

PELATIHAN PEMBUATAN PANEL GEOPOLIMER *FLY ASH* DI DESA SURANADI SEBAGAI PENGGANTI PAPAN KAYU

*Workshop on Making Geopolimer Fly Ash Panel in Suranadi Village as a Replacement of
Wood Panel*

I Dewa Made Alit Karyawan*, Ery Setiawan, Rohani, Ida Ayu Oka Suwati Sideman,
I Gede Putu Warka

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Jalan Majapahit No.62, Kota Mataram

*Alamat korespondensi: dewaalit@unram.ac.id

(Tanggal Submission: 01 Mei 2023, Tanggal Accepted : 22 Mei 2023)



Kata Kunci :

*Fly ash,
geopolymer,
panel, papan
kayu*

Abstrak :

Permasalahan yang ditemukan adalah mahalnya bahan baku *homestay* dan mebel. Papan kayu berkualitas sulit didapat dengan harga murah. Di sisi lain, pengetahuan masyarakat masih terbatas dalam mencari produk sebagai bahan substitusi dengan harga murah. Sehingga konstruksi cenderung menggunakan material yang kualitasnya kurang, yang penting harga terjangkau. Sehingga umur bangunan dan perabot menjadi lebih pendek dan tidak baik dari segi estetika. Berdasarkan permasalahan tersebut, dicari solusi yang mengacu pada prioritas yang ditetapkan yaitu inovasi produk panel/papan yang murah dengan memanfaatkan limbah (*fly ash*). Cara yang ditempuh adalah dengan memberikan pelatihan kepada tukang bangunan cara membuat panel dari *fly ash* geopolimer. Dengan demikian, tujuan dari program pengabdian yang dilakukan oleh Tim Pengabdian LPPM Unram adalah untuk memberikan keterampilan kepada tukang membuat papan/panel dari *fly ash* geopolimer. Metode yang digunakan adalah dengan memberikan pelatihan. Pelatihan ditekankan untuk dapat mengasah keterampilan peserta dalam hal memilih bahan, mencampur material sesuai komposisi dan mencetak pasta geopolimer menjadi panel (papan). Pelatihan meliputi prosedur kerja dan tahapan penerapan teknologi. Pada setiap akhir kegiatan dilakukan evaluasi, sehingga dapat diketahui bagaimana capaian dan apa kekurangannya. Kegiatan mulai sosialisasi, persiapan pelatihan, pelaksanaan pelatihan hingga evaluasi pelaksanaan. Hasil setelah mengikuti pelatihan, peserta mampu membuat panel (papan) geopolimer berbahan *fly ash* dan alkaline. mendapat tambahan wawasan dan pengetahuan serta keterampilan. Hal itu terlihat dari kemampuan peserta pelatihan (tukang bangunan dan pengelola penginapan) berdasarkan materi dan contoh-contoh yang diberikan saat dilakukan pelatihan.



Key word :

Fly ash, geopolymer, panels, wood panels

Abstract :

The problem found is the high price of raw materials and homestay furniture. It's hard to get quality wood planks at low prices. On the other hand, public knowledge is still limited in finding products as substitute materials at low prices. So construction tends to use materials of poor quality, the important thing is that the price is affordable. So the life of buildings and furniture becomes shorter and is not good from an aesthetic point of view. Based on these problems, a solution is sought that refers to the priorities that have been set, namely the innovation of cheap panel/board products by utilizing waste (fly ash). The method adopted is to provide training to builders on how to make panels from geopolymer fly ash. Thus, the purpose of the community service program carried out by the LPPM Unram Community Service Team is to provide skills to carpenters in making boards/panels from geopolymer fly ash. The method used is to provide training. The training emphasizes the ability to hone participants' skills in choosing materials, mixing materials according to composition, and printing geopolymer paste into panels (boards). The training covers work procedures and stages of technology application. At the end of each activity, an evaluation is carried out so that it can be seen what the achievements and shortcomings are. Activities range from socialization, training preparation, and training implementation to implementation evaluation. As a result, after attending the training, the participants were able to make geopolymer panels (boards) made from fly ash and alkaline. add insight and knowledge and skills. This can be seen from the ability of the training participants (builders and hotel managers) based on the materials and examples provided during the training.

