
OPTIMALISASI PEMANFAATAN LIMBAH *FLY ASH*, *BOTTOM ASH*, DAN *STONE ASH* MENJADI BATAKO

Karya Bangun¹, Muhammad Syah Houari Sabirin², Mietra Anggara³
Program Studi Magister Manajemen Inovasi Universitas Teknologi Sumbawa,
*Corresponding Author : karyaahza@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah *fly ash*, *bottom ash*, dan *Stone Ash* menjadi batako dilakukan dengan uji kuat tekan di laboratorium. Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan melakukan pencampuran batako menggunakan limbah *fly ash*, *bottom ash*, dan *stone ash*. Tahapan yang dilakukan terdiri dari tahap perencanaan, tahap persiapan, tahap pembuatan, dan tahap uji laboratorium. Teknik analisis data yang digunakan secara deskriptif pada setiap variasi batako. Hasil uji tekan pada tipe pertama didapatkan sampel pertama yaitu 81 kg. Pada sampel kedua kuat tekan 94 kg, dan pada sampel ketiga dengan hasil 81 kg sehingga dinyatakan lulus uji dan masuk pada kategori satu dan dua. Hasil uji tekan pada tipe kedua didapatkan pada sampel pertama yaitu 151 kg. Pada sampel kedua kuat tekan 157 kg, dan pada sampel ketiga dengan hasil 157 kg dinyatakan lulus uji dan masuk pada kategori satu. Hasil uji tekan pada tipe ketiga didapatkan pada sampel pertama yaitu 25 kg. Pada sampel kedua kuat tekan 69 kg, dan pada sampel ketiga dengan hasil 37 kg masuk kategori tiga dan empat. Berdasarkan hasil yang didapatkan dapat disimpulkan limbah *fly ash*, *bottom ash*, dan *stone ash*, dapat digunakan menjadi pembuatan batako. limbah *fly ash*, *bottom ash*, *stone ash*, dan *stone ash* berpengaruh terhadap pembuatan batako dari segi penggunaan bahan baku dan ramah terhadap lingkungan karena tidak masuk kategori limbah B3.

Kata kunci: *Fly Ash*, *Bottom Ash*, *Stone Ash*, Batako

Abstract

This study aims to utilize fly ash, bottom ash, and Stone Ash waste in bricks by using a compressive strength test in the laboratory. This type of research is experimental research by mixing bricks using fly ash, bottom ash, and stone ash waste. The stages carried out consist of the planning stage, the preparation stage, the manufacturing stage, and the laboratory test stage. The data analysis technique used was descriptive in each variation of the bricks. The results of the compression test in the first type were obtained from the first sample, namely 81 kg. In the second sample, the compressive strength was 94 kg, and in the third sample, the results were 81 kg so it was declared to have passed the test and was included in categories one and two. The results of the compression test in the second type were obtained in the first sample, which was 151 kg. In the second sample, the compressive strength is 157 kg, and in the third sample with the result, 157 kg is declared to have passed the test and is in category one. The results of the compression test in the third type were obtained in the first sample, namely 25 kg. In the second sample, the compressive strength was 69 kg, and in the third sample with a result of 37 kg, it was categorized as three and four. Based on the results obtained, it can be concluded that fly ash, bottom ash, and Stone Ash waste can be used to make bricks. Fly ash, bottom ash, Stone Ash, and Stone Ash waste affect the making of bricks in terms of the use of raw materials and are friendly to the environment because they are not categorized as B3 waste.

Keywords: *Fly Ash*, *Bottom Ash*, *Stone Ash*, *Brick*

A. PENDAHULUAN

Hasil dari pembakaran batubara yang digunakan diperkirakan mencapai 686.061 ton, 54,86% diantaranya belum dimanfaatkan secara baik menjadi alternatif bahan baku dalam pembuatan batako, paving block dan bata merah (Suseno et al., 2011). Pemanfaatan limbah batubara dapat memberi solusi bagi daerah dan masyarakat sekitar untuk membantu mengurangi dampak pencemaran dan kerusakan lingkungan.

Limbah batubara berupa *fly ash* dan *bottom ash* (FBA) umumnya dinamakan produk pembakaran batubara (*Coal Combustion Products* (CCPs) (Ansari et al., 2021). Limbah yang dihasilkan yaitu *fly ash* berjumlah sebesar 80% dan *bottom ash* sebesar 20% dari total limbah abu saat produksi (Aida et al., 2018). *Fly ash* dan *bottom ash* yang dihasilkan dari industri pembangkit listrik sangat ideal untuk digunakan pada semen, beton, batu bata, balok, agregat, ubin, dan lain-lain (Kumar et al., 2014).

Pemanfaatan FBA dapat menekan biaya bahan produksi pembuatan batako diantaranya semen dan pasir tanpa mengurangi kualitas dari produk yang dibuat. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Bajare et al., 2013) menjelaskan pemanfaatan FBA yang dicampur dengan benar, efektif menggantikan semen hingga 20% dari jumlah totalnya tanpa mengurangi kualitas kekuatan tekan beton.

Menurut (Leliana et al., 2021) dengan memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan campuran pembuatan batako diharapkan akan mampu memberikan keuntungan lebih dari segi ekonomi dan wawasan lingkungan bagi para pengrajin. (Winarno et al., 2019) menjelaskan dengan memanfaatkan *fly ash*, *bottom ash*, dan *stone ash* sebagai bahan dasar dalam pembuatan paving block artinya kita dapat melakukan upaya-upaya dalam melindungi terhadap pencemaran lingkungan.

Penggunaan limbah batubara merupakan solusi yang tepat dalam mengurangi masalah lingkungan yang disebabkan pencemaran limbah

menjadikan lingkungan lebih nyaman (Kurniasari, 2017). Ketersediaan limbah batubara yang melimpah dapat membangkitkan perekonomian, dan alternatif dalam mengatasi mahalnya bahan baku dalam pembuatan batako. *Stone ash* (abu batu) yaitu abu yang memiliki banyak kandungan silika, alumina dan senyawa alkali, besi, dan kapur meskipun dengan kadar yang rendah (Ratwitaningrum & Setiawan, 2019).

