

PENGARUH BAHAN TAMBAH *FLY ASH* TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUALITAS BATAKO

THE EFFECT THE FLY ASH ADDED MATERIALS ON THE COMPRESSIVE STRENGTH AND QUALITY OF BRICKS

Kardianav Polin, Tetty Setiawaty dan Asrial

Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP Undana

E-mail: Rhogandpolin@gmail.com, tetty_setiawaty@staf.undana.ac.id dan asrial@staf.undana.ac.id

Abstrak

PLTU Bolok di Kecamatan Kupang Barat memproduksi limbah abu terbang atau fly ash dari batu bara sebagai bahan bakar utama. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas batako (Berat, Ukuran, Porositas, Penyerapan Air) Menentukan variasi campuran terbaik serta mengukur kuat tekan batako dengan enam variasi campuran A 0gr fly ash, B 50gr fly ash, C 100gr fly ash, D 150gr fly ash, E 200gr fly ash, dan F 250gr fly ash. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan fly ash meningkatkan kualitas batako. Batako dengan fly ash memiliki ukuran presisi, bobot yang lebih ringan, porositas lebih rendah, serta daya serap air yang menurun. Variasi F (250 g fly ash) menghasilkan kinerja terbaik dengan kuat tekan tertinggi 29,72 kg/cm², daya serap air terendah 7,07%, dan densitas tertinggi 2.200 kg/m³. Hasil ini menunjukkan bahwa fly ash dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan yang efektif untuk meningkatkan kualitas batako. Selain itu, penggunaan fly ash memberikan kontribusi positif terhadap pengelolaan limbah, serta memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan.

Kata kunci: *Fly Ash, Batako, PLTU Bolok, Kuat Tekan, Kualitas*

Abstract

The Bolok PLTU in West Kupang District produces fly ash waste from coal as the main fuel. This research aims to evaluate the quality of bricks (Weight, Size, Porosity, Water Absorption) Determine the best mixture variations and measure the compressive strength of bricks with six variations of mixtures A 0gr fly ash, B 50gr fly ash, C 100gr fly ash, D 150gr fly ash, E 200gr fly ash, and F 250gr fly ash. The research method uses a quantitative approach with an experimental design. The research results show that the addition of fly ash improves the quality of the bricks. Bricks with fly ash have precise sizes, lighter weight, lower porosity, and reduced water absorption. Variation F (250 g fly ash) produces the best performance with the highest compressive strength of 29.72 kg/cm², the lowest water absorption capacity of 7.07%, and the highest density of 2,200 kg/m³. These results indicate that fly ash can be used as an effective additional material to improve the quality of bricks. Apart from that, the use of fly ash makes a positive contribution to waste management, as well as having a positive impact on environmental sustainability.

Keywords: *Fly Ash, Brick, PLTU Bolok, Compressive Strength, Quality*

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kota Kupang mengalami pertumbuhan penduduk yang pesat dalam beberapa tahun terakhir, seiring dengan peningkatan ekonomi yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS 2023), pertumbuhan penduduk di Kota Kupang mengalami kenaikan signifikan dari 4,16 juta jiwa pada tahun 2019 menjadi 4,47 juta jiwa. Tren positif ini juga terlihat dalam pertumbuhan ekonomi kota tersebut, pada triwulan ke III bulan November 2023 mengalami pertumbuhan ekonomi sebesar 2,80 %. Dampak dari pertumbuhan ini sangat terasa dalam kebutuhan akan hunian bagi masyarakat. Tingginya pertumbuhan penduduk secara langsung berkorelasi dengan meningkatnya kebutuhan akan rumah tinggal (Mukaromah, 2022) yang selanjutnya menimbulkan permintaan yang tinggi terhadap bahan bangunan seperti

pasir, semen, batako, dan bahan konstruksi lainnya. Dalam proses pembangunan, batako menjadi salah satu material utama yang esensial untuk konstruksi rumah tinggal dan berbagai jenis hunian. Aspek ini menegaskan pentingnya pemenuhan kebutuhan bahan bangunan yang berkualitas untuk mendukung pembangunan perkotaan yang berkelanjutan di Kota Kupang

Batako, sebagai salah satu material bangunan yang umum digunakan dalam industri konstruksi, memiliki peran vital dalam berbagai elemen struktural seperti dinding bangunan, kuda-kuda, dan pagar. Kelebihan utama batako dibandingkan dengan batu bata terletak pada ukurannya yang lebih besar dan kekuatannya yang lebih tinggi, seperti yang disebutkan oleh Harahap (2021). Faktor-faktor ini menjadikan penggunaan batako lebih efisien dalam proyek konstruksi.

Tingginya permintaan terhadap batako menjadikannya sebagai alternatif yang diminati untuk

menggantikan batu bata. Fenomena ini dapat terlihat dari banyaknya produsen batako yang memenuhi pasar. Tingginya permintaan juga tercermin dari peningkatan jumlah produksi batako per tahun, di mana rata-rata produksi per hari mencapai 100 pcs batako, dengan total produksi per minggu mencapai 400 pcs. Proses produksi dilakukan selama 3-4 hari per minggu, menyesuaikan dengan permintaan konsumen, seperti yang didapatkan dari hasil wawancara dengan produsen batako di Desa Oematanunu, Oelii, Kecamatan Kupang Barat pada tanggal 24 Oktober 2023.

Batako, sebagai bahan bangunan, merupakan bata cetak yang berfungsi sebagai alternatif pengganti batu bata. Proses pembuatannya melibatkan campuran bahan perekat hidrolis, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa penambahan bahan lain, serta memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% dari penampang batanya dan isi lubang lebih dari 25% dari isi batanya, sesuai dengan definisi yang dijelaskan oleh PUBI pada tahun 1982.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0349-1989, memberikan tambahan kriteria bahwa bata beton adalah bahan bangunan yang diproduksi dari campuran semen portland (PC), agregat halus, air, atau bahan tambah additive lainnya. Bata beton dicetak dengan presisi hingga memenuhi syarat-syarat tertentu sehingga dapat digunakan sebagai bahan pasangan dinding. Karena standar ini, bata beton diarahkan untuk memastikan kualitas dan kecocokan untuk konstruksi dinding yang efisien dan tahan lama. Selain bahan-bahan seperti agregat halus, semen PC, dan air. Bahan campuran lain seperti tanah putih dan *fly ash* dinilai memiliki potensi serta kandungan yang baik untuk digunakan sebagai bahan campuran pada pembuatan batako yang berperan sebagai bahan pengisi juga bahan pengikat.

