

ANALISIS KUALITAS PAVING BLOCK DENGAN BAHAN TAMBAHAN FLY ASH

PAVING BLOCK QUALITY ANALYSIS WITH FLY ASH ADDITIONAL MATERIAL

Asrial, Roly Edyan dan Ayu Acnessia Polin

Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP Undana

e-mail: asrial@staf.undana.co.id, roly@staf.undana.co.id dan ayupolin42@gmail.com

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah sarana infrastruktur penting dalam sektor ketenagalistrikan yang menggunakan energi kinetik dari uap sebagai sumber daya, yang dihasilkan melalui proses pembakaran bahan bakar seperti batubara, minyak, atau gas. PLTU yang berlokasi di Kabupaten Kupang, tepatnya di Desa Bolok. PLTU Bolok adalah salah satu pabrik pembangkit listrik yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar utama dalam proses pembangkitan energi listriknya. Batu bara adalah sumber daya alam non-renewable berupa batuan karbon yang terbentuk dari tumbuhan purba yang telah mengalami proses dekomposisi dan pemadatan selama jutaan tahun. Ini adalah salah satu bahan bakar fosil yang paling banyak digunakan di dunia untuk menghasilkan energi. *fly ash* yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Bolok, merupakan limbah yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak lingkungan yang serius. Penelitian ini bertujuan untuk Pengujian kuat tekan *paving blok* yang menggunakan abu batu bara sebagai bahan tambahan (sesuai dengan SNI-03-0691-1996) Pengujian konsentrasi abu batu bara dalam campuran mempengaruhi densitas pada *paving block* (sesuai dengan SNI-03-0691-1996). Berdasarkan latar belakang dan tujuan penelitian maka peneliti mengambil metode kuantitatif untuk pengujian kuat tekan dan densitas pada *paving block* dengan tambahan fly ash. densitas presentase 0 % dengan nilai 1,366 kg/m³ hasil densitas ini cukup rendah dan pada presentase 20% dengan nilai 2,2749 kg/m³ densitas ini memiliki peningkatan menunjukkan bahwa *paving block* tersebut memiliki kekuatan yang lebih baik dan kualitas yang lebih tinggi secara keseluruhan, hasil pengujian kuat tekan pada *paving block* yang menggunakan campuran abu batubara(fly ash). Setiap perbandingan campuran menunjukkan variasi kuat tekan yang berbeda. Pada perbandingan 0%, kuat tekan paling rendah tercatat sebesar 22,93 kg/cm², sementara pada perbandingan 15%, kuat tekan tertinggi mencapai 110,04 kg/cm².

Kata Kunci: Analisis, abu batu bara, sebagai bahan tambah, pada paving block

Abstract

Steam Power Plants (PLTU) are important infrastructure facilities in the electricity sector that use kinetic energy from steam as a resource, which is produced through the process of burning fuel such as coal, oil or gas. The PLTU is located in Kupang Regency, precisely in Bolok Village. PLTU Bolok is a power plant that uses coal as the main fuel in the process of generating electrical energy. Coal is a non-renewable natural resource in the form of carbon rock formed from ancient plants that have undergone a process of decomposition and solidification for millions of years. It is one of the most widely used fossil fuels in the world to produce energy. *fly ash* produced by the Bolok Steam Electric Power Plant (PLTU), is waste that has the potential to cause serious environmental impacts. This research aims to test the compressive strength of paving blocks that use coal ash as an additional material (in accordance with SNI-03-0691- 1996). Testing the concentration of coal ash in the mixture affects the density of paving blocks (in accordance with SNI-03-0691-1996). Based on the background and research objectives, the researchers took a quantitative method to test the compressive strength and density of paving blocks with the addition of fly ash. percentage density of 0% with a value of 1.366 kg/m³ this density result is quite low and at a percentage of 20% with a value of 2.2749 kg/m³ this density has an increase indicating that the paving block has better strength and higher quality, test results compressive strength of paving blocks that use a mixture of coal ash (fly ash). Each mixture ratio shows a different variation in compressive strength. At a comparison of 0%, the lowest compressive strength was recorded at 22.93 kg/cm², while at a comparison of 15%, the highest compressive strength reached 110.04 kg/cm².

