
Pemanfaatan Limbah Hasil Pembakaran Batubara *Faba (Fly Ash dan Bottom Ash)* PLTU Menjadi *Paving Block*

Dian Isnandar¹, Harjuni Hasan², Albertus Juvensius Pontus³, Agus Winarno⁴, Windhu Nugroho⁵.

¹ Universitas Mulawarman, Indonesia

Alamat: Jl. Sambaliung, Sempaja Selatan, Kec. Samarinda Utara, Kota Samarinda, Kalimantan timur

Korespondensi penulis: nandarkio.2@gmail.com

Abstract. *Water absorption test and compressive strength test were conducted to determine the quality standards of paving blocks. This research was conducted by using a mixture of fly ash, bottom ash and cement. The tests carried out in this study were water absorption test and compressive strength test using 3 compositions of 5%, 8% and 12%. In each composition using 3 samples for testing. Tests were carried out with a vulnerable time between 7 days, 14 days and 28 days. The highest water absorption results in the 8% composition with water absorption of 1.467%. The highest compressive strength results in the 8% composition with a compressive strength of 10.479 Mpa.*

Keywords: *Paving block, water absorption, compressive strength.*

Abstrak. Uji penyerapan air dan uji kuat tekan dilakukan untuk mengetahui baku mutu paving block. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan campuran antara fly ash, bottom ash dan semen. Uji yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah uji penyerapan air dan uji kuat tekan dengan menggunakan 3 komposisi 5%, 8% dan 12%. Pada setiap komposisi menggunakan 3 sampel untuk pengujian. Pengujian dilakukan dengan rentan waktu antara 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Hasil penyerapan air tertinggi pada komposisi 8% dengan penyerapan air 1,467%. Hasil kuat tekan tertinggi pada komposisi 8% dengan kuat tekan 10,479 Mpa.

Kata kunci: Paving block, serap air, kuat tekan.

1. LATAR BELAKANG

Penetapan Status Limbah bagi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Dikecualikan dari Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Lampiran IX Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Terhadap Limbah B3 tertentu dari sumber spesifik khusus sebagaimana dimaksud Terhadap Limbah B3 tertentu dari sumber spesifik khusus sebagaimana dimaksud. Limbah B3 tertentu sebagaimana pada ayat (3) meliputi fly ash, dari proses pembakaran batubara pada fasilitas stoker boiler dan bottom ash, dari proses pembakaran batubara pada fasilitas stoker boiler (LHK 2021).

Indonesia memiliki beberapa PLTU dengan bahan bakar batubara yang setiap tahunnya menghasilkan banyak sekali limbah FABA (fly Ash dan Bottom Ash). Produksi FABA dari pembangkit listrik di Indonesia terus meningkat tiap tahunnya (Pangestuti 2011).

2. KAJIAN TEORITIS

Fly ash adalah abu batubara yang sangat halus yang berasal dari aktifitas pembakaran batubara didalam furnace dari suatu boiler pembangkit. *Fly Ash* banyak mengandung mineral

yang mengandung mineral anorganik seperti SiO₂, Al₂O₃, P₂O₅ dan Fe₂O₃ yang dapat mencemari lingkungan, seperti pencemaran udara dan pencemaran tanah (Winarno 2019).

Fly ash dibagi menjadi dua kelas yaitu *fly ash* kelas F batubara merupakan *fly ash* yang diproduksi dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous, mempunyai sifat *pozzolanic* dan untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan quick lime, hydrated lime, atau semen. *Fly ash* kelas F ini kadar kapurnya rendah (CaO < 10%) sedangkan satu lagi yaitu kelas C dimana *fly ash* ini diproduksi dari pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous selain mempunyai sifat *pozzolanic* juga mempunyai sifat self-cementing (kemampuan untuk mengeras dan menambah strength apabila bereaksi dengan air) dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur. Biasanya mengandung kapur (CaO) > 20% (Ansari 2021).

Bottom ash adalah bahan buangan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga uap yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada *fly ash*, sehingga *bottom ash* akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (boiler) dan terkumpul pada penampung debu (ash hopper) lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang (Irianta 2010).

Bottom ash dikategorikan menjadi *dry bottom ash* dan *wet bottom ash/boiler slag* berdasarkan jenis tungkunya yaitu *dry bottom boiler* yang menghasilkan *dry bottom ash* dan *slag-tap boiler* serta *cyclone boiler* yang menghasilkan *wet bottom ash (boiler slag)*. Sifat dari *bottom ash* sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh jenis batu bara dan sistem pembakarannya (Irianta 2010).

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Uji kuat tekan juga didefinisikan sebagai ketahanan benda uji terhadap beban di bawah aksi gaya tekan dan merupakan properti parametrik yang digunakan untuk mengukur kinerja material atau mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Besarnya kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan berikut (Untari, Harahap, dan Pakpahan 2022).