Tanah putih adalah material utama pembuatan batako. Tanah putih mudah diperoleh di tempat-tempat yang susunan geologinya adalah kapur dengan didominasi batu karang. Daerah Kupang dan sekitarnya merupakan daerah dengan susunan geologi tanah kapur seperti ini (Tang Swari, 2018) Tanah putih adalah tanah yang mengandung banyak kapur dengan kandungan pasir antara 30-65% (Bebhe, 2020). Dengan kandungan pasir yang tinggi, membuat tanah putih menjadi bahan yang kuat dalam pembuatan batako. Selain itu serbuk tanah putih atau gampig ini dapat meringankan berat batako

Fly ash memiliki butiran yang lebih halus dari pada semen portland dan sifat hidrolik mirip pozzolan. Sifat pozzolan ini memungkinkan *fly ash* mengubah kapur bebas menjadi mortar hidrolik. Selain memiliki butiran yang lebih halus daripada semen, abu batubara juga memiliki sifat hidrolik. Oleh karena itu, *fly ash* tidak hanya menambah kekedapan mortar, tetapi juga dapat meningkatkan kekuatannya. Pemikiran ini beralasan karena secara mekanik, *fly ash* akan mengisi ruang kosong (rongga) di antara butiran semen (Yunanda, 2019). Manfaat lain dari penggunaan *fly ash* selain

menambah kekuatan batako, juga memberi dampak yang baik pada kestabilan lingkungan dengan mengurangi jumlah limbah *fly ash* pada perusahaan listrik PLTU.

Fly ash adalah limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap. Sebagai limbah, *fly ash* tidak digunakan sehingga mengalami penumpukan yang berlebihan dan mengganggu kestabilan lingkungan dengan mengakibatkan polusi tanah dan udara sehingga hutan dan tanaman pangan warga sekitar ikut terdampak atau rusak sampai gagal panen. Menurut (Setiawan, 2018) *Fly ash* memiliki potensi sebagai bahan tambah dalam produksi batako Penggunaan *fly ash* dalam campuran batako dapat memberikan berbagai keuntungan, seperti peningkatan kekuatan, pengurangan dampak lingkungan, dan pengurangan penggunaan semen. Pengurangan jumlah penggunaan semen, bertujuan untuk menekan biaya produksi, sehingga harga di pasar dapat dijaga agar tidak melambung tinggi. Meskipun *fly ash* telah digunakan dalam produksi batako, masih ada aspek yang perlu dioptimalkan, khususnya terkait kuat tekan batako (Putri, 2023).

Penelitian tentang batako sering kali memfokuskan perhatian pada kuat tekan sebagai indikator utama kualitas dan kekuatan. Penggunaan *fly ash* dalam jumlah yang terlalu banyak dapat menghasilkan batako yang kurang baik untuk digunakan karna akan memiliki permukaan yang sangat halus atau hampir tidak memiliki pori-pori yang akan mempersulit dalam proses pengerjaan plesteran. (hasil wawancara dengan produsen batako di desa Oematanunu, Oelii, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang). Meskipun demikian, Sebuah Pengabdian Masyarakat di desa Jago, Kabupaten Lombok Tengah, menunjukkan hasil yang menarik. Dalam penelitian tersebut, batako yang menggunakan bahan tambahan berabahan aditif abu terbang memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada batako tanpa abu terbang (Kamali, Sri Raudhatul., 2018). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan kuat tekan batako dengan mempertimbangkan penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah.

Diluar aspek kuat tekan, penelitian ini juga mencari informasi mengenai densitas batako. Densitas yang berada pada rentang tertentu sangat penting karena dapat mempengaruhi performa struktur bangunan. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah dalam pembuatan batako dapat memengaruhi densitasnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mencari tahu Pengaruh Bahan Tambah *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Dan Kualitas Batako.

2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini adalah seperti sebagaimana berikut:

- a. Masalah utama yang muncul kurangnya kualitas batako akibat fokus pada produksi jumlah yang tinggi dari pada mutu. Hal ini dapat mempengaruhi

kekuatan, keandalan, dan keselamatan struktur bangunan.

- b. *Fly ash* merupakan limbah industri yang selama ini tidak digunakan dan terbuang. Bahan ini sebenarnya dapat digunakan sebagai campuran batako, tetapi masih diperlukan penelitian lanjutan untuk memahami dampak penggunaannya terhadap sifat fisik dan mekanik batako.
- c. Terdapat kekhawatiran bahwa penggunaan *fly ash* dalam campuran batako dapat mempengaruhi kuat tekan secara negatif. Hal ini menjadi masalah yang perlu diatasi untuk memastikan batako memenuhi standar kekuatan yang dibutuhkan.
- d. Memahami pengaruh *fly ash* terhadap densitas. Oleh karena itu, perlu mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* terhadap densitas batako dan mencari cara untuk mengoptimalkannya.

3. Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan supaya peneliti dapat fokus pada tujuan yang akan dicapai. Batasan-batasan itu adalah seperti sebagaimana berikut ini:

- a. Penelitian ini menggunakan limbah *fly ash* yang terdapat pada PLTU bolok yang selama ini tidak digunakan, sebagai bahan campuran batako
- b. Penelitian ini mencari dampak penggunaan *fly ash* terhadap kuat tekan, daya serap air, dan densitas batako.
- c. *Fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari PLTU Bolok, Kupang. Yang merupakan Limbah dari hasil pembakaran batu bara yang tidak terpakai.

4. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah seperti sebagaimana berikut ini:

- 1) Bagaimana kualitas dari batako (Ukuran, Berat, Porositas, Penyerapan Air) dengan variasi campuran:
 - a. (1000 gr Semen, 0 gr *Fly Ash*, 3000 gr Tanah Putih, 3000gr Pasir)?
 - b. (950 gr Semen, 50 gr *Fly ash*, 3000gr Tanah Putih, 3000gr Pasir)?
 - c. (900 gr Semen, 100 gr *Fly Ash*, 3000gr Tanah Putih, 300gr Pasir)?
 - d. (850 gr Semen, 150 gr *Fly Ash*, 3000gr Tanah Putih, 3000gr Pasir)?
 - e. (800 gr Semen, 200 gr *Fly Ash*, 3000gr Tanah Putih, 300gr Pasir)?
 - f. (750gr Semen, 250gr *Fly Ash*, 3000gr Tanah Putih, 3000gr Pasir)?
- 2) Bagaimana kualitas batako terbaik dari variasi campuran A, B, C, D, E, F ?
- 3) Bagaimana kuat tekan batako dari variasi campuran A, B, C, D, E, F ?
- 4) Bagaimana kekuatan terbaik dari variasi campuran A, B, C, D, E, F ?

5. Tujuan Penelitian

Penelitian pembuatan batako menggunakan *fly ash* memiliki tujuan sebagaimana berikut ini:

- a. Menilai Kualitas Batako:
Menilai kualitas batako dengan memperhatikan ukuran, berat, porositas, dan penyerapan air pada enam variasi campuran yang berbeda.
- b. Menentukan Campuran Terbaik:
Mengidentifikasi campuran terbaik dari enam variasi yang memberikan kualitas batako optimal.
- c. Menganalisis Kekuatan Batako:
Menganalisis kekuatan batako yang dihasilkan dari masing-masing variasi campuran untuk menentukan sejauh mana mereka memenuhi persyaratan kekuatan yang diinginkan.
- d. Mencari kekuatan terbaik:
Mencari kekuatan terbaik dari masing – masing variasi campuran untuk mengetahui sejauh mana pengaruh *fly ash* terhadap kualitas batako

6. Manfaat Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai:

1) Bagi Prodi

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan ilmu pengetahuan dan inovasi dalam bidang teknik bangunan khususnya dalam hal inovasi material konstruksi, juga sebagai bahan ajar atau studi kasus pada prodi pendidikan teknik bangunan.