Panduan sitasi / citation guidance (APPA 7th edition) :

Karyawan, I. D. M. A., Setiawan, E., Rohani., Sideman, I. A. O. S., & Warka, I. G. P. (2023). Pelatihan Pembuatan Panel Geopolimer *Fly Ash* Di Desa Suranadi Sebagai Pengganti Papan Kayu. *Jurnal Abdi Insani*, 10(2), 954-963. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v10i2.957>

PENDAHULUAN

Pemerintah Kabupaten Lombok Barat menargetkan desa wisata 35 pada tahun 2020, namun target tersebut terlampaui, hingga mencapai 57 desa wisata. Capaian ini perlu dipertahankan hingga akhir masa perencanaan tahun 2024 dengan melakukan pembinaan kepada desa-desa wisata yang ada (Disbudpar, 2022).

Sandiaga Uno (Menteri Pariwisata dan Ekonomi Kreatif) saat kunjungan ke Lombok, menyatakan sasaran *homestay* adalah **wisatawan** generasi milenial kelas menengah yang ingin menikmati keindahan destinasi wisata di Pulau Lombok yang tidak memiliki anggaran yang cukup untuk menginap di hotel bintang lima. Selanjutnya untuk menyerap kearifan lokal, diserukan agar masyarakat turut mendesain dalam membangun dan pemanfaatan dari *homestay*, *untuk menunjang perekonomian* (Kustian, 2021).

Pasca pandemi Covid-19, sudah mulai tampak peningkatan jumlah wisatawan, sehingga kebutuhan jumlah kamar penginapan akan meningkat. Perlu segera diantisipasi sehingga bisa mengakomodasi kedatangan wisatawan pada masa-masa mendatang. Namun, muncul kendala seperti kemampuan pelaku usaha dalam membangun rumah penginapan baru, dengan alasan mahal nya bahan bangunan, terutama papan kayu.

Salah satu Desa Destinasi wisata di Kabupaten Lombok Barat adalah Desa Suranadi, Kecamatan Narmada, yang berjaraka sekitar 20 km (35 menit perjalanan) dari Kota Mataram. Sehubungan dengan



hal tersebut Tim Pengabdian Unram sebagai bentuk kontribusi melakukan Program Pengabdian Masyarakat dengan dana PNBP di Desa Suranadi. Dengan maksud meningkatkan pelayanan kepada wisatawan yang ingin menginap atau beristirahat. Harapannya akan terjadi peningkatan kunjungan sebagai salah satu indikator kinerja industri pariwisata. Namun untuk pembangunan dan mengisi bangunan dengan mebel, memerlukan biaya yang tinggi, dari bahan utamanya yaitu papan kayu. Gambar 1 menunjukkan kebutuhan bahan kayu untuk rumah dan mebeler penginapan (*homestay*).



Gambar 1. Keberadaan Penginapan (*Homestay*) dan Mebelernya

Persoalan yang dihadapi dari sisi teknis adalah kesulitan mendapatkan produk pengganti material dengan biaya produksi rendah dan berkualitas. Terutama dalam proses pengerjaan. Tanpa meninggalkan ciri khas yang berjalan selama ini. Dan yang tidak kalah penting adalah meminimalkan limbah produksi yang merusak lingkungan, yaitu dengan memanfaatkan limbah. Tim pengabdian Unram mencoba mengangkat permasalahan ini untuk dicarikan solusi dengan menerapkan hasil riset yang telah dilakukan. Yaitu dengan membuat papan kayu berbahan limbah pembakaran batubara dari PLTU Jeranjang. Papan kayu dibuat dengan pasta geopolimer (berbahan *fly ash* dan alkali aktivator) (González *et al.*, 2009; Palomo *et al.*, 2014; Bakharev, 2005).

Permasalahan masyarakat terkait dengan analisis situasi di atas adalah minimnya pengetahuan masyarakat dalam pembuatan produk sebagai bahan substitusi (pengganti) material yang mahal. Pembangunan sesuai kemampuan dana yang dimiliki menyebabkan masyarakat tidak memperhatikan kualitas bahan yang digunakan, yang penting dapat harga murah. Misalnya pemanfaatan kayu yang masih muda dan masih basah (baru ditebang). Disamping kurang baik dari sisi estetika, umur bangunan dan mebeler tidak sesuai harapan.

