, metode perawatan *paving* juga diajarkan agar *paving* yang dihasilkan memenuhi mutu yang direncanakan. Pelatihan ini juga memfasilitasi tukang untuk langsung praktik membuat *paving* didampingi oleh dosen ITS dan teknisi. Kegiatan ini melibatkan 19 orang mahasiswa ITS sebagai panitia kegiatan yang berlangsung selama 2 hari di Desa Sumberrejo, Kecamatan Paiton, Probolinggo.

3.6 | Evaluasi Mutu dan Pengujian Sampel

Evaluasi terhadap hasil pelatihan dilakukan melalui pengujian kualitas *paving block* yang dihasilkan, serta pemantauan terhadap tingkat produksi dan pemasaran produk oleh BUMDes dan masyarakat mitra. Keberhasilan program ini diukur berdasarkan kemampuan mitra dalam memproduksi dan memasarkan *paving block* secara mandiri dengan kualitas yang memenuhi standar.

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Hasil Survei Lokasi

Gambar (3) menunjukkan survei awal yang dilakukan pada tanggal 9 Mei 2024 untuk menentukan lokasi pelatihan dan memastikan ketersediaan alat serta bahan yang dibutuhkan untuk produksi *paving block* berbasis FABA. Survei ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi dan tantangan yang mungkin dihadapi selama pelaksanaan kegiatan.

Hasil survei lokasi menunjukkan bahwa Desa Sumberrejo , Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, menghadapi dua permasalahan utama, yaitu kondisi jalan yang tidak memadai serta dampak negatif dari limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA)



Gambar 3 Kegiatan survei lokasi BUMDes Sumberrejo.

yang dihasilkan PLTU Paiton. Jalan desa sebagian besar masih berupa tanah dan sulit diakses, terutama pada musim hujan, sehingga sangat mempengaruhi aktivitas ekonomi dan kesejahteraan masyarakat.

Program ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah FABA yang dihasilkan oleh PLTU Paiton sebagai bahan dasar pembuatan *paving block* guna memperbaiki akses jalan desa. FABA, yang terdiri dari 75% *fly ash* dan 25% *bottom ash*, menunjukkan potensi besar sebagai material konstruksi ramah lingkungan. Berdasarkan uji karakteristik yang dilakukan, FABA dikategorikan sebagai limbah non-B3 dan aman untuk digunakan dalam konstruksi, seperti pembuatan *paving block*.

Survei yang dilakukan pada tanggal 9 Mei 2024 ini melibatkan tim pengabdian masyarakat dari ITS dan bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi yang layak serta tantangan yang mungkin dihadapi selama pelaksanaan program. Survei lapangan menemukan bahwa masyarakat Desa Sumberrejo sangat antusias dengan program ini karena diyakini dapat membantu memperbaiki infrastruktur jalan sekaligus memberikan solusi bagi pengelolaan limbah PLTU yang selama ini berdampak pada lingkungan sekitar.

Temuan Utama:

1. Sebagian besar jalan di Desa Sumberrejo dalam kondisi buruk, terutama pada musim hujan, menyebabkan kesulitan transportasi bagi warga dan pengiriman hasil panen.
2. Limbah FABA yang dihasilkan PLTU Paiton melimpah dan dapat diolah menjadi *paving block* berkualitas tinggi untuk keperluan perbaikan jalan desa.
3. Warga Desa Sumberrejo mendukung penuh program ini dan siap berpartisipasi dalam proses produksi *paving block* melalui pelatihan dan pendampingan yang akan dilakukan.
4. Meskipun bahan utama seperti FABA mudah diakses, beberapa bahan pendukung seperti semen dan air memerlukan manajemen distribusi yang lebih baik.

Berdasarkan hasil survei ini, Desa Sumberrejo dinilai layak untuk menjadi lokasi pelaksanaan program pemanfaatan FABA sebagai *paving block*. Dengan pelatihan yang tepat, diharapkan program ini mampu memberdayakan masyarakat setempat, meningkatkan kondisi infrastruktur, serta mengurangi dampak negatif limbah PLTU Paiton terhadap lingkungan.