2) Bagi Mahasiswa

- a. Penelitian ini dapat menjadi inspirasi bagi mahasiswa untuk mengeksplorasi topik penelitian lebih lanjut dalam bidang bahan konstruksi, keberlanjutan, atau teknologi konstruksi.
- b. Mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini dapat memperoleh keterampilan penelitian dan pengetahuan praktis yang dapat meningkatkan kesiapan mereka untuk karier di industri konstruksi atau bidang terkait.
- c. Mahasiswa dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai bahan ajar yang relevan dalam program studi teknik bangunan atau bidang terkait. Hal ini dapat meningkatkan pemahaman mereka tentang aplikasi praktis dari materi yang dipelajari di kelas.

3) Bagi Produsen

- a. Penelitian ini dapat memberi informasi serta pengetahuan baru pada produsen terkait variasi campuran terbaik yang digunakan untuk menghasilkan batako yang berkualitas.
- b. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah dalam produksi batako dapat memberikan potensi penghematan biaya. *Fly ash* umumnya lebih terjangkau dan dapat mengurangi penggunaan bahan konvensional seperti semen. Hal ini dapat berkontribusi pada pengurangan biaya produksi batako.

4) Bagi penelitian lanjutan

Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang tertarik mencari tahu tentang dampak *fly ash* terhadap kuat tarik batako.

- a. Hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi praktis kepada industri konstruksi terkait penggunaan *fly ash* dalam produksi batako. Rekomendasi ini dapat digunakan sebagai panduan untuk mengoptimalkan penggunaan *fly ash*, memperbaiki kualitas batako, dan meningkatkan efisiensi produksi.
- b. Manfaat dari penelitian ini dapat mendukung pemerintah daerah dalam menyusun kebijakan pembangunan berkelanjutan, seperti mengurangi dampak lingkungan dari limbah industri dan menurunkan emisi karbon serta Menghimbau pengurangan penggunaan bahan mentah seperti semen dan pasir yang berlebihan, sehingga membantu pelestarian sumber daya alam. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan data dan rekomendasi tentang penggunaan *fly ash* dalam batako yang lebih kuat dan berkualitas. Hal ini mendukung peningkatan kualitas infrastruktur daerah seperti perumahan rakyat dan fasilitas umum.
- c. Dengan menggunakan *fly ash* sebagai bahan tambah dalam produksi batako, penelitian ini dapat membantu mengurangi limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan manfaat lingkungan dengan mengurangi dampak negatif pada lingkungan sekitar.

B. METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen. Dikategorikan sebagai penelitian kuantitatif karena pendekatan ini berfokus pada pengumpulan dan analisis data yang dapat diukur dengan angka penelitian ini juga disebut penelitian eksperimen karena melalui proses pengujian untuk menemukan hasil yang ingin didapatkan. Menurut Solso & MacLin (2002), penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang di dalamnya ditemukan minimal satu variabel yang dimanipulasi untuk mempelajari hubungan sebab-akibat. Oleh karena itu, penelitian eksperimen erat kaitannya dalam menguji suatu hipotesis dalam rangka mencari pengaruh, hubungan, maupun perbedaan perubahan terhadap kelompok yang dikenakan perlakuan.

2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Oematanunu Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang sedangkan pengujian dilakukan di laboratorium Dinas PU Kota Kupang. Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan yaitu dari bulan Juli sampai Agustus 2023.

3. Tahapan Pengujian

Tahap pengujian penelitian ini dilakukan di Laboratorium Dinas PUPR Kota Kupang. Kemudian

dilanjutkan dengan pendekatan analisis yang menekankan pada pengujian akhir.

a. Pengujian Daya Serap Air

Adapun langkah-langkah dalam pengujian daya serap air menurut SNI 03-0349-1989 sebagai berikut:

- a) Masukkan benda uji dalam keadaan utuh direndam di dalam air hingga jenuh selama 24 jam, ditimbang beratnya dalam keadaan basah
- b) Dikeringkan di bawah sinar matahari selama ± 1 hari kemudian ditimbang kembali massa keringnya
- c) Daya serap dihitung dengan persamaan F.3

Rumus ini merupakan rumus uji daya serap air yang biasa digunakan dalam pengujian silinder beton pada bidang keilmuan sipil.

Daya serap air = $(W_b - W_k) / W_k \times 100\%$ SNI 03-0349-1989.

Dengan: W_b = Berat benda uji basah (gram)

W_k = Berat benda uji kering (gram)

b. Pengujian Densitas (Kepadatan Benda)

Penentuan densitas dilakukan dengan cara, sampel yang sudah dicetak kemudian dikeringkan, lalu ditimbang massa sampel kering dengan menggunakan neraca dan hitung volume batako tersebut. Setelah itu densitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

Densitas (ρ) = m / V SNI 03-0349-1989.

Dengan: m = massa (Kg)

V = volume (m^3)

c. Pengujian Kuat Tekan

Uji kuat tekan adalah uji kekuatan bahan jika digunakan untuk menahan beban dalam konstruksi tertekan. Langkah yang dilakukan adalah:

- a) Dipersiapkan bahan yang akan diuji
- b) Diletakkan bahan yang akan diuji kedalam alat mesin kuat tekan
- c) Dijalankan mesin uji kuat tekan, hingga jarum berada pada layar mesin mengarah naik dan perhatikan bahan
- d) yang akan diuji akan hancur atau tidak
- e) Dilihat angka tertinggi pada mesin uji kuat tekan
- f) Dihitung dengan persamaan

Kuat Tekan = P / A SNI 03-0349-1989.

Dengan: P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang (mm^2)

C. HASIL

1. Deskripsi Hasil Penelitian

Deskripsi hasil penelitian adalah proses menyajikan data dan temuan dari penelitian secara sistematis dan jelas, tanpa menambahkan interpretasi atau analisis mendalam. Dalam deskripsi ini, peneliti menjelaskan fakta-fakta yang diperoleh, seperti angka, tabel, diagram, atau data lainnya, sesuai dengan hasil, eksperimen, atau pengumpulan data yang dilakukan. Berikut adalah data hasil pengujian batako yang dilakukan di Desa

Oematanunu Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang dan Laboratoriu Dinas PU Kota Kupang.