Keywords: Analysis, coal ash, as an additive, in paving blocks

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah sarana infrastruktur penting dalam sektor ketenagalistrikan yang menggunakan energi kinetik dari uap sebagai sumber daya, yang dihasilkan melalui proses pembakaran bahan bakar seperti batubara, minyak, atau gas. PLTU merupakan komponen vital dalam penyediaan energi listrik di Indonesia, yang tersebar luas di berbagai wilayah, termasuk di Propinsi Nusa Tenggara Timur. PLTU yang berlokasi di Kabupaten Kupang, tepatnya di Desa Bolok. PLTU Bolok adalah salah satu pabrik pembangkit listrik yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar utama dalam proses pembangkitan energi listriknya, (pjb services, 2014). Dan Menurut salah satu karyawannya mengatakan bahwa pemakaian batubara dalam 3 sampai 4 hari bisa menghabiskan 7500 Ton batubara dan juga menghasilkan *fly ash* sebanyak 4,4 ton.

Fly ash yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Bolok, merupakan limbah yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak lingkungan yang serius. Dengan karakteristiknya yang beracun dan kemampuannya untuk mencemari tanah dan air, pengelolaan limbah *fly ash* menjadi perhatian utama dalam upaya menjaga keseimbangan lingkungan, permasalahan muncul dari peningkatan penggunaan bahan baku tak terbarukan seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan pembangunan infrastruktur. Hal ini memunculkan kekhawatiran akan keberlanjutan sumber daya alam serta meningkatkan tekanan terhadap lingkungan. Akumulasi besar potensi *fly ash* yang belum dimanfaatkan menimbulkan masalah serius dalam pengelolaan limbah. Belum adanya pemanfaatan secara optimal dari sumber daya ini tidak hanya menciptakan risiko lingkungan yang tidak terkendali, tetapi juga menyia-nyiakan potensi sumber daya yang berharga. Sementara permintaan pasar terhadap material konstruksi terus meningkat, tantangan muncul dalam memenuhi kebutuhan konsumen dan industri secara berkelanjutan. Penelitian ini dihadapkan pada tuntutan untuk menemukan solusi yang efisien dan ramah lingkungan dalam memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan pasar yang terus berkembang.

Dalam konteks ini, penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisis potensi penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambahan dalam pembuatan

paving block, yang merupakan komponen penting dalam pembangunan infrastruktur seperti jalan dan lain-lain

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dalam penelitian ini mencakup:

1. Limbah *fly ash* dari batu bara yang dihasilkan oleh PLTU Bolok memiliki potensi untuk menimbulkan masalah lingkungan.
2. Penggunaan bahan baku yang tak terbarukan mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan dan peningkatan pembangunan.
3. Pengumpulan besar potensi *fly ash* yang belum dimanfaatkan menciptakan masalah potensial dalam pengelolaan limbah dan peluang yang belum terealisasi dalam pemanfaatan sumber daya tersebut.
4. Permintaan pasar yang tinggi untuk material yang semakin menciptakan tantangan dalam memenuhi kebutuhan konsumen dan industry.

1.3 Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam penelitian ini mencakup:

1. Penelitian akan membatasi analisis pada limbah abu batu bara (*fly ash*) yang dihasilkan oleh PLTU Bolok.
2. Penelitian akan efektivitas abu batu bara (*fly ash*) sebagai bahan utama dalam pembuatan *paving block*.
3. Penelitian akan membatasi analisis pada pengaruh variasi persentase *fly ash* (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) dalam campuran *paving block*.
4. Penggunaan SNI-03-0691-1996 sebagai referensi dalam menentukan spesifikasi teknis untuk pembuatan *paving block*.
5. Pengujian di lakasanakan di Laboratorium Pengujian Dinas Pekerja Umum Provinsi NTT

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang hendak dipecahkan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kualitas *paving blok* dengan bahan tambahan abu batu bara melaui pengujian kuat tekan (sesuai dengan SNI-03-0691-1996)?
2. Bagaimana konsentrasi abu batu bara memiliki pengaruh densitas terhadap *paving block* (sesuai dengan SNI-03-0691-1996).

1.5 Tujuan Penelitian

1. Pengujian kuat tekan *paving block* yang menggunakan abu batu bara sebagai bahan tambahan (sesuai dengan SNI-03-0691-1996).
2. Pengujian konsentrasi abu batu bara dalam

campuran mempengaruhi densitas pada *paving block* (sesuai dengan SNI-03-0691-1996).

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini melibatkan:

1. Menyediakan informasi tentang potensi penggunaan abu batu bara dalam produksi *paving block* untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi material konstruksi.
2. literatur mengenai sifat mekanik *paving block* dengan memanfaatkan abu batu bara sebagai bahan tambahan.
3. Mendukung pengembangan teknologi konstruksi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Demikianlah pendahuluan ini disusun sebagai landasan awal untuk memahami konteks dan relevansi penelitian ini. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan teknologi konstruksi berkelanjutan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan tujuan penelitian maka peneliti mengambil metode kuantitatif untuk pengujian kuat tekan dan Densitas pada *paving block* dengan tambahan *fly ash*.

2.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian direncanakan dilakukan selama 1 bulan dimulai dari bulan April 2024 sampai Mei 2024.

2.3 Objek Penelitian

Pengambilan Sampel *fly ash* (Abu terbang) berlokasi Di PLTU Bolok dan kemudian pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT.

2.4 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Tahapan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap antara lain:

- a. Tahapan penimbangan massa
Pada tahap ini semen, pasir dan ditimbang dengan variasi *fly ash* yang ditambahkan 0%, 5%, 10%, 15% Dan 20% dari massa bahan yang digunakan. *Fly ash* yang digunakan berasal dari PLTU Bolok. Tahapan pencampuran bahan, pada tahap ini seluruh bahan penyusun *paving block* dicampurkan dan dibagi menjadi 5 jenis campuran dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Variasi Komposisi Bahan Campuran

No	Pengujian	Presentase Fly Ash (%)				
		0 (%)	5 (%)	10 (%)	15 (%)	20 (%)
1	Kuat Tekan	3	3	3	3	3
2	Densitas	3	3	3	3	3

Pada Variasi 0% *fly ash* tidak ditambahkan, pada 5% *fly ash* yang ditambahkan sebanyak 300 gram, 10% *fly ash* yang ditambahkan sebanyak 600 gram, pada 15% *fly ash* yang ditambahkan sebanyak 900gram dan 20% *fly ash* yang ditambahkan sebanyak 1200 gram. Jumlah *fly ash* yang akan ditambahkan ke dalam campuran dapat dihitung dengan mengalikan berat pasir dengan persentase *fly ash* yang diinginkan, kemudian membaginya dengan berat semen dan dapat menentukan jumlah *fly ash* yang dibutuhkan untuk setiap persentase yang berbeda.

- b. Tahapan Pembuatan dan pencetakan *Paving Block*

Dalam pembuatan benda uji dibentuk dengan menggunakan cetakan berbentuk Persegi Panjang dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tebalnya 6 cm (SNI 03-0691-1996).

Campurkan bahan utama yaitu pasir, semen, dan air dengan variasi penambahan *fly ash* diaduk secara merata sehingga seluruh bahan utama tercampur merata, kemudian bahan yang sudah tercampur secara merata dimasukan kedalam cetakan kemudian dipadatkan dan merata keseluruhan bagian cetakan. Selanjutnya, khusus dan jemur di bawah matahari hingga kering

- c. Pengukuran dan Penimbangan Benda Uji

- a) Pengukuran Dimensi *Paving Block*

Siapkan alat ukur penggaris dengan ketelitian, Pastikan *paving block* dalam keadaan bersih dan kering sebelum pengukuran, Pengukuran Panjang, Lebar, dan Tinggi: 20 x 10 x 6

- b) Penimbangan *Paving Block*

Persiapan Alat Timbang
Penimbangan Benda Uji:

Timbang setiap *paving block* secara individu, catat berat masing keluaran *Paving block* mentah dari cetakan-masing *paving block*. Ulangi penimbangan untuk setiap *paving block* yang akan diuji.

- d. Metode Perhitungan

1. Uji Densitas

Paving block yang diuji direndam dalam air, Perubahan dalam berat air yang dipindahkan setara dengan volume *paving block* yang direndam, Densitas dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Densitas } (\rho) = \frac{m}{v}$$

Dengan:

$$\rho = \text{Densitas suatu bahan (Kg/m}^3\text{)}$$

m = Massa kering bahan (Kg)

V = Volume bahan (m^3)

2. Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan menggunakan alat *Electrical Loading Machine*. Pada alat tersebut terdapat angka dan jarum petunjuk seperti jarum jam yang menunjukkan nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan didapatkan apabila sampel yang ditekan sudah hancur, kemudian sampel yang hancur diangkat untuk dibersihkan dan diganti dengan sampel berikutnya, pengujian kuat tekan dilakukan sebanyak 15 kali dengan jenis sampel yang berbeda dan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{L}$$

Dengan:

P = Beban Maksimum (N)

L = Luas Penampang (mm^2)

HASIL PENELITIAN

Hasil Pemeriksaan Bahan

Penelitian ini dalam pembuatan *paving block* melibatkan tiga bahan utama yaitu semen, pasir, dan air, serta bahan tambahan berupa abu batu bara (*fly ash*). Hasil pemeriksaan terhadap bahan-bahan tersebut adalah sebagai berikut:

Bahan dan Alat Uji

Pada tahap ini semen dan pasir dengan perbandingan 1:6 dan variasi *fly ash* yang ditambahkan 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari massa bahan yang digunakan, campuran beton yaitu semen sebagai bahan pengikat, pasir yang berfungsi sebagai agregat halus untuk memberikan kekuatan dan stabilitas pada campuran, air untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan, dan *fly ash* digunakan berasal dari PLTU bolok sebagai bahan tambahan dengan variasi yang berbeda dalam pembuatan *paving block*. Pada pembuatan *paving block* dengan ukuran dan massa berhasil dilakukan dengan baik.

Perhitungan Kebutuhan Campuran

Perhitungan kebutuhan campuran *paving block* adalah sebagai berikut ini

Semen : 0,0025 m^2 di konfersikan ke berat 1 kg

Pasir : 0,0015 m^2 di konfersikan ke berat 6 kg *Fly ash* sesuai presentase 0%, 5%, 10%, 15%, 20%

Untuk 3 *paving*

Kebutuhan *paving*: 15 buah

Volume *Paving* = $20 \times 10 \times 6 = 1,200 \text{ cm}^3$

Berat Volume Pasir = 0,015 m^3

Faktor Pemadatan = 80.000

Kebutuhan Pasir untuk 1 *paving block* = $80.000 \times B.V \text{ pasir} \times V$. *Paving block* = $80.000 \times 0,015 \times 1,200 = 1,440 \text{ gram}$

Kebutuhan pasir untuk 3 *paving block* = $3 \times = 4.320 \text{ gram}$

Kebutuhan semen untuk 1 *paving block* = kebutuhan pasir/6 = $1,440/6 = 240 \text{ gram}$

Kebutuhan semen untuk 3 *paving block* = $3 \times 240 = 720 \text{ gram}$

Kebutuhan komposisi semen, pasir, air dan tambahan *fly ash* dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Komposisi Semen, Pasir, Air dan Tambahan *Fly Ash*

Komposisi (%)	Semen (gram)	Pasir (gram)	ATK (gram)	Jumlah Benda Uji
1 pc : 6 ps : 0% ATK	720	1.440	-	3
1 pc : 6 ps : 5% ATK	720	1.110	500	3
1 pc : 6 ps : 10% ATK	720	1.440	600	3
1 pc : 6 ps : 15% ATK	720	1.110	900	3
1 pc : 6 ps : 20% ATK	720	1.440	1200	3
Jumlah	3.600	7.200	3.000	15

Tabel 3. Ukuran dan Berat *Paving Block*

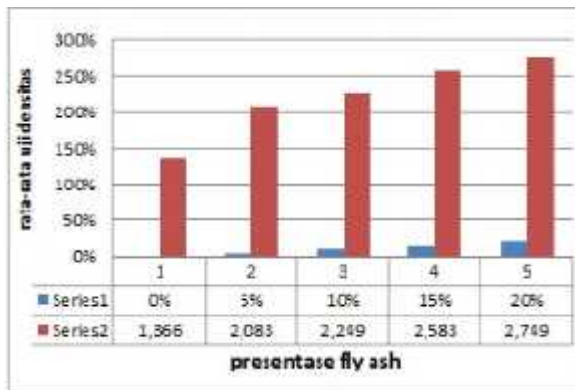
No	Perbandingan	Ukuran (cm)	Massa (kg)
1	0%	$20 \times 10 \times 6$	2,2
			2,3
			2,3
2	5%	$20 \times 10 \times 6$	2,4
			2,5
			2,6
3	10%	$20 \times 10 \times 6$	2,6
			2,7
			2,8
4	15%	$20 \times 10 \times 6$	3,0
			3,1
			3,2
5	20%	$20 \times 10 \times 6$	3,2
			3,3
			3,4

Pengujian Densitas

Uji densitas dilakukan untuk mengetahui massa pada setiap sampel. umumnya *paving block* yang memenuhi standar memiliki densitas yang lebih tinggi.

Tabel 4. Hasil Uji Densitas

No	Perbandingan	Massa (kg)	Volume (m^3)	Densitas (kg/m^3)	Rata-Rata Densitas (kg/m^3)
1	0%	2,2	0,0012	1,83	1,366
		2,3	0,0012	1,916	
		2,4	0,0012	2,000	
2	5%	2,4	0,0012	2,000	2,083
		2,5	0,0012	2,083	
		2,6	0,0012	2,166	
3	10%	2,6	0,0012	2,166	2,249
		2,7	0,0012	2,250	
		2,8	0,0012	2,333	
4	15%	3,0	0,0012	2,500	2,583
		3,1	0,0012	2,583	
		3,2	0,0012	2,666	
5	20%	3,2	0,0012	2,666	2,749
		3,3	0,0012	2,750	
		3,4	0,0012	2,833	



Gambar 1. Diagram Batang Hasil Uji Densitas

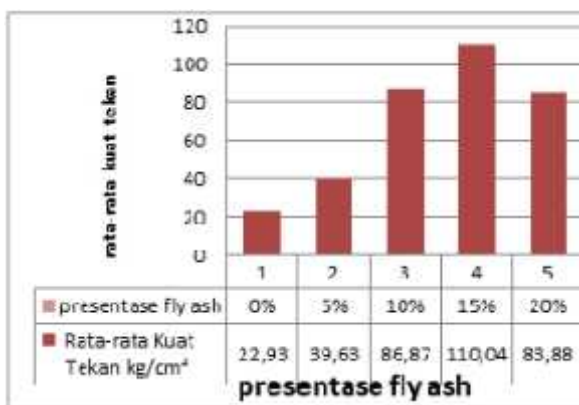
Hasil nilai densitas tertinggi diperoleh pada perlakuan 0% dengan nilai sebesar 2,749 kg/m³. Sedangkan nilai terendah pada uji densitas diperoleh pada perlakuan 0% dengan nilai sebesar 1,366 kg/m³.

Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan menggunakan alat *Electrical Loading Machine*. Uji kuat tekan bertujuan untuk menentukan kekuatan material terhadap beban tekan *paving block*. Uji ini sangat penting dalam berbagai bidang teknik dan konstruksi karena memberikan informasi mengenai seberapa besar beban yang dapat ditahan oleh material sebelum mengalami kerusakan permanen.

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan

No	Perbandingan	Luas Penampang	Umur hari	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm ²)	Keterangan
1	0%	200	28	18,57 24,68 25,50	22,93	Hasil
2	5%	200	28	40,71 38,13 38,96	39,63	Hasil
3	10%	200	28	90,12 87,31 88,18	86,87	Hasil
4	15%	200	28	100,32 121,75 102,36	110,04	Hasil
5	20%	200	28	67,22 101,49 87,92	83,88	Hasil



Gambar 2. Diagram Batang Hasil Uji Kuat Tekan

Dari tabel 5, terlihat hasil pengujian kuat tekan pada *paving block* yang menggunakan campuran abu batubara (*fly ash*). Setiap perbandingan campuran menunjukkan variasi kuat tekan yang berbeda. Pada perbandingan 0%, kuat tekan paling rendah tercatat sebesar 22,93 kg/cm², sementara pada perbandingan 15%, kuat tekan tertinggi mencapai 110,04 kg/cm².

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, *paving block* dengan mutu baik memiliki nilai kuat tekan yang tinggi. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Uji Densitas

Dari hasil penelitian tersebut terhadap kualitas *paving block* dengan berbagai presentase densitas sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Densitas Rendah (0% *Fly Ash* - 1.366 kg/m³): *Paving block* dengan densitas rendah menunjukkan kualitas yang kurang baik.
- Densitas Sedang (5% *Fly Ash* - 2.083 kg/m³): *Paving block* dengan densitas sedang masih memenuhi standar minimum.
- Densitas Baik (10% *Fly Ash* - 2.249 kg/m³): *Paving block* dengan densitas ini sudah dianggap baik. *Paving block* pada kategori ini memiliki kekuatan yang cukup untuk berbagai aplikasi konstruksi.
- Densitas Sangat Baik (15% *Fly Ash* - 2.583 kg/m³): *Paving block* dengan densitas sangat baik menunjukkan kualitas yang tinggi.
- Densitas Sangat Tinggi (20% *Fly Ash* - 2.749 kg/m³): *Paving block* dengan densitas sangat tinggi menunjukkan kualitas yang sangat unggul.

Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan densitas *paving block*, yang dapat dicapai dengan penambahan *fly ash* dalam proses produksi, berbanding lurus dengan peningkatan kualitas dan kekuatan *paving block*. *Paving block* dengan densitas yang lebih tinggi lebih tahan terhadap kerusakan dan lebih cocok untuk aplikasi yang menuntut beban berat dan lalu lintas tinggi.

Uji Kuat Tekan

Dari serangkain uji coba didapat nilai kuat tekan yang berbeda:

- Nilai kuat tekan 22,93 kg/cm² sehingga digolongkan ke dalam *paving block* mutu D

- b. Nilai kuat tekan 39,63 kg/cm², sehingga digolongkan kedalam *paving block* mutu B
- c. Nilai kuat tekan 86,87 kg/cm², sehingga digolongkan kedalam *paving block* mutu A
- d. Nilai kuat tekan 110,04 kg/cm² sehingga digolongkan kedalam *paving block* mutu A
- e. Nilai kuat tekan 83,88 kg/cm², sehingga digolongkan kedalam *paving block* mutu A

Dari beberapa pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak *fly ash* yang ditambahkan pada pembuatan *paving block* dapat menambah daya tekan

Saran

Uji Densitas

Paving block harus mempertimbangkan penambahan *fly ash* dalam komposisi material untuk meningkatkan densitas dan kualitas produk. Penambahan *fly ash* sebesar 0%,5%,10%,15%,20% telah terbukti meningkatkan kualitas *paving block* secara signifikan.

Uji Kuat Tekan

- a. Untuk mengurangi penggunaan semen pada *paving block*, limbah abu batubara (*fly ash*) dapat digunakan sebagai alternatif, sehingga biaya produksi dapat dihemat dan ramah lingkungan
- b. Pembuatan *paving block* dengan bahan tambahan *fly ash* dapat dilakukan pada presentase 15% dengan hasil yang sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrial, A., & Harijono, H. (2019). Serat Lontar Sebagai Bahan Tambahan Ada Agregat Bata Beton Pejal. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 1-11.
- Chandra, D. (2019). Analisa Pengaruh Aktivator Kalium Dan Kondisi Material Pada Beton Geopolymer Dari Limbah B3 Fly Ash Batubara Terhadap Kuat Tekan. *Jurnal Rekayasa*, 9(2), 73-90.
- Deanova, F. A. A. (2020). Ta: Kajian Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Geopolimer (Doctoral *Dissertation*, Institut Teknologi Nasional Bandung).
- Edwin, R. S., Simatupang, M., Masud, F., Kimsan, M., Nugraha, A. A., Nasrul, N., & Tamburaka, I. P. (2021). Bimbingan Teknis Teknologi Mortar Dengan Campuran Fly Ash Untuk Industri Paving Block Di Kelurahan Kessilampe Kota Kendari. Panrita Abdi-*Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, 5(2), 158- 167.
- Hasyim, R. C. (2017). Pengaruh Abu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Bata Beton Beragregat Bottom Ash.
- Otto Lambok Raya, NABABAN (2023). Perbandingan Pemanfaatan Limbah Fly Ash Dan Spent Bleaching Earth (Sbe) Sebagai Substitusi Semen Pada Aplikasi Beton Mutu Normal Skala Produksi (Study Kasus Batching Plant Pt. Lazuardi Cahaya Perkasa) (Doctoral *Dissertation*, Universitas Lampung)
- Pjbservices (2014) pln-npservices pln npservices <https://www.pjbservices.com/laporan-tahunan-2014/>
- SIRA, R. (2021). Analisis Mineral Matter Dan Kualitas Batubara Blok Batulaki Kecamatan Satui, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan (Doctoral *dissertation*, Universitas Hasanuddin).
- SNI 03-0691-1996. Metode pengujian kuat tekan beton
- SNI 03-1947-1990 Tata cara perencanaan lingkungan perumahan di perkotaan
- Walewangko, B. Y, Sompie, O. B., & Sumampouw, J. E. (2020). Pengaruh penambahan fly ash dan tras pada tanah lempung terhadap NILAI CBR. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1).
- Weiping, M & Paul, W.B. (1997). Hydrothermal Reactions of Fly Ash with Ca(OH)₂ and CaSO₄.2H₂O. *Cement and Concrete Research*, 27(8), 1237-1248
- Wijaya, R. A., Wijayanti, S., & Astuti, Y. (2021). Fly Ash Limbah Pembakaran Batubara sebagai Zat Mineral Tambahan (Additive) untuk Perbaikan Kualitas dan Kuat Tekan Semen. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 27(1), 127-13
- Yohanes M.A Liem (2023) Analisis Sifat Mekanik Paving Block Berpori Dengan Bahan Agregate Batu Kapur Dan Fly Ash Batubara Dari Pltu Bolok.