

## Pemanfaatan abu pembakaran sampah sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air paving block

Firman Nur Rachman<sup>1,\*</sup>, Anggit Mas Arifudin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

### Article Info

Available online

### Keywords:

Paving block  
Waste Incineration Ash  
Paving block Testing

### Corresponding Author:

Firman Nur Rachman  
20511111@Students.uii.ac.id

### Abstract

*Waste is an environmental issue that is currently difficult to manage. The amount of waste continues to increase along with the growing human needs and population. To minimize the accumulation of waste, it can be handled through incineration using a waste incinerator. It is necessary to process or utilize the ash from waste incineration to reduce the waste. The ash from waste incineration can be used as a substitute for some of the sand in paving blocks. The aim of this research is to investigate the utilization of waste incineration ash in paving blocks. This research uses a sand substitute with a mixture composition of cement and sand in a ratio of 1pc: 6s with percentage variations of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% by the weight of sand. Testing was conducted at 28 days after the paving blocks had been cured. The tests performed include compressive strength, abrasion resistance, and water absorption tests. The results of the tests indicate that the optimum quality occurs at a 10% waste incineration ash percentage, showing the highest compressive strength value of 13.588 MPa, which falls under quality classification C, and the lowest water absorption value of 8.236%, also classified as quality C, suitable for pedestrian areas. However, the abrasion resistance value of 0.236 mm/min falls under quality classification D, which is suitable for garden areas. This shows that the addition of waste incineration ash to the paving block mixture can improve the quality and serve as an alternative to replacing sand usage.*

Copyright © 2025 Universitas Islam Indonesia  
All rights reserved

### Informasi Umum

Sampah merupakan masalah lingkungan yang saat ini sulit untuk ditangani. Jumlah sampah yang terus bertambah dengan seiring meningkatnya kebutuhan manusia dan pertambahan jumlah penduduk. Berbagai dampak negatif yang ditimbulkan oleh sampah, mulai dari bencana hingga penyakit. Dampak tersebut semakin terasa ketika proses pengolahan sampah tidak dilakukan dengan optimal, sementara jumlah sampah terus meningkat.

Untuk meminimalisir penumpukan sampah dapat dilakukan dengan cara pembakaran menggunakan insinerator pembakar sampah.

Pembakaran sampah dengan cara dibakar dengan suhu tinggi akan mengubah sampah menjadi abu dan gas sisa proses pembakaran. Abu hasil pembakaran tersebut tidak dapat langsung dibuang karena masih mengandung partikel berbahaya yang tersisa sehingga menjadi menumpuk. Penumpukan abu sampah pembakaran jika dibiarkan akan menyebabkan pencemaran udara apabila terkena angin dan menyebar yang dapat mengakibatkan masalah kesehatan jika terhirup oleh manusia dengan jumlah yang banyak. Perlu dilakukan pengolahan atau pemanfaatan abu pembakaran sampah supaya limbah abu sampah dapat berkurang.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, *Paving block* adalah bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis lainnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lain yang tidak memengaruhi kualitas beton tersebut. *Paving block* biasanya dipakai untuk penutup atau pengerasan pada permukaan tanah terutama pada pengerasan jalan, trotoar, taman, penggunaan pada jalan di daerah pemukiman atau perumahan, dan lain-lain. Proses pemasangan dan perawatan yang mudah dan tersedia dalam berbagai bentuk, sehingga membuat banyak digemari oleh konsumen.

Bahan utama dalam pembuatan *paving block* salah satunya adalah pasir. Meningkatnya permintaan pasir akan menyebabkan kenaikan harga pasir terutama di perkotaan. Untuk meminimalisir pemakaian berlebihan terhadap pasir, maka perlu mencari bahan alternatif pengganti yang lebih murah tanpa mengurangi mutu *paving block*. Salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan pasir adalah menggunakan abu sisa pembakaran sampah yang dapat dijadikan sebagai pengganti sebagian pasir dalam pembuatan *paving block*.