2. Hasil Pengujian Dimensi Batako

Normal nya batako memiliki ukuran standar SNI (40x20x10 cm) untuk menjamin keseragaman dan kekuatan bangunan. Pengujian dimensi dilakukan untuk memastikan batako memenuhi standar, dengan toleransi penyusutan ± 2 mm. Pengukuran menggunakan meteran juga memastikan sudut dan sisi batako rata tanpa cacat, yang penting untuk stabilitas dan keamanan struktur bangunan. Data pengujian digunakan untuk menilai kelayakan batako sebagai bahan konstruksi sesuai standar pada pengujian yang dilakukan menghasilkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Dimensi Batako

Variasi	Dimensi asli (P x L x T)	Penyusutan	Persentase Penyusutan hasil batako x100%	Dokumentasi proses pengukuran
A1	40 x 10x 20	39,9x10x20	0,25%	
A2	40 x 10x 20	39,8x10x20	0,52%	
A3	40 x 10x 20	40x10x19	5%	
A4	40 x 10x 20	38x10x20	5%	
A5	40 x 10x 20	39,7x10x20	0,75%	
B1	40 x 10x 20	39,8x10x20	0,52%	
B2	40 x 10x 20	39,9x10x20	0,25%	
B3	40 x 10x 20	39,9x10x20	0,25%	
B4	40 x 10x 20	39x10x20	5%	
B5	40 x 10x 20	39x10x20	5%	
C1	40 x 10x 20	39,9x10x19	5,25%	
C2	40 x 10x 20	39x10x20	5%	
C3	40 x 10x 20	39,5x10x20	0,125%	
C4	40 x 10x 20	39x10x20	5%	
C5	40 x 10x 20	39,8x10x20	0,52%	
D1	40 x 10x 20	39,8x10x19	0,52%	
D2	40 x 10x 20	39,7x10x19	5,75%	
D3	40 x 10x 20	39x10x20	5%	
D4	40 x 10x 20	39,8x10x20	0,52%	
D5	40 x 10x 20	39,9x10x19	0,75%	
E1	40 x 10x 20	39,9x10x20	0,25%	
E2	40 x 10x 20	39,9x10x20	0,25%	
E3	40 x 10x 20	39,8x10x20	0,52%	
E4	40 x 10x 20	39,9x10x20	0,25%	
E5	40 x 10x 20	39,9x10x20	0,25%	
F1	40 x 10x 20	39,9x10x20	0,25%	
F2	40 x 10x 20	39,9x10x20	0,25%	
F3	40 x 10x 20	39,9x10x20	0,25%	
F4	40 x 10x 20	39,9x10x20	0,25%	
F5	40 x 10x 20	39,9x10x20	0,25%	

Dari data berupa tabel dan gambar yang disajikan dapat disimpulkan bahwa batako dengan variasi campuran F atau sebesar 250gr *fly ash* mengalami penyusutan terendah dan menjadi batako dengan campuran terbaik karena menunjukkan hasil penyusutan yang rendah sehingga berdampak baik pada pengujian daya serap dan kuat tekan.

3. Hasil Pengujian Berat Batako

Massa batako kering diukur setelah proses pengeringan sempurna, baik dengan dijemur atau oven, untuk memastikan kadar air hilang. Pengujian ini penting untuk menghitung densitas, yang memengaruhi kekuatan dan isolasi termal batako. Berat kering yang terlalu rendah menunjukkan batako kurang padat dan berpori, sedangkan berat terlalu tinggi dapat menandakan campuran tidak ideal atau kelembaban berlebih. Pengujian ini juga membantu merencanakan beban

struktur bangunan. Berdasarkan data, batako mencapai berat stagnan antara hari ke-8 hingga ke-11 dan kering sempurna pada hari ke-28, berikut data hasil penimbangan kering yang diwakilkan dua variasi campuran.

Tabel 2. Hasil Penimbangan Kering Batako

Variasi	H1	H2	H3	H4	H5	H6	F7	F8	H9	H10	H11-28
A1	13,5	13	12,75	12,5	12,3	12	11,9	11,8	11,5	11,7	11,7
A2	13,5	13	12,75	12,5	12,3	12	11,9	11,6	11,3	11	11
A3	13,5	13	12,75	12,5	12,3	12	11,9	11,8	11,6	11,6	11,6
A4	13,5	13	12,75	12,5	12,3	12	11,9	11,7	11,7	11,7	11,7
A5	13,5	13	12,75	12,5	12,3	12	11,9	11,7	11,5	11,4	11,2
A6	13,5	13	12,75	12,5	12,3	12	11,9	11,8	11,7	11,7	11,7
A7	13,5	13	12,75	12,5	12,3	12	11,9	11,6	11,6	11,6	11,6
A8	13,5	13	12,75	12,5	12,3	12	11,9	11,6	11,4	11,2	11,2
A9	13,5	13	12,75	12,5	12,3	12	11,9	11,5	11,4	11,4	11,4
A10	13,5	13	12,75	12,5	12,3	12	11,9	11,7	11,3	11,4	11,3

Tabel 3. Hasil Penimbangan Kering Batako Variasi F/250gr *fly ash*

Variasi	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	F11-28
F1	14,7	14,6	14,4	14,3	14,2	14,2	14,1	13,9	13,7	13,5	13,4
F2	14,7	14,6	14,4	14,3	14,2	14,2	14,1	13,8	13,7	13,7	13,7
F3	14,7	14,6	14,4	14,3	14,2	14,2	14,1	13,9	13,9	13,9	13,9
F4	14,7	14,6	14,4	14,3	14,2	14,2	14,1	14	14	14	14
F5	14,7	14,6	14,4	14,3	14,2	14,2	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1
F6	14,7	14,6	14,4	14,3	14,2	14,2	14,1	14	14	14	14
F7	14,7	14,6	14,4	14,3	14,2	14,2	14,1	13,7	13,7	13,7	13,7
F8	14,7	14,6	14,4	14,3	14,2	14,2	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1
F9	14,7	14,6	14,4	14,3	14,2	14,2	14,1	13,7	13,7	13,7	13,7
F10	14,7	14,6	14,4	14,3	14,2	14,2	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1

Tabel 2 dan 3 di atas adalah perwakilan dari enam variasi campuran dimana masing-masing adalah campuran terendah dan campuran tertinggi. Dari hasil timbangan yang dilakukan angka-angka yang disajikan menunjukkan perbedaan berat yang cukup signifikan. Batako dengan campuran tertinggi menunjukkan berat batako yang lebih besar. Berat batako berpengaruh pada kerapatan bahan dan kondisi porositas. Batako yang terlalu ringan menunjukkan kokosongan rongga yang cukup banyak sedangkan batako dengan berat yang lebih cenderung memiliki kerapatan bahan yang maksimal.

4. Kondisi Porositas

Kondisi permukaan batako yang berpori banyak atau disebut porositas batako adalah tingkat ruang kosong dalam strukturnya, memengaruhi daya serap air, kekuatan, dan isolasi termal. Faktor-faktor yang memengaruhi porositas meliputi bahan baku, proses produksi, kadar air, dan teknik pengeringan. Porositas tinggi meningkatkan daya serap air namun menurunkan kekuatan batako, sedangkan porositas yang sesuai akan berdampak baik pada proses penyerapan air yang tidak maksimal.