Peranan *stone ash* sebagai agregat halus dianjurkan dalam membuat batako dikarenakan memiliki sifat yang mengikat jika terkena air akan semakin keras (Ayu, 2020). *Stone ash* digunakan sebagai bahan campuran bersama semen, pasir bertujuan untuk mendapatkan kualitas batako yang berkualitas. Ditambahkannya *stone ash* pada campuran batako bertujuan untuk tidak menghasilkan produk yang terlalu kasar. Peranan *stone ash* pada campuran batako berfungsi untuk menggantikan pasir sebagai bahan pengisi dan perekat karena termasuk kategori pozzolan buatan atau bahan campuran semen (Jalali & Khaeril, 2015).

Sebanyak 1.124 ton limbah hasil pembakaran batubara atau *fly ash bottom ash* (FBA) telah dimanfaatkan dalam proses pembangunan sejumlah infrastruktur di Nusa Tenggara Barat (NTB) terbukti kokoh saat digunakan menjadi alternatif bahan bangunan dalam proses konstruksi, misalnya dalam pembuatan paving block, batako, beton rabat, dudukan oli, hingga untuk kajian uji coba stabilisasi lahan (Christian, 2022).

Keunggulan FBA pada bahan bangunan seperti: 1) partikel abu terbang berbentuk seperti bola memberikan kemungkinan adonan bergerak lebih bebas, 2) ukuran sangat halus memberi kemudahan untuk mengisi ruang-ruang atau celah yang kosong sehingga adonan mempunyai kualitas yang lebih baik, 3) mempunyai daya tahan yang besar, 4) mengurangi permeabilitas, 5) mengurangi panas saat hidrasi, 6) mengurangi penggunaan semen (PC), 7) mengurangi penyusutan, 8) mengurangi serangan sulfat (Puslitbang, 2021).

Hasil penelitian (Chalirafi & Ristati, 2016) pada pabrik batako dan paving block menyatakan persediaan bahan baku merupakan salah satu faktor utama untuk mencapai keberhasilan perusahaan melakukan produksi. Tingginya permintaan membuat perusahaan pembuatan batako dituntut harus dapat menghasilkan produk yang berkualitas disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan dan menjual dengan harga terjangkau agar dapat bersaing di pasaran dengan industri yang sejenis (Susiyana et al., 2021).

Pemanfaatan fly ash, bottom ash, dan stone ash masih belum dilakukan secara optimal. Diperlukan kerjasama dari berbagai pihak seperti PLTU sebagai penyedia limbah batubara dengan memberikan pelatihan dan pendampingan dengan memanfaatkan fly ash, bottom ash, dan stone ash dalam campuran pada pembuatan batako yang dikuatkan oleh dukungan pemerintah daerah dalam mendukung pelaku usaha lokal dengan memberi bantuan modal usaha dan membeli hasil produksi untuk digunakan dalam pembangunan infrastruktur daerah.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian dengan tujuan dapat melakukan optimalisasi pemanfaatan limbah *fly ash*, *bottom ash*, dan *stone ash* menjadi batako dan adanya pengaruh limbah *fly ash*, *bottom ash*, dan *stone ash* menjadi batako.

B. LANDASAN TEORI

Fly ash (abu terbang) merupakan hasil dari ampas pembakaran batubara yang digunakan pada aktivitas pembangkit listrik (Afrilla et al., 2021). Fly ash batubara berupa limbah industri yang ditemukan melalui hasil proses pembakaran batubara dengan kandungan berupa partikel-partikel halus sebesar 80% dan bottom ash (abu dasar) sebesar 20% dari total limbah abu setiap produksi (Aida et al., 2018).

Fly ash umumnya ditangkap oleh pengendapan elektrostatik atau peralatan filtrasi partikel lainnya sebelum gas buang mencapai cerobong asap pada dasarnya belum memiliki kemampuan dalam

mengikat, namun dengan adanya partikel yang ukurannya halus dan adanya keberadaan air, oksida silika yang terkandung di dalam *fly ash* dapat memunculkan reaksi kimia berupa kalsium hidroksida terbentuk melalui proses hidrasi semen dengan zat yang memiliki kemampuan mengikat (Indriati et al., 2019).

Bottom ash merupakan abu yang bersumber dari proses pembakaran batubara berbentuk partikel halus dan bersifat pozzolan yang berperan untuk sumber energi pada unit pembangkit uap (boiler) pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) (Ristinah et al., 2012). Tampilan fisik bottom ash seperti pasir sungai alami, yang memiliki gradasi bervariasi mirip pasir halus dan pasir kasar (Qomaruddin & Sudarno, 2017). Mengganti pasir sungai dengan produk sampingan industri seperti abu dasar batubara yang ada pada beton terbukti dapat bermanfaat secara teknis dan ekonomis bagi industri konstruksi (Singh & Siddique, 2015).

Bahan dasar bottom ash terdiri dari silika, alumina, dan zat besi dengan jumlah kalsium yang kecil, magnesium, dan sulfat yang komposisi kimia mirip dengan fly ash namun biasanya mengandung karbon dalam jumlah yang lebih besar (Kumar et al., 2014). Bottom ash dapat dimanfaatkan untuk mengganti semen dikarenakan memiliki silika yang merupakan salah satu unsur kimia berperan penting pada proses pengikatan (Putri et al., 2019).

Stone ash yaitu suatu bahan hasil sampingan pada industri pemecahan batu dengan jumlah yang banyak dengan ukuran butir yang sangat kecil dan tajam seperti debu dibandingkan pasir dikarenakan berasal dari pemecah batu yang telah melalui proses pengayakan (Cecilia, 2018). Kelebihan stone ash dibandingkan pasir yaitu dapat dimanfaatkan sebagai filler pada campuran pembuatan beton atau batako (Afif & Bale, 2019).

(Husni, 2020) menyatakan bahan pengisi (filler) harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan tidak memiliki sifat non plastis. Fungsi filler pada campuran yaitu; 1) melakukan

memodifikasi agregat pada halus sehingga berat jenis campuran dapat lebih meningkat sehingga rongga-rongga yang kosong dapat berkurang; 2) filler secara bersamaan dapat membentuk dalam menutupi dan mengikat agregat halus untuk membentuk mortar; 3) berperan dalam mengisi ruang antara agregat halus dan kasar dan mampu meningkatkan kepadatan dan kestabilan.

