

STUDI PEMANFAATAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH (FABA) PADA PEMBUATAN PAVING POROUS

Jhon Asik¹⁾, Paulus Ala¹⁾, Ayustiara S. Ali¹⁾ dan Muhammad Khajaratul Azwad¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jalan Perintis Kemerdekaan Km.10, Makassar, 90245
E-mail: jhonasiks@poliupg.ac.id

Abstract

Innovation in construction materials technology, especially in green materials, offers the use of environmentally friendly construction materials to reduce negative impacts on the environment and human health. Fly ash and Bottom Ash (FABA) are waste products from burning coal that have a pozzolanic characteristic like cement and can increase compressive strength and can reduce CO₂ emissions due to the heat of hydration of cement. This research aims to determine the effectiveness of using FABA in making porous paving. Porous paving materials is made from recycled concrete cylinder material called RCA (Recycled concrete aggregates). The sample dimensions are 21x10x8 cm with the FABA variation used being 0-50% with w/c ratio 0.3. The RCA aggregate used is retained by filters No. 3/8 and No. 4 as much as 50% of the amount of rock ash used. Paving block testing standards are based on SNI 03-0691-1996 and ACI 522R-10. The results obtained an optimum compressive strength value when using FABA of 10% with a compressive strength value of 13.2 Mpa fits the requirement in class C (12.5 Mpa-15 Mpa) for pedestrian areas Based on SNI 03-0691 -1996. Porosity values range between 15-25% and permeability values of 0.22 - 0.25 cm/s; This value meets the ACI 522R-10 standard as a porous paving classification.

Keywords: *fly ash, bottom ash, paving porous, Compressive strength, porosity, and permeability*

Abstrak

Inovasi dibidang teknologi bahan konstruksi utamanya dalam green materials. menawarkan penggunaan bahan-bahan konstruksi yang ramah lingkungan dalam konstruksi untuk dapat mengurangi dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan manusia. Fly ash dan Bottom Ash (FABA) adalah hasil buangan pembakaran batubara yang bersifat pozzolanik seperti semen dan dapat meningkatkan kuat tekan serta dapat mengurangi emisi CO₂ akibat panas hidrasi semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas penggunaan FABA pada pembuatan paving porous, dimana material paving porous ini berasal dari material daur ulang silinder beton yang disebut RCA (Recycled concrete aggregates). Benda uji berukuran 21x10x8 cm dengan variasi FABA yang digunakan adalah 0-50% dengan fas 0,3. Agregat RCA yang digunakan adalah yang tertahan saringan No 3/8 dan No 4 sebanyak 50% dari jumlah abu batu yang digunakan. Standar pengujian paving blok berdasarkan SNI 03-0691-1996 dan ACI 522R-10. Hasil penelitian diperoleh nilai kuat tekan optimum pada penggunaan FABA sebesar 10% dengan nilai kuat tekan sebesar 13,2 Mpa dan masuk dalam kelas mutu C (12,5 Mpa- 15 Mpa) untuk peruntukan daerah pejalan kaki atau pedestrian.berdasarkan SNI 03-0691-1996. Nilai porositas berkisar antara 15-25% dan nilai permeabilitas sebesar 0,22 - 0,25 cm/s; nilai tersebut memenuhi standar ACI 522R-10 sebagai klasifikasi paving porous.

Kata Kunci: *fly ash, bottom ash, paving porous, kuat tekan, porositas, dan permeabilitas*