5. Hasil Pengujian Daya Serap Air

Pengukuran serta pengujian daya serap air batako adalah mengukur kemampuan batako dalam menyerap air, yang memengaruhi ketahanan jangka panjangnya, terutama di lingkungan lembab. Batako dengan daya serap air tinggi rentan rapuh dan retak, sementara batako dengan daya serap rendah lebih padat dan tahan terhadap kerusakan. Pengujian dilakukan dengan merendam batako yang telah dikeringkan selama 28 hari dalam air

selama 1x24 jam, kemudian mengukur massa basah. Hasil pengujian daya serap air ini membantu menentukan kualitas batako dan memastikan ketahanannya terhadap perubahan cuaca dan kondisi lingkungan yang tidak stabil.

Tabel 4. Hasil Pengujian Daya Serap Air

No.	Variasi perbandingan komposisi	Batako	Massa (kg)	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)	Rata-rata densitas (kg/m ³)
1	Tanah putih 5kg, pasir 6kg, semen 1kg, fly ash 0gr	A1	11.3	6.358	1.754	1.726
		A2	11	6.358	1.730	
		A3	11.3	6.398	1.723	
		A4	11.5	6.378	1.726	
		A5	10.9	6.398	1.719	
2	Tanah putih 5kg, pasir 6kg, semen 950gr, fly ash 50gr	A1	11.09	6.378	1.738	1.792
		A2	12.01	6.398	1.877	
		A3	11.08	6.398	1.731	
		A4	12.01	6.378	1.883	
		A5	11.08	6.398	1.731	
3	Tanah putih 5kg, pasir 6kg, semen 900gr, fly ash 100gr	A1	12.06	6.398	1.969	1.998
		A2	12.07	6.378	1.991	
		A3	12.06	6.398	1.969	
		A4	12.05	6.398	1.953	
		A5	12.04	6.498	1.977	
4	Tanah putih 5kg, pasir 6kg, semen 850gr, 150gr	A1	13.04	6.498	2.094	2.098
		A2	13.03	6.398	2.078	
		A3	13.05	6.398	2.031	
		A4	12.09	6.398	2.016	
		A5	13.09	6.398	2.110	
5	Tanah putih 5kg, pasir 6kg, semen 800gr, fly ash 200gr	A1	13.09	6.398	2.172	2.141
		A2	13.08	6.398	2.156	
		A3	13.06	6.398	2.125	
		A4	13.06	6.398	2.123	
		A5	13.06	6.398	2.125	
6	Tanah putih 5kg, pasir 6kg, semen 250gr, fly ash 750gr	A1	14.00	6.378	2.12566	2.200
		A2	14.01	6.498	2.14129	
		A3	14.00	6.378	2.14129	
		A4	14.01	6.398	2.125,66	
		A5	14.01	6.378	2.12566	

Tabel hasil pengujian daya serap air ini memberikan informasi terkait variasi campuran terbaik yang memenuhi syarat atau standar penyerapan air minimum informasi ini diperlukan untuk menilai kualitas batako yang aman digunakan untuk konstruksi. Data di atas menunjukkan penyerapan air terendah berada pada batako dengan campuran *fly ash* tertinggi pada variasi F, dengan rata-rata penyerapan air terendah dan layak digunakan untuk konstruksi.

6. Campuran Terbaik

Penentuan campuran terbaik dari 6 variasi campuran ini tentu haruslah melalui pengujian yang teliti dan kompleks. Penentuan campuran terbaik akan menjadi acuan dan standar yang disarankan untuk dipakai. Variasi campuran terbaik pada komposisi campuran batako merujuk pada kombinasi bahan penyusun yang menghasilkan batako dengan kualitas optimal sesuai kebutuhan.

Dari data-data hasil pengujian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa pada penelitian ini batako dengan variasi campuran terbaik ada pada komposisi campuran *fly ash* 250gr atau merupakan campuran tertinggi. Kenaikan nilai uji kuat tekan searah dengan penambahan jumlah *fly ash* yang semakin banyak, pada pengujian daya serap serta densitas juga didapatkan nilai uji terbaik searah dengan penambahan *fly ash* yang semakin banyak. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa

komposisi campuran terbaik berada pada campuran tertinggi yaitu sebanyak 250gr *fly ash*

7. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian dilanjutkan pada pengujian kuat tekan ini dilakukan pada batako yang telah dikeringkan selama 28 hari. Pengujian ini mengukur kemampuan batako menahan tekanan hingga pecah, menggunakan mesin *Compression Testing Machine* di laboratorium PUPR NTT. Hasil pengujian ini memastikan batako memenuhi standar kekuatan yang diperlukan untuk konstruksi. Tabel hasil pengujian kuat tekan batako dengan bahan tambah *fly ash* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako dengan Bahan Tambah *Fly Ash*

No.	Variasi perbandingan komposisi	Batako	Luasan (mm ²)	Gaya (N)	Kuat tekan (N/mm ²)	Kuat tekan rata-rata (N/mm ²)
1	Tanah putih 5kg, pasir 6kg, semen 1kg, fly ash 0gr	A1	6.358	54.3	13.92	14.64
		A2	6.358	58.5	14.99	
		A3	6.398	59.1	15.07	
		A4	6.378	54.2	13.86	
		A5	6.398	61.1	15.58	
2	Tanah putih 5kg, pasir 6kg, semen 950gr, fly ash 50gr	B1	6.378	62.7	16.03	17.35
		B2	6.398	68.9	17.57	
		B3	6.398	67.6	17.24	
		B4	6.378	71.8	18.33	
		B5	6.398	69.3	17.67	
3	Tanah putih 5kg, pasir 6kg, semen 900gr, fly ash 100gr	C1	6.398	76.5	19.51	19.59
		C2	6.378	72.1	18.39	
		C3	6.398	82.4	21.01	
		C4	6.398	75.1	19.15	
		C5	6.398	78.1	19.92	
4	Tanah putih 5kg, pasir 6kg, semen 850gr, 150gr	D1	6.398	87.3	22.26	22.77
		D2	6.398	84.7	21.60	
		D3	6.398	87.5	22.31	
		D4	6.398	91.3	23.28	
		D5	6.398	95.6	24.38	
5	Tanah putih 5kg, pasir 6kg, semen 800gr, fly ash 200gr	E1	6.398	103.8	26.47	25.43
		E2	6.398	93.00	23.72	
		E3	6.398	102.0	24.38	
		E4	6.398	104.5	26.65	
		E5	6.398	103.8	25.96	
6	Tanah putih 5kg, pasir 6kg, semen 250gr, fly ash 750gr	F1	6.398	115.5	29.43	29.72
		F2	6.398	119.6	30.50	
		F3	6.398	122.3	31.19	
		F4	6.398	111.0	28.89	
		F5	6.398	112.3	28.61	

Dapat kita lihat hasil uji kuat tekan rata-rata batako dengan bahan tanah putih, pasir, semen, *fly ash*, dan air. dengan 5 kali pengulangan dimana setiap perlakuan menunjukkan hasil kuat tekan yang berbeda, dari data ini dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian kuat tekan batako dengan bahan tambah *fly ash* mengalami peningkatan kekuatan yang teratur dan yang tertinggi adalah pada campuran *fly ash* sebesar 250gr.

