

**Potensi Abu Limbah Insinerasi Plastik sebagai *Filler* untuk Material Arsitektural*****Potential of Plastic Incineration Waste Ash as a Filler for Architectural Materials*****Nani Mulyaningsih^{1,a)}, Bagas, Tri¹, Imam Agus¹, Sigit Mujiarto¹, Arrizka Yanuar¹**¹Teknik Mesin Universitas Tidar, Jalan Kapten Suparman 39 Magelang^{a)}Corresponding author: nani_mulyaningsih@untidar.ac.id**Abstrak**

Akumulasi sampah plastik merupakan salah satu tantangan utama dalam pengelolaan lingkungan perkotaan modern. Insinerasi telah banyak diterapkan sebagai metode untuk mengurangi volume sampah plastik; namun, proses ini menghasilkan abu residu yang hingga kini belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi abu hasil insinerasi sampah plastik sebagai material pengisi (*Filler*) dalam campuran Paving blok untuk aplikasi arsitektural non-struktural. Pemanfaatan abu plastik ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif dalam mengurangi volume sampah plastik sekaligus meningkatkan sifat fisik dan mekanik material bangunan. Penelitian ini menggunakan variasi komposisi abu sebesar 10%, 15%, dan 20% dari berat semen. Metode penelitian meliputi karakterisasi abu, pembuatan spesimen Paving blok, serta pengujian ketahanan aus dan kuat tekan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar abu hingga 15% memberikan performa paling optimal, dengan kuat tekan sebesar 18,6 MPa dan laju ketahanan aus sebesar 0,129 mm/menit. Temuan ini mengindikasikan bahwa abu hasil insinerasi plastik memiliki potensi signifikan sebagai material pengisi ramah lingkungan untuk aplikasi material arsitektural non-struktural.

Kata Kunci: abu incinerator; *filler*; material arsitektural**Abstract**

The accumulation of plastic waste represents one of the major challenges in contemporary urban environmental management. Incineration has been widely implemented as a method to reduce the volume of plastic waste; however, this process generates residual ash that has not yet been optimally utilized. This study aims to analyze the potential of ash produced from plastic waste incineration as a Filler material in Paving blok mixtures for non-structural architectural applications. The utilization of this plastic waste ash is expected to serve as an alternative solution for minimizing plastic waste volume while simultaneously improving the physical and mechanical properties of building materials. The research employs variations in ash composition of 10%, 15%, and 20% by cement weight. The methodology includes ash characterization, fabrication of Paving blok specimens, and testing of abrasion resistance and compressive strength in accordance with the Indonesian National Standard (SNI) 03-0691-1996. The results indicate that increasing the ash content up to 15% yields the most favorable performance, with a compressive strength of 18.6 MPa and an abrasion resistance rate of 0.129 mm/min. These findings suggest that ash derived from plastic incineration exhibits significant potential as an environmentally friendly Filler for non-structural architectural material applications.

Keywords: incinerator ash; *filler*; architectural material**PENDAHULUAN**

Masalah penumpukan sampah plastik merupakan salah satu tantangan serius dalam pengelolaan lingkungan perkotaan. Metode insinerasi banyak diterapkan sebagai

solusi pengurangan volume plastik, namun proses tersebut menghasilkan residu berupa abu yang belum dimanfaatkan secara optimal. Abu hasil insinerasi plastik diketahui mengandung oksida logam, silika, dan karbon yang secara potensial dapat berfungsi sebagai bahan

pengisi (*Filler*) dalam campuran beton non-struktural [1][2][3].

Pemanfaatan abu insinerasi sebagai bahan substitusi sebagian semen tidak hanya mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga membuka peluang pengembangan material arsitektural berkarakter estetik dan ramah lingkungan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan abu insinerasi dalam kadar tertentu dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan stabilitas dimensi material, tergantung pada komposisi dan kondisi termal selama proses pembakaran [4][5].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kadar abu insinerasi plastik terhadap kekuatan tekan dan ketahanan aus Paving blok sebagai material arsitektural. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan formulasi material alternatif dengan keseimbangan antara kekuatan mekanik, keindahan visual, dan keberlanjutan lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui pendekatan eksperimental laboratorium dengan tahapan sebagai berikut:

1. Bahan dan Peralatan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas semen Portland sebagai bahan pengikat, pasir halus sebagai agregat, abu hasil insinerasi limbah plastik LDPE (*Low-Density Polyethylene*), serta air sebagai media hidrasi. Abu diperoleh melalui proses pembakaran terkendali pada rentang suhu 800–900°C selama ± 2 jam dengan suplai oksigen yang diatur dalam kondisi pembakaran aerobik. Pengaturan temperatur dan ketersediaan oksigen dilakukan untuk memastikan terjadinya dekomposisi termal secara optimal serta meminimalkan terbentuknya residu karbon yang tidak teroksidasi sempurna. Proses insinerasi dilaksanakan menggunakan tungku pembakaran tertutup dengan sistem ventilasi terkontrol guna menjaga kestabilan suhu dan distribusi oksigen selama reaksi berlangsung. Setelah proses pembakaran selesai, residu didinginkan secara alami pada suhu ruang, kemudian dilakukan penghalusan dan pengayakan hingga lolos saringan 200 mesh untuk memperoleh distribusi ukuran partikel yang seragam. Abu yang telah memenuhi kriteria ukuran tersebut selanjutnya digunakan sebagai bahan substitusi dalam formulasi campuran.