4.2 | Kondisi BUMDes Sumberrejo

Permasalahan utama pada Desa Sumberrejo adalah kurangnya akses jalan yang layak dengan kondisi sebagian besar masih berupa tanah dan belum diperbaiki oleh pemerintah setempat. Masyarakat Desa Sumberrejo yang kurang pemahaman dalam mengelola limbah B3 FABA PLTU yang dapat bernilai ekonomis, serta dapat menjadi inovasi bahan keterbaruan alam dalam bidang konstruksi. Pelatihan mengelola limbah FABA PLTU sebagai bahan pembuatan *paving block*, dengan implementasi secara langsung di Desa Sumberrejo merupakan program yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut.

4.3 | Focus Group Discussion (FGD) bersama Tim Pengabdian Masyarakat

Gambar (4) menunjukkan FGD yang diadakan sebagai langkah awal untuk menyamakan persepsi dan mendapatkan masukan dari berbagai pihak yang terlibat, termasuk masyarakat Desa Sumberrejo, BUMDes, dan tim teknis dari PPM. Diskusi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan lokal, menetapkan tujuan yang realistis, serta menyusun strategi implementasi yang efektif. FGD juga berfungsi untuk membangun komitmen bersama dalam menjalankan program pengabdian masyarakat ini.



Gambar 4 Kegiatan Focus Group Discussion (FGD).

4.4 | Penyusunan Modul Pendampingan

Tim pengabdian menyusun modul pendampingan seperti yang berisi panduan teknis mengenai pengolahan limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA) menjadi *paving block* seperti tertera pada Gambar (5). Modul ini disusun berdasarkan hasil diskusi dengan para ahli dan dosen pendamping, serta melibatkan BUMDes dan masyarakat yang telah berpengalaman dalam produksi *paving block*.



Gambar 5 Penyusunan Modul Pendampingan.

Modul tersebut yang digunakan sebagai pedoman untuk pelatihan *paving* di Desa Sumberrejo, Kecamatan Paiton, Probolinggo. Modul dicetak dan dibagikan kepada setiap tukang yang menjadi peserta pelatihan pembuatan *paving block*. Modul ini mencakup langkah-langkah produksi, perawatan, dan pengujian kualitas *paving block* untuk memastikan hasil yang optimal.

4.5 | Isi Modul Pelatihan

Gambar (6) menunjukkan modul pelatihan pembuatan *paving* berbasis FABA (*Fly Ash Bottom Ash*) yang dirancang sebagai panduan komprehensif yang meliputi materi teoritis dan praktis untuk membantu peserta memahami dan mengimplementasikan teknologi ini secara efektif. Modul ini terdiri dari beberapa bab yaitu mengenai gambaran umum *paving* FABA, klasifikasi

paving block, komposisi *paving FABA*, metode pembuatan *paving FABA*, metode perawatan dan pengujian, SOP pemasangan, keunggulan *paving FABA* serta keselamatan dan kesehatan kerja yang secara sistematis menjelaskan setiap tahap pembuatan *paving FABA*.

Modul pelatihan ini dirancang sebagai panduan praktis bagi masyarakat dalam memanfaatkan limbah Fly Ash dan Bottom Ash (FABA) dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton. Modul ini mencakup berbagai materi teknis, mulai dari persiapan bahan, proses pencampuran, hingga pengujian kualitas *paving block* yang dihasilkan. Tujuan utama dari pelatihan ini adalah untuk meningkatkan keterampilan masyarakat dalam memproduksi *paving block* berbahan FABA, yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga ekonomis, kuat, dan tahan lama.



Gambar 6 Halaman Cover dan Back Cover Modul Pelatihan.

Isi Modul:

1. Pengantar *Paving Block* FABA

Modul ini dimulai dengan penjelasan mengenai apa itu *paving block*, perbedaan *paving block* FABA dengan *paving block* konvensional, serta manfaat dan keunggulan penggunaan FABA sebagai bahan utama. *Paving block* FABA tidak hanya memanfaatkan limbah industri tetapi juga menghasilkan produk konstruksi berkualitas tinggi.

2. Komposisi dan Bahan Penyusun

Bagian ini menjelaskan bahan-bahan utama yang digunakan, yaitu *Fly Ash*, *Bottom Ash*, semen, pasir, dan agregat. Selain itu, juga dibahas berbagai variasi komposisi campuran untuk menghasilkan *paving block* dengan kualitas berbeda, tergantung pada fungsinya (jalan raya, area parkir, atau trotoar).