8. Hasil Kuat Tekan Tertinggi

Hasil uji kuat tekan terbaik ditentukan dari data-data hasil pengujian yang tertinggi, nilai kuat tekan tertinggi dari sebuah batako sangat dipengaruhi dari komposisi campuran yang dipakai. Nilai kuat tekan tertinggi memberikan informasi akurat tentang kualitas bahan bangunan kepada pelaku konstruksi untuk menaikkan kualitas bahan bangunan serta kualitas bangunan itu sendiri. Dari penelitian yang telah dilakukan, batako

dengan nilai kuat tekan terbaik berada pada komposisi campuran 250gr *fly ash* atau komposisi tertinggi. Dari data-data berupa tabel dan grafik yang telah dijelaskan di atas, melalui proses penelitian dan pengujian kuat tekan batako, ditemukan hasil penelitian yang menunjukkan pengaruh positif penggunaan *fly ash* sebagai bahan campuran dalam proses pembuatan batako. Pada pengujian kuat tekan, batako dengan variasi campuran 250gr dengan melalui pengeringan sempurna pada hari ke-28 menunjukkan hasil tertinggi pada variasi 250gr *fly ash* kuat tekan dinyatakan lulus uji dengan masuk pada kategori kelas IV dengan 29,72kg/cm².

9. Hasil Pengujian Densitas

Merupakan proses pengukuran kerapatan atau massa per satuan volume batako. Densitas batako menunjukkan seberapa padat material penyusunnya, yang berpengaruh pada kekuatan, daya serap air, dan kemampuan isolasi termal batako.

Densitas batako berhubungan erat dengan kekuatan strukturalnya. Semakin padat batako, semakin besar kemungkinan batako tersebut memiliki kekuatan yang lebih tinggi, sehingga lebih tahan terhadap tekanan atau beban. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Hasil Pengujian Densitas Batako

No.	Variasi perbandingan komposisi Batako	Massa (kg)	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)	Rata-rata densitas (kg/m ³)
1	Tanah putih 6kg, pasir 6kg, semen 1kg, fly ash 0gr	A1	11,3	6.358	1.726
		A2	11	6.358	
		A3	11,3	6.398	
		A4	11,3	6.378	
		A5	10,9	6.398	
2	Tanah putih 6kg, pasir 6kg, semen 950gr, fly ash 50gr	A1	11,09	6.378	1.792
		A2	12,01	6.398	
		A3	11,08	6.398	
		A4	12,01	6.378	
		A5	11,08	6.398	
3	Tanah putih 6kg, pasir 6kg, semen 900gr, fly ash 100gr	A1	12,06	6.398	1.998
		A2	12,07	6.378	
		A3	12,06	6.398	
		A4	12,03	6.398	
		A5	12,03	6.398	
4	Tanah putih 6kg, pasir 6kg, semen 850gr, fly ash 150gr	A1	13,04	6.398	2.098
		A2	13,03	6.398	
		A3	13,03	6.398	
		A4	12,09	6.398	
		A5	13,09	6.398	
5	Tanah putih 6kg, pasir 6kg, semen 800gr, fly ash 200gr	A1	13,09	6.398	2.141
		A2	13,08	6.398	
		A3	13,06	6.398	
		A4	13,06	6.398	
		A5	13,06	6.398	
6	Tanah putih 6kg, pasir 6kg, semen 250gr, fly ash 750gr	A1	14,00	6.378	2.200
		A2	14,01	6.398	
		A3	14,00	6.378	
		A4	14,01	6.398	
		A5	14,01	6.378	

Dapat dilihat bahwa semakin banyak campuran limbah *fly ash* maka semakin tinggi pula densitas dari batako tersebut. Yang dimana ini menunjukkan pengaruh *fly ash* terhadap kerapatan dan kepadatan batako densitas tertinggi batako dicapai pada variasi campuran 250gr *fly ash*.

D. PEMBAHASAN

Batako adalah bahan bangunan berbentuk balok yang terbuat dari campuran semen, pasir, air, dan terkadang bahan tambahan lainnya. Batako bisa diproduksi dengan cara manual atau menggunakan mesin cetak. kebutuhan akan kualitas bahan bangunan yang baik saat ini menjadi suatu masalah yang penting, batako sebagai bahan utama dalam sebuah konstruksi tentu harus berkualitas baik. Batako yang tidak berkualitas dapat mengakibatkan masalah keselamatan. Kekuatan batako sangat bergantung pada proses produksi juga pada bahan campuran yang dipakai dalam proses produksi. Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0349-1989 memberikan tambahan kriteria bahwa bata beton adalah bahan bangunan yang diproduksi dari campuran semen portland (PC), agregat halus, air, atau bahan tambah *additive* lainnya. Bahan tambah yang digunakan dalam proses pembuatan batako sangat bervariasi dengan keunggulan dan kelemahan nya masing-masing, pada penelitian kali ini menggunakan bahan tambah *fly ash* (debu batu bara). *Fly ash* adalah limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap. Dalam konteks ini, *fly ash* memiliki potensi sebagai bahan tambah dalam produksi batako (Setiawan, 2018). Pada pengujian yang telah dilakukan, ditemukan manfaat positif dari penggunaan bahan tambah *fly ash* dalam proses produksi batako, terjadi peningkatan kekuatan pada batako sejalan dengan jumlah *fly ash* yang ditambahkan semakin banyak campuran *fly ash* pada variasi tertentu maka semakin tinggi pula kekuatan nya. Hal yang serupa juga terjadi pada proses pengujian daya serap air dan densitas batako, dimana ditemukan hasil uji yang semakin baik sejalan dengan penambahan jumlah *fly ash* yang semakin banyak maka dapat disimpulkan bahwa *fly ash* disarankan untuk digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses pembuatan batako.

1. Pengujian Dimensi Batako

Produk batako yang baik adalah batako yang mempunyai dimensi ukuran yang sesuai dengan standar baik panjang, lebar dan ketebalannya serta sisi-sisinya yang lurus dan tajam atau tidak rusak dibagian sudut atau tepinya. (M Munir 2008). Pengujian dimensi batako penting untuk dilakukan agar memastikan bahwa batako memiliki dimensi yang tepat dan konsisten sangat penting untuk kualitas, kekuatan, dan estetika bangunan. Pengujian dimensi batako membantu memastikan bahwa material yang digunakan dalam konstruksi memenuhi standar dan spesifikasi yang diperlukan. Syarat mutu batako meliputi kondisi fisik serta dimensi. Secara fisik pada batako harus tidak terdapat retak retak dan cacat, siku-siku yang rusak.

