

# RANCANG BANGUN MESIN CETAK *ECO PAVING BLOCK* PNEUMATIK BERBASIS LIMBAH PLASTIK

Adi Kusmayadi<sup>1\*</sup>, Sukroni<sup>1</sup>, Emin Haris<sup>1</sup>, Candra Irawan<sup>1</sup>, Yusup Nur Rohmat<sup>1</sup>, Arief Syaifurrahman<sup>1</sup>, Leo Van Gunawan<sup>1</sup>, Muhamad Ghozali<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu, Indonesia 45252

\* Correspondence: adikusmayadi@polindra.ac.id

## Abstrak

Peningkatan volume limbah plastik menjadi masalah serius bagi lingkungan, sehingga diperlukan inovasi dalam pemanfaatannya sebagai bahan konstruksi yang bernilai guna. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan mesin cetak *eco paving block* berbasis pneumatik yang menggunakan limbah plastik sebagai bahan baku utama. Metodologi penelitian mencakup desain dan simulasi rangkaian pneumatik, analisis struktural yang melibatkan distribusi tegangan, perpindahan, dan *factor of safety* (FOS), serta pengujian kekuatan *eco paving block* yang dihasilkan. Mesin ini dilengkapi dengan silinder pneumatik berukuran 80×75 mm, beroperasi pada tekanan 6 bar, dan menghasilkan gaya tekan maksimum sebesar 300 kg. Hasil simulasi mengonfirmasi bahwa tegangan maksimum dan perpindahan berada dalam batas aman, dengan nilai FOS minimum sebesar 8,4, sehingga memastikan desain yang stabil dan kokoh. Pengujian *eco paving block* menunjukkan kekuatan tekan berkisar antara 38 hingga 54 MPa, melampaui persyaratan standar SNI 03-0691-1996. Penelitian ini menunjukkan bahwa mesin cetak *eco paving block* berbasis pneumatik secara efektif mengolah limbah plastik menjadi material konstruksi berkualitas tinggi yang sesuai dengan standar nasional, menawarkan solusi praktis terhadap krisis limbah plastik sekaligus mendukung keberlanjutan dalam industri konstruksi.

**Kata Kunci:** Pemanfaatan limbah plastik; Mesin *eco paving block* berbasis pneumatik; Analisis struktural; Pengujian kekuatan tekan; Material konstruksi berkelanjutan

## Abstract

*The escalating volume of plastic waste has become a critical environmental challenge, highlighting the need for innovative solutions to repurpose it into valuable construction materials. This study aimed to design and develop a pneumatic-based eco-paving block printing machine that uses plastic waste as its primary raw material. The research methodology encompassed the design and simulation of pneumatic circuits, structural analysis involving stress distribution, displacement, and factor of safety (FOS), and strength testing of the fabricated eco-paving blocks. The machine was equipped with a pneumatic cylinder measuring 80 × 75 mm, operating at a pressure of 6 bar and generating a maximum pressing force of 300 kg. The simulation results confirmed that the maximum stress and displacement remained within safe limits, with a minimum FOS of 8.4, thereby ensuring a stable and reliable design. Testing of the eco-paving blocks revealed compressive strengths ranging from 38 to 54 MPa, surpassing the requirements of the SNI 03-0691-1996 standard. This study demonstrates that a pneumatic-based eco-paving block printing machine effectively transforms plastic waste into high-quality construction materials compliant with national standards, offering a practical solution to the plastic waste crisis while promoting sustainability in the construction industry.*

**Keywords:** Plastic waste utilization; Pneumatic *eco-paving block* machine; Structural analysis; Compressive strength testing; Sustainable construction materials

Received: 19 November 2024

Revised: 22 January 2025

Accepted: 23 January 2025

Published: 26 March 2025

DOI: 10.31884/jtt.v11i1.715



Copyright: © 2025 by JTT

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi dan aktivitas pembangunan infrastruktur di Indonesia telah meningkatkan kebutuhan akan material konstruksi, salah satunya adalah *paving block* (Setyoningrum & Saefudina, 2024). *Paving block* merupakan komponen vital dalam pembangunan infrastruktur seperti jalan setapak, area parkir, dan trotoar (Nur et al., 2024). Seiring dengan meningkatnya permintaan akan *paving block*, inovasi dalam metode produksi dan penggunaan material alternatif menjadi sangat penting untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.

Di sisi lain, permasalahan limbah plastik telah menjadi tantangan serius bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menunjukkan bahwa Indonesia memproduksi sekitar 64 juta