

PENENTUAN KOMPOSISI BAHAN BAKU PADA PEMANFAATAN *FLY ASH* PADA PROSES PRODUKSI *PAVING BLOCK*

ESTHI KUSDARINI¹, FREEDA INGGRIT ULVIANDRI¹, AVELLYN SHINTHYA SARI¹

1. Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Email: esti@itats.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan fly ash pada paving block menunjukkan penurunan kuat tekan pada peningkatan komposisi fly ash. Penelitian ini mencoba mendapatkan range komposisi yang tepat pemanfaatan fly ash. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan komposisi terbaik dari bahan paving block, pengujian kuat tekan, dan serapan air. Metode yang digunakan adalah eksperimen skala laboratorium. Langkah-langkah dalam penelitian adalah: 1) penyiapan bahan baku (fly ash, semen, pasir, air); 2) pembuatan cetakan paving block; 3) pencampuran bahan baku; 4) pencetakan paving block, 5) pengeringan paving block. Eksperimen menggunakan variabel formula bahan. Formula 1 terdiri dari semen : pasir : fly ash dengan komposisi berat : K11 (1 : 5 : 0,); K12 (1 : 5 : 0,5); dan K13 (1 : 5 : 1). Formula 2 terdiri dari semen putih : pasir : fly ash dengan komposisi K21 (1 : 5 : 0,); K22 (1 : 5 : 0,5); dan K23 (1 : 5 : 1). Formula 3 terdiri dari fly ash : pasir dengan komposisi K31 (1 : 5) dan K32 (2 : 5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula 1 dengan komposisi K13 memberikan hasil terbaik dengan kuat tekan rata-rata sebesar 30,2 MPa dan serapan air sebesar 9,8%.

Kata kunci: batubara, fly ash, paving block.

ABSTRACT

The use of fly ash in paving blocks shown decreasing in compressive strength to increasing of fly ash composition. This study tried to get the right composition range to fly ash uses. This study aim was to find the best composition from paving block materials, to test the compressive strength, and to know water absorption. The method of this study was laboratory scale experiment. The steps of this study were 1) preparation of raw materials (fly ash, cement, sand, water); 2) paving block molds manufacture; 3) mixing of raw materials; 4) paving block molding; and the last step was 5) paving block drying. The experiment used variable of material formulas. Formula 1 consisted of cement: sand: fly ash with the weight composition of K11 (1 : 5 : 0,); K12 (1 : 5 : 0,5); and K13 (1 : 5 : 1). Formula 2 was white cement: sand: fly ash and the compositions were K21 (1 : 5 : 0,); K22 (1 : 5 : 0,5); and K23 (1 : 5 : 1). The last formula (formula 3) consisted of fly ash: sand and the compositions were K31 (1 : 5) and K32 (2 : 5). The research result showed that formula 1 with K13 composition gave the best result and it had an average compressive strength of 30.2 MPa and water absorption was 9.8%.

Keywords: coal, fly ash, paving block.

1. PENDAHULUAN

Batubara merupakan barang tambang yang banyak dibutuhkan untuk keperluan industri (Kusdarini dkk, 2017). Selain diperlukan untuk proses industri, batubara juga diperlukan untuk memenuhi kebutuhan panas dari proses industri. Pembakaran batubara menghasilkan limbah padat dan limbah gas. Limbah padat yang dihasilkan antara lain *bottom ash* dan *fly ash* (Arifatunnisa dkk, 2022). Limbah-limbah ini dapat mengakibatkan pencemaran pada tanah, air, dan udara apabila tidak dikelola dengan baik (Kusdarini dkk, 2021; Kusdarini dkk, 2018; Kusdarini dkk, 2019; Kusdarini dkk, 2020; Kusdarini dkk, 2021). Untuk pengelolaannya, limbah-limbah ini dapat dimanfaatkan untuk beberapa kepentingan. Berkaitan dengan pemanfaatan limbah, salah satu limbah batubara yang bisa dimanfaatkan adalah *fly ash*. Untuk pemanfaatan *fly ash*, terlebih dahulu perlu diketahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhi sifat kimia, sifat fisik dan teknis dari *fly ash*, antara lain jenis batubara, kemurnian batubara, metode pemanasan dan operasi, tingkat penghancuran, cara penimbunan dan metode penyimpanan.