Beberapa hasil penelitian berkaitan dengan pembuatan pasta, tanpa memerlukan pemanasan telah dilakukan. Pasta tersebut dapat dibentuk sebelum mengalami pengerasan. Pasta dimaksud adalah pasta geopolimer. Penelitian tentang geopolimer telah banyak dilakukan oleh ketua tim. Geopolimer adalah material yang dihasilkan dari geosintesis aluminosilikat polimerik dan alkali-silikat. Dihasilkan oleh sintesis bahan alami seperti kaolinit tanah liat atau produk industri seperti *fly ash* dengan aktivator yang sangat alkali konsisten (Aditama, 2017; Luna-Galiano *et al.*, 2015). Penggunaan 75% *fly ash* dan 25% alkali, dengan rasio sodium silikat dan sodium hidroksida 2,5, memberikan kualitas terbaik (kuat tekan tertinggi) pada pasta geopolimer (Karyawan, Ahyudanari & Ekaputri, 2017). Penggunaan geopolimer sebagai agregat menunjukkan nilai absorpsi yang tinggi. Terendah sebesar 6,1% didapatkan pada rasio sodium silikat dan sodium hidroksida 2,5 (Karyawan *et al.*, 2019).

Rasio alkali yang sama, menghasilkan karakteristik mekanis dan mikrostruktur agregat geopolimer *fly ash* terbaik (Karyawan et al., 2020). Ide menggunakan tanah liat ini sebagai bahan yang direkomendasikan kepada tukang dan pengelola tempat penginapan, muncul berdasarkan hasil penelitian menggunakan lumpur Sidoarjo. Dimana pengerjain sudah sangat mengerti teknik pengolahan tanah liat yang selama ini digunakan sebagai bahan utama produksi gerabah. Seperti halnya lumpur Sidoarjo, tanah liat juga mengandung Si dan Al, sehingga memiliki sifat pengikat. (Ekaputri, Triwulan & Susanto, 2014).

Berdasarkan kondisi dan beberapa hasil riset yang telah dilakukan, dicari alternatif justifikasi penyelesaian masalah. Ditentukan persoalan prioritas untuk diselesaikan, yaitu: Bagaimana membuat produk baru berupa panel/ papan geopolimer *fly ash* sebagai pengganti papan kayu?

Solusi dan target luaran yang diimplementasikan adalah mengacu pada prioritas yang ditetapkan yaitu inovasi produk (panel/ papan) murah dengan pemanfaatan limbah (*fly ash*). Implementasi program adalah pelatihan dan pendampingan kepada tukang dan pengelola tempat penginapan untuk membuat papan/ panel dari geopolimer *fly ash*. Target luaran program pelatihan adalah produk panel/ papan geopolimer sebagai pengganti papan kayu yang mampu dibuat oleh tukang dan pengelola penginapan sebagai peserta pelatihan.

Berdasarkan paparan permasalahan masyarakat serta solusi yang ditargetkan, maka tujuan pelatihan adalah melatih tukang dan pengelola tempat penginapan agar dapat membuat papan/ panel geopolimer yang menggunakan bahan bakar *fly ash*. Kegiatan ini diharapkan dapat bermanfaat bagi peserta untuk membantu menekan biaya pembanguna dan mebeler tempat penginapan.

METODE KEGIATAN

Program pengabdian dilakukan secara keseluruhan sekitar 4 Bulan, mulai sosialisasi hingga evaluasi pelaksanaan. Sasaran adalah masyarakat yang berprofesi sebagai tukang bangunan dan pengelola penginapan (*homestay*) di Desa Suranadi, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat. Jumlah pesera ditargetkan 30-40 orang.

Metode pelaksanaan diperlukan sebagai pedoman dalam merealisasikan program untuk mencapai target yang sudah ditentukan. Supaya target tersebut dapat dicapai maka sebelumnya harus disiapkan metode. Meliputi prosedur kerja dan tahapan penerapan teknologi hingga evaluasi, serta penulisan artikel hingga pembuatan laporan kegiatan. Dalam metode juga dijelaskan bagaimana bentuk partisipasi masyarakat dalam pelaksanaan program. Pada setiap akhir kegiatan perlu dilakukan evaluasi. Tujuannya untuk mengetahui bagaimana capaian dan apa kekurangannya.

