



Identifikasi Potensi Abu Terbang (*Fly Ash*) Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan *Paving Block* Ramah Lingkungan

Muhammad Bagus Syahputra^{1*}, Dian Rahayu Jati¹, dan Ochih Saziati¹

¹Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura

E-mail : Bagussyahputra54@student.untan.ac.id

Abstract

Fly ash is the residue from burning coal in a steam power plant (PLTU). *Fly ash* can cause air pollution and soil pollution, so an effort is needed to reduce pollution through the use of it in cement as a partial substitute in the manufacture *paving block*. This study aims to analyze the exact composition to achieve maximum strength *paving block*, analyze the grade value resulting from mixing *fly ash* with a comparison (1:4), (1:5), (1:6) with a total sample of 27 test objects and analyze the effect *fly ash* in cement's partial substitute in terms of physical properties *paving block* based on SNI 03-0691-1996. This study was implementing the experimental method by conducting experiments to obtain results showing the relationship between the compressive strength, water absorption, and wear resistance variables *paving block*. This study gave results that compressive strength's highest value was 27.42 MPa at composition 1:4, test object code A1. The highest absorption value was 4.2% at 1:4 composition, test object code A0, while the highest wear resistance value was 0.131 mm/minute at 1:4 composition, test object code A1. So that *paving block* These are categorized in class B quality which are used for parking lot yards. Partial replacement of cement using *fly ash* affect to compressive strength, water absorption and wear resistance.

Keywords: fly ash; paving block; water absorption, wear resistance; compressive strength; quality paving block

Abstrak

Fly ash merupakan residu dari aktivitas pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). *Fly ash* dapat menyebabkan pencemaran udara dan pencemaran tanah, sehingga diperlukan suatu upaya untuk mengurangi pencemaran melalui pemanfaatan dalam menggantikan sebagian semen pada pembuatan *paving block*. Tujuan penelitian ini ialah menganalisis komposisi yang tepat untuk mencapai kekuatan maksimum *paving block*, menganalisis nilai grade yang dihasilkan dari pencampuran *fly ash* dengan perbandingan (1:4), (1:5), (1:6) dengan total sampel sebanyak 27 benda uji dan menganalisis pengaruh *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap sifat fisis *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen untuk menghasilkan temuan yang menunjukkan korelasi antara variabel kuat tekan, daya serap air, dan ketahanan aus *paving block*. Penelitian ini memberikan hasil nilai kuat tekan tertinggi yaitu 27,42 MPa pada komposisi 1:4 kode benda uji A1. Nilai daya serap tertinggi yaitu 4,2% pada komposisi 1:4 kode benda uji A0, sedangkan nilai ketahanan aus tertinggi yaitu 0,131 mm/menit pada komposisi 1:4 kode benda uji A1. Sehingga *paving block* tersebut dikategorikan dalam mutu kelas B yang dipergunakan untuk pelataran lahan parkir. Penggantian sebagian semen menggunakan *fly ash* berpengaruh terhadap nilai kuat tekan, daya serap air dan ketahanan aus.

Kata Kunci: fly ash, paving block; penyerapan air; ketahanan aus; kuat tekan; mutu paving block

PENDAHULUAN

Bata beton atau biasa dikenal sebagai *paving block* merupakan bahan bangunan yang biasa digunakan sebagai bahan perkerasan untuk permukaan jalan. *Paving block* tersusun atas campuran air, agerat halus, dan semen *Portland* yang disertai atau tanpa adanya penambahan bahan lainnya yang tidak mempengaruhi kualitas bata beton itu sendiri (Jauzi, Prihantono, & Dadang Suyadi, 2014). *Fly ash* sebagai residu dari kegiatan pembakaran batu bara di PLTU mampu menyebabkan polusi lingkungan yang berupa pencemaran udara dan pencemaran tanah. Untuk mengatasi dampak negatif tersebut, dilakukan pemanfaatan *fly ash* dalam menggantikan bahan sebagian semen untuk pembuatan *paving block* karena bahan pembuatan *paving block* ini diketahui relatif mahal. Perlu adanya inovasi keberlanjutan dalam pembuatannya dengan mencoba mengganti sebagian semen dengan *fly ash*.