Pemanfaatan abu pembakaran sampah dapat mengurangi ketergantungan pada pemakaian agregat halus. Abu sampah pembakaran memiliki kesamaan karakteristik dengan pasir, terutama dari segi ukuran partikel yaitu butiran halus yang dapat disaring untuk mencapai keseragaman dengan cara melalui proses pengayakan (Putri et al., 2019) Abu pembakaran sampah yang mudah ditemukan di tempat pengelolaan sampah sehingga limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai substitusi atau sebagai pengganti pasir dalam campuran untuk bahan penyusun *paving block*. Pada penelitian sebelumnya oleh (Putri & Kinasti, 2019) melakukan penelitian bahwa penggunaan limbah abu pembakaran sampah sebagai substitusi pasir sebesar 10% terhadap berat pasir didapatkan hasil kuat tekan *paving block* sebesar 17 Mpa yang dimana *paving block* tersebut termasuk dalam mutu B. Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian *paving block* dengan penambahan

abu sisa pembakaran sampah non organik sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan memakai variasi abu pembakaran sampah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana abu pembakaran sampah sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kualitas *paving block* sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Selain mengurangi ketergantungan terhadap pasir, pemanfaatan abu sampah pembakaran juga dapat mengurangi volume limbah abu yang dapat berdampak terhadap lingkungan dan kesehatan manusia jika tidak dikelola dengan baik.

### Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh abu pembakaran sampah sebagai bahan pengganti sebagian pasir pada *paving block* terhadap kuat tekan, ketahanan aus, penyerapan air dan mengetahui klasifikasi mutu terbaik yang dapat dicapai.

### Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan membuat benda uji *paving block*. Langkah-langkah penelitian sebagai berikut.

1. Persiapan alat dan bahan
2. Pengujian *properties* bahan penyusun *paving block*
3. Pencampuran bahan *paving block*
4. Pembuatan *paving block*
5. Perawatan *paving block*
6. Pemotongan *paving block*
7. Pengujian *paving block*
  - a. Pengujian kuat tekan
  - b. Pengujian ketahanan aus
  - c. Pengujian penyerapan air
8. Analisis dan pembahasan

### Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi sebagai tempat pembuatan *paving block* dan Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia sebagai tempat pengujian *paving block*.

### Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu Pasir, Semen, Air, dan Abu Pembakaran Sampah.

1. Pasir  
Pasir yang dipakai pada penelitian menggunakan pasir dari berasal Gunung Merapi yang lolos saringan pasir yang berdiameter 4,75 mm.
2. Semen  
Semen yang digunakan merupakan semen yang berjenis *portland composite cements* (PCC) bermerk Tiga Roda dengan berat 40 kg. Semen ditakar dan diambil sesuai dengan takaran untuk setiap variasi.
3. Air  
Air yang digunakan bersumber dari sumur yang berada di PIMVM UII.
4. Abu Pembakaran Sampah  
Abu sampah pembakaran yang dipakai diambil dari TPS di Desa Sendangtirto. Abu pembakaran sampah yang digunakan merupakan abu yang lolos nomor saringan 60 yang berukuran 1,2 mm untuk mendapatkan abu yang sesuai.



Gambar 1. Abu Pembakaran Sampah

### Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Timbangan menimbang berat digunakan untuk menimbang benda uji dan bahan penyusun *paving block*.
2. Oven digunakan untuk mengeringkan *paving block* dalam uji penyerapan air yang memiliki kapistas panas hingga 250°C.
3. Mesin pengaduk (*Mixer*) digunakan untuk mencampur bahan penyusun *paving block* agar semua bahan menjadi tercampur

dengan rata. Kapasitas mixer ini dapat mencampur adonan untuk membuat *paving block* berkisar 100 hingga 120 buah dalam sekali proses pembuatan.

4. Mesin pemotong digunakan untuk memotong benda uji *paving block* dari ukuran semula menjadi potongan ukuran untuk pengujian kuat tekan dan ketahanan aus.
5. Mesin pres pencetak digunakan untuk mencetak dan memadatkan benda uji *paving block* dengan sistem hidrolis. Pada mesin pres terdapat cetakan berbentuk persegi yang dapat mencetak 12 buah *paving block* dalam sekali pembuatan.
6. Alat uji tekan digunakan untuk mendapatkan nilai maksimum kuat tekan yang ditekan oleh mesin tekan yang mampu ditahan benda uji dalam satuan luasan bidang benda uji hingga benda uji hancur. Alat pengujian yang digunakan *Universal Testing Machine* bermodel ADR 3000 dengan pembacaan kuat tekan digital yang berkerja secara hidrolis dan kapasitas tekan 3000 kN.
7. Alat uji ketahanan aus digunakan untuk menghitung kemampuan benda uji dalam menahan gaya gesek secara terus menerus. Alat yang digunakan yaitu mesin *Concrete Abrasion Resistance Test* yang memiliki model BDM16.