Fly ash mempunyai sifat fisik berbentuk butiran halus dan mempunyai sifat pozzolanik yang baik. Hal ini disebabkan kandungan SiO_2 dari *fly ash* bereaksi dengan Ca(OH)_2 yang terjadi akibat proses hidrasi semen sehingga memproduksi zat yang dapat mengikat seperti sifat semen. Oleh karena sifatnya yang seperti semen, *fly ash* dapat dimanfaatkan sebagai komponen campuran semen pada pembuatan *paving block*. *Fly ash* berfungsi sebagai bahan tambahan yang dapat menjadi *filler* dan dapat memperbesar kohesi internal dan memperkecil porositas sehingga kuat tekan *paving block* meningkat (Nath, 2019). *Paving block* sendiri dikelompokkan menjadi empat jenis berdasarkan standar SNI 03-0691-1996 seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat-sifat fisik Bata Beton (*Paving Block*)

Jenis	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus		Penyerapan Air
	Rata-rata	Minimum	Rata-rata	Minimum	Rata-rata Max.
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Tabel 1 menunjukkan bahwa *paving block* dikelompokkan ke dalam empat jenis tingkatan kualitas, yaitu jenis A, B, C, dan D. *Paving block* jenis A dapat dimanfaatkan untuk jalan kendaraan bermotor, jenis B untuk pelataran parkir, jenis C untuk jalan bagi pejalan kaki, dan jenis D untuk area taman dan penggunaan lainnya. Pemanfaatan *fly ash* untuk campuran bahan pada pembuatan *paving* juga mengurangi peluang terjadinya degradasi lingkungan di sekitar area timbunan *fly ash*. Hal ini disebabkan *fly ash* mengandung beberapa zat beracun.

Fly ash mengandung beberapa zat beracun seperti arsenik, chromium, boron, antimony, dan vanadium sehingga berbahaya apabila dibuang di tempat terbuka. Oleh karena itu sangatlah penting untuk memanfaatkan *fly ash* ini sehingga tidak mencemari lingkungan (Nurzal & Mahmud, 2013). Pemanfaatan *fly ash* untuk bahan campuran pembuatan bata beton dan *paving block* sangat mendukung usaha pemerintah dalam menanggulangi pencemaran lingkungan dan menjaga keberlanjutan lingkungan di sekitar area industri. Oleh karena itu

para peneliti telah melakukan beberapa eksperimen untuk mempelajari pemanfaatan *fly ash* ini.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan *fly ash*, antara lain sebagai bahan tambahan pembuatan beton (Marthinus dkk, 2015). *Fly ash* juga dipadukan dengan semen dalam kondisi alkali untuk pembuatan *paving block* (Rivera et al, 2020). Peneliti lain memadukan *fly ash* dan tanah merah untuk pembuatan *paving block* (Kumar & Kumar, 2013; Priyanka et al., 2015). Selanjutnya penelitian juga dilakukan dengan memadukan *fly ash* dan *bottom ash* untuk pembuatan *paving block* (Winarno dkk, 2019). Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa pemanfaatan *fly ash* untuk campuran bahan *paving block* telah menghemat biaya produksi dan mengurangi pencemaran lingkungan (Patil & Sathe, 2020). Penelitian tersebut mampu menemukan komposisi bahan terbaik untuk pembuatan beton maupun *paving block*, namun hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi *fly ash* semakin mengecil kuat tekannya. Oleh karena *fly ash* mempunyai sifat pozzolanik yang baik, maka sangatlah menarik untuk mempelajari pengaruh penambahan *fly ash* pada bahan campuran pembuatan *paving block*. Penelitian ini akan mempelajari pengaruh penambahan *fly ash* pada pembuatan *paving block* dengan jumlah semen dan pasir tetap sehingga dapat menemukan komposisi optimal dalam mempertimbangkan kuat tekan paving dan pemanfaatan *fly ash*.