Fly ash memiliki sifat *pozzolan* yaitu bahan yang di dalamnya terdapat kandungan aluminium dan silika yang akan bereaksi secara kimiawi pada suhu normal dengan kalsium hidroksida serta menghasilkan senyawa dengan yang sifatnya *cementitious* (mengikat) (Ashad, Supardi, Mappiasse, Zhahir, & Prabowo Surya, 2020). Menurut penelitian terdahulu (Nursilawati, 2018) dengan penggantian *fly ash* dalam campuran *paving block* mampu menambah kuat tekan *paving block*, tetapi dapat pula mengurangi nilai daya serap airnya. Penelitian sebelumnya dari (Mulyati & Maliar, 2015) diperoleh bahwa *fly ash* bisa dijadikan sebagai bahan yang menggantikan sebagian pasir pada campuran *paving block* sebab melalui penelitian tersebut dibuktikan nilai kuat tekan yang lebih tinggi pada *paving block* yang ditambah *fly ash* daripada *paving block* yang tidak mengandung *fly ash*. Selain itu, *paving block* yang terbuat dari tambahan *fly ash* dianggap ramah lingkungan sebab mampu mengurangi dampak pembakaran batu bara, terutama polusi udara. Selain itu, biaya produksinya 20% lebih murah daripada menggunakan tanah liat.

Penelitian pembuatan *paving block* yang inovatif terhadap komposisi bahannya, yakni menggunakan *fly ash* ini diharapkan dapat menekan biaya produksi *paving block* dan tanpa mengurangi nilai kuat tekan, daya serap air, serta ketahanan aus dari *paving block*. Dalam penelitian ini, *Fly ash* dalam pembuatan *paving block* digunakan untuk menggantikan sebagian semen dalam campuran bahannya. Tujuan penelitian ini menentukan berapa komposisi yang tepat untuk mencapai sifat fisis optimum pada *paving block* yang berpedoman pada SNI 03-0691-1996, mendapatkan mutu grade yang dihasilkan dari pencampuran *fly ash* dengan perbandingan (1:4),(1:5),(1:6), dan menganalisis penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap sifat fisis *paving block* yang mengacu pada SNI 03-0691- 1996.

METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Pengambilan sampel limbah abu terbang (*fly ash*) dilakukan di PT. PLN UPK Singkawang, PLTU Bengkayang. Pembuatan *paving block* dilakukan di tempat produsen batako, Fajar batako di Jalan Purnama 2 dan pengujian *paving block* dilakukan di Laboratorium bahan dan konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan diantaranya saringan, timbangan analitik, labu ukur 100 cc, wadah, timbangan duduk, sendok semen, oven, mesin *press hydraulic*, mesin uji kuat tekan, jangka sorong, gerobak dorong, semen, *fly ash*, pasir, air.

C. Pengolahan Benda Uji

Pengolahan benda uji dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah, diantaranya:

1. Pengujian agregat halus
Dilakukan pengujian berupa pengujian berat jenis dan penyerapan air, yang dilakukan dengan tujuan guna mengidentifikasi berat jenis dan persentase berat air yang terserap oleh agregat halus dan kemudian berat keringnya dihitung.
2. Pembuatan benda uji (*Paving block*)
Pembuatan *paving block* dilakukan dengan perbandingan campuran antara semen dan pasir masing-masing 1:4, 1:5, dan 1:6. Sedangkan persentase komposisi *fly ash* dalam campuran *paving block* yakni 0%, 20%, dan 30% dari berat semen. Jumlah sampel yang dibuat yaitu sebanyak 27 buah. Setiap sampel diberi kode benda uji A0, B0 dan C0 yaitu benda uji tanpa ada penambahan *fly ash* (*paving block* kontrol), kode benda uji A1, B1 dan C1 yaitu benda uji dengan penggantian *fly ash* 20%, kode benda uji A2, B2 dan C2 yaitu benda uji dengan penggantian *fly ash* 30%.
3. Pengujian sifat fisis *Paving Block*
Pengujian dilakukan terhadap kuat tekan, daya serap air, dan ketahanan aus, dimana ketiganya diuji dan dibuat sesuai SNI 03-0691-1996 yakni *paving block* dengan ukuran panjang 21 cm, lebar 10,5 cm, dan tebal 6 cm serta berbentuk kubus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat dan Karakteristik Agregat Halus