Dalam proses penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, pengujian dimensi batako dengan cara pengukuran panjang, lebar, dan tebal batako menggunakan alat bantu meteran, didapatkan hasil yang baik yang menjelaskan tentang bagaimana pengaruh bahan tambah *fly ash* pada dimensi batako yang

dibuktikan dengan nilai hasil pengukuran dimensi dimana batako yang menggunakan campuran *fly ash* dalam skala yang banyak tidak ditemukan penyusutan atau mengalami penyusutan yang sangat kecil sedangkan batako dengan campuran *fly ash* dalam jumlah kecil dan tanpa campuran *fly ash* mengalami penyusutan hingga 2cm dari ukuran asli.

2. Pengujian Daya Serap

Daya serap air mengacu pada kemampuan suatu material untuk menyerap air ke dalam struktur internalnya. Hal ini biasanya diukur sebagai persentase dari berat air yang diserap terhadap berat kering awal material. Proses pengukuran daya serap air dilakukan dengan cara memasukan batako yang sudah kering sempurna pada umur 28 hari kedalam bak penampung untuk direndam selama 1x 24jam kemudian dikeluarkan dan ditimbang untuk mengetahui berat basah batako (setelah ditimbang) dan seberapa banyak batako menyerap air. Berdasarkan standar SNI No. 03-0349 tahun 1989 menyatakan bahwa, syarat maksimum daya serap air yaitu sebesar 25%.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan batako dengan kode A1-F5 memiliki persentase penyerapan air yang tidak lebih dari 25% atau dikategorikan layak atau lulus uji untuk digunakan sebagai bahan konstruksi. *Fly ash* sebagai bahan campuran pada penelitian kali ini memberi dampak baik pada jumlah porositas. *Fly ash* yang bereaksi dengan semen menghasilkan pasta semen yang kemudian bekerja sebagai bahan pengikat yang baik menutup dengan sempurna pori-pori batako sehingga jumlah penyerapan air menjadi lebih kecil karena tidak adanya rongga pada batako. Oleh sebab itu dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan *fly ash* sebagai bahan tambah dalam proses produksi batako sangat baik dan disarankan untuk dipakai pada penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan persentase penggunaan *fly ash* tertinggi pada takaran 250gr dari berat semen menghasilkan nilai daya serap air yang paling rendah.

3. Pengujian Densitas

Densitas batako adalah parameter penting dalam desain dan konstruksi bangunan, karena mempengaruhi banyak aspek seperti kekuatan, berat, dan efisiensi energi bangunan. pengujian densitas material seperti batako perlu dilakukan karena memiliki beberapa implikasi penting terhadap sifat fisik dan mekanis material serta kinerja keseluruhan bangunan atau struktur yang menggunakan material tersebut.

Densitas sangat dipengaruhi oleh proses produksi dan campuran bahan yang dipakai. Menurut Hakas Prayuda 1, Hanif Nursyahid 2, Fadillawaty Saleh, tinggi rendahnya densitas bata beton ini dipengaruhi oleh material bahan dasar dan proses penumbukan. Semakin tinggi densitas suatu benda, maka semakin besar pula volumenya. Densitas batako sangat bergantung pada kondisi penyerapan air batako dimana densitas adalah pengujian masa jenis batako yang menggunakan data-

data hasil pengujian daya serap air dan timbangan kering batako sehingga bila pengujian daya serap air batako menunjukkan hasil yang baik, dapat dipastikan pengujian densitas akan menunjukkan hasil yang baik pula. Pada penelitian ini pengujian daya serap air dikategorikan lulus uji karena tidak melewati ambang batas tertinggi yaitu sebesar 25% penyerapan air sehingga data pengujian nya layak dipakai sebagai acuan dalam pengujian densitas.

4. Pengujian Kuat Tekan

Menurut (I Gede Semara Waisnhawa, 2023) Kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin pembebanan. Kuat tekan batako mengidentifikasi mutu dari sebuah batako. Semakin tinggi kuat tekan batako, semakin tinggi pula mutu batako yang dihasilkan. Kuat tekan batako juga sangat bergantung pada bahan campuran yang dipakai selama proses produksi, mutu dan kualitas bahan yang dipakai berpengaruh pada kekuatan dari batako itu sendiri. Dari referensi yang ada menunjukkan Penggunaan bahan tambah seperti *fly ash* juga dinilai memberikan kontribusi yang positif terhadap hasil yang didapatkan. Oleh sebab itu penelitian ini juga menggunakan *fly ash* sebagai bahan campuran pada batako.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Syarat Fisik	Satuan	Hasil pengujian					
		A	B	C	D	E	F
Kuat tekan rata-rata	Kg/cm ²	14,64	17,35	19,59	22,77	25,43	28,72
Kuat tekan satuan	Kg/cm ²	-	-	-	-	-	-
Penyerapan air rata-rata	%	21,73	16,60	12,28	10,23	9,94	7,07
Densitas SNI	Kg/m ³	1726	1792	1998	2093	2141	2200

Hasil penelitian yang dilakukan dengan menambahkan *fly ash* sebanyak 50%, - 250% menunjukkan beberapa variasi kuat tekan yang berbeda. Dari hasil yang diperoleh melalui uji kuat tekan, batako dengan campuran *fly ash* pada persentase 250gr menunjukkan hasil yang positif, dimana batako yang dihasilkan memenuhi standar uji kuat tekan pada kelas IV dan tertinggi dari campuran-campuran sebelum nya yaitu pada angka 29.72kg/cm².

E. KESIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, disimpulkan hasil pengujian sebagai berikut:

1. Hasil kualitas batako dinilai dari ukuran, berat, porositas, penyerapan air, dan densitasnya. Dimensi rata-rata batako menunjukkan hasil presisi, berkisar antara 39,2 x 10 x 19 cm hingga 39,9 x 10 x 20 cm. Berat rata-rata batako meningkat dari 11,4 kg (variasi A) hingga 13,8 kg (variasi F). Penyerapan air berkurang signifikan dari 21,7 kg/mm³ (variasi A) menjadi 7,07 kg/mm³ (variasi F), menunjukkan porositas yang semakin rendah dan memperbaiki kualitas batako. Densitasnya meningkat seiring