### Komposisi Benda Uji

Komposisi campuran menggunakan semen dan pasir dengan perbandingan 1pc : 6s, ditambah dengan abu pembakaran sampah sebagai pengganti sebagian pasir presentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat pasir. Sebelum memulai pembuatan *paving block*, perlu dilakukan pemeriksaan bahan penyusun seperti:

1. Pasir  
Dilakukan pemeriksaan agregat halus yang meliputi pengujian modulus halus butir-butir agregat, berat volume padat serta gembur, dan pengujian kandungan lumpur.
2. Semen *portland composite cements*  
Pengecekan fisik pada bungkus semen dalam kondisi terbungkus rapat tidak

sobek kemudian pengecekan pada butiran semen berbutir halus serta semen tidak menggumpal.

3. Air

Memastikan bahwa air yang digunakan memenuhi persyaratan air sesuai SNI 03-6861.1-2002 yaitu kondisi bebas dari lumpur, endapan, minyak, atau bahan lain yang dapat mempengaruhi kualitas campuran.

4. Abu pembakaran sampah

Menyaring abu pembakaran sampah dengan menggunakan saringan ukuran 10, 4,75, 2,4, 1,2, 0,6, 0,3, dan 0,15. Abu pembakaran yang dipakai merupakan abu yang lolos saringan nomor 60 yang berukuran 1,2 mm untuk mendapatkan abu pembakaran sampah yang sesuai.

Pada pengujian ini menggunakan jumlah *paving block* dengan pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 1. berikut.

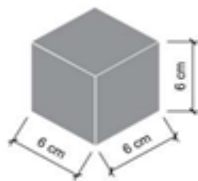
Tabel 1. Jumlah Sampel Pengujian

Variasi	Persentase Abu Pembakaran Sampah (%)	Jumlah Sampel Benda Uji Pengujian		
		Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
I	0	10	5	5
II	5	10	5	5
III	10	10	5	5
IV	15	10	5	5
V	20	10	5	5

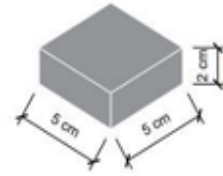
Pembuatan *paving block* menggunakan alat pres pencetak dan pemotongan benda uji sesuai dilakukan sesuai dengan dalam SNI 103-1691-1996.

**Benda Uji**

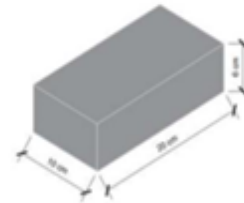
Untuk menentukan kekuatan tekan, aus, dan penyerapan air, ekperimental pada *paving block* dengan variasi komposisi abu pembakaran sampah sebagai pengganti sebagian pasir sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. *Paving block* yang digunakan pada pengujian memiliki bentuk seperti Gambar 1. Gambar 2. dan Gambar 3. berikut.



Gambar 2. Bentuk Uji Kuat Tekan



Gambar 3. Bentuk Uji Ketahanan Aus



Gambar 4. Bentuk Uji Penyerapan Air

**Pengujian Kuat Tekan**

Pengujian kuat tekan bertujuan untuk menentukan nilai maksimum kekuatan tekan benda uji yang ditekan oleh mesin uji tekan. Setelah berumur 28 hari, dilakukan pengujian kuat tekan *paving block* yang dipotong menjadi bentuk kubus berukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm sesuai dengan yang ketentuan SNI 03-0691-1996. Nilai kuat tekan dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Dengan:

$\sigma$  = Kuat tekan (N/mm<sup>2</sup>)

P = Beban tekan (N)

A = Luas bidang tekan (mm<sup>2</sup>)

Gambar pengujian kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 5. berikut.