Pengujian sifat dan karakteristik agregat halus yang berupa pasir, dimana dilakukan uji terhadap berat jenis pasir dan penyerapan air pasir. Hasil uji tersebut disajikan dalam tabel 1 berikut:

Tabel 1. Sifat dan Karakteristik Agregat Halus

No	Tipe Pengujian	Hasil Pengujian	SNI
1.	Berat jenis	2,26 gr/cm ³	SNI 1970:2008
2.	Penyerapan air	0,08 %	SNI 1970:2008

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Tabel 1 menunjukkan bahwa kedua sifat dan karakteristik agregat halus yang diuji memenuhi persyaratan yang diperlukan untuk menjadi bahan penyusun dalam campuran *paving block*.

B. Kuat Tekan *Paving Block*

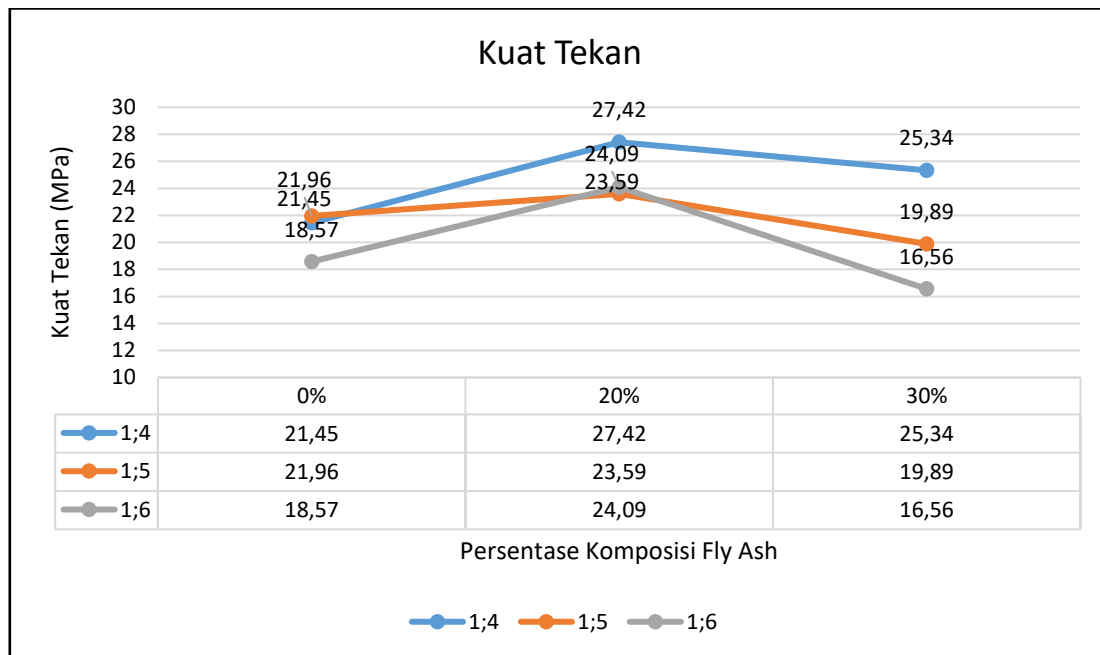
Tabel 2 menunjukkan nilai kuat tekan pada sampel *paving block* yang pembuatannya mengacu pada SNI 03-0691-1996.