2. Variasi Campuran.

Abu digunakan sebagai substitusi sebagian semen dengan variasi 10%, 15%, dan 20% dari total berat semen. Komposisi dasar campuran menggunakan perbandingan semen : pasir : air = 1 : 3 : 0,5

3. Proses Pembuatan Paving Blok.

Campuran seluruh bahan diaduk hingga mencapai kondisi homogen, yang ditandai dengan distribusi agregat dan pasta semen yang merata. Campuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam cetakan standar berukuran 20 × 10 × 6 cm. Proses pemadatan dilakukan secara manual menggunakan alat penekan mekanis sederhana dengan estimasi tekanan rata-rata $\pm 2-3$ MPa yang dihitung berdasarkan perbandingan gaya tekan terhadap luas penampang cetakan. Pemberian tekanan dilakukan secara bertahap dan merata pada seluruh permukaan untuk meminimalkan terbentuknya rongga udara serta meningkatkan kerapatan struktur internal benda uji.

Setelah proses pencetakan dan pemadatan selesai, benda uji dibiarkan pada suhu ruang selama ± 24 jam untuk mencapai kondisi awal pengerasan (*initial setting*). Selanjutnya, spesimen direndam dalam media air bersih pada suhu ruang selama 28 hari sebagai tahap perawatan (*water curing*) guna mengoptimalkan proses hidrasi semen dan perkembangan kekuatan mekanik.

4. Pengujian

Uji Kekuatan Tekan dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine* sesuai SNI 03-0691-1996. Uji Ketahanan Aus dilakukan dengan mesin *Abrasion* untuk menilai tingkat keausan permukaan sesuai SNI 03-0691-1996

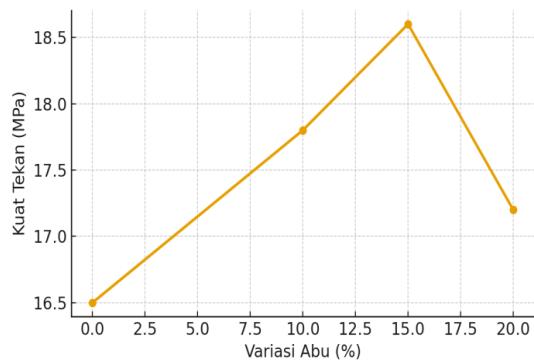
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Abu Hasil Insinerasi Plastik

Abu yang dihasilkan dari proses insinerasi plastik berwarna abu kehitaman dengan tekstur halus dan tidak menggumpal. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa abu mengandung unsur utama berupa SiO₂ (38,5%), CaO (26,3%), Al₂O₃ (11,4%), Fe₂O₃ (7,8%), serta residu karbon sebesar 8,9%. Kandungan oksida silika dan kalsium oksida yang tinggi menunjukkan bahwa abu memiliki potensi untuk berperan sebagai *microFiller* aktif dalam campuran semen. Partikel abu berukuran halus ($< 75 \mu\text{m}$) berfungsi mengisi rongga mikro pada pasta semen, meningkatkan kerapatan, serta memperbaiki ikatan antarpartikel. Pengamatan mikroskopik (SEM) memperlihatkan permukaan partikel yang tidak beraturan namun memiliki sifat adhesif tinggi, yang memperkuat hubungan antar butir agregat. Hal tersebut sesuai pendapat [7][8].

Pengujian Kekuatan Tekan Paving

Pengujian ini dilakukan setelah proses *curing* selama 28 hari, sesuai standar SNI 03-0691-1996. Data hasil uji disajikan pada [Gambar 1](#). berikut:

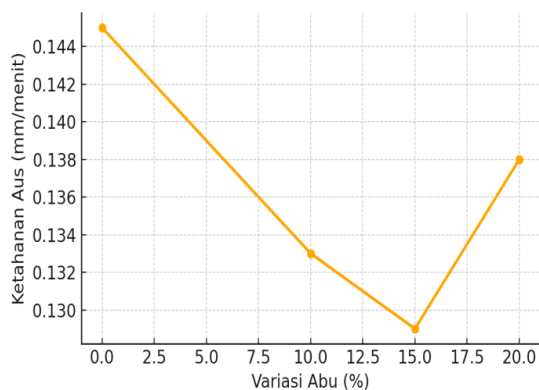


Gambar 1. Hubungan Antara Variasi Abu Terhadap Kuat Tekan Paving

Berdasarkan **Gambar 1**, terlihat bahwa peningkatan kadar abu hingga 15% menghasilkan kenaikan kekuatan tekan sebesar 12,7% dibandingkan Paving blok tanpa abu. Hal ini disebabkan oleh efek *Filler* dari abu yang menutup pori mikro dalam pasta semen, menghasilkan struktur yang lebih padat dan kompak. Namun, pada kadar 20%, nilai kekuatan tekan menurun hingga di bawah kontrol. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kandungan karbon residu yang bersifat non-reaktif dan menghambat proses hidrasi semen. Dengan demikian, abu optimal berperan positif hingga titik jenuh, setelah itu efek negatif dari partikel inert menjadi dominan. Temuan ini mendukung hasil penelitian [9] [10] [1] yang menyatakan bahwa abu hasil pembakaran plastik bersifat *semi-pozzolanik*, efektif dalam memperkuat struktur mikro pada kadar rendah ($\leq 15\%$), namun menurunkan kekuatan pada kadar tinggi akibat peningkatan porositas.

Ketahanan Aus Paving Blok

Uji ketahanan aus dilakukan menggunakan mesin *Abrasion* dengan waktu pengujian selama 15 menit. Hasil pengujian disajikan pada **Gambar 2** berikut:



Gambar 2. Hubungan Antara Variasi Abu Terhadap Ketahanan Aus Paving

Nilai keausan terendah (terbaik) diperoleh pada kadar abu 15%, yaitu 0,129 mm/menit. Kondisi ini menunjukkan bahwa penambahan abu dalam jumlah moderat mampu memperbaiki densitas dan memperkuat

permukaan Paving terhadap gaya gesek. Hal ini sejalan dengan konsep *particle packing*, di mana partikel halus abu mengisi celah antar agregat sehingga permukaan menjadi lebih rapat dan tahan abrasi. Sebaliknya, pada kadar abu 20%, ketahanan aus menurun akibat meningkatnya porositas mikro dan melemahnya ikatan antar partikel. Abu yang berlebihan menyebabkan matriks semen kehilangan proporsi optimalnya sehingga permukaan menjadi lebih rapuh terhadap gaya gesek. [4][11] [12]

Aspek Visual dan Arsitektural

Dari pengamatan visual, Paving blok dengan abu insinerasi menunjukkan warna abu kehitaman yang seragam dan permukaan lebih halus. Warna alami hasil karbonisasi memberi nilai estetika khas yang berpotensi digunakan pada area publik seperti jalur pedestrian, taman, dan ruang terbuka hijau. Selain itu, tekstur halusnyamemudahkan pembersihan dan meningkatkan kesan modern. Dari sisi arsitektural, material ini tergolong ramah lingkungan karena memanfaatkan limbah yang sebelumnya tidak bernilai ekonomis menjadi bahan bangunan yang fungsional dan estetis. Konsep ini sejalan dengan prinsip *sustainable design* yang menekankan efisiensi sumber daya serta pengurangan limbah padat perkotaan.

Hasil keseluruhan menunjukkan bahwa abu limbah insinerasi plastik dapat berfungsi efektif sebagai *microFiller* dalam pembuatan Paving blok untuk aplikasi arsitektural non-struktural. Kombinasi antara kekuatan tekan yang baik, ketahanan aus tinggi, serta tampilan visual menarik menjadikan material ini potensial untuk pengembangan produk ramah lingkungan.

Secara teknis, kadar abu optimum yang direkomendasikan adalah 15% dari berat semen, karena menghasilkan keseimbangan terbaik antara performa mekanik dan nilai estetika. Penggunaan di atas kadar tersebut perlu dihindari karena dapat menurunkan integritas struktur akibat peningkatan residu karbon dan porositas [2][13][14] [15]

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Tidar DIPA 2025 yang telah memberikan dukungan fasilitas dan pendanaan penelitian ini. Penghargaan yang setinggi-tingginya juga disampaikan kepada Bank Sampah Gunung Pring, Muntilan, atas kerja sama, bantuan teknis, serta penyediaan lokasi untuk pelaksanaan kegiatan pengujian dan pengambilan sampel. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh tim pelaksana dan kolaborator penelitian yang telah memberikan kontribusi, diskusi ilmiah, serta

pendampingan selama proses penelitian berlangsung. Tanpa dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan secara optimal.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, abu hasil insinerasi plastik memiliki potensi signifikan sebagai bahan pengisi (*Filler*) dalam pembuatan Paving blok untuk aplikasi material arsitektural. Variasi abu sebesar 15% terbukti memberikan performa terbaik dengan kekuatan tekan 18,6 MPa dan ketahanan aus 0,129 mm/menit. Peningkatan kadar abu hingga 20% menurunkan kualitas mekanik akibat meningkatnya residu karbon dan porositas. Selain aspek mekanik, tampilan visual Paving blok menunjukkan warna abu kehitaman yang menarik dan bernilai estetika. Oleh karena itu, abu limbah insinerasi plastik dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan alternatif yang ramah lingkungan untuk material arsitektural non-struktural.

Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan yaitu pengujian sifat fisik dan mekanik lainnya, seperti penyerapan air, densitas, ketahanan bentur, serta ketahanan terhadap perubahan cuaca, perlu dilakukan untuk memperoleh gambaran performa material yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. Ayuningtyas *et al.*, “Pemanfaatan Fly Ash Dan Bottom Ash Sebagai Material Konstruksi Ramah Lingkungan Dalam Rangka Mendukung Kriteria Bangunan Hijau,” *Semin. Nas. Penelit. dan Pengabd. pada Masy.* 2022, pp. 51–56, 2022.
- [2] M. Idris, M. Setyawan, and Z. Mufrodi, “Teknologi Insinerasi Sebagai Solusi Pengolahan Sampah Perkotaan dan Pemulihan Energi: A Review,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol.* 2024, no. April, pp. 1–8, 2024, [Online]. Available: jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek
- [3] Badan Standarisasi Nasional, “Sni 03-0691-1996,” *Badan Standarisasi Nas.*, pp. 1–5, 1996.
- [4] W. Khairuna and M. Zaki, “Pemanfaatan Abu Dasar Insinerator Sebagai Bahan Bangunan,” *Pascasarj. Univ. Syiah Kuala*, vol. 9, no. 4, p. 126, 2017.
- [5] A. Z. Syaifudin, “Pemanfaatan limbah abu dasar insinerasi sebagai bahan substitusi pasir terhadap kuat tekan mortar,” 2024.
- [6] D. M. Yoga, “Optimalisasi Insinerator Kapasitas 5kg Sampah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Di Kampus Unsika,” vol. 05, no. 01, pp. 53–64, 2022.
- [7] Darhamsyah, M. Tumpu, M. Farid Samawi, M. Anda, A. Abas, and M. Y. Satria, “Reducing Embodied Carbon of Paving Bloks with Landfill Waste Incineration Ash: An Eco-Cement Life Cycle Assessment,” *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 15, no. 2, pp. 21913–21917, 2025, doi: 10.48084/etasr.10050.
- [8] T. Takaendengan and F. R. Tombokan, “Pengelolaan Sampah di Kampus Politeknik Negeri Manado,” *Pros. Semin. Nas. Prod. Terap. Unggulan Vokasi*, vol. 1, no. 1, pp. 14–24, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.polimdo.ac.id/index.php/semnas/article/view/336>
- [9] R. Siregar, “Peningkatan Nilai Kekuatan Tekan Paving Blok Berbahan Sampah Plastik Melalui Optimalisasi Peleburan dan Persentasi Komposisi Pasir,” *Rotasi*, vol. 23, no. 3, pp. 38–43, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/view/37114>
- [10] N. Muzayyanah, “Pemanfaatan Limbah Abu Aluminium Sebagai Substitusi Semen Dalam Pembuatan Paving Blok,” pp. 1–51, 2021.
- [11] A. Lasmana, Junaidi, and E. Kurniawan, “Rancang Bangun Alat Pembakar Sampah (Incinerator) Dengan Burner Oli Bekas,” *J. Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 35–40, 2021.
- [12] M. L. Said dan Hernawati, J. Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, and U. Alauddin Makassar, “Rancang Bangun Insinerator Dua Tahap (Solusi Mengatasi Polusi Udara Pada Pembakaran Sampah),” *JFT. No.1*, vol. 4, no. 1, pp. 38–48, 2017.
- [13] N. Juhan, “Implementasi Insinerator untuk Pengolahan Sampah di Desa Alue Lim Lhokseumawe,” vol. 9, pp. 76–85, 2025.
- [14] Nilesh Kurjibhai Vasoya and Harishkumar R Varia, “Utilization of Various Waste Materials in Concrete a Literature Review,” *Int. J. Eng. Res.*, vol. V4, no. 04, pp. 1122–1126, 2015, doi: 10.17577/ijertv4is041421.
- [15] S. A. Wulanyanuar *et al.*, “INOVASI INCINERATOR SKALA KOMUNITAS DENGAN SAMPAH DI DESA JARIT KABUPATEN LUMAJANG,” vol. 3, pp. 8–16, 2025.