Gambar 5. Pengujian Kuat Tekan

**Pengujian Ketahanan Aus**

Pengujian ketahanan aus bertujuan untuk mengetahui sejauh mana benda uji mampu menahan gaya gesek yang berlangsung terus menerus yang mengakibatkan permukaan benda uji semakin terkikis. *Paving block* kemudian dipotong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 2 cm sesuai dengan yang ketentuan SNI 03-0691-1996. Nilai ketahanan aus dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$D = 1,26 G + 0,0246 \tag{2}$$

Dengan:

D = Keausan (mm/menit)

G = Kehilangan berat (gram/menit)

Pengujian ketahanan aus yang dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi dapat dilihat pada Gambar 6. berikut.



Gambar 6. Pengujian Ketahanan Aus

**Pengujian Penyerapan Air**

Pengujian penyerapan air dilakukan untuk mengetahui presentase berat air yang dapat diserap oleh pori-pori benda uji. Pengujian dilakukan dalam ukuran *paving block* normal yaitu 20 cm x 10 cm x 6 cm. Nilai penyerapan air dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \tag{3}$$

dengan A adalah berat bata beton basah dan B adalah berat bata beton kering

Gambar pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 7. berikut.



Gambar 7. Pengujian Penyerapan Air

**Hasil dan Pembahasan**

Hasil pengujian awal yang dilakukan terhadap material campuran *paving block* diperlukan dalam proses pembuatan *paving block*. Pengujian tersebut meliputi pengujian modulus halus butir pasir, pengujian volume padat dan gembur pasir, dan pengujian kandungan lumpur dalam pasir yang dapat dilihat hasil pada Tabel 2. berikut.

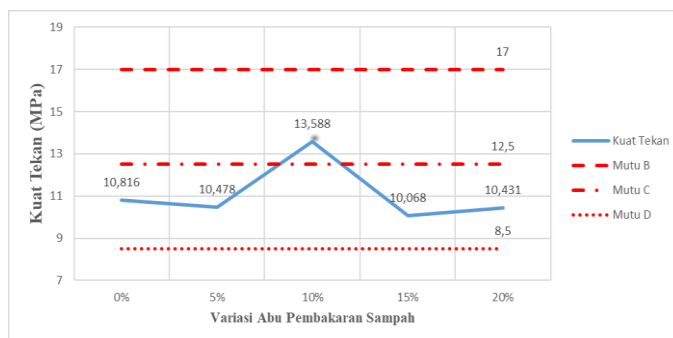
Tabel 2. Hasil Pengujian Pasir

Pengujian Pasir	Hasil	Satuan
Modulus Halus Butir	3,07	
Berat Volume Padat	1,7	gram
Berat Volume Gembur	1,5	gram
Kadar Lumpur	4,4	%

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah *paving block* berumur 28 hari dan dalam keadaan kering dengan total jumlah 50 buah. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan yang telah dilakukan dengan variasi presentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% didapatkan nilai kuat tekan setiap variasi dan klasifikasi mutunya sesuai Tabel 3 dan Gambar 8.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Klasifikasi Mutu *Paving block*

Variasi	Persentase (%)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
I	0	10.816	D	Taman
II	5	10.478	D	Taman
III	10	13.588	C	Penjalan Kaki
IV	15	10.068	D	Taman
V	20	10.431	D	Taman



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving block*

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan yang didapatkan, substitusi abu pembakaran sampah pada agregat halus dapat meningkatkan kuat tekan. Nilai kuat tekan pada penelitian ini meningkat pada variasi III dengan substitusi 10% abu pembakaran sampah yang menghasilkan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 13,588 MPa. Namun, pada variasi IV dengan kadar abu pembakaran sampah 15% dan variasi V dengan kadar 20% terjadi penurunan nilai kuat tekan.

Pengujian ketahanan aus dilakukan setelah *paving block* mencapai umur 28 hari. *Paving block* kemudian dipotong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 2 cm

sesuai dengan yang ketentuan SNI 03-0691-1996. Dalam pengujian ini, diambil 5 *paving block* untuk setiap variasi dengan total *paving block* dari seluruh variasi berjumlah 25 buah. Berikut nilai ketahanan aus dan klasifikasi mutu sesuai Tabel 4 dan Gambar 9.