Metode Pelaksanaan Pencapaian Solusi

Teknologi yang diterapkan dalam program ini merupakan implementasi dari hasil riset ketua pelaksanaan kegiatan pelatihan serta implementasi yang pernah dilakukan dalam pembuatan gerabah (Karyawan et al., 2021). Persoalan yang dialami dan metode untuk menyelesaikan yaitu: Bagaimana membuat produk baru berupa panel/ papan berbahan geopolimer *fly ash*? Produk dibuat dengan cara mencetak pasta geopolimer *fly ash* dengan tulangan kawat jarring tanpa pembakaran. Dibentuk dengan cetakan sesuai yang diinginkan. Dibiarkan mengeras pada suhu ruang. Produk berupa panel/ papan dapat digunakan sebagai bahan mebeler atau rumah penginapan (*homestay*), misal untuk sketsel atau daun pintu. Panel ini akan mempunyai harga lebih murah dari papan kayu karena dibuat dari limbah. Ini akan berimbas pada antusiasme masyarakat untuk membangun rumah penginapan, sehingga secara tidak langsung merupakan kampanye pariwisata Lombok.

Pelatihan untuk membantu menyelesaikan masalah dalam aspek produksi dilakukan dengan memberikan pelatihan teknik pembuatan barang/ produk. Pendekatan ini dilakukan dalam pelaksanaan program. Suplai alat yang dibutuhkan adalah: alat pencampur, cetakan panel/ papan, dan alat bantu lainnya. Bahan yang disuplai adalah *fly ash* dan alkali aktivator serta kawat jaring sebagai tulangan panel. Kontribusi Pemerintah Desa Suranadi berupa tempat pelaksanaan program.

Kontribusi lain adalah tenaga dan waktu. Kolaborasi program dengan 10 orang mahasiswa KKN di Desa Suranadi, dimana Ketua Pengusul selaku Dosen Pembimbing Lapangan (DPL) sangat mendukung pelaksanaan program. Mahasiswa berperan sebagai pendamping di lokasi dalam rangka mengimplementasikan hasil pelatihan yang diberikan oleh Tim Pengabdian Unram.

Rencana Kegiatan dan Prosedur Kerja.

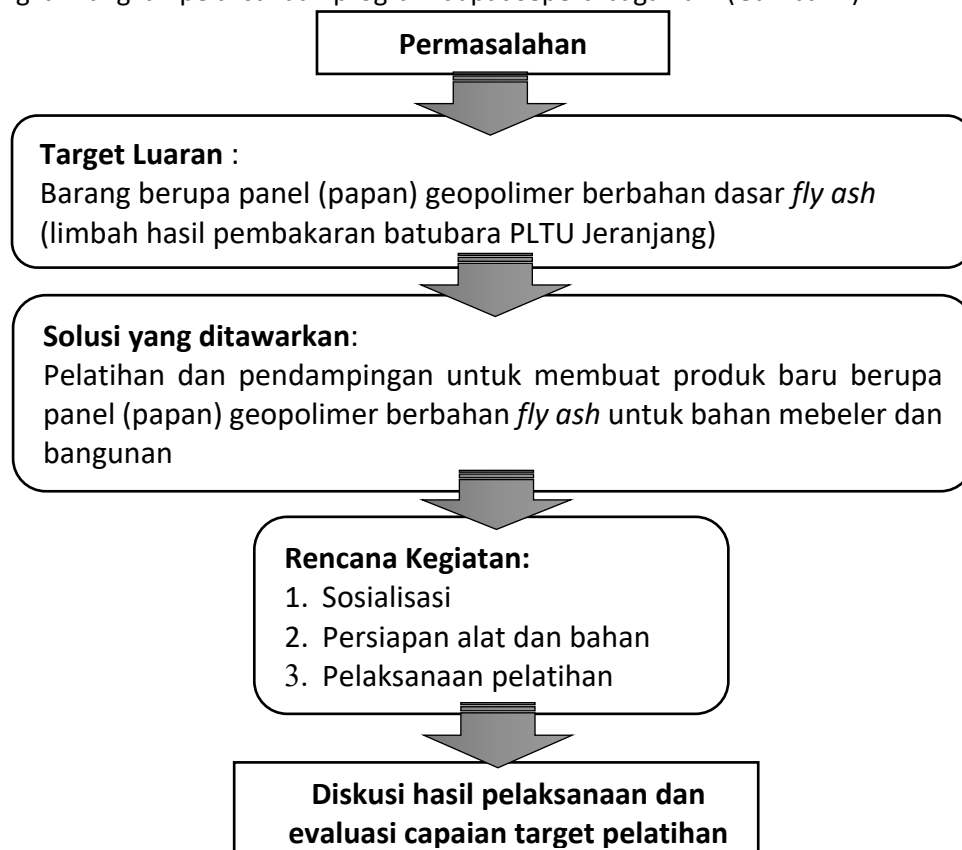
Setelah didapatkan solusi dengan pendekatan dan metode yang ditawarkan, kemudian disusun Rencana Kegiatan. Rencana Kegiatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Rencana Kegiatan dan Prosedur Kerja