Tabel 2. Kuat Tekan *Paving Block*

Komposisi	Kode	Rata-rata uji kuat tekan (Mpa)	Standar mutu SNI		Mutu	Kegunaan
			rata-rata	min		
1:4	A0	21,45	20	17	B	Lahan parkir
	A1	27,42	20	17	B	Lahan parkir
	A2	25,34	20	17	B	Lahan parkir
1:5	B0	21,96	20	17	B	Lahan parkir
	B1	23,59	20	17	B	Lahan parkir
	B2	19,89	20	17	B	Lahan parkir
1:6	C0	18,57	20	17	B	Lahan parkir
	C1	24,09	20	17	B	Lahan parkir
	C2	16,56	15	12,5	C	Pejalan kaki

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Kuat tekan *paving block* diuji dengan tiga kali pengulangan menghasilkan variasi nilai kuat tekan dari setiap komposisi nya. Pada komposisi 1:4 didapatkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 27,422 Mpa dengan kode benda uji A1 dengan penggantian *fly ash* sebesar 20%. Pada komposisi 1:5 didapatkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 23,59 Mpa dengan kode benda uji B1 dengan penggantian *fly ash* sebesar 20%. Pada komposisi 1:6 didapatkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 24,09 Mpa dengan kode benda uji C1 dengan penggantian *fly ash* sebesar 20%. Dari hasil analisis uji kuat tekan diperoleh nilai grade *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996 dikategorikan dalam kelas B yang diperuntukkan sebagai area parkir.



Gambar 1. Grafik Uji Kuat Tekan
Sumber: Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan dari hasil pengujian didapatkan penggantian sebagian semen menggunakan *fly ash* yang paling efektif terjadi pada kode benda uji A1, yang berupa *paving block* dengan komposisi 20% *fly ash* sebagai pengganti semen. Didapatkan peningkatan nilai kuat tekan sebesar 28% dari kode benda uji *paving block* kontrol di komposisi 1:4. Hal ini dapat disebabkan karena adanya peningkatan kandungan silika pada saat penambahan *fly ash*. Menurut penelitian (Jeneri, 2023) kandungan silika pada *fly ash* lebih banyak di dibandingkan dengan kandungan silika pada semen, sehingga dengan adanya penambahan *fly ash* akan meningkatkan kandungan silika pada semen. Selain itu peningkatan nilai kuat tekan juga dapat disebabkan karena *fly ash* tercampur dengan baik dan bahan campuran *paving block* memadat sepenuhnya, sehingga tidak terdapat rongga pada *paving block*. Hasil dari penelitian ini sama dengan penelitian (Harystama, Agus, Al Fathoni, & Azizi, 2020) yang menunjukkan nilai kuat tekan optimum terdapat pada variasi *fly ash* 20% dengan rata-rata kuat tekan mencapai 9,34 MPa. \

Sedangkan penggantian sebagian semen menggunakan *fly ash* yang paling tidak efektif terjadi pada kode benda uji C2, yang berupa *paving block* dengan komposisi penggantian semen menggunakan 30% *fly ash*. Hasil menunjukkan penurunan nilai kuat tekan sebesar 3% dari kode benda uji *paving block* di komposisi 1:6. Hal ini dikarenakan semen yang berfungsi sebagai perekat jumlahnya semakin berkurang. Dengan adanya penambahan *fly ash* maka kandungan silika pada semen akan meningkat, namun jika kandungan silika yang berlebih pada campuran *paving block* akan memberikan pengaruh pada penurunan nilai kuat tekan. Menurut (Ayu Ginting, Nirmala, & Hendri Sutrisno,

