



PENGARUH SUBSTITUSI SEMEN DENGAN MENGGUNAKAN ABU BATU BARA (*FLY ASH*) TERHADAP KUAT TEKAN *PAVING BLOCK*

Taufiq Edlis Putra

Universitas Muhammadiyah
Sumatera Barat, Indonesia

<https://orcid.org/0009-0001-7424-293X>

Ishak

Universitas Muhammadiyah
Sumatera Barat, Indonesia

<https://orcid.org/0009-0005-2024-9115>

Gusmulyani

Universitas Muhammadiyah
Sumatera Barat, Indonesia

<https://orcid.org/0009-0003-7417-9023>

Email: taufiqedlisputra@gmail.com

Abstrak. Pemanfaatan limbah abu terbang (*fly ash*) dari PLTU Ombilin, Sawahlunto, merupakan upaya mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus menekan penggunaan semen dalam konstruksi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh substitusi semen menggunakan *fly ash* terhadap kuat tekan paving block, menentukan persentase optimal, serta mengevaluasi kesesuaian mutunya berdasarkan SNI 03-0691-1996. Sampel paving block tipe Holland berukuran 20 × 10 × 6 cm dibuat dengan rasio campuran 1:3 dan variasi substitusi *fly ash* sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 14 dan 28 hari di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Hasil pengujian umur 28 hari menunjukkan kuat tekan rata-rata berturut-turut sebesar 15,421 MPa, 16,121 MPa, 14,754 MPa, dan 13,754 MPa. Substitusi optimal diperoleh pada variasi 10%, dengan peningkatan kuat tekan sebesar 4,54% dibandingkan campuran normal dan memenuhi mutu C untuk pejalan kaki. Sementara itu, variasi 15% dan 20% mengalami penurunan kuat tekan, tetapi tetap memenuhi mutu D untuk taman atau penggunaan nonstruktural.

Kata kunci : *Paving Block, Abu Terbang (Fly Ash), Substitusi Semen, Kuat Tekan, SNI 03-0691-1996*

Article History

Received: Oktober 2026

Reviewed: Oktober 2026

Published: Oktober 2026

Plagiarism Checker

No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) memegang peranan krusial dalam memasok kebutuhan energi listrik nasional, salah satunya PLTU Ombilin yang berlokasi di Sawahlunto, Sumatera Barat. Proses pembakaran batu bara pada PLTU ini menghasilkan limbah padat berupa abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash/FABA*) dalam jumlah besar, mencapai kurang lebih 400 ton per hari. Penumpukan limbah *fly ash* tanpa pengelolaan yang optimal berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti pencemaran udara akibat debu terdispersi yang memicu gangguan pernapasan, serta potensi pencemaran tanah dan sumber air akibat kandungan logam berat.

Di sisi lain, pesatnya pembangunan infrastruktur jalan, trotoar, area parkir, dan fasilitas umum mendorong peningkatan kebutuhan material konstruksi, termasuk paving block. Paving block umumnya terbuat dari campuran semen Portland, agregat halus (pasir), dan air. Mengingat produksi semen menyumbang emisi gas rumah kaca yang cukup tinggi serta eksploitasi agregat alam secara terus menerus dapat merusak ekosistem, diperlukan alternatif material pozzolanik yang ramah lingkungan dan ekonomis. Fly ash memiliki sifat pozzolanik karena mengandung senyawa silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hasil hidrasi semen untuk membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang memperkuat struktur beton.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan fly ash dari PLTU Ombilin Sawahlunto sebagai bahan substitusi sebagian semen terhadap nilai kuat tekan paving block, menentukan persentase optimal substitusi fly ash, serta menguji kesesuaian mutu paving block yang dihasilkan berdasarkan standar SNI 03-0691-1996.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Bahan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Bahan-bahan yang digunakan meliputi: (1) Semen Portland Composite Cement (PCC) produksi Semen Padang; (2) Agregat halus berupa pasir yang berasal dari Tambuo Talao, Guguak Randah, Bukittinggi; (3) Abu terbang (fly ash) dari PLTU Ombilin, Sawahlunto; dan (4) Air bersih laboratorium.

2.2 Rancangan Campuran dan Benda Uji

Perencanaan proporsi campuran dasar paving block mengacu pada rasio adukan 1 : 3 (Semen : Pasir) dengan Faktor Air Semen (FAS) yang dipertahankan konstan. Substitusi fly ash dilakukan terhadap berat semen dengan variasi 0% (normal), 10%, 15%, dan 20%. Benda uji berbentuk balok tipe Holland berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur perawatan (curing) 14 hari dan 28 hari dengan masing-masing variasi terdiri dari 3 sampel benda uji. Total benda uji yang disiapkan adalah 24 buah.