2. METODE

2.1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *fly ash*, semen, pasir, semen putih, dan air. *Fly ash* yang digunakan pada penelitian ini mengandung SiO_2 (44,98%), Al_2O_3 (13,07%), Fe_2O_3 (11,86%), CaO (11,85%), MgO (6,46%), SO_3 (2,89%), Na_2O (0,97%), K_2O (0,72%), TiO_2 (0,40%); mempunyai pH 7,08; berwarna coklat keabu-abuan; berat jenis $1,6 \text{ g/cm}^3$; dan ukuran partikel $<0,075 \text{ mm}$. Sedang alat yang digunakan pada penelitian adalah cetakan kayu berbentuk persegi panjang (ukuran $24 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ dan $14 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$), palu, paku, gergaji, meteran, tongkat pemukul, sekrup, ayakan pasir, papan triplek berbentuk persegi panjang (ukuran $20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$), gelas ukur, kuas, dan ember ukuran 80 liter. Komposisi kimia dari *fly ash* yang digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimia *Fly Ash*

Zat Penyusun	Kandungan
Silika Oksida (SiO_2)	44,98%
Alumina (Al_2O_3)	13,07%
Fero Oksida (Fe_2O_3)	11,86%
Kalsium Oksida (CaO)	11,85%
Magnesium Oksida (MgO)	6,46%
Sulfur Trioksida (SO_3)	2,89%
Natrium Oksida (Na_2O)	0,97%
Kalium Oksida (K_2O)	0,72%
Titanium Oksida (TiO_2)	0,40%

Sumber : Analisa laboratorium

2.2. Formula dan Komposisi *Paving Block*

Pada penelitian ini dilakukan percobaan terhadap tiga jenis formula bahan *paving block*. Bahan paving untuk formula satu terdiri dari semen, pasir, dan *fly ash* dengan komposisi berat semen : pasir : *fly ash* untuk K11 (1 : 5 : 0); K12 (1 : 5 : 0,5); K13 (1 : 5 : 1). Bahan paving untuk formula dua terdiri dari semen putih, pasir dan *fly ash* dengan komposisi semen : pasir : *fly ash* untuk K21 (1 : 5 : 0); K22 (1 : 5 : 0,5); K23 (1 : 5 : 1). Bahan paving untuk formula tiga terdiri dari *fly ash* dan pasir dengan komposisi *fly ash* : pasir untuk K31 (1 : 5) dan K32 (2 : 5). Masing-masing komposisi dibuat tiga kali percobaan sehingga total sampel paving yang dibuat ada 24 buah.

2.3. Prosedur Eksperimen

1. Pengambilan sampel *fly ash* dari PT X (salah satu perusahaan kontraktor di Lamongan).
2. Pembuatan cetakan paving.
3. Pencampuran bahan.
4. Pencetakan paving.
5. Pengeringan paving selama 28 hari.

2.4. Pengujian *Paving Block*

Paving diuji kuat tekan dan serapan air berdasarkan SNI 03-0691-1996 di Laboratorium Beton, Material Maju dan Komputasi Teknik, Departemen Teknik Sipil, FTSPK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Kuat tekan merupakan parameter penting dalam menilai kinerja paving. Kuat tekan adalah kemampuan menerima gaya tekan persatuan luas. Pada pengujian sampel diletakkan pada mesin penguji dan ditekan hingga hancur. Pengujian dilakukan selama kira-kira 1 sampai 2 menit. Perhitungan kuat tekan menggunakan rumus (1).

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

dimana f = kuat tekan (MPa), P = beban tekan (N), A = luas bidang tekan (mm²).

Daya serap air adalah persentase berat air yang terserap oleh agregat apabila direndam dalam air. Nilai daya serap air dipengaruhi oleh ukuran dan jumlah pori-pori yang ada dalam butir agregat. Pori-pori agregat ada yang tertutup dalam material dan ada yang terbuka pada permukaan butiran. Pengujian daya serap air dilakukan dengan merendam sampel utuh ke dalam air hingga jenuh atau selama 24 jam. Sampel basah ditimbang, kemudian sampel dikeringkan dalam oven pada temperatur sekitar 105°C selama 24 jam. Selanjutnya sampel ditimbang lagi dalam keadaan kering. Sampel yang diuji serapan airnya sebanyak 8 buah, yang diambil dari sampel paving dari masing-masing komposisi dengan kuat tekan tertinggi (K11, K12, K13, K21, K22, K23, K31, K32). Perhitungan serapan air menggunakan rumus (2).

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

dimana A = berat paving basah dan B = berat paving kering.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel paving yang dihasilkan dari penelitian ini ada 24 buah yang dihasilkan dari formula 1 (9 buah), formula 2 (9 buah), dan formula 3 (6 buah). Seluruh paving dianalisa kuat tekannya. Dari hasil analisa kuat tekan dipilih paving dengan kuat tekan terbaik dari

masing-masing komposisi K11, K12, K13, K21, K22, K23, K31, dan K32 untuk dianalisa serapan airnya.

3.1. Kuat Tekan

Hasil analisa kuat tekan dari 24 buah paving disajikan pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Tabel 4. Kuat Tekan Paving Block dari Formula 1

Parameter	Formula 1								
	K11			K12			K13		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Kuat Tekan (MPa)	21,3	10,9	19,0	20,7	20,3	21,2	30,2	30,7	29,7
Grade*	B	D	B	B	B	B	B	B	B

* SNI 03-0691-1996

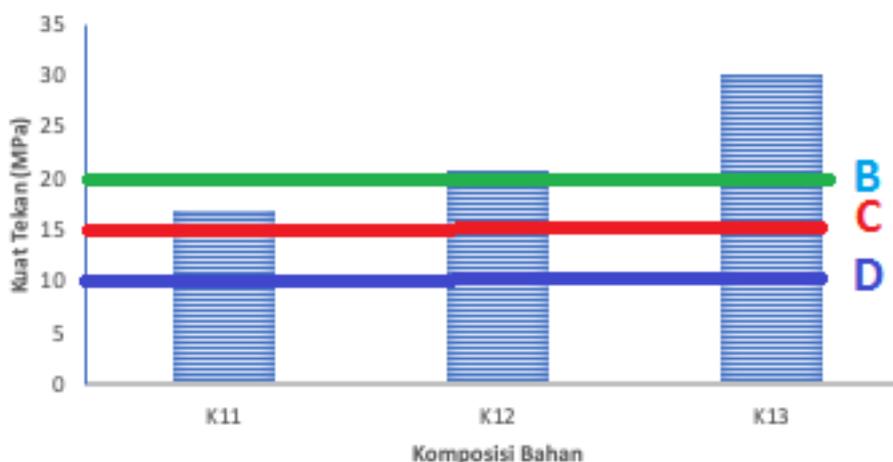
Tabel 5. Kuat Tekan Paving dari Formula 2

Parameter	Formula 2								
	K21			K22			K23		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Kuat Tekan (MPa)	2,3	2,2	1,1	4,8	5,1	3,1	4,2	4,3	6,9

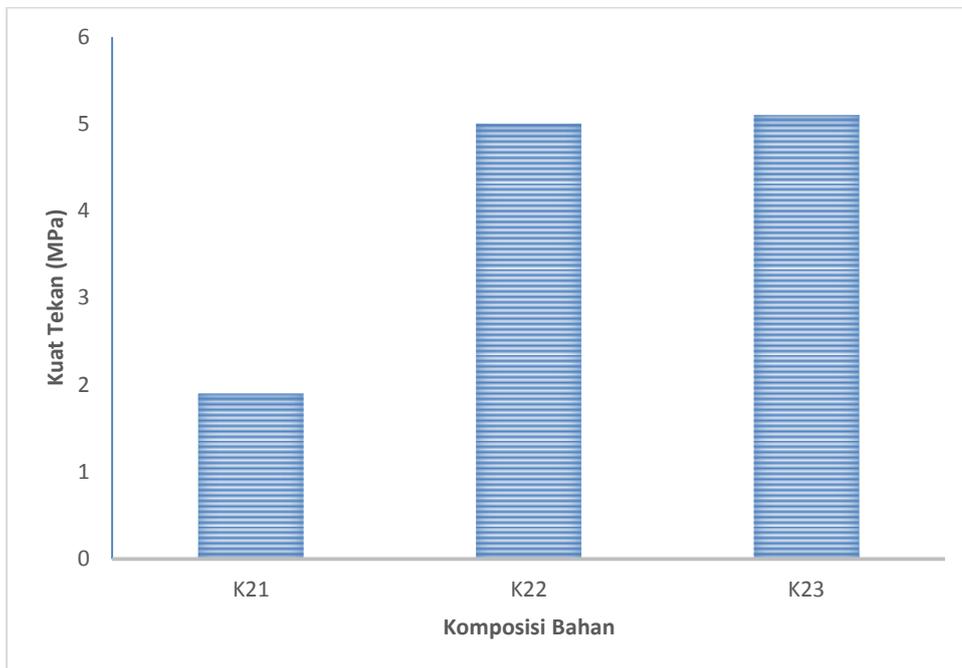
Tabel 6. Kuat Tekan Paving dari Formula 3