No	Kegiatan	Keterangan
1	Sosialisasi	Dilaksanakan dengan metode ceramah dan diskusi
2	Persiapan pengadaan alat dan bahan	Dilakukan dalam pendampingan terhadap tukang bangunan dan pengelola penginapan oleh tim dari Perguruan Tinggi (Unram)
3	Kegiatan Pelatihan dan Pendampingan	Dilaksanakan dengan metode ceramah dan diskusi serta praktek membuat produk
4	Diskusi dan pembahasan oleh tim pengabdian tentang pelaksanaan kegiatan	Dilakukan dalam pendampingan terhadap tukang bangunan dan pengelola penginapan oleh tim dari Perguruan Tinggi (Unram)
5	Evaluasi Pelaksanaan	Dilakukan langsung terhadap tukang bangunan dan pengelola penginapan setelah mengikuti pelatihan.

Tahapan Pelaksanaan Program

Langkah-langkah pelaksanaan program dapat seperti bagan alir (Gambar 2).



Gambar 2. Tahapan Kegiatan Sesuai dengan Solusi yang Ditawarkan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sosialisasi

Sosialisasi dilakukan sebelum pelaksanaan pelatihan. Dilakukan dengan memberi penjelasan melalui ceramah dan diskusi. Hal ini juga dilakukan dalam rangka koordinasi rencana pelaksanaan pelatihan dengan Kepala Desa dan perangkat desa. Tim Pengabdian Unram dan pihak desa melakukan kesepakatan tentang waktu pelaksanaan, jumlah peserta, koordinasi dengan peserta dan kesiapan waktu untuk mengikuti pelatihan. Pada kesempatan tersebut diberikan paparan tentang apa latar belakang dilakukan pelatihan, apa tujuan pelaksanaan dan bagaimana cara pelaksanaannya, sehingga pelaksanaan pelatihan berjalan lancar.

Persiapan pengadaan alat, bahan dan penyiapan tenaga kerja

Persiapan pengadaan alat, bahan dan penyiapan tenaga kerja, dilakukan 1 minggu sebelum pelaksanaan pengabdian di Posko KKN Suranadi 2 Desa Suranadi. Tim Pengabdian Unram memberikan arahan tentang material yang dibutuhkan dan alat yang akan dibuat atau digunakan dalam membuat produk. Selanjutnya tim bersama mahasiswa KKN melakukan pengadaan alat dan material/ bahan yang dibutuhkan untuk membuat produk. Tim membuat sampel untuk dicoba sebagai persiapan sebelum pelatihan (Gambar 3).



a. Alat dan bahan yang disiapkan



b. Pembuatan cetakan



c. Pembuatan contoh papan untuk ditunjukkan saat pelatihan



Gambar 3. Kegiatan Persiapan Pengadaan Alat, Bahan dan Pembuatan Contoh Papan Geopolimer

Materieal yang disispkan adalah *fly ash* dan alkali aktivator. Perlu persiapan khusus dalam penyiapan alkali activator, yang terdiri dari sodium hidroksida dan sodium silikat, dengan perbandingan 1:2,5. Sodium hidroksida harus dilarutkan terlebih dahulu, karena dibeli dalam bentuk padat. Molaritas yang digunakan adalah 8 M, sesuai hasil penelitian. Cara membuat larutan ini adalah dengan menimbang 320 gram sodium hidroksida padat. Kemudian masukan dalam wadah berisi 1 liter. Selanjutnya masukkan aquades hingga total volume menjadi 1 liter, sambil diaduk. Larutan sodium hidroksida siap digunakan. Sedangkan sodium silikat sudah dalam bentuk larutan, sehingga tinggal digunakan.