2023) senyawa CaO bebas yang terdapat didalam semen akan terikat dengan kandungan silika, membentuk senyawa kalsium hidroksida maka *paving block* akan kehilangan kepadatan karena senyawa ini menciptakan rongga udara. Menurut penelitian (Lifnastiti, 2022) penurunan nilai kuat tekan dapat disebabkan pada saat proses pencampuran bahan tidak merata dan bahan yang tercampur pada cetakan *paving block* tidak sepenuhnya memadat sehingga terbentuk rongga sehingga mengakibatkan penurunan pada nilai kuat tekan *paving block*. Di samping itu, proses pencampuran atau pengadukan bahan campuran *paving block* adalah komponen yang mempengaruhi nilai kuat tekan (Tjokrodinuljo, 2007). Berdasarkan hasil analisis pengujian kuat tekan yang dilakukan semua benda uji *paving block* sudah memenuhi SNI 03-0691-1996. Penggantian sebagian semen dengan bahan abu terbang (*fly ash*) pada pembuatan *paving block* sangat mempengaruhi nilai kuat tekan dari *paving block* itu sendiri. *Paving block* yang dibuat dengan campuran *fly ash* menghasilkan peningkatan kualitas *paving block*, tetapi terlalu banyak *fly ash* juga dapat membuat kualitas *paving block* mengalami penurunan kualitas.

C. Daya Serap Air *Paving Block*

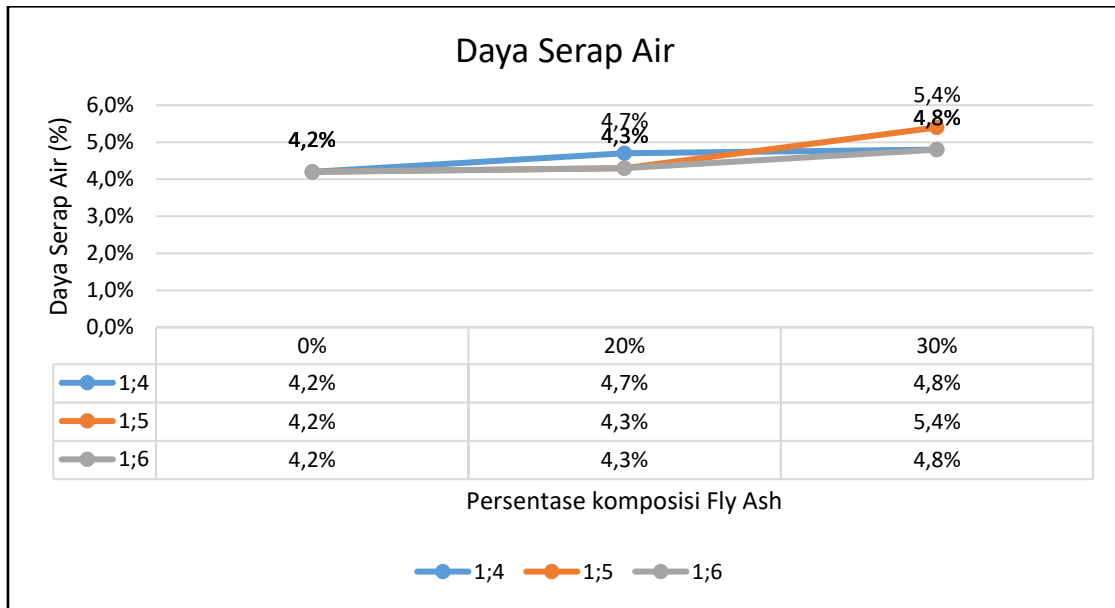
Daya serap air *paving block* yang telah melalui pengujian menghasilkan nilai sebagaimana disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Uji Daya Serap Air *Paving Block*

Komposisi	Kode	Rata-rata uji daya serap air (%)	Standar mutu SNI	Mutu	Kegunaan
			rata-rata		
1:4	A0	4,2	6%	B	Lahan parkir
	A1	4,7	6%	B	Lahan parkir
	A2	4,8	6%	B	Lahan parkir
1:5	B0	4,2	6%	B	Lahan parkir
	B1	4,3	6%	B	Lahan parkir
	B2	5,4	6%	B	Lahan parkir
1:6	C0	4,2	6%	B	Lahan parkir
	C1	4,3	6%	B	Lahan parkir
	C2	4,8	6%	B	Lahan parkir