Parameter	Formula 3					
	K31			K32		
	I	II	III	I	II	III
Kuat Tekan (MPa)	1,0	1,2	1,2	5,1	6,2	6,6

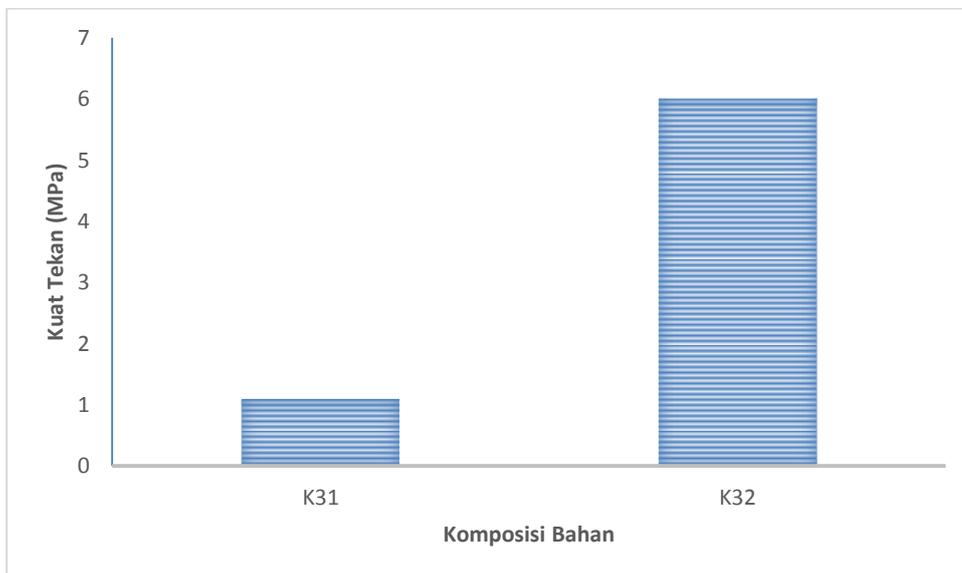
Kuat tekan paving untuk formula 1, 2, dan 3 apabila dibandingkan standar SNI 03-0691-1996 disajikan pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.



Gambar 1. Kuat Tekan Rata-rata Paving untuk Formula 1 dibandingkan standar SNI 03-0691-1996 (B: batas minimal kelas B; C: batas minimal kelas C; D: batas minimal kelas D) (Sumber: SNI 03-0691-1996)



Gambar 2. Kuat Tekan Rata-rata Paving untuk Formula 2



Gambar 3. Kuat Tekan Rata-rata untuk Formula 3

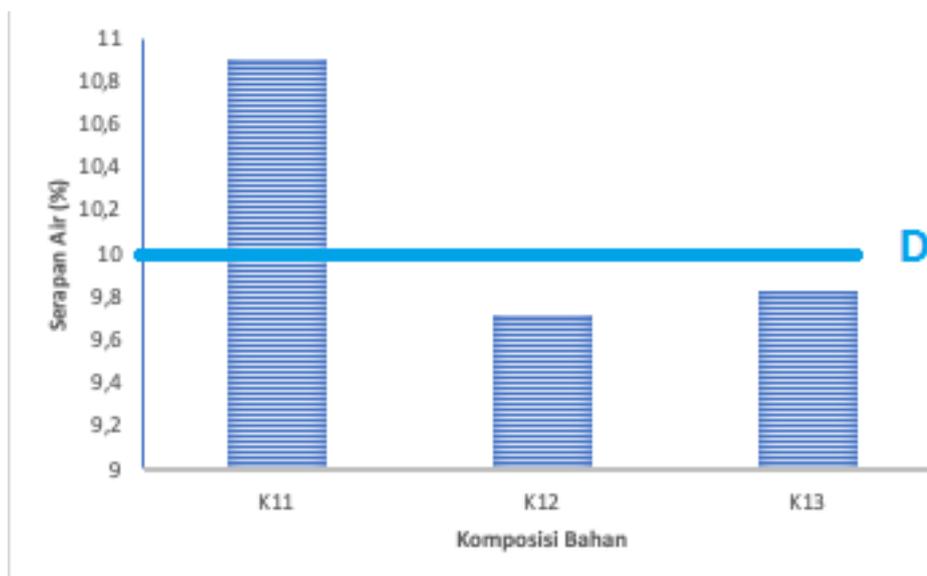
Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3 menunjukkan paving dengan formula 1 saja yang kuat tekannya memenuhi standar SNI 03-0691-1996. Formula 1 menghasilkan *paving block* dengan kuat tekan yang memenuhi persyaratan kelas B untuk komposisi K12 dan K13, sedangkan untuk komposisi K11 kuat tekan *paving block* memenuhi persyaratan kelas C. Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi *fly ash*, semakin tinggi kuat tekan *paving block*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi pada

komposisi K13. Hasil temuan pada penelitian ini ada perbedaan dengan hasil temuan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi *fly ash*, semakin turun kuat tekan *paving block* (Marthinus et al., 2015; Winarno et al., 2019). Perbedaan hasil temuan pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya kemungkinan disebabkan komposisi *fly ash* pada formula 1 masih belum optimal, karena pada saat jumlah *fly ash* sudah optimal, kuat tekan paving akan menurun kembali. Penggunaan *fly ash* yang optimal akan menekan biaya pembuatan *paving block* dan sekaligus mendukung penyelamatan lingkungan (Patil & Sathe, 2020).

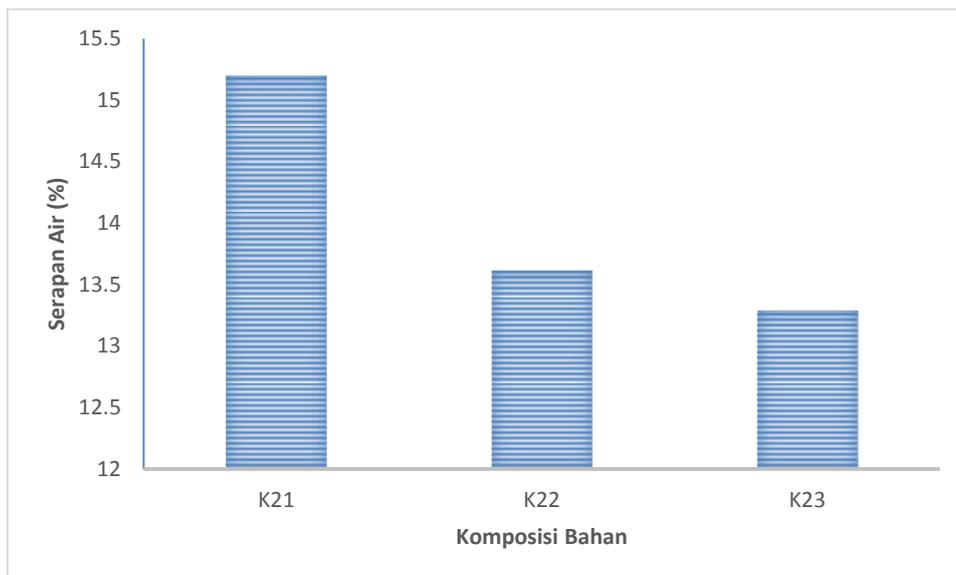
Penekanan biaya pembuatan *paving block* disebabkan fungsi *fly ash* yang dapat menggantikan fungsi semen yang harganya lebih mahal, *fly ash* berbentuk butiran halus dan mempunyai sifat pozzolanik yang bagus sehingga menghasilkan zat yang mengikat seperti semen sehingga dapat mengurangi jumlah semen yang diperlukan pada pembuatan *paving block*. Penggunaan *fly ash* untuk bahan campuran pembuatan *paving block* mampu meningkatkan kuat tekan paving karena kohesi internal semakin besar dan porositas semakin kecil (Nath, 2019).