PENDAHULUAN

Penggunaan paving block (*concrete block*) di perkotaan Indonesia beberapa tahun terakhir cukup populer. Paving blok banyak digunakan pada daerah jalan, trotoar dan area parkir. Hal ini dikarenakan paving blok memiliki beberapa kelebihan yaitu ketahanannya terhadap beban lalu lintas, pemasangan dan perawatannya yang mudah, memiliki nilai estetika yang baik karena dapat diperoleh dalam berbagai bentuk, warna dan pola dari segi pelestarian lingkungan berguna sebagai sistem penyerapan air karena celah diantara paving block akan memudahkan masuknya air hujan langsung ke dalam tanah. *Porous concrete block* adalah salah satu bentuk paving block yang tembus air dengan porositas tinggi. *Porous concrete block* dibuat dengan air, semen, dan agregat kasar tanpa penggunaan pasir, sehingga beton akan memiliki banyak rongga untuk meresapnya air permukaan. Kaselle (2022) meneliti penggunaan material *Recycled Concrete Aggregates* (RCA) pada paving blok dengan variasi sebesar 0-100%. Hasilnya diperoleh penggunaan RCA optimum sebesar 75% dengan kekuatan tekan naik sebesar 57,7% dan 64,36% dibandingkan dengan paving porous normal dan tergolong kategori paving porous mutu C untuk peruntukan pedestrian. Dilain sisi, konsep *green materials* menawarkan pemanfaatan kembali limbah seperti limbah industry untuk meningkatkan nilai guna material buangan dan mengurangi pencemaran lingkungan. Fly ash dan Bottom ash (FABA) merupakan material buangan yang sudah sering digunakan sebagai bahan pengganti semen karena sifatnya yang pozolanik. Penelitian ini penggunaan FABA pada campuran paving dinilai dapat meningkatkan sifat mekanik dari paving itu sendiri. Penelitian terdahulu, Klarens (2017) telah meneliti penggunaan bottom ash pada pembuatan paving blok dengan perbandingan semen dan bottom ash sebesar 1:3, 1:4 dan 1:5 dan jumlah penggunaan fly ash sebesar 10-80% dari jumlah semen dengan memvariasikan ukuran partikel dari bottom ash. Hasil yang diperoleh menunjukkan penggunaan bottom ash dapat meningkatkan kuat tekan paving hingga mencapai 40 MPA.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan paving porous dengan penambahan FABA serta mengetahui kadar optimum FABA yang digunakan dalam pembuatan paving porous. Untuk membentuk porositas dari paving digunakan material *Recycled Concrete Aggregates* (RCA) yang diperoleh dari daur ulang limbah buangan beton.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian ekperimental di laboratorium. Semua agregat yang akan digunakan dipastikan berada dalam kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD) untuk memberikan *workability* yang baik pada campuran permukaan (SSD). Untuk mendapatkan kondisi material yang hampir seragam, menghilangkan debu dan kotoran serta pasir dilakukan pencucian semua agregat sebelum digunakan.

Rancangan Campuran

Komposisi campuran yang digunakan adalah perbandingan 1 semen: 4 abu batu. Komposisi campuran yang digunakan untuk tiap pencampuran 4 benda uji Paving blok diperlihatkan pada Tabel 1. Material yang digunakan adalah abu batu, semen, fly ash, bottom ash, air dan RCA tertahan saringan No 3/8 dan tertahan No 4 sebanyak 50 % dari jumlah abu batu dan nilai fas ditentukan sebesar 0,3.

Tabel 1.
Komposisi Campuran Tiap Variasi Benda Uji

Variasi	Abu Batu (liter)	RCA (liter)		Semen (Liter)	Fly ash (liter)	Bottom Ash (liter)	Air (Liter)
		3/8	No 4				
PPN	5	2.5	2.5	2.04	-	-	0.882
PPA	4.5	2.25	2.25	1.836	0.204	1	1.012
PPB	4	2	2	1.632	0.408	2	1.212
PPC	3.5	1.75	1.75	1.428	0.612	3	1.300
PPD	3	1.5	1.5	1.244	0.816	4	1.300
PPE	2.5	1.25	1.25	1.02	1.02	5	1300

Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Benda uji dibuat dengan mencampurkan semen, fly ash, abu batu dan bottom ash, kemudian di aduk sampai tercampur, kemudian dilanjutkan dengan menambahkan air dan diaduk sampai semua material tercampur sempurna dan cukup baik untuk dicetak. Benda uji paving porous berukuran 21x10x8 cm dengan jumlah benda uji sebanyak 4 buah benda uji untuk setiap variasi, sehingga total benda uji yang akan dibuat adalah 96 buah. Identifikasi benda uji ditunjukkan pada Tabel 2.

Cara pengecekan campuran ini dengan diremas, jika campuran cukup kokoh, maka dilanjutkan dengan memasukkan campuran ke dalam cetakan paving press sebanyak 3 lapisan, untuk dilanjutkan dengan pemadatan dengan alat Paving Block Mesin Press. Selanjutnya diikuti dengan pengamatan bentuk campuran untuk melihat bentuk rongga yang muncul. Setelah proses pencetakan dilakukan, selanjutnya benda uji dibuka dari

cetakan dan diangin-anginkan selama 14 hari dengan sesekali disiram sampai menunggu waktu pengujian pada umur 28 hari.