Kegiatan Pelatihan dan Pendampingan

Peserta pelatihan ditargetkan mampu membuat produk panel/ papan geopolymer sebagai pengganti papan kayu, sebagai indikator capaian kegiatan. Kegiatan pelatihan pembuatan papan geopolymer *fly ash*, dilakukan di aula kantor kepala desa Suranadi, pada Hari Kamis, Tanggal 9 Februari 2023. Sebagai narasumber dan pelatih adalah tim poengabdian dari LPPM Unram dibantu (kolaborasi) dengan mahasiswa KKN Unram. Peserta pelatihan adalah masyarakat khususnya tukang bangunan dan pengelola pengiinapan sebanyak 30 orang. Kegiatan terdiri dari 2 bagian yaitu, bagain 1 adalah teori dan penjelaan cara membuat papan geopolymer; bagian 2 adalah praktek langsung peserta membuat papan geopolimer (lihat Gambar 4).



Gambar 4. Langkah Pembuatan Panel Geopolimer *Fly Ash*



a. Penjelasan bahan dan alat yang digunakan



b. Penjelasan langkah-langkah pembuatan



c. Praktek pencampuran bahan



d. Praktek pencetakan pasta



e. Foto bersama setelah pelatihan

Gambar 5. Kegiatan Pelatihan Pembuatan Panel Geopolimer Fly Ash

Pada pelatihan diberikan penjelasan tentang : proses pencampuran geopolimer dan pencetakan pasta geopolimer. Sebelum dilakukan pencampuran, disiapkan terlebih dahulu bahan yang akan digunakan. Harus dihitung jumlah pasta yang dibutuhkan untuk sekali cetak, dengan cermat dan teliti, sehingga tidak mengalami kelebihan tidak terlalu banyak, sebab pasta ini cepat mengeras. Sisa pasta yang sudah mengeras tidak bisa dicetak, harus dibuang.

Perbandingan antara *fly ash* dengan alkali activator adalah 75% : 25% (Karyawan *et al.*, 2020). Sehingga perhitungan kebutuhan bahan untuk setiap 3000 gram geopolimer adalah sebagai berikut: 1) Alkali aktifator = $25\% \times 3000 \text{ gram} = 750 \text{ gram}$; 2) *fly ash* yang dibutuhkan = $3000 \text{ gram} - 750 \text{ gram}$ atau $75\% \times 3000 \text{ gram} = 2250 \text{ gram}$. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan bahan tersebut (*fly ash* dan alkali), maka selanjutnya ditimbang sesuai hasil perhitungan di atas. Masukkan *fly ash* ke wadah tempat mengaduk. Siramkan secara perlahan alkalinya sambil diblender sampai membentuk pasta. Selanjutnya dapat dilakukan proses pencetakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 (kegiatan pelatihan yang dilakukan), dengan cara:

- 1) Siapkan cetakan, ulasi dengan oli bekas supaya pasta tidak melengket;
- 2) Letakkan kawat jarring sebagai tulangan panel/ papan yang akan dibuat;
- 3) Segera tuangkan pasta geopolimer ke cetakan sambil diratakan;
- 4) Diamkan sesaat hingga produk bisa mengeras dan bisa dilepas.

Diskusi, Pembahasan Dan Evaluasi Pelaksanaan Kegiatan

Diskusi tim pelaksana pelatihan yang membahas hasil pelaksanaan dan evaluasi memberikan beberapa poin kesimpulan: 1) hasil implementasi program berupa pelatihan membuat produk baru dari geopolimer *fly ash* berlangsung lancar sesuai rencana; 2) materi pelatihan meliputi teori dan praktek pembuatan produk baru berupa papan (panel) berbahan geopolimer *fly ash*; 3) kegiatan pelatihan terbagi atas dua kegiatan yaitu penjelasan tentang cara membuat produk dan praktek langsung membuat produk: a) pada tahap penjelasan, Tim pengabdian unram memberikan penjelasan tentang bahan yang digunakan, cara mencampur bahan (komposisi campuran), hingga cara pencetakannya disertai dengan peragaan (contoh), b) pada tahap praktek, peserta langsung mengerjakan sesuai dengan arahan yang telah diberikan oleh Tim pengabdian.