3. Proses Pembuatan *Paving Block* FABA

Modul ini memberikan langkah-langkah rinci tentang cara mempersiapkan dan mencampur bahan-bahan, cara mencetak *paving block* menggunakan mesin, hingga proses *curing* (pengeringan) untuk memastikan kekuatan produk. Setiap langkah disertai dengan panduan visual dan teknis untuk memudahkan peserta memahami proses secara keseluruhan.

4. Pengujian Kualitas

Bagian ini menjelaskan standar pengujian yang harus dilakukan untuk memastikan *paving block* yang dihasilkan memenuhi standar kualitas, seperti uji kuat tekan, uji ketahanan aus, dan uji penyerapan air. Hal ini penting agar produk yang dihasilkan dapat digunakan secara aman dan tahan lama.

5. Pemasangan *Paving Block*

Modul ini juga memberikan panduan tentang bagaimana cara memasang *paving block* dengan benar, termasuk pola pemasangan yang sering digunakan seperti pola susun bata, anyaman tikar, dan tulang ikan. Cara pemasangan yang tepat akan memastikan kekuatan dan daya tahan *paving block* di lapangan.

6. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Bagian ini memberikan informasi mengenai pentingnya penerapan prosedur keselamatan dan kesehatan kerja selama proses pembuatan *paving block*, termasuk penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti masker, sarung tangan, kacamata, dan sepatu pelindung. Dengan memahami risiko yang mungkin terjadi, peserta pelatihan diharapkan dapat bekerja secara aman.

7. Keunggulan *Paving Block* FABA

Modul ini juga menekankan keunggulan *paving block* berbasis FABA, seperti kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *paving block* konvensional, biaya produksi yang lebih rendah, serta dampak positifnya terhadap lingkungan karena memanfaatkan limbah industri.

4.6 | Program Pelatihan



Gambar 7 Pelatihan pembuatan *paving* FABA.

Pelatihan dilaksanakan bagi masyarakat Desa Sumberrejo, dengan fokus pada transfer pengetahuan dan keterampilan dalam mengolah limbah FABA menjadi *paving block*. Gambar (7) menunjukkan program pelatihan yang meliputi teori dan praktik langsung, dimana peserta diajarkan mulai dari proses persiapan bahan hingga teknik pencetakan dan perawatan *paving block*. Tim pengabdian juga memberikan pendampingan intensif selama proses pelatihan untuk memastikan peserta dapat memproduksi *paving block* secara mandiri sesuai SOP yang telah ditetapkan.

4.7 | Implementasi Pelatihan

Implementasi pelatihan pembuatan *paving* FABA (*Fly Ash Bottom Ash*) dilaksanakan dengan pendekatan praktis dan bertahap, melibatkan partisipasi aktif masyarakat setempat, khususnya di Desa Sumberrejo. Pelatihan dimulai dengan sesi pengenalan mengenai konsep dasar material FABA dan geopolimer, termasuk penjelasan tentang manfaat lingkungan dari penggunaan material ini dalam industri konstruksi. Selanjutnya, peserta diberikan demonstrasi langsung mengenai proses pembuatan *paving*, mulai dari pencampuran bahan baku FABA, air, dan aktivator geopolimer hingga pencetakan dan proses pengeringan *paving*. Peserta dilatih untuk memahami proporsi campuran yang tepat, metode pencetakan yang efisien, serta langkah-langkah pengawetan (*curing*) yang diperlukan untuk memastikan produk *paving* memiliki kekuatan dan daya tahan optimal. Program ini juga memberikan pelatihan terkait uji kualitas *paving*, seperti uji kekuatan tekan dan ketahanan terhadap air, yang bertujuan agar peserta mampu memastikan kualitas produk yang dihasilkan memenuhi standar yang berlaku. Dalam pelaksanaannya, setiap kelompok peserta didampingi oleh tenaga ahli untuk memastikan mereka dapat mempraktikkan setiap tahapan dengan benar.



Gambar 8 Implementasi pelatihan.

dan efektif. Hasil pelatihan tidak hanya berupa produk *paving* FABA yang ramah lingkungan, tetapi juga peningkatan kapasitas masyarakat dalam menciptakan produk inovatif yang berpotensi memberikan nilai ekonomi. Dengan keterampilan yang diperoleh, peserta diharapkan dapat melanjutkan produksi *paving* secara mandiri atau bersama dalam kelompok usaha kecil, sehingga turut mendukung pembangunan berkelanjutan dan pemberdayaan ekonomi lokal.