Tabel 2
Identifikasi benda uji

No	Jenis Pengujian	Variasi FABA						Keterangan	
		PPN	PPA	PPB	PPC	PPD	PPE		
		Variasi RCA 50%							
1	Uji Kuat Tekan	4	4	4	4	4	4	PPN: FABA 0%	
2	Uji Porositas	4	4	4	4	4	4	PPA: FABA 10%	
3	Uji Permeabilitas	4	4	4	4	4	4	PPB: FABA 20%	
		Jumlah					96		PPC: FABA 30%
									PPD: FABA 40%
									PPE: FABA 50%



Gambar 1. Benda uji paving block porous

Persyaratan mutu bata beton (paving block) diatur dalam SNI 03-0691-1996 (1996) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Persyaratan Mutu *Paving Block*

Mutu	Kuat Tekan		Ketahanan aus		Penyerapan air	Pemanfaatan
	(Mpa)		(mm/menit)		rata-rata max	
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	%	
A	40	35	0,090	0,103	3	Jalan
B	20	17	0,130	0,149	6	Parkiran
C	15	12,5	0,160	0,184	8	Pejalan kaki
D	10	8	0,219	0,251	10	Taman dan lainnya

Pengujian Porous Paving Block

Proses pengujian paving berupa uji kuat tekan, porositas dan permeabilitas berdasarkan SNI 03-0691-1996 dan ACI 522R10 dilaksanakan pada umur 28 hari.

Kuat Tekan

Menurut SNI 03-0691-1996 benda uji kuat tekan diperoleh dari benda uji kubus pengujian kuat tekan paving blok diperoleh dengan melakukan pengujian kuat tekan berdasarkan ASTM C39 dilakuka dengan alat *Compression Testing Machine*. Besarnya kuat tekan dihitung dengan persamaan:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- f_c = Kuat tekan (N/mm²)
- P = Beban maksimum (N)
- A = Luas penampang benda uji (mm²)

Porositas

Pengujian penyerapan paving block dilakukan dengan merendam sampe dalam air selama 24 jam kemudian ditimbang dalam kondisi basah, dilanjutkan dengan mengoven benda uji tersebut selama 24 jam kemudian ditimbang. Besarnya laju penyerapan ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Porositas} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- A =berat paving basah
- B =berat paving kering

Permeabilitas

Pengujian permeabilitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan *Paving* block dalam menyalurkan air melalui rongga-rongganya. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Analisa kecepatan serap air (V)} = \frac{H}{T} \dots\dots\dots (3)$$

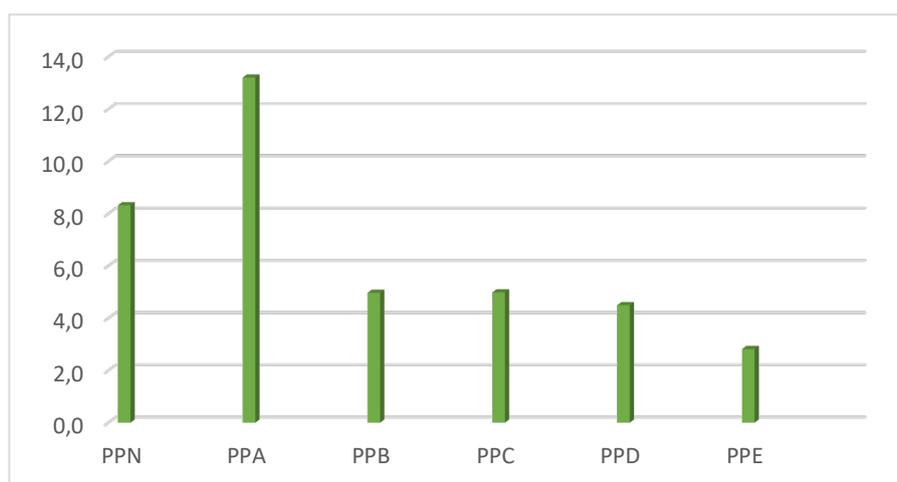
Keterangan:

- V = Kecepatan air (m/s)
- H = Tinggi Benda uji (m)
- T = Waktu air mengalir sampai dibawah permukaan (detik)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tekan Paving Block