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Pengujian daya serap air *paving block* dengan 3 kali pengulangan diperoleh nilai yang berbeda-beda dari setiap komposisi nya. Pada komposisi 1:4 didapatkan nilai daya serap air tertinggi sebesar 4,2% dengan kode benda uji A0 tanpa penggantian *fly ash*. Pada komposisi 1:5 didapatkan nilai daya serap air tertinggi sebesar 4,2% dengan kode benda uji B0 tanpa penggantian *fly ash*. Pada komposisi 1:6 didapatkan nilai daya serap air tertinggi sebesar 4,2% dengan kode benda uji C0 tanpa penggantian *fly ash*. Dari hasil analisis daya serap air diperoleh nilai grade untuk *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996 dikategorikan dalam mutu kelas B yang diperuntukkan sebagai area parkir.



Gambar 2. Grafik Uji Daya Serap Air

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan hasil analisis pengujian serapan air yang dilakukan semua benda uji *paving block* telah memenuhi standar SNI 03-0691-1996. Penggantian sebagian semen pada pembuatan *paving block* menggunakan *fly ash* sangat mempengaruhi nilai daya serap air dari *paving block*, komposisi yang memberikan hasil paling efektif terjadi pada komposisi tanpa penambahan *fly ash* atau *paving block* kontrol. Sedangkan nilai daya serap air dengan penggantian sebagian semen menggunakan *fly ash* yang paling rendah terjadi pada kode benda uji B2 dengan penggantian semen dengan 30% *fly ash*. Didapatkan melalui hasil pengujian daya serap air, dengan adanya penambahan *fly ash* mempengaruhi penurunan nilai daya serap air dari *paving block* kontrol. Nilai daya serap air terbaik bergantung pada kepadatan dan jumlah pori *paving block*, hal ini dapat dipengaruhi oleh banyaknya rongga pada *paving block* yang menyebabkan rongga terisi oleh air (Jeneri, 2023). Penggunaan *fly ash* dalam pembuatan *paving block* ini mempengaruhi nilai daya serap air yang dihasilkan. Besarnya persentase penambahan *fly ash* membuat nilai daya serap air meningkat dan menjadi tidak efektif, sebaliknya jika nilai daya serap air semakin rendah maka akan lebih efektif, sehingga dapat disimpulkan bahwa penggantian sebagian semen menggunakan *fly ash* mempengaruhi nilai daya serap air.

D. Ketahanan Aus *Paving Block*

Tabel 4 menunjukkan hasil uji terhadap daya serap air sampel *paving block* yang dibuat dengan mengacu pada SNI 03-0691-1996.

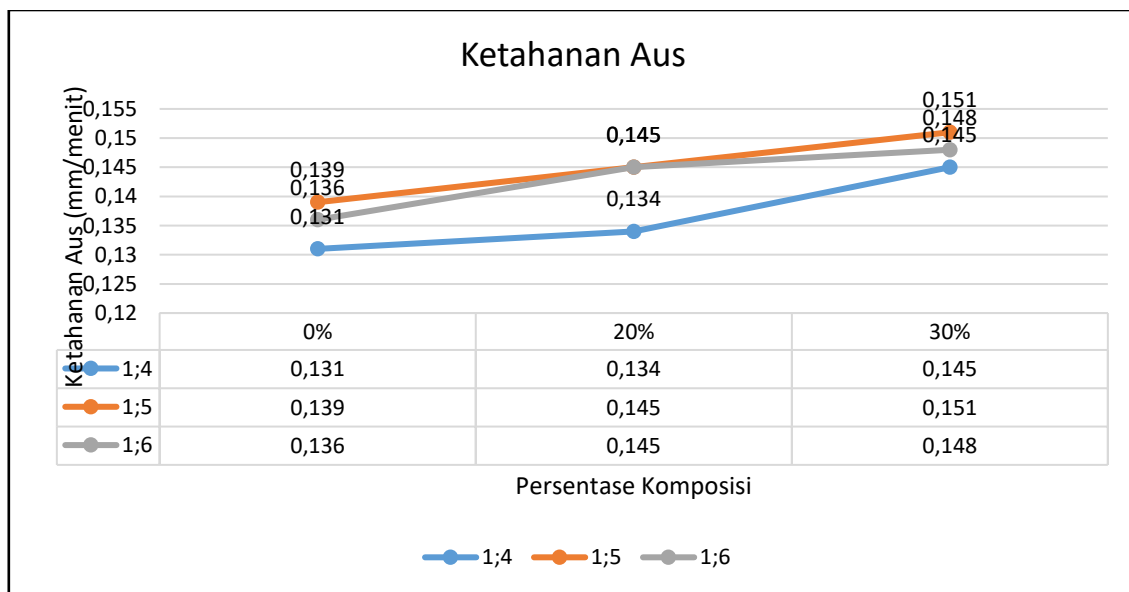
Tabel 4. Uji Ketahanan Aus *Paving Block*