Batako merupakan bahan bangunan dengan bahan dasar semen, air dan agregat (pasir dan kerikil) yang dapat digunakan pada dinding bangunan non struktural yang harus diperkuat oleh rangka (Haryono, 2014). Bentuk batako yang utuh merupakan patokan bagi petugas pelaksana konstruksi, karena kualitas batako yang baik pada suatu bangunan membuat penghuni di dalamnya merasa aman dan nyaman (Ardiansyah et al., 2021). Kekuatan tekan batako yang diizinkan minimal adalah 21 kg/cm².

C. METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen. Pada penelitian ini hasil campuran pembuatan batako menggunakan limbah *fly ash*, *bottom ash*, dan *stone ash* dilakukan uji tekan di laboratorium sebagai bahan tambahan untuk pembuatan batako. Jenis penelitian ini sesuai dengan pendapat (Hidayat, 2015) menjelaskan penelitian eksperimen merupakan penelitian yang diterapkan melalui suatu percobaan pada laboratorium atau di lapangan.

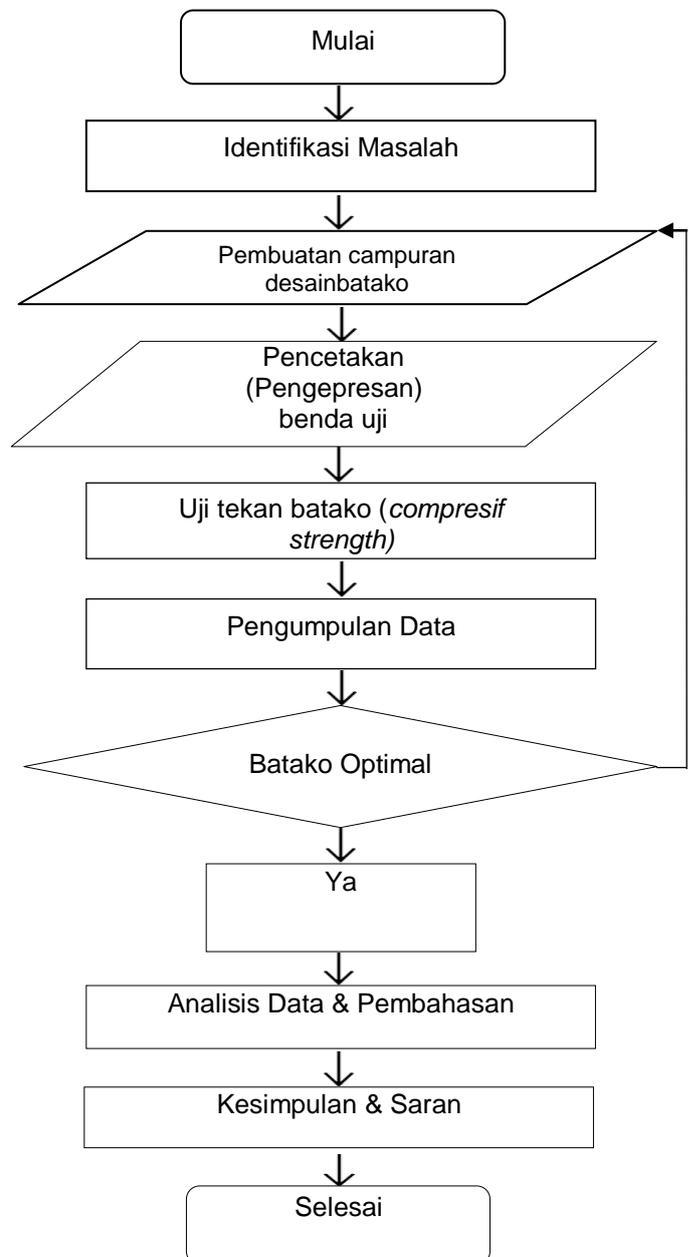
Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian pembuatan batako menggunakan bahan tambahan FBA dilakukan di tempat Kelompok Usaha Bersama (KUB) cetak batako Al-Ahza, Desa Banjar Kecamatan Taliwang, Kabupaten Sumbawa Barat, sedangkan uji tekan batako dilakukan di Laboratorium Struktur Bahan Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu tahapan

perumusan masalah dan tujuan dengan berdasarkan pada permasalahan dan tinjauan pustaka, perencanaan, pelaksanaan, persiapan alat dan bahan, pembuatan campuran desain batako, pencetakan, pengepresan, uji tekan batako di laboratorium, analisis data, pembahasan, penarikan kesimpulan dan saran hasil penelitian. Adapun prosedur penelitian pada diagram alir berikut:



Gambar.1. Diagram Alir Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi kemudian dilakukan pengolahan untuk mendapatkan

hasil berdasarkan tujuan penelitian. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini didapatkan menggunakan metode eksperimen berupa data kuantitatif melalui uji kuat tekan batako dengan penambahan fly ash, bottom ash, dan stone ash.

Data primer yang didapatkan dari hasil uji laboratorium, kemudian ditulis, di analisis, dan ditarik kesimpulan untuk dapat digunakan sebagai bahan dalam membuat pembahasan dan analisis data laporan penelitian. Data sekunder pada penelitian ini didapatkan dari hasil penelitian sebelumnya yang mendukung penelitian ini. proses pengumpulan data yang didapatkan kemudian didokumentasikan sebagai bukti dari penelitian ini telah dilaksanakan.

Pengujian kuat tekan batako pada penelitian ini dilakukan dengan cara memberi gaya tekan aksial secara bertahap terhadap benda uji, sampai benda uji hancur. Besarnya kuat tekan batako dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum pada saat benda uji hancur dengan luas penampang benda uji.