4.8 | Hasil Pelatihan

Hasil dari program pelatihan pembuatan *paving* berbasis FABA (*Fly Ash Bottom Ash*) seperti pada Gambar (9) menunjukkan keberhasilan dalam menciptakan produk *paving* yang ramah lingkungan dan memiliki keunggulan kompetitif dibandingkan *paving* konvensional. Produk *paving* FABA ini memanfaatkan limbah industri seperti *fly ash* dan *bottom ash* sebagai bahan utama, yang dicampur dengan geopolimer sebagai pengikat, menggantikan semen *portland* tradisional. Hasil uji kualitas menunjukkan bahwa *paving* FABA memiliki kekuatan tekan yang tinggi, daya tahan terhadap cuaca ekstrem, dan ketahanan terhadap erosi, menjadikannya cocok untuk digunakan pada berbagai aplikasi infrastruktur seperti trotoar, area parkir, dan halaman perumahan. Selain itu, produk ini juga lebih ramah lingkungan karena mengurangi emisi karbon yang biasanya dihasilkan dari produksi semen. Dari segi biaya, *paving* FABA menawarkan solusi yang lebih ekonomis karena menggunakan bahan baku limbah yang melimpah dan murah. Pengakuan dari pemerintah daerah terhadap inovasi ini juga menjadi bukti bahwa produk tersebut berpotensi dikembangkan secara komersial dan digunakan secara luas untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.



Gambar 9 Hasil Pelatihan FABA KO.

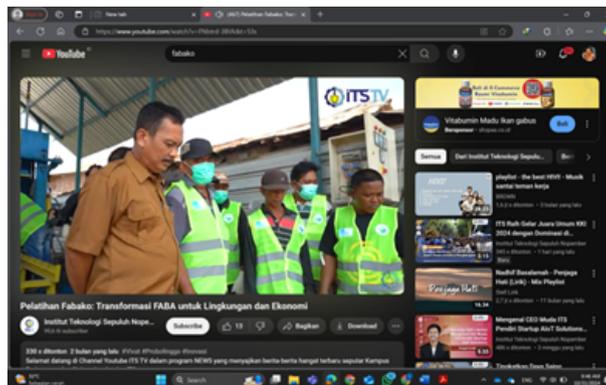
4.9 | Luaran

Program pengabdian masyarakat ini telah menghasilkan berbagai luaran penting yang sesuai dengan target yang diharapkan. Luaran berupa artikel ilmiah di jurnal nasional terakreditasi, membahas implementasi pembuatan *paving* berbasis material berkelanjutan menggunakan FABAs dan geopolimer. Selain itu, satu *book chapter*, memberikan kontribusi pada penyebaran pengetahuan terkait inovasi teknologi material berkelanjutan. Program ini juga mendapatkan liputan di media massa seperti pada Gambar (10), guna meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya penggunaan material ramah lingkungan.



Gambar 10 Liputan Media Massa (Sumber: <https://www.its.ac.id/news/2024/08/02/optimalikan-limbah-its-gelar-pelatihan-pembuatan-paving-faba/>).

Sebuah video dokumentasi yang diproduksi berhasil menjangkau audiens luas melalui *platform* media sosial, dan produk *paving* yang dihasilkan telah diakui oleh pemerintah daerah sebagai inovasi material bangunan yang ramah lingkungan, menunjukkan keberhasilan program dalam memberikan dampak nyata pada industri lokal. Secara keseluruhan, program pengabdian masyarakat ini telah mencapai target yang diharapkan pada setiap luaran yang direncanakan. Dengan demikian, capaian luaran ini selaras dengan visi program untuk memperkuat kapasitas lokal dalam menciptakan solusi konstruksi yang berkelanjutan. Gambar (11) menunjukkan publikasi kegiatan melalui youtube ITS TV.



Gambar 11 Berita ITS TV (Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=FNbtrd-3BVk&t=53s>).

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Program pemanfaatan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA) dari PLTU Paiton untuk produksi *paving block* di Desa Sumberrejo bertujuan untuk memberikan solusi terhadap dua permasalahan utama desa, yaitu kurangnya infrastruktur jalan dan pengelolaan limbah FABA yang dihasilkan oleh PLTU Paiton. Hasil uji menunjukkan bahwa *paving block* berbasis FABA memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan paving konvensional, serta mampu mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan. Selain itu, melalui pelatihan dan pendampingan, masyarakat Desa Sumberrejo telah diberdayakan untuk memproduksi *paving block* secara mandiri, membuka peluang ekonomi baru melalui UMKM berbasis FABA. Program ini juga memberikan kontribusi pada pemanfaatan material ramah lingkungan dan mendukung pembangunan berkelanjutan.