Tabel 1. Komposisi Kebutuhan Bahan per Cetakan Paving Block Tipe Holland

Variasi Substitusi Fly Ash	Semen (kg)	Fly Ash (kg)	Pasir SSD (kg)	Air (Liter)
0% (Normal)	0,700	0,000	2,000	0,30
10%	0,630	0,070	2,000	0,30
15%	0,595	0,105	2,000	0,30
20%	0,560	0,140	2,000	0,30

2.3 Prosedur Pengujian

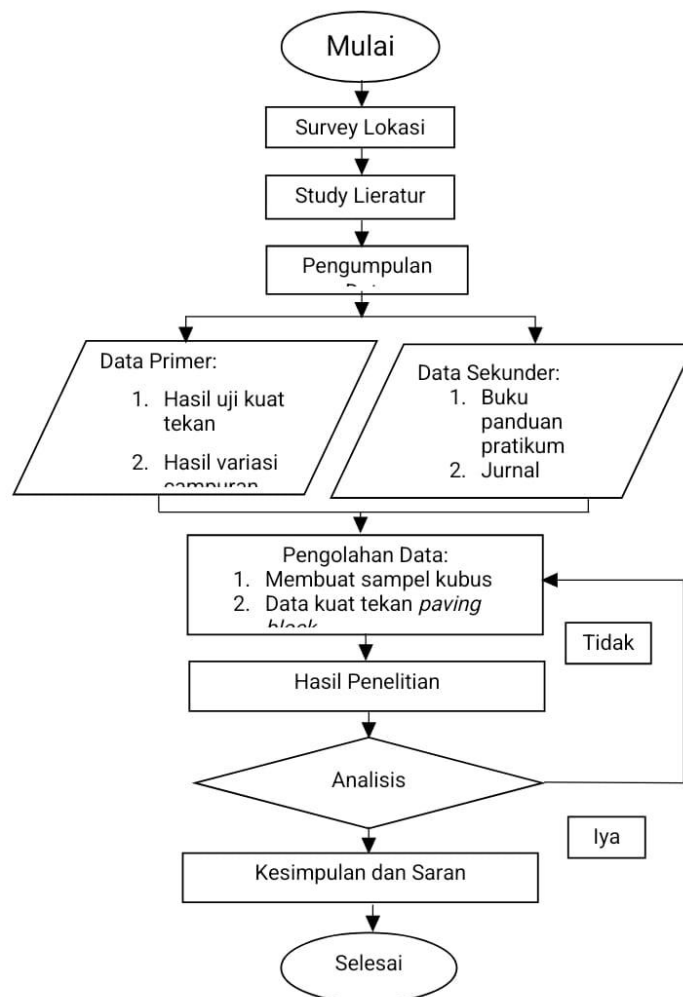
Pengujian karakteristik bahan penyusun meliputi: pengujian berat jenis semen (botol Le Chatelier), analisa saringan agregat halus, berat volume agregat, kadar lumpur (saringan No. 200), kadar air, serta specific gravity & penyerapan agregat halus. Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan Compression Testing Machine (CTM) berkapasitas digital mengacu pada SNI 03-0691-1996, dengan rumus.

$$\text{Kuat Tekan (fc')} = P / A$$

Dimana P adalah beban tekan maksimum saat keruntuhan (N) dan A adalah luas bidang tekan paving block (mm^2). Nilai kuat tekan dihitung dalam satuan MPa dan kg/cm^2 .



Gambar 1: Lokasi Penelitian



Gambar 2: Bagan Alir Penelitian



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Karakteristik Material

Berdasarkan pengujian laboratorium yang telah dilaksanakan, didapatkan data karakteristik bahan penyusun sebagai berikut :

1. Berat Jenis Semen PCC: 3,102 gr/cm³.
2. Kadar Lumpur Agregat Halus: Rata-rata 0,025% (memenuhi syarat SNI < 5%).
3. Kadar Air Agregat Halus: Rata-rata 20,3% .
4. Berat Volume Agregat Halus: Kondisi padat 12,37 kg (1,261 kg/cm³), gembur 8,98 kg (0,908 kg/cm³).
5. Specific Gravity Agregat Halus: Bulk Specific Gravity SSD = 2,472; Apparent Specific Gravity = 2,792; Penyerapan Air = 7,759% .

3.2. Hasil Uji Kuat Tekan Paving Block

Hasil pengujian kuat tekan paving block pada umur perawatan 14 dan 28 hari untuk seluruh variasi persentase substitusi fly ash dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Rata-rata Kuat Tekan Paving Block

Variasi Fly Ash	Kuat Tekan 14 Hari (MPa)	Kuat Tekan 14 Hari (kg/cm ²)	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)	Kuat Tekan 28 Hari (kg/cm ²)	Kualifikasi Mutu SNI 03-0691-1996
0% (Normal)	5,990	61,182	15,421	157,246	Mutu C (Pejalan Kaki)
10%	6,918	70,529	16,121	164,001	Mutu C (Pejalan Kaki)
15%	5,667	57,782	14,754	150,405	Mutu D (Taman / Non-Struktural)
20%	6,404	50,135	13,754	140,208	Mutu D (Taman / Non-Struktural)

3.3. Pembahasan

Berdasarkan data pengujian pada umur 28 hari, paving block dengan variasi substitusi fly ash 10% mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 4,54% dibanding paving block normal (dari 15,421 MPa menjadi 16,121 MPa). Peningkatan ini disebabkan oleh adanya reaksi pozzolanik antara silika aktif pada fly ash dengan kalsium hidroksida Ca(OH)₂ bebas yang dihasilkan dari proses hidrasi semen. Reaksi ini membentuk senyawa C-S-H tambahan yang mengisi rongga-rongga kapiler dalam matriks adukan, sehingga meningkatkan kepadatan dan kerapatan struktur paving block.