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{L} \dots \dots \dots 2.1$$

Keterangan:

P= Beban Tekanan(N)

L=Luas Bidang Tekan(mm²)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase air yang diserap oleh paving block. Uji penyerapan air menunjukkan kemampuan paving block dalam menyerap air. Semakin besar kemampuan paving block dalam menyerap air maka akan mempengaruhi kemampuan

paving block dalam menahan beban, yaitu kuat tekannya akan semakin kecil. Menurut SNI-03-0691-1996, penyerapan air pada paving block dapat dikatakan baik apabila penyerapannya kurang dari 6%. Semakin besar mutu paving block maka semakin kecil persentase penyerapan air. Besar persentase penyerapan air dapat dihitung melalui persamaan:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} 100\% \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan:

A=Berat sampel basah(kg)

B=Berat sampel kering(kg)

Analisis regresi adalah hubungan yang didapat dan dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel-variabel Analisis regresi linier sederhana digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas dengan variabel bebas tunggal. Regresi linier sederhana hanya memiliki satu perubahan regresi linier untuk populasi adalah

$$Y = a + bx \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan:

Y = Subyek dalam variabel dependen yang diprediksikan

X = Subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu.

a = Parameter intercept

b = Parameter koefisien regresi variabel bebas

3. METODE PENELITIAN

Berikut langkah-langkah atau prosedur pembuatan paving blok dengan menggunakan metode konvensional:

1. Perbandingan campuran yang akan dipergunakan.
2. Setelah bahan ditakar sesuai dengan perbandingan campuran, campur dan aduk sampai rata dalam keadaan lembab.
3. Masukkan bahan yang telah dicampur kedalam cetakan dan padatkan dengan cara ditumbuktumbuk dalam cetakan, kemudian cetakan dibalik dan diangkat secara perlahan-lahan.
4. Setelah tercetak, simpan paving ditempat yang teduh dan lembab.
5. Setelah 24 jam, paving dilepas dari plat alasnya dan direndam dalam air selama 3 hari.
6. Selanjutnya paving dianginanginkan dan diangkat selama 7 hari, 14 hari, setelah kering paving siap dipakai setelah umur 28 hari.

Pencetakan dilakukan dengan memasukkan campuran material yang sudah terukur sesuai komposisinya, ke dalam cetakan berukuran 19,5 cm x 10 cm x 10 cm. Setelah campuran material sudah dimasukkan dan diratakan dalam cetakan. Paving block setelah di cetak akan diangin-anginkan selama 3 hari sebelum dilakukan perendaman agar material penyusun pada paving melekat sementara dan penempatan Benda uji benda uji tidak boleh langsung terkena sinar matahari agar tak mempengaruhi kualitas paving block. Pada penelitian ini paving block diangin-anginkan selama 3 hari setelah di cetak dengan tujuan agar paving mengalami pengerasan awal sebelum di rendam.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi campuran

Tujuan pengujian penyerapain air untuk mengetahui seberapa besarnya kemampuan paving block yang menggunakan fly ash dan bottom ash ini menyerap air melalui pori-porinya. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-0691-1996. Pada penelitian ini menggunakan 3 campuran yang berbeda dapat di lihat pada tabel 1. berikut.

Tabel 1. Komposisi campuran

No	Semen	Fly ash	Bottom ash
1	45%	5%	50%
2	42%	8%	50%
3	38%	12%	50%

Penyerapan air

Tabel 2. Penyerapan air

No	Kode	Umur (hari)	Berat Kering (kg)	Berat Basah (kg)	Daya Serap (%)	Rata-Rata (%)
1	5% Fly Ash	7	2,1	2,4	1,4	1,4
2	5% Fly Ash	7	1,9	2,3	1,3	
3	5% Fly Ash	7	2,1	2,5	1,5	
4	5% Fly Ash	14	2,1	2,4	1,4	1,4
5	5% Fly Ash	14	2,1	2,4	1,4	
6	5% Fly Ash	14	2,2	2,4	1,4	
7	5% Fly Ash	28	2	2,4	1,4	1,4
8	5% Fly Ash	28	2,1	2,4	1,4	
9	5% Fly Ash	28	2	2,4	1,4	

Dari data pengujian penyerapain air pada sampel yang menggunakan penambahan fly ash sebanyak 5% didapatkan daya serap pada umur 7 hari. Dari hasil pengujian ketiga sampel tersebut didapatkan kemampuan penyerapan air rata-rata sebesar 1,4%. Dari data pengujian penyerapain air pada sampel yang menggunakan penambahan fly ash sebanyak 5% didapatkan

daya serap 1,4% pada umur 14 hari. Dari hasil pengujian ketiga sampel tersebut didapatkan kemampuan penyerapan air rata-rata sebesar 1,4%. Dari data pengujian penyerapain air pada sampel yang menggunakan penambahan fly ash sebanyak 5% didapatkan daya serap 1,4% pada umur 28 hari. Dari hasil pengujian ketiga sampel tersebut didapatkan kemampuan penyerapan air rata-rata sebesar 1,4%.

Kuat tekan

Tabel 3. Kuat tekan

No	Kode	Tanggal		Umur (hari)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kuat tekan (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
		Pembuatan	Pengujian							
1	5% fly ash	02/08/2023	09/08/2023	7	195	100	19500	149000	7,641	7,316
2	5% fly ash	02/08/2023	09/08/2023	7	195	100	19500	131000	6,718	
3	5% fly ash	02/08/2023	09/08/2023	7	195	100	19500	148000	7,590	
4	5% fly ash	02/08/2023	16/08/2023	14	195	100	19500	151000	7,744	9,043
5	5% fly ash	02/08/2023	16/08/2023	14	195	100	19500	180000	9,231	
6	5% fly ash	02/08/2023	16/08/2023	14	195	100	19500	198000	10,154	
7	5% fly ash	02/08/2023	30/08/2023	28	195	100	19500	168000	8,615	9,128
8	5% fly ash	02/08/2023	30/08/2023	28	195	100	19500	171000	8,769	
9	5% fly ash	02/08/2023	30/08/2023	28	195	100	19500	195000	10,000	

Dari data hasil pengujian kuat tekan sampel 1 dengan penambahan fly ash sebanyak 5% pada umur 7 hari didapatkan rata-rata 7,316 Mpa, pada sampel kali ini tidak masuk dalam syarat baku mutu kuat tekan paving block. Dari hasil pengujian kuat tekan pada sampel yang menggunakan penambahan fly ash sebanyak 5% didapatkan hasil pada umur 14 hari didapatkan rata-rata 9,043 Mpa, pada sampel kali ini masuk dalam syarat baku mutu kuat tekan paving block mutu D di pergunakan sebagai jalan pada taman. Dari hasil pengujian kuat tekan pada sampel yang menggunakan penambahan fly ash sebanyak 5% didapatkan hasil pada umur 28 hari didapatkan rata-rata 9,128 Mpa, pada sampel kali ini masuk dalam syarat baku mutu kuat tekan paving block mutu D di pergunakan sebagai jalan pada taman.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di dapatkan perbandingan antara sifat mekanik *paving block* konvensional dengan *paving block* yang menggunakan penambahan FABA hanya dapat masuk dalam baku mutu D.
2. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di dapatkan perbandingan kuat tekan *paving block* yang diteliti hanya masuk baku mutu D sedangkan *paving block* konvensional dengan baku mutu B hingga A.
3. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil kuat tekan dan nilai serapa air tertinggi terdapat pada penambahan *fly ash* sebanyak 8% dimana kuat tekan yang didapat 10,479 Mpa dan nilai penyerapan air yang di dapat 1,466%.

DAFTAR REFERENSI

- Angjaya, N., Kumaat, W. E. J., & Tanudjaja, H. (2013). Perbandingan kuat tekan antara beton dengan perawatan pada elevated temperature & perawatan. *Jurnal Sipil Statik*, 1(3), 153–158.
- Ansari, V. (2021). Prosiding SNST ke-11 tahun 2021 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang 1, 2014, 101(1), 1–6.
- Gunarsa, F. X. (2010). Kualitas beton dengan memanfaatkan bottom ash limbah bahan bakar batu bara pada industri. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 12(1), 21–28.
- Jabnabillah, F., & Margina, N. (2022). Analisis korelasi Pearson dalam menentukan hubungan antara motivasi belajar dengan kemandirian belajar pada pembelajaran daring. *Institut Teknologi Batam*, 1(1).
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK). (2021). *No title*.
- Lubis, N. (1996). Optimisasi substitusi fly ash dan bottom ash terhadap pembuatan paving block sesuai SNI 03-0691-1996 (Studi Ekspremental).
- Pangestuti, E. K. (2011). Penambahan limbah abu batubara pada batako, 161–168.
- Rohma, F. (2020). Pembuatan paving block berbahan dasar limbah plastik polyethylene, bottom ash.
- Sembiring, A. C. (2017). Uji kuat tekan dan serapan air pada paving block dengan bahan pasir kasar, batu kacang, dan pasir halus. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Prima*, 1(1).
- Setiawati, M. (2018). Fly ash sebagai bahan pengganti semen pada beton. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 17, 1–8.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996. (1996). Bata beton.
- Sudjana, M. A., & dkk. (2005). *Teknik analisis data statistika*. Penerbit Tarsito.
- Untari, A., Harahap, S., & Pakpahan, A. (2022). Publikasi oleh Fakultas Teknik Universitas Graha Nusantara. *Statika*, 5(1), 89–95.
- Winarno, H. (2019). Pemanfaatan limbah fly ash dan bottom ash dari PLTU Sumsel-5 sebagai bahan utama pembuatan paving block. *Jurnal Teknik*, 11(1).