KESIMPULAN DAN SARAN

Program pengabdian masyarakat LPPM Unram dengan Tim Pelaksana Dosen Teknik Sipil FT Unram, berupa pelatihan pembuatan panel geopolymer berbahan *fly ash* dan alkali aktivator, berjalan lancar sesuai rencana. Ini terlihat dari kemampuan peserta pelatihan dalam membuat produk berupa panel geopolymer. Keterampilan yang tampak dari pemberian materi dan contoh-contoh saat dilakukan pelatihan, dapat mengasah keterampilan peserta dalam hal memilih bahan, mencampur material sesuai komposisi hingga mencetak pasta geopolimer menjadi produk bahan bangunan (papan). Sehingga, pelatihan ini telah memberikan tambahan wawasan dan pengetahuan serta keterampilan kepada masyarakat khususnya tukang bangunan dan pengelola penginapan di Desa Suranadi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Mataram atas dukungan pendanaannya melalui hibah PNPB Tahun 2023. Sehingga pelatihan yang merupakan program Pengabdian Masyarakat ini dapat terlaksana dengan lancar dan mendapatkan hasil sesuai dengan yang direncanakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, A. T. (2017) *Analisis gradasi agregat sebagai upaya perbaikan karakteristik campuran aspal beton geopolimer*.
- Bakharev, T. (2005) Resistance of geopolymer materials to acid attack. *Cem. Concr. Res.* 35 [4], 658–670. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.06.005>.
- Disbudpar (2022). Deswita Lombok Barat Menuju 100 Besar ADWI 2022', pp. 1–137. Available at: <https://dispar.lombokbaratkab.go.id/article/deswita-lombok-barat-menuju-100-besar-adwi-2022>.
- Ekaputri, J. J., Triwulan & Susanto, T. E. (2014) 'Light Weight Geopolymer Paste Made With Sidoarjo Mud', in *The 6 th International Conference of Asian Concrete Federation, Seoul, Korea*.
- González, A., Navia, R., & Moreno, N. (2009) Fly ashes from coal and petroleum coke combustion: current and innovative potential applications. *Waste. Manage. Res.* 27, 976–987. <http://dx.doi.org/10.1177/0734242X09103190>.
- Karyawan, I. D. M. A. (2019) 'The Effects of Na₂SiO₃/NaOH Ratios on the Volumetric Properties of Fly Ash Geopolymer Artificial Aggregates', in *1st International Symposium on Green Materials and Technology*.
- Karyawan, I. D. M. A. (2020) 'The effect of various Na₂SiO₃/NaOH ratios on the physical properties and microstructure of artificial aggregates', *Journal of Engineering Science and Technology*, 15(2), pp. 1139–1154.
- Karyawan, I. D. M. A. (2021) 'Pelatihan Pembuatan Produk Berbasis Geopolimer Kepada Pengerajin Gerabah di Desa Banyumulek', in. Mataram: LPPM-Universitas Mataram, pp. 172–180. Available at: [file:///C:/Users/ASUS/Downloads/390-Article Text-699-2-10-20211209 \(1\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/390-Article%20Text-699-2-10-20211209%20(1).pdf).
- Karyawan, I. D. M. A., Ahyudanari, E. & Ekaputri, J. J. (2017) 'Potential Use of Fly Ash Base-Geopolymer as Aggregate Substitution in Asphalt Concrete Mixtures', *International Journal of Engineering and Technology*, 9(5), pp. 3744–3752. doi: 10.21817/ijet/2017/v9i5/170905005.
- Kustian, R. (2021) 'Menyisipkan Kearifan Lokal Suku Sasak di Homestay Wisatawan MotoGP Mandalika'. Available at: <https://travel.tempo.co/read/1424450/menyisipkan-kearifan-lokal-suku-sasak-di-homestay-wisatawan-motogp-mandalika>.
- Luna-Galiano, Y., Cornejo, A., Leiva, C., Vilches, L. F., & Fernández-Pereira, C. (2015). Properties of fly ash and metakaolin based geopolymer panels under fire resistance tests. *Materiales de ConstruCCión*, 65 (319), 1-13. <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2015.06114>
- Palomo, A., Krivenko, P., Garcia-Lodeiro, I., Kavalerova, E., Maltseva, O., & Fernández-Jiménez, A. (2014) A review on alkaline activation: new analytical perspectives. *Mater. Construcc.* 64, (315). <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2014.00314>.