Pengujian penyerapan air pada batako dilakukan dengan melakukan perendaman sampel batako selama 24 jam setelah batako berumur lebih dari 28 hari (Usman, 2018). Uji penyerapan air pada batako bertujuan untuk mengetahui besaran penyerapan air pada batako menggunakan komposisi fly ash, bottom ash, dan stone ash.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kuat tekan batako terhadap penambahan limbah batubara fly ash, bottom ash, dan stone ash sebagai pengganti pasir. Pada pengujian kuat tekan, alat yang digunakan yaitu compression machine test dengan rumus berikut:

$$F_{ck} = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

- f_{ck} = kuat tekan batako
- P = besarnya gaya tekan hancur
- A = batakoluas penampang benda uji

Pengujian penyerapan air adalah untuk mengetahui selisih berat sampel kering permukaan jenuh (B_j) dan berat sampel kering oven (B_k) dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_j} \times 100\%$$

- B_j = mengukur berat sampel kering permukaan jenuh
- B_k = Mengukur berat sampel kering oven (B_k)

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses pembuatan batako tipe pertama yaitu dengan persentase campuran abu: 20%, fly ash: 20%, bottom ash: 45%, semen 10%, dan air 5%. Pada proses pembuatan batako tipe kedua yaitu dengan persentase campuran stone ash: 20%, pasir: 65%, semen 10%, dan air: 5%. Sedangkan pada proses pembuatan batako tipe ketiga atau konvensional yaitu dengan persentase campuran pasir: 75%, semen: 20%, dan air: 5%.

Analisis Uji Kuat Tekan Tipe Pertama

Proses perhitungan kuat tekan sampel batako tipe 1 menggunakan parameter hasil pengukuran dengan perhitungan luas bidang tekan dan beban tekan. Parameter tersebut mengukur luas tekan menggunakan mistar (panjang dan lebar) dan beban tekan menggunakan alat Forney yang menggunakan tiga sampel benda uji dengan waktu 28 hari. Berikut hasil pengujian kuat tekan batako pada tabel 1.

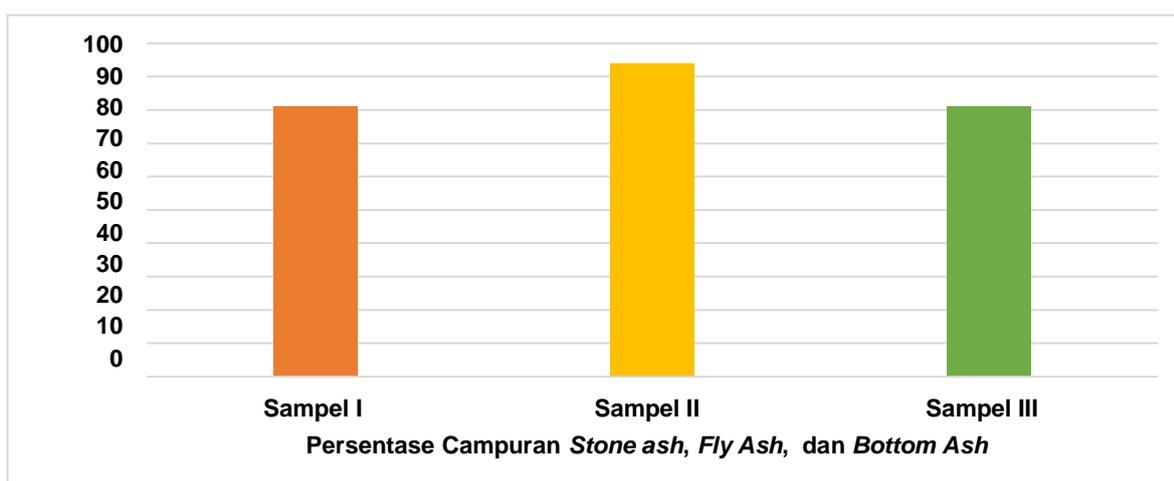
Tabel 1. Uji Tekan Batako Tipe Pertama

Kode Benda Uji	Stone Ash	Fly Ash	Bottom Ash	Semen	Air	Berat (gr)	Luas (cm ²)	Kuat Tekan Umur Uji (kg/cm ²)
Sampe tipe 1	20%	20%	45%	10%	5%	1346	81	81-8
Sampel tipe 2	20%	20%	45%	10%	5%	1223	81	94-4
Sampel tipe 3	20%	20%	45%	10%	5%	1164	81	81-8
Rata-rata	-	-	-	-	-	-	-	85,3

Sumber: Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Mataram

Untuk setiap variasi persentase dibuat sampel 3 benda uji. selanjutnya 3 kali pengujian benda uji diambil nilai beban maksimum rata-rata campuran

stone ash, fly ash, dan bottom ash, semen, dan air terhadap nilai kuat tekan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Persentase Stone ash 20%, Fly Ash 20%, dan Bottom Ash 45%.

Pada grafik gambar 4.1 menunjukkan bahwa komposisi campuran dengan stone ash sebanyak 20%, fly ash sebanyak 20%, bottom ash sebanyak 45%, semen sebanyak 10%, dan air sebanyak 5% yang menunjukkan Nilai kuat tekan tertinggi di dapat pada sampel tipe 2 dengan berat sampel 1.223 gr yang didapatkan hasil 94 kg.

Proses perhitungan kuat tekan sampel batako tipe 2 menggunakan

parameter hasil pengukuran dengan perhitungan luas bidang tekan dan beban tekan. Parameter tersebut mengukur luas tekan menggunakan mistar (panjang dan lebar) dan beban tekan menggunakan alat Forney yang menggunakan tiga sampel benda uji dengan waktu 28 hari. Berikut hasil pengujian kuat tekan batako pada tabel 2.