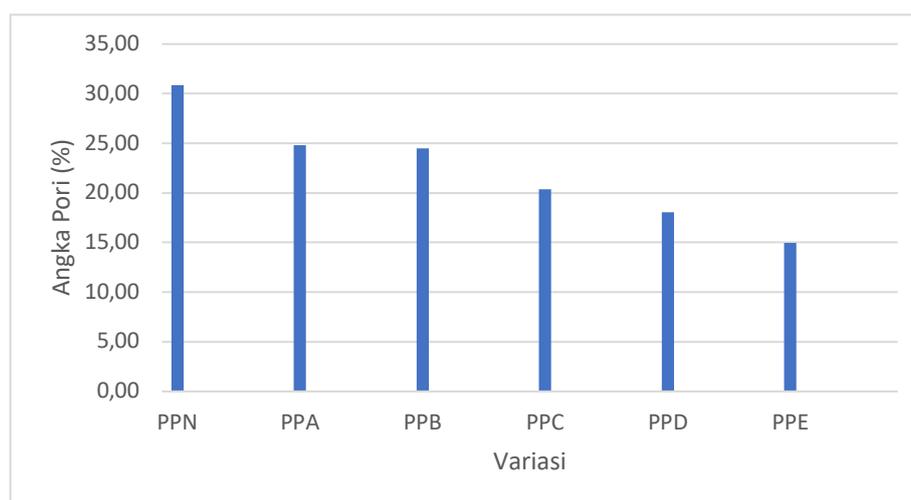
Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari dengan mesin uji tekan *Compressive Testing Machine* kapasitas 25 ton. Hasil pengujian ditampilkan pada Gambar 1. Dari hasil pengujian diperoleh nilai kuat tekan paving block porous dengan penggunaan FABA 0-50 % berturut-turut sebesar 8,03 Mpa; 13,2 Mpa; 5,0 Mpa; 5,0 Mpa; 4,5 Mpa dan 2,8 Mpa. Nilai kuat tekan paving block optimum diperoleh pada penggunaan FABA 10% yaitu sebesar 13,2 Mpa, berdasarkan standar BSN (1996) , nilai ini masuk dalam kelas mutu C (12,5 Mpa- 15 Mpa) untuk peruntukan daerah pejalan kaki atau pedestrian.



Gambar 1. Kuat tekan rata-rata umur 28 hari

Pengujian Porositas

Hasil pengujian porositas diperoleh pada umur 28 hari diperlihatkan pada Gambar 3 berikut. Hasil pengujian menunjukkan nilai angka pori beton tanpa FABA sebesar 30,88%. Nilai porositas untuk penggunaan FABA lebih kecil dibandingkan dengan tanpa menggunakan FABA, hal ini dikarenakan ukuran partikel fly ash dan bottom ash yang lebih kecil sehingga menutup pori. Dari hasil yang diperoleh dengan penggunaan FABA menghasilkan nilai porositas berkisar antara 15-25%, nilai tersebut memenuhi persyaratan ACI 522R10 untuk *porous pavement* dengan nilai berkisar antara 15-30%.



Gambar 3. Nilai porositas rata-rata

Pengujian Permeabilitas

Uji permeabilitas pada umur 28 hari dilakukan dengan sejumlah air pada sampel paving. Pada penelitian ini digunakan jumlah air sebesar 1 L kemudian diukur waktu yang dibutuhkan untuk air dapat menembus bagian bawah paving. Hasil pengamatan diperoleh hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4. Dari hasil pengujian ini diperoleh nilai kecepatan aliran berkisar 0,22 - 0,25 cm/s; berdasarkan ACI 522R-10 nilai permeabilitas berada pada rentang 0.14 hingga 1.22 cm/s sehingga sampel benda uji yang dibuat ini tergolong pada klasifikasi *paving porous*.

Tabel 4.
Nilai Permeabilitas Rata-rata Paving Block

Variasi	Tinggi benda Uji rata-rata cm	Waktu detik	Kecepatan Air rata-rata cm/s
PPN	9.1	36.36	0.25
PPA	8.9	36.51	0.24
PPB	9.3	35.04	0.26
PPC	9.0	40.98	0.22
PPD	9.1	37.86	0.24
PPE	8.6	37.71	0.23

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan FABA dalam pembuatan *Paving Porous* dengan variasi 0-50% memberikan hasil pengujian kuat tekan optimum pada penggunaan FABA sebesar 10% dengan nilai kuat tekan sebesar 13,2 Mpa dan masuk dalam kelas mutu C (12,5 Mpa- 15 Mpa) untuk peruntukan daerah pejalan kaki

atau pedestrian.berdasarkan SNI 03-0691-1996. Nilai porositas berkisar antara 15-25% dan nilai permeabilitas sebesar 0,22 - 0,25 cm/s; nilai tersebut memenuhi standar ACI 522R-10 sebagai klasifikasi *paving porous*.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI (American Concrete Institute). (2010). Report on pervious concrete. Farmington Hills, MI, USA: American Concrete Institute.
- ASTM International Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates. (2014). *Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*. ASTM international.
- Indonesia, B. S. N. (1996). Bata beton (Paving block). *Badan Standardisasi Nasional, Bandung*.
- Kaselle, H., Aulia, A. N., & Maulana, B.M. (2022). Pengaruh Substitusi Recycled Concrete Aggregates (RCA) Pada Sifat Fisik Dan Mekanik Porous Paving Concrete Block. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)* (Vol. 7, No. 1, pp. 83-88).
- Klarens, K., Indranata, M., Jamali, L. A., & Hardjito, D. (2017, December). The use of bottom ash for replacing fine aggregate in concrete paving blocks. *Matec Web of conferences* (Vol. 138, No. 2017, pp. 01005-1). Petra Christian University.