Tabel 4. Hasil Pengujian Ketahanan Aus dan Klasifikasi Mutu *Paving block*

Variasi	Persentase (%)	Rata-Rata Ketahanan Aus (mm/menit)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
I	0	0,221	D	Taman
II	5	0,250	D	Taman
III	10	0,236	D	Taman
IV	15	0,348	-	-
V	20	0,360	-	-



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving block*

Berdasarkan hasil pengujian, pada variasi normal tanpa substitusi abu pembakaran sampah, diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,221 mm/menit yang termasuk dalam klasifikasi mutu D. Variasi II menunjukkan kenaikan dengan nilai rata-rata sebesar 0,250 mm/menit namun masih termasuk dalam mutu D. Pada variasi III terjadi penurunan dengan nilai 0,236 mm/menit yang masih berada dalam kategori mutu D. Namun, pada variasi IV dan

variasi V terjadi kenaikan nilai rata rata sebesar 0,348 mm/menit dan 0,360 mm/menit yang tidak memenuhi syarat mutu sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Penyerapan air yang dilakukan setelah *paving block* berumur 28 hari. Setiap variasi menggunakan 5 *paving block* normal yaitu berukuran 20 c x 10 cm x 6 cm. Adapun hasilnya sesuai Tabel 5 dan Gambar 10.

Tabel 5. Hasil Pengujian Penyerapan Air dan Klasifikasi Mutu *Paving block*

Variasi	Persentase (%)	Penyerapan Air Rerata (%)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
I	0	7,873	C	Pejalan Kaki
II	5	8,547	D	Taman
III	10	8,263	C	Pejalan Kaki
IV	15	10,316	D	Taman
V	20	10,415	D	Taman



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving block*

Berdasarkan hasil pengujian dan grafik yang telah diperoleh, nilai rata-rata penyerapan air pada *paving block* mengalami kenaikan dan penurunan. Pada variasi I normal nilai rata-rata penyerapan air sebesar 7,873% yang termasuk dalam mutu C. Variasi II menunjukkan kenaikan nilai rata-rata menjadi 8,547% yang termasuk dalam mutu D. Namun, pada variasi III terjadi penurunan nilai rata-rata sebesar 8,263% yang kembali masuk dalam mutu C. Sementara itu, pada variasi IV dan variasi V nilai rata-rata penyerapan air meningkat menjadi 10,316% dan 10,415% yang semuanya termasuk dalam klasifikasi mutu D.

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil keseluruhan penelitian, pemanfaatan abu pembakaran sampah sebagai bahan substitusi agregat halus pada *paving block* dapat meningkatkan mutu pada pengujian kuat tekan dan penyerapan air jika dibandingkan dari *paving block* normal dengan nilai 13,588 MPa dan 8,263%, terutama pada kadar optimum presentase 10%.

Peningkatan mutu pengujian kuat tekan pada variasi 10% karena abu pembakaran sampah

dapat mengisi rongga-rongga kecil di antara butiran agregat sehingga pori-pori dalam *paving block* berkurang. Namun pada kadar 15% hingga 20% terjadi penurunan nilai kuat tekan karena semakin bertambahnya kadar abu pembakaran sampah maka akan membuat daya ikat antara agregat menjadi menurun dan kadar abu pembakaran sampah tinggi akan menyebabkan porositas yang lebih tinggi sehingga mengurangi kuat tekan *paving block*. Namun, seiring bertambahnya kadar presentase abu pembakaran sampah lebih dari 10%, maka mutu dari *paving block* mengalami penurunan.

**Daftar Pustaka**

Putri, D., Kinasti, M. A., & Lestari, E. (2019). Pemanfaatan Limbah Abu Sisa Pembakaran Sampah Non Organik sebagai Material Pengganti Pasir pada Bata Beton Pejal. *Jurnal Konstruksia*, 10(1), 39–50.

Putri, D., & Kinasti, R. M. . (2019). Pemanfaatan Limbah Abu Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Bahan Substitusi Pasir Pada Pembuatan Paving Block. *Sekolah Tinggi Teknik PLN*, 12(1), 1–7.

SNI 03-0691. (1996). Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Bata beton (Paving block). Sni 03-0691-1996.

SNI 03-6861.1. (2002). Spesifikasi bahan bangunan bagian A (bahan bangunan bukan logam). *Badan Standar Nasional Indonesia*, 6861.