Namun, pada penambahan fly ash sebesar 15% dan 20%, kuat tekan rata-rata umur 28 hari mengalami penurunan masing-masing menjadi 14,754 MPa dan 13,754 MPa. Penurunan kuat tekan ini disebabkan oleh berkurangnya proporsi semen utama dalam campuran, sehingga



jumlah Ca(OH)_2 yang tersedia untuk reaksi pozzolanik menjadi terbatas. Kelebihan fly ash yang tidak bereaksi hanya berfungsi sebagai filler pasif yang dapat melemahkan ikatan antar agregat.

Berdasarkan standar SNI 03-0691-1996 tentang Paving Block:

- Paving block normal (0%) dan variasi 10% fly ash memenuhi kualifikasi Mutu C (kuat tekan rata-rata minimal 15 MPa / 150 kg/cm²), yang diperuntukkan bagi jalur pejalan kaki (trotoar).
- Paving block variasi 15% dan 20% fly ash memenuhi kualifikasi Mutu D (kuat tekan rata-rata minimal 10 MPa / 100 kg/cm²), yang diperuntukkan bagi taman dan penggunaan non-struktural.

4. KESIMPULAN

Substitusi semen menggunakan abu terbang (fly ash) berpengaruh terhadap nilai kuat tekan paving block. Penggunaan fly ash sebesar 10% mampu meningkatkan kuat tekan rata-rata umur 28 hari sebesar 4,54% dari 15,421 MPa (normal) menjadi 16,121 MPa.

Persentase optimal substitusi fly ash sebagai pengganti semen berada pada variasi. Penambahan di atas 10% (15% dan 20%) menyebabkan penurunan nilai kuat tekan akibat berkurangnya kadar semen utama.

Berdasarkan standar SNI 03-0691-1996, paving block variasi 10% tergolong dalam Mutu C (diperuntukkan bagi pejalan kaki), sedangkan variasi 15% dan 20% memenuhi kualifikasi Mutu D (diperuntukkan bagi area taman atau perkerasan non-struktural).

5. REFERENSI

- Lasino, L., Rachman, D., & Sugiharto, B. (2012). Kajian Penggunaan Semen Portland Komposit Untuk Beton. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 2(2), 41. <https://doi.org/10.37209/jtbbt.v2i2.22>
- Mayasari, D., Yuhanah, T., & Iduwin, T. (2025). Experimental Study on The Infiltration and Compressive Strength of Porous Paving Blocks Composed of Fly Ash and Zeolite Mixture. *Journal of Civil Engineering*, 40(1), 59. <https://doi.org/10.12962/j20861206.v40i1.22001>
- Nugroho, B. S., & Widayanti, A. (2025). Karakteristik Agregat Sisa Pembongkaran Bangunan Dalam Produksi Paving Block. *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*, 3(3), 259-266. <https://doi.org/10.26740/mitrans.v3n3.p259-266>
- Ohenoja, K., Pesonen, J., Yliniemi, J., & Illikainen, M. (2020). Utilization of fly ashes from fluidized bed combustion: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7), 1-26. <https://doi.org/10.3390/su12072988>
- Pangestuti, E. K., & Praba Bagaskara, F. R. H. (2023). Pengaruh fly ash dan Bottom ash (FABA) sebagai campuran paving block ditinjau terhadap kuat tekan dan daya serap air. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(1), 15-22.
- Purwanto, H. (2021). Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Beton Tanpa Perlakuan Khusus Terhadap Mutu Paving Block. *Jurnal Kejuruan Teknik Sipil*, 6(1), 25-32.
- Rahim, M. R. A., Mustakim, & Misbahuddin. (2024). Pengaruh Penggunaan Fly Ash Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kapasitas Kuat Tekan Paving Block. *Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang Dan Teknik Sipil*, 2(2), 145-156.
- SNI 03-0691-1996. (1996). Bata Beton (Paving Block). Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- Susanto, A., Romadhon, A. A., Hartopo, H., & Apriyanto, T. (2023). Analisa Perbandingan Kekerasan Paving Dengan Campuran Abu Batu Dan Pasir. *Jurnal Teknik Indonesia*, 4(1), 58. <https://doi.org/10.61689/jti.v4i1.419>
- Tuwanakotta, E., Lolo Allo, A., Eudes Ola, J., Saint, P., & Sorong, P. (2023). Pengujian Sifat-Sifat Fisik Laboratorium Agregat Kasar dan Agregat Halus Quarry Baingket, Distrik Makbon Sebagai Material Beton. *Jurnal Karkasa*, 9(2), 24-29.