3.1. Serapan Air

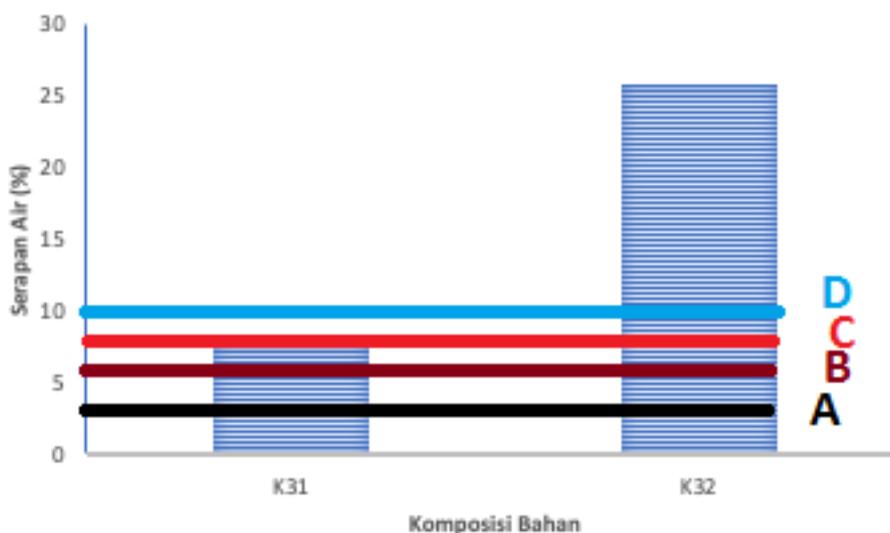
Uji serapan air dilakukan pada 8 buah paving. Kedelapan buah paving ini diambil dari masing-masing komposisi K11, K12, K13, K21, K22, K23, K31, dan K32. Hasil Analisa uji serapan air disajikan pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.



Gambar 4. Serapan Air Paving untuk Formula 1 dibandingkan standar SNI 03-0691-1996 (D: batas maksimal kelas D) (Sumber: SNI 03-0691-1996)



Gambar 5. Serapan Air Paving dari Formula 2



Gambar 6. Serapan Air Paving dari Formula 3 dibandingkan standar SNI 03-0691-1996 (A: batas maksimal kelas A; B: batas maksimal kelas C; D: batas maksimal kelas D) (Sumber: SNI 03-0691-1996)