Untuk keberlanjutan program ini, perlu dilakukan peningkatan kapasitas produksi *paving block* berbasis FABA melalui kolaborasi dengan industri konstruksi lokal. Pemerintah setempat juga disarankan untuk mendukung program ini melalui regulasi yang memfasilitasi penggunaan FABA sebagai material konstruksi. Selain itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengeksplorasi aplikasi lain dari FABA dalam berbagai produk konstruksi, serta meningkatkan kualitas *paving block* yang dihasilkan, termasuk pengujian lebih mendalam terhadap durabilitas jangka panjang dan dampak lingkungan.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Lembaga/Badan Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) ITS serta Laboratorium Material dan Struktur Gedung (LMSG) ITS, yang memberikan dukungan penuh dalam bentuk pendanaan, fasilitas, dan pendampingan teknis selama pelaksanaan program. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada PLTU Paiton yang telah memberikan akses informasi penting terkait limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA), yang menjadi inti dari pengembangan *paving block* dalam program ini.

Ucapan terima kasih yang tak kalah penting kami sampaikan kepada BUMDes Sumberrejo dan seluruh masyarakat Desa Sumberrejo yang telah berpartisipasi aktif dalam setiap tahapan program, mulai dari pelatihan hingga produksi *paving block*. Kolaborasi yang erat dengan masyarakat desa telah menjadi fondasi kuat keberhasilan program ini, dimana keterlibatan mereka bukan hanya sebagai peserta, tetapi juga sebagai pelaku utama dalam memanfaatkan potensi limbah FABA untuk memperbaiki infrastruktur desa. Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Laboratorium Material dan Struktur Gedung (LMSG), Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Referensi

1. Rianta MG, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU); 2020. <https://indonesiare.co.id/id/article/pembangkit-listrik-tenaga-uap-pltu>.
2. Pangestuti EK, Bagaskara P, Heriyanto FR. Pengaruh Fly Ash Dan Bottom Ash (Faba) PLTU sebagai Campuran Paving Blok ditinjau terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air. *Jurnal Inovasi Konstruksi* 2023;2(2):48–57.
3. Kim HK. Utilization of sieved and ground coal bottom ash powders as a coarse binder in high-strength mortar to improve workability. *Construction and Building Materials* 2015;91:57–64.
4. Klarens K, Indranata M, Antoni A, Hardjito D. Pemanfaatan Bottom Ash dan Fly ash Tipe C sebagai Bahan Pengganti dalam pembuatan paving block. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil* 2016;5(2).
5. Mengxiao S, Qiang W, Zhikai Z. Comparison of the properties between high-volume fly ash concrete and high-volume steel slag concrete under temperature matching curing condition. *Construction and Building Materials* 2015;98:649–655.
6. Shubbar AA, Sadique M, Shanbara HK, Hashim K. The development of a new low carbon binder for construction as an alternative to cement. In: *Advances in Sustainable Construction Materials and Geotechnical Engineering: Select Proceedings of TRACE 2018* Springer; 2019.p. 205–213.

7. Bawono A, Manfaat Fly Ash dan Bottom Ash (FABA) dalam Konstruksi Bangunan: Proses Produksi, Aplikasi, dan Keunggulannya; 2023. <https://depobeta.com/magazine/artikel/manfaat-faba-dalam-konstruksi-bangunan/>.
8. Indonesia BSN. Bata beton (Paving block). Badan Standardisasi Nasional, Bandung 1996;.
9. Sentosa A, et al. Penelitian Laboratorium Potensi Ekonomi Limbah Pembakaran Keramik Kasongan terhadap Paving Block 2003;.

Cara mengutip artikel ini: Tajunnisa, Y., Cahyani, A.A., Masrafat, H., Hariyanto, I.R., Wibowo, Y.N., Alfayet, M.R., Halisah, V.N., (2024), FABAKO: Program Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA) sebagai *Paving* Jalan untuk Meningkatkan UMKM Masyarakat Paiton, *Sewagati*, 8(5):2205–2217, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v8i5.2186>.