Komposisi	Kode	Rata-rata uji ketahanan aus (mm/menit)	Standar mutu SNI		Mutu	Kegunaan
			rata-rata	Min		
1:4	A0	0,131	0,130	0,149	B	Lahan parkir
	A1	0,134	0,130	0,149	B	Lahan parkir
	A2	0,145	0,130	0,149	B	Lahan parkir
1:5	B0	0,139	0,130	0,149	B	Lahan parkir
	B1	0,145	0,130	0,149	B	Lahan parkir
	B2	0,151	0,130	0,149	B	Lahan parkir
1:6	C0	0,136	0,130	0,149	B	Lahan parkir
	C1	0,145	0,130	0,149	B	Lahan parkir

Komposisi	Kode	Rata-rata uji ketahanan aus (mm/menit)	Standar mutu SNI		Mutu	Kegunaan
			rata-rata	Min		
	C2	0,148	0,130	0,149	B	Lahan parkir

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Pengujian ketahanan aus *paving block* dengan 3 kali pengulangan menunjukkan nilai ketahanan aus yang berbeda-beda dari setiap komposisi nya. Pada komposisi 1:4 didapatkan nilai ketahanan aus tertinggi sebesar 0,131 mm/menit dengan kode benda uji A0 tanpa penggantian *fly ash*. Pada komposisi 1:5 didapatkan nilai ketahanan aus tertinggi sebesar 0,139 mm/menit dengan kode benda uji B0 tanpa penggantian *fly ash*. Pada komposisi 1:6 didapatkan nilai ketahanan aus tertinggi sebesar 0,136 mm/menit dengan kode benda uji C0 tanpa penggantian *fly ash*. Dari hasil analisis ketahanan aus diperoleh nilai grade untuk *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996 dikategorikan dalam mutu kelas B yang diperuntukkan sebagai area parkir.



Gambar 3. Grafik Uji Ketahanan Aus

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan pengujian ketahanan aus yang dilakukan semua benda uji sudah sesuai standar SNI 03-0691-1996. Penggantian sebagian semen menggunakan *fly ash* pada pembuatan *paving block* sangat mempengaruhi nilai ketahanan aus dari *paving block*, penggantian sebagian semen menggunakan *fly ash* yang paling efektif terjadi pada kode benda uji A0 yang berupa *paving block* tanpa penggantian *fly ash*. Semakin kasar permukaan *paving block* dan semakin rendah nilai ketahanan aus maka semakin baik. Penggantian sebagian semen menggunakan *fly ash* yang paling tidak efektif terjadi pada kode benda uji B2 dengan persentase penggantian *fly ash* 30%, hal ini dikarenakan terjadinya penurunan nilai ketahanan aus dari *paving block* tanpa penggantian *fly ash*. Terjadinya penurunan nilai ketahanan aus tersebut dapat disebabkan oleh air yang berlebihan pada saat pencampuran bahan campuran *paving block* yang mengakibatkan permukaan *paving block* berongga. Permukaan *paving block* yang berongga membuat *paving block* tidak padat sehingga mudah untuk terkikis. Menurut (Lifnastiti, 2022) penurunan nilai ketahanan aus juga dapat disebabkan tidak meratanya pencampuran material *paving block* sehingga mengakibatkan penggumpalan pada sebagian bahan campuran. Semakin besarnya nilai ketahanan aus yang diperoleh maka kualitas *paving block* tersebut akan semakin buruk, dan sebaliknya jika nilai ketahanan aus yang diperoleh semakin kecil maka kualitasnya akan semakin baik.