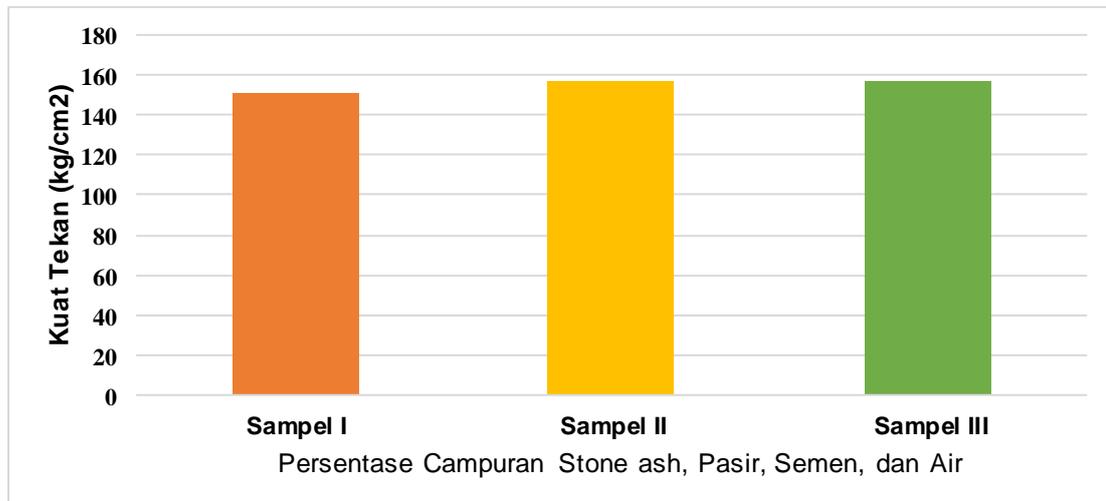
Tabel 2. Uji Tekan Batako Tipe Kedua

Kode Benda Uji	Stone ash	Pasir	Semen	Air	Berat (gr)	Luas (cm ²)	Kuat Tekan Umur Uji (kg/cm ²)
Sampel tipe 1	20%	65%	10%	5%	1547	81	151-1
Sampel tipe 2	20%	65%	10%	5%	1549	81	157-4
Sampel tipe 3	20%	65%	10%	5%	1592	81	157-4
Rata-rata	-	-	-	-	-	-	155

Sumber: Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Mataram

Untuk setiap variasi persentase dibuat sampel 3 benda uji. selanjutnya 3 kali pengujian benda uji diambil nilai beban maksimum rata- rata campuran

stone ash, pasir, semen, dan air terhadap nilai kuat tekan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Persentase *Stone ash* 20%, Pasir 65%, Semen 10%, dan Air 5%

Pada grafik gambar 2 menunjukkan bahwa komposisi campuran dengan stone ash sebanyak 20%, pasir sebanyak 65%, semen sebanyak 10%, dan air sebanyak 5% yang menunjukkan nilai kuat tekan tertinggi di dapat pada sampel kedua dan ketiga dengan berat sampel 1549 gr dan 1592 gr yang didapatkan hasil tekan 157 kg. Kekuatan persentase stone ash, pasir semen, dan air dinyatakan lulus uji apabila memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989.

Proses perhitungan kuat tekan sampel batako tipe 3 menggunakan parameter hasil pengukuran dengan perhitungan luas bidang tekan dan beban tekan. Parameter tersebut mengukur luas tekan menggunakan mistar (panjang dan lebar) dan beban tekan menggunakan alat Forney yang menggunakan tiga sampel benda uji dengan waktu 28 hari. Berikut hasil pengujian kuat tekan batako dapat dilihat pada tabel 3.

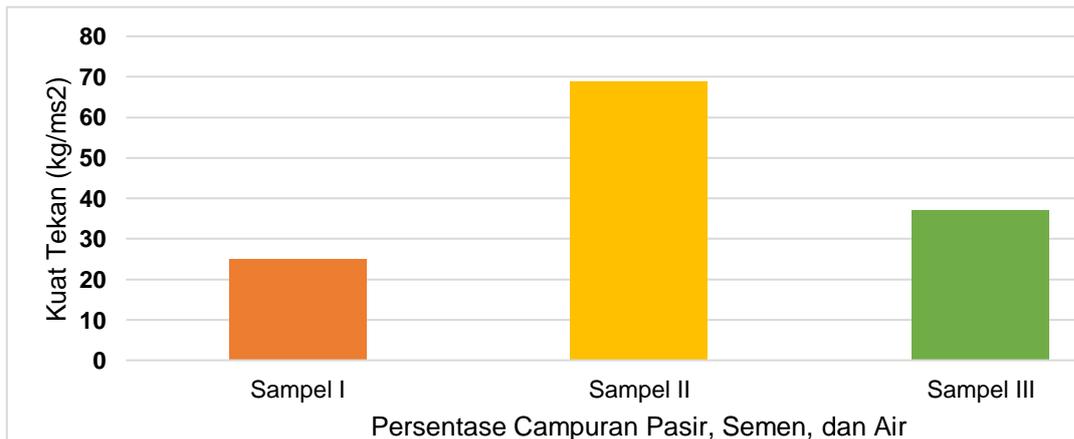
Analisis Uji Kuat Tekan Tipe Ketiga

Tabel 3. Uji Tekan Batako Tipe Ketiga

Kode BendaUji	Pasir	Semen	Air	Berat (gr)	Luas (cm ²)	Kuat Tekan Umur Uji (kg/cm ²)
Sampel tipe 1	75%	20%	5%	1245	81	25
Sampel tipe 2	75%	20%	5%	1559	81	69
Sampel tipe 3	75%	20%	5%	1276	81	37
Rata-rata	-	-	-	-	-	43,7

Untuk setiap variasi persentase dibuat sampel 3 benda uji. selanjutnya 3 kali pengujian benda uji diambil nilai beban maksimum rata- rata campuran

stone ash, pasir, semen, dan air terhadap nilai kuat tekan dapat dilihat pada gambar 3.



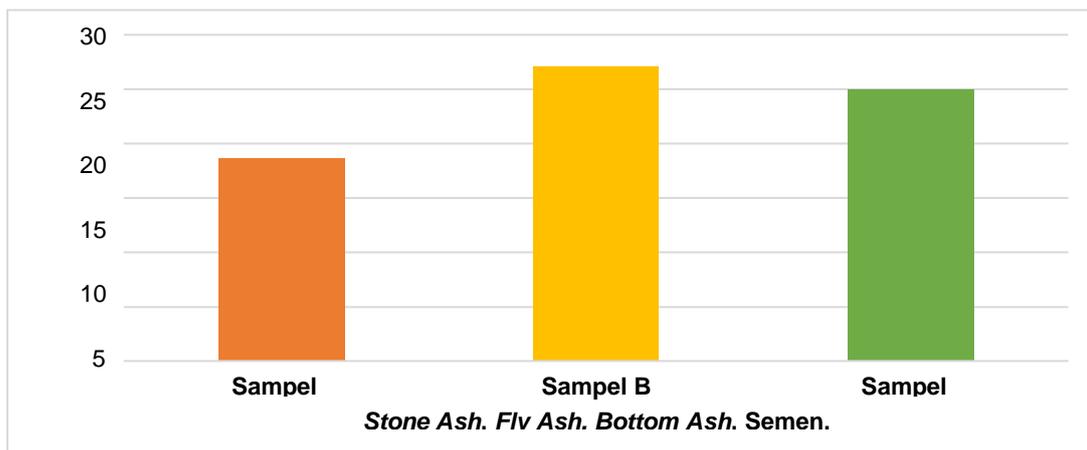
Persentase Campuran Pasir, Semen, dan Air
 Gambar 3 Grafik Pengaruh Persentase Pasir 75%, Semen 20%, dan Air 5%

Pada grafik gambar 3 menunjukkan bahwa komposisi campuran dengan pasir sebanyak 75%, semen sebanyak 20%, dan air sebanyak 5% yang menunjukkan kuat tekan tertinggi di dapat pada sampel tipe 2 dan 3 dengan berat sampel 1559 gr dengan hasil tekan 69 kg. Kekuatan persentase stone ash, pasir semen, dan air dinyatakan lulus uji apabila memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989. Hasil data diatas dinyatakan lulus uji berdasarkan

syarat fisis batako pejal SNI 03-0349-1989.

Analisis Uji Penyerapan Air Tipe Pertama

Pengukuran serapan air pada sampel batako menggunakan stone ash 20%, fly ash 20%, bottom ash 45%, semen 10%, air 5% dengan menggunakan tiga sampel didapatkan hasil pada gambar 4.

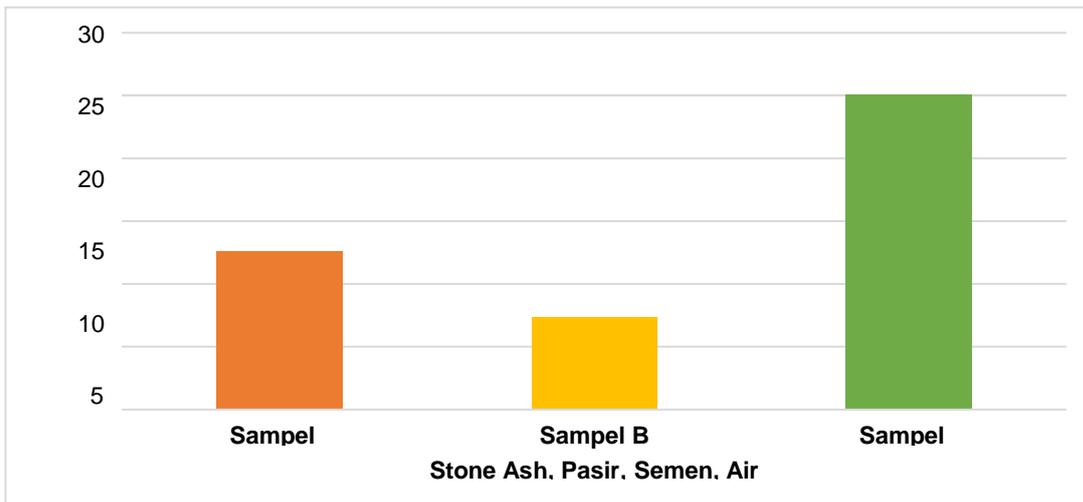


Gambar 4 Grafik Penyerapan Air Stone ash, Fly Ash, dan Bottom Ash

Analisis Uji Penyerapan Air Tipe Kedua

Pengujian penyerapan air bertujuan untuk mengetahui tingkat penyerapan air yang dipengaruhi rongga udara pada batako. Pengukuran

penyerapan air pada tipe kedua menggunakan stone ash 20%, pasir 65%, semen 10%, dan air 5% dengan menggunakan tiga sampel didapatkan hasil pada gambar 5.

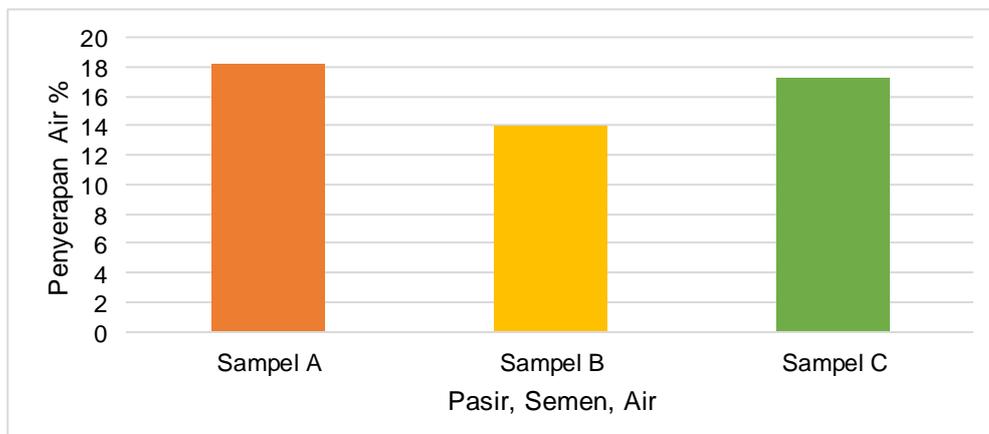


Gambar 5 Grafik Penyerapan Air *Stone ash*, Pasir, Semen, dan Air

Analisis Uji Penyerapan Air Tipe Ketiga

Pengujian penyerapan air bertujuan untuk mengetahui tingkat penyerapan air yang dipengaruhi rongga

udara pada batako. Pengukuran penyerapan air pada tipe ketiga menggunakan pasir 75%, semen 20%, dan air 5% dengan menggunakan tiga sampel didapatkan hasil pada gambar 6.



Gambar 6 Grafik penyerapan Air: Pasir, Semen, dan Air

PEMBAHASAN

Pada uji kuat tipe pertama adanya fly ash pada campuran semen dapat meningkatkan kekuatan batako, karena disebabkan adanya kandungan SiO₂ reaktif yang ada pada fly ash yang bereaksi dengan kapur sisa yang dibebaskan pada reaksi pada senyawa semen dan campuran air dan membentuk CaO (Usman, 2018). Kekuatan persentase fly ash, bottom ash, stone ash, semen, dan air dinyatakan lulus uji apabila memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989.

Pada uji kuat tipe kedua Peranan dari stone ash yang merupakan agregat

atau bahan tambahan berupa mineral filler atau pengisi (partikel dengan ukuran < 0,075 mm) dalam pembuatan batako (Yasruddin, Rahman & Sari, 2017). Filler yang digunakan pada campuran berperan dalam mengisi ruangan kosong atau rongga dalam saat tercampur, berperan dalam mengikat kekuatan ikat beton yang diharapkan mampu meningkatkan kestabilan dari campuran beton (Abdullah et al., 2017). Keberadaan semen pada pembuatan batako berperan sebagai pengikat atau penguat.

Data syarat fisis batako SNI 03-0349-1989 menyatakan pada pengujian batako tipe ketiga ini masuk tingkat mutu

bata beton kategori III pada sampel tipe 2 dengan kuat tekan rata-rata 69 kg. Sedangkan pada sampel tipe 1 dan 3 masuk kategori IV dengan kuat tekan rata-rata 25 kg dan 37 kg. (Hardiyatmo & Christady, 2009) menjelaskan filler berperan dalam mengisi diantara partikel agregat yang lebih kasar, menyebabkan pori-pori atau rongga udara semakin kecil sehingga menghasilkan tahanan gesek, dan mengunci diantara antar butiran yang tinggi.

Uji penyerapan air tipe pertama Rata-rata penyerapan air dari ketiga sampel tersebut 23,62%. Berdasarkan SNI 03-0349-89, penyerapan air maksimal pada batako sebesar 25% dapat dikatakan memenuhi syarat kelayakan dan masuk mutu 1.

Uji penyerapan air tipe kedua penggunaan perbedaan komposisi agregat kasar (stone ash) dan halus (pasir) hasil dari kualitas beton dapat dijamin (Hidayawanti et al., 2020). Stone ash bersifat mengikat lebih kuat ketika terkena air akan semakin lebih keras (Jayawan, 2022). Dapat disimpulkan rendahnya penyerapan air pada batako stone ash, pasir, semen, dan air dipengaruhi oleh komposisi bahan yang ada.

Uji penyerapan air tipe ketiga rendahnya penyerapan air pada tipe ketiga ini dibandingkan tipe pertama dipengaruhi oleh tingginya penggunaan agregat halus yaitu pasir berjumlah 65%. Pasir merupakan bahan material yang dimanfaatkan pada bangunan, untuk membuat batako serta batu bata berfungsi untuk merekatkan semen (Asiacon, 2022).

D. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pemanfaatan limbah fly ash, bottom ash, dan stone ash menjadi batako, dapat disimpulkan; 1) Limbah fly ash, bottom ash, dan stone ash, dapat optimalisasikan dalam pembuatan batako dan masuk kategori II berdasarkan SNI 03-0349-1989; 2) Pemanfaatan limbah fly ash, bottom ash dan stone ash berpengaruh terhadap pembuatan batako

dari segi penggunaan bahan baku dan ramah terhadap lingkungan karena tidak masuk kategori limbah B3; 3) Secara keseluruhan batako tipe pertama dengan komposisi stone ash, fly ash, bottom ash, semen, dan air memiliki banyak keunggulan dibandingkan tipe kedua dan ketiga.

Saran

Guna meningkatkan kualitas penelitian selanjutnya yang sejenis, peneliti memberikan beberapa saran diantaranya; 1) Diperlukan penelitian lanjutan yang sejenis dalam memanfaatkan limbah fly ash, bottom ash, dan stone ash menjadi batako; 2) Diperlukan pengembangan penelitian lanjutan mengenai bahan tambahan yang digunakan untuk menghasilkan produk yang berkualitas tinggi; 3) Diperlukan dukungan dan kerjasama dari pemerintah daerah guna mendukung produksi batako limbah fly ash, bottom ash, dan stone ash tetap berjalan.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdullah, Z. Z., Wesli, W., & Akbar, S. J. (2017). Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton Ac-Bc. *Teras Jurnal*, 6(2), 121. <https://doi.org/10.29103/tj.v6i2.95>.
- Afif, A., & Bale, H. A. (2019). *Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi*. 1–10. <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/17690/08.naskah publikasi.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- Afrilla, V., Malik, A., & Sebayang, M. (2021). Kajian Pemanfaatan Limbah FABA (Fly Ash dan Bottom Ash) Pada KONstruksi Lapisan Permukaan Jalan (Top Layer). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik. Universitas Riau*, 8(Januari- Juni), 1–11.