penggunaan *fly ash*, dengan nilai tertinggi 2.200kg/cm³

2. Hasil pengujian menunjukkan batako dengan kualitas terbaik dihasilkan pada campuran 250gram *fly ash*. Dimensi batako pada variasi ini adalah 39,9 x 10 x 20 cm dengan penyusutan hanya 0,25%. Berat rata-rata batako sebesar 13,8 kg/m³, menunjukkan kerapatan yang baik tanpa mengurangi sifat mekanisnya. Porositas batako rendah dengan sedikit pori-pori, menghasilkan tingkat penyerapan air yang sangat rendah sebesar 7,07 kg/mm³. Densitasnya mencapai 2.200 kg/m³, sehingga campuran ini disimpulkan sebagai campuran terbaik.
3. Melalui proses dan hasil pengujian menunjukkan kuat tekan batako meningkat seiring penambahan komposisi *fly ash*. Nilai kuat tekan berturut-turut dari variasi A hingga F adalah 14,64 kg/cm², 17,35 kg/cm², 19,59 kg/cm², 22,77 kg/cm², 25,43 kg/cm², dan 29,72 kg/cm². Kenaikan yang teratur ini menunjukkan bahwa penggunaan *fly ash* berdampak positif terhadap kuat tekan batako, dengan peningkatan signifikan sesuai penambahan *fly ash* pada batas takaran tertentu.
4. Setelah melalui proses penelitian, hasil menunjukkan variasi F dengan campuran 250gram *fly ash* memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 29,72 kg/cm², sesuai dengan klasifikasi kelas IV SNI 03-0349-1989. Sebaliknya, variasi A dengan 0gram *fly ash* memiliki kuat tekan terendah sebesar 14,64 kg/cm². Campuran 250gram *fly ash* dinyatakan sebagai yang terbaik karena menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi dan lulus uji pada klasifikasi kelas IV.

Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, saran penelitian ini adalah:

1. Campuran F dengan komposisi *fly ash* sebesar 250 gr disarankan untuk digunakan karena menunjukkan nilai kuat tekan, densitas dan daya serap air tertinggi. Selain itu, penggunaan *fly ash* pada batako dapat menjaga kestabilan lingkungan.
2. Untuk memaksimalkan kualitas batako pada setiap variasi campuran, disarankan agar tidak mengurangi jumlah semen.
3. Evaluasi Dampak Lingkungan dari Penggunaan *Fly ash*. *Fly ash* adalah limbah yang mengganggu kestabilan lingkungan sekitar oleh sebab itu peneliti menyarankan agar melakukan kajian tentang bagaimana penggunaan *fly ash* pada batako berdampak pada lingkungan, baik dari segi emisi karbon maupun sisa limbah, akan memberikan manfaat dalam hal keberlanjutan dari produk batako tersebut.
4. Analisis Lebih Lanjut Terhadap Variasi Campuran *Fly Ash*. Disarankan penelitian lebih lanjut menggunakan campuran di atas 250 gr *fly ash*, untuk melihat kekuatan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibroto, 2018. "Eksperimen beton mutu tinggi berbahan fly ash sebagai pengganti sebagian semen."
- Badan Pusat Statistik Kota Kupang. Infografis Penduduk 2024. Diakses pada 11 November 2024, dari <https://kupangkota.bps.go.id/id/infographic?id=185>
- Bebhe, Kristiana, and Apridus K. Lapenangga, 2022. "Alternatif Bahan Dinding Bata Tanah Putih yang Ditambah Sekam Padi yang Tidak Dibakar." ATRIUM: Jurnal Arsitektur 8.1: 55-66.
- Harahap, Sahrul, 2021 "Analisa perbandingan biaya serta waktu pelaksanaan material dinding batu bata dan batako pada rumah type 36." Jurnal Education and Development 9.3: 20-26.
- I Gede Semara Waisnhawa, I Made Sastra Wibawa, I Gede Gegiranang Wiryadi .2023. "KUAT TEKAN BATAKO DENGAN CAMPURAN AGREGAT SISA AYAKAN 3MM"
- Kamali, 2018 "Pembuatan Batako Berbahan Aditif Limbah Fly Ash Batu Bara Di Desa Jago Kabupaten Lombok Tengah" Prosiding PKM-CSR, Vol.1.
- Knaofmone, R., & Messakh, J. J. (2022). Studi Perbandingan Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Alami Dan Batu Pecah: Comparison Study Of Concrete Compressive Strength With Natural Aggregate And Crushed Stone. BATAKARANG, 3(1), 12-18.
- Lestari, Rinta Suci, and Mohammad Razif, 2019. "Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Batako Menggunakan Semen Portland Dan Abu Sekam Padi Dengan Stabilisasi/Solidifikasi Kandungan Logam Pb." Prosiding Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan dan Infrastruktur. Vol. 1. No. 1.
- Muharram. 2021. "Pengaruh Penggunaan FLY ASH sebagai Substitusi Semen dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton." Jurnal Konstruksi 19.2: 410-417.
- Mukaromah, Hani, 2022 "Pro Kontra Terhadap Kebijakan Tata Kota Pengembangan Hunian Vertikal di Surabaya." Jurnal Ekonomi Bisnis dan Akuntansi 2.2: 1-11.
- Munir, Misbachul, and Danny Sutrisnanto. 2008. Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) untuk Hollow yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan. Diss. Program Pasca Sarjana,
- Persyaratan Umum – Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI – 1982) Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Prayuda, Hakas, Hanif Nursyahid, and Fadillawaty Saleh. 2017. "Analisis sifat fisik dan mekanik bata beton di Yogyakarta." Rekayasa Sipil 6.1: 29-40.
- Putri, 2023 "Penambahan Fly Ash Pada Pembuatan Bata Press Sekam Padi Dan Pengaruhnya Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, Serta Redaman

- Panas “(The Addition Of Fly Ash In The Rice Husk Pressed Brick Manufacturing And Its Effect On Technical Aspect, Production Cost And Heat Reduction).”
- Saputro, 2023.” Pengolahan Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash (Faba) Menjadi Produk Komersil Di Desa Sekuro.” Swadimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat 1.01 35-42.
- Sasmita, 2019 “Pengaruh substitusi parsial semen dengan cangkang telur ayam dan fly ash pada karakteristik mortar beton” Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil 8.1: 79-86.
- Setiawan, 2018” PEMANFAATAN FLY ASH PLTU SEBAGAI AGREGAT DALAM PEMBUATAN BATAKO “Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Inovasi dan Aplikasi di Lingkungan Tropis. Vol. 1. No. 1.
- SNI 15-2049-2004, Semen Portland Pozolan
- Sri Raudhatul, dkk 2018. <https://jurnal.ppi.ac.id/Pelatihan-Pemanfaatan-Fly-Ash-Sebagai-Bahan-Campuran-Pembuatan-Batako-Di-Geger-Madiun>.
- Standar Nasional Indonesia, 03-0349-1989. “Bata beton bertulang untuk pasangan dinding”
- Tang, Basry Yadi, and Wahyu Dani Swari, 2018 "Karakterisasi struktur bawah permukaan tanah pekebunan pada kebun contoh politani Kupang menggunakan metode georadar." Jurnal Geoelebes 2.2: 70-77.
- Yunanda, 2019” Perbandingan Kuat Tekan Mortar dengan Memanfaatkan Coal Ash Waste” Jurnal Teknik Sipil 7.2.
- Zebua, Wirna Dewi, Nufajriani Nufajriani, and Yohansen Wahyudi. 2023: Journal of Chemistry, Education, and Science 7.2: 137-141.