Dari 8 buah sampel yang diuji, *paving block* yang dihasilkan formula 1 komposisi K11 memenuhi standar SNI 03-0691-1996 kelas D untuk parameter serapan air. Selanjutnya untuk formula 3 komposisi K31 memenuhi standar SNI 03-0691-1996 kelas C untuk parameter serapan air. Serapan air *paving block* yang terlalu besar disebabkan oleh proses penekanan yang kurang sempurna pada saat pencetakan sehingga jumlah dan volume pori-pori agregat lebih besar dari ukuran standar SNI 03-0691-1996.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mendapatkan komposisi campuran bahan paving yang kuat tekannya memenuhi standar SNI 03-0691-1996. Komposisi campuran bahan *paving block* yang terdiri dari semen : pasir : *fly ash* adalah (1 : 5 : 0) menghasilkan kuat tekan rata-rata 17,0 MPa dan serapan air 10,9%; (1 : 5 : 0,5) menghasilkan kuat tekan rata-rata 20,7 MPa dan serapan air 9,7%; dan (1 : 5 : 1) menghasilkan kuat tekan rata-rata 30,2 MPa dan serapan air 9,8%. Paving yang dihasilkan belum memenuhi standar SNI 03-0691-1996 karena meskipun paving yang dihasilkan dari formula 1 kuat tekannya memenuhi standar kuat tekan *paving block* kelas B, namun serapan air belum memenuhi standar. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa untuk formula 1, semakin tinggi komposisi *fly ash*, semakin besar pula kuat tekan *paving block*. Untuk penyempurnaan penelitian ini dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan meningkatkan komposisi *fly ash* pada formula 1 dan menyempurnakan proses pencetakan sehingga nilai serapan air *paving block* dapat memenuhi standar SNI untuk paving kelas B, yaitu maksimal 6%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifatunnisa, N. R., Nursetyowati, P., & Marganingrum, D. (2022). Studi Pemanfaatan Limbah Bottom Ash sebagai Adsorben Zat Warna pada Industri Tekstil (Studi Kasus PT. TCI Kabupaten Bandung). *Jurnal Reka Lingkungan*. Vol.10(1), 35–46. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.26760/rekalingkungan.v10i1.35-46>
- Kumar, A., & Kumar, S. (2013). Development of Paving Blocks from Synergistic Use of Red Mud and Fly Ash using Geopolymerization. *Construction and Building Materials*, *38*, 865–871.
- Kusdarini, E., Budianto, A., & Ghafarunnisa, D. (2017). Produksi Karbon Aktif dari Batubara Bituminus dengan Aktivasi Tunggal H₃PO₄, Kombinasi H₃PO₄-NH₄HCO₃, dan Termal. *Reaktor*. Vol.17(2), 74–80. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14710/reaktor.17.2.74-80>
- Kusdarini, E., Malik, A., Utamakno, L., & Budianto, A. (2021). Sebaran cemaran Hg di kawasan pertambangan emas rakyat menggunakan metode inverse distance weight. *Dinamika Lingkungan Indonesia*. Vol.8(2), 100–106.
- Kusdarini, E., Purwaningsih, D. Y., & Budianto, A. (2018). Adsorption of Pb²⁺ Ion in Water Well with Amberlite Ir 120 Na Resin. *Pollution Research*. Vol.37(4), 307–312.
- Kusdarini, E., Purwaningsih, D. Y., & Budianto, A. (2021). Removal Pb²⁺ of Well Water using Purolite C-100 Resin and Adsorption Kinetic. *Pollution Research*. Vol.40(2).
- Kusdarini, E., Suyadi, S., Yanuwadi, B., & Hakim, L. (2019). Analysis of Water Sources Availability and Water Quality in Dry and Rainy Season in Dry Land Areas, North Gresik, Indonesia. *Pollution Research*. Vol.38(4), 58–65.
- Kusdarini, E., Yanuwadi, B., Hakim, L., & Suyadi, S. (2020). Adoption Model of Water Filter by The Society of Lake Water Users in Dry Land Area, Gresik, East Java, Indonesia. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. Vol.10(5), 2089–2096.

- Marthinus, A. P., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2015). Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) terhadap Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.3(11), 729–736.
- Nath, S. K. (2019). Fly Ash and Zinc Slag Blended Geopolymer: Immobilization of Hazardous Materials and Development of Paving Blocks. *Journal of Hazardous Materials*.
- Nurzal, & Mahmud, J. (2013). Pengaruh Komposisi Fly Ash terhadap Daya Serap Air pada Pembuatan Paving Block. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol.3(2), 41–48.
- Patil, A. R., & Sathe, S. B. (2020). Feasibility of Sustainable Construction Materials for Concrete Paving Blocks: A Review on Waste Foundry Sand and Other Materials. *Materials Today: Proceedings*.
- Priyanka, B. D., Kumar, P. V. A., Dedeepya, K., Shabuddin, A., & Rao, S. K. (2015). Use of Fly Ash as Mineral Filler for Bituminous Paving Mixes. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. Vol.4(1).
- Rivera, J. F., Gutierrez, R. M. de, Benavides, S. R., & Orobio, A. (2020). Compressed and Stabilized Soil Blocks with Fly Ash-Based Alkali-Activated Cements. *Construction and Building Materials*, 264.
- Winarno, H., Muhammad, D., Ashyar, R., & Wibowo, Y. G. (2019). Pemanfaatan Limbah Fly Ash dan Bottom Ash dari PLTU Sumsel-5 sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block. *Jurnal Teknika*, Vol.11(1).