- Aida, E. R., Yanti, S., Puty, Y., Lingkungan, T., Tinggi, S., Industri, T., & Padang, S. (2018). Pemanfaatan limbah abu terbang batubara (fly ash) di pltu ombilin sebagai bahan koagulan. *Pendidikan Teknologi Kejuruan*, 1(3), 125–131.
- Ansari, V., Prianto, D. E., Sudarto, J. P., Semarang, S. H. T., & Pos, K. (2021). *Ciptakan Rumah Ramah Lingkungan Dengan Material Dinding Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash (Faba)*. 2014(Pp 101), 1–6.
- Asiacon. (2022). *Definisi, Fungsi dan Jenis-Jenis Pasir*. Asiacon. <https://asiacon.co.id/blog/jenis-fungsi-pasir-adalah#:~:text=Fungsi pasir adalah suatu bahan,dari jenis pasir yang digunakan>.
- Ayu, I. S. (2020). *Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Abu Batu Sebagai Agregat Halus*. Universitas Quality
- Bajare, D., Bumanis, G., & Upeniece, L. (2013). Coal combustion bottom ash as microfiller with pozzolanic properties for traditional concrete. *Procedia Engineering*, 57(December), 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.022>
- Cecilia, A. C. (2018). *Kajian Eksperimental Campuran Beton Dengan Menggunakan Campuran Abu Batu Pada Mutu Beton F'c 25 Mpa*. <http://repository.polimdo.ac.id/2218/>
- Chalirafi, C., & Ristati, R. (2016). Pengendalian Persediaan Bahan Baku Pada Pabrik Batako dan Paving Block. *Industrial Engineering Journal*, 5(1), 41–46. <https://103.107.186.27/miej/article/view/150>
- Christian, D. (2022). Kian Diminati, Warga, Pemda hingga Pelaku Usaha NTB Gunakan FABA untuk Bahan Bangunan yang Kokoh. PT. PLN (Persero).
- Hardiyatmo, & Christady, H. (2009). *Pemeliharaan Jalan Raya: Perkerasan, Drainase, Longsoran*. Gadjah Mada University Press.
- Haryono, J. M. T. (2014). *Analisa Desain Eksperimen Pembuatan Batako*. 57–65.
- Hidayat, A. A. (2015). *Metode Penelitian Paradigma Kuantitatif* (1st ed.). Health Book Publishing.
- Husni, W. D. (2020). *Pengaruh Kadar Filler Abu Batu Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton AC-BC*. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Indriati, T. S., Malik, A., & Alwinda, Y. (2019). Kajian Pengaruh Pemanfaatan Limbah Faba (Fly Ash Dan Bottom Ash) Pada Konstruksi Lapisan Base Perkerasan Jalan. *Jurnal Teknik*, 13(2), 112–119. <https://doi.org/10.31849/teknik.v13i2.3168>
- Jalali, N. A., & Khaeril. (2015). Pengaruh Variasi Pasir Dan Abu Batu Pada Beton Beragregat Kasar Pellet Polypropylene Terhadap Kuat Tekan Dan Lentur. *Prokons: Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 55–61. <http://prokons.polinema.ac.id/index.php/PROKONS/article/view/84/82>
- Jayawan. (2022). *No Title Pengertian Fungsi Kelebihan dan Harga Jual Abu Batu Kualitas Terbaik*. Jayawan Enterprise. <https://jayawan.com/jual-abu-batu/>
- Kumar, D., Kumar, N., & Gupta, A. (2014). *Geotechnical Properties of Fly Ash and Bottom Ash Mixtures in Different Proportions*. February 2018.
- Kurniasari, T. P. (2017). *Pemanfaatan Penggunaan Fly Ash dan Bottom Ash Sebagai Pozzolan Pada Binder Geopolimer*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Leliana, A., Puspitasari, A., & Apriliani, N. F. (2021). Pelatihan Pemanfaatan FlyAsh Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Batako Di Geger Madiun. *Madiun Spoor (JPM)*,

-
- 1(2), 52–56.
<https://doi.org/10.37367/jpm.v1i2.186>
- Pangestuti, E. K. (2011). *Penambahan Limbah Abu Batu Bara Pada Batako*. 161–168.
- Puslitbang, T. (2021, April 19). *Prospek Keekonomian Fly Ash-Bottom Ash (FABA) bagi UKM (Studi Kasus)*. April, 1–16.
<https://seminar.tekmira.esdm.go.id/index.php/download/category/4-road-osismct-3%3Fdownload%3D12:gandhi-tekmira+&cd=11&hl=id&ct=clink&gl=id>
- Putri, D., Kinasti, R. M. A., & Lalus, D. F. (2019). Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Dan Limbah Kaca Pada Campuran Batako. *Construction and Material Journal*, 1(3), 211–218.
<https://doi.org/10.32722/cmj.v1i3.2418>
- Qomaruddin, M., & Sudarno, S. (2017). Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Pengganti Agregat Halus Dengan Tambahan Kapur Pada Pembuatan Paving. *Reviews in Civil Engineering*, 1(1), 13–18.
<https://doi.org/10.31002/rice.v1i1.537>
- Ratwitaningrum, T. R., & Setiawan, R. F. A. (2019). Pengaruh Abu Batu Terhadap Kuat Tekan Beton Pasca Pembakaran. *Prosiding Semnastek*, 1–6.
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/5156%0Ahttps://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/download/5156/3437>
- Ristinah, Zacoeb, A., Soeharjono, A., & Setyowulan, D. (2012). Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Batako Terhadap Kuat Tekan batako. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 6(3), 264–271.
<https://rekayasasipil.ub.ac.id/index.php/rs/article/view/225>
- Singh, M., & Siddique, R. (2015). Properties of concrete containing high volumes of coal bottom ash as fine aggregate. *Journal of Cleaner Production*, 91(15 Maret), 269–278.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.026>
- SNI 03-049. (1989). *Bata beton untuk pasangan dinding*
- Suseno, T., Jafril, J., & Suryana, N. (2011). Kelayakan usaha pembuatan batako, paving block dan bata merah berbahan baku limbah hasil pembakaran batubara. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 7(2), 63–71.
<http://jurnal.tekmira.esdm.go.id/index.php/minerba/article/view/830/672>
- Susiyana, Adrianto, F., Erwin, S., & Sofyan, A. S. (2021). Fenomena Persaingan Harga Perspektif Etika Bisnis Islam: Sektor Industri Usaha Batako di Kabupaten Buton Tengah. *Ekonomi Islam AtTawazun*, 1(2 Agustus), 118.
<https://journal3.uinaluddin.ac.id/index.php/attawazun/article/view/23252/12025>
- Usman. (2018). *Potensi Limbah Abu Terbang (Fly Ash) Batubara Sebagai Bahan Substitusi Dan Bahan Pengisi (Filler) Pada Pembuatan Beton*. 1–63.
- Winarno, H., Damris, M., Ashyar, R., & Wibowo, Yudha, G. (2019). *Pemanfaatan limbah fly ash dan bottom ash dari pltu sumsel-5 sebagai bahan utama pembuatan paving block*. 11(1), 1067–1070
-