PENUTUP

A. Kesimpulan

Paving block dengan nilai kuat tekan tertinggi yaitu pada komposisi 1:4 dengan kode benda uji A1 dengan persentase *fly ash* sebesar 20% dengan nilai kuat tekan 27,42 Mpa. *Paving block* dengan nilai daya serap tertinggi yaitu pada komposisi 1:4 dengan kode benda uji A0 tanpa penggantian *fly ash* dengan nilai daya serap 4,2%. *Paving block* dengan nilai ketahanan aus tertinggi yaitu pada komposisi 1:4 dengan kode benda uji A0 tanpa penggantian *fly ash* dengan nilai ketahanan aus 0,131 mm/menit. Nilai grade *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 adalah mutu kelas B yang dipergunakan untuk pelataran lahan parkir. Penggantian sebagian semen menggunakan *fly ash* berpengaruh pada peningkatan nilai kuat tekan *paving block*, namun terjadi penurunan pada nilai penyerapan air dan ketahanan aus.

B. Saran

Diperlukan penelitian lanjutan terhadap aspek aspek ekonomi dari penggunaan *fly ash* dalam pembuatan *paving block* yang menggantikan sebagian semen dalam campurannya, perbandingan yang berbeda antara semen dan pasir juga perlu dilakukan untuk mendapatkan kualitas *paving block* yang selaras dengan tujuan penggunaan sesuai standar SNI 03-0691-1996, perlu dilakukan penelitian penggantian sebagian semen menggunakan *fly ash* dengan persentase berkisar 5%-20%, dan perlu dilakukan aktivasi pada *fly ash* agar lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashad, H., Supardi, S., Mappiasse, A., Zhahir, A. M. I. Z., & Prabowo Surya, D. (2020). Pemanfaatan Limbah Pembakaran Batu Bara Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen. *Macca : Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 76–83.
- Ayu Ginting, N., Nirmala, A., & Hendri Sutrisno, dan. (2023). Analisis Pengaruh Penambahan Tailing Bauksit sebagai Agregat Halus pada Pembuatan Paving Block Di PT. Anugerah Borneo Maruya Persada. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(02), 338–347.
- Harystama, A., Agus, M., Al Fathoni, S., & Azizi, A. (2020). Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Paving Block. *Jurnal CIVeng*, 1(1), 11–16. Retrieved from <http://jurnalnasional.ump.ac.id?index.php/civeng>
- Jauzi, I., Prihantono, & Dadang Suyadi, S. (2014). Studi Deskriptif Analitis Pemanfaatan Abu Serbuk Kayu Mahoni Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Paving Block Untuk Mencari Kuat Tekan Optimum Berdasarkan SNI 03-0691-1989. *Menara : Jurnal Teknik Sipil*, IX(2), 1–14.
- Jeneri, R. (2023). *Pengaruh Campuran Abu Batubara (Fly Ash) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Karakteristik Paving Block (The Effect Of Coal Ash Mixture (Fly Ash) As A Partical Replacement Of Cement On The Characteristics Of Paving Block* (Skripsi). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Lifnastiti, F. (2022). *Pengaruh Variasi Penambahan Fly Ash Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Mutu Paving Block (The Effect Adding Fly Ash Variations As A Particular Replacement Of Cement To The Quality Of Paving Blocks)* (Skripsi). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Mulyati, & Maliar, S. (2015). Pengaruh Penggunaan Fly Ash Sebagai Pengganti Agregat Terhadap Kuat Tekan Paving Block. *Jurnal Momentum*, 17(1), 42–49.
- Nursilawati, L. I. (2018). *Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Fly Ash) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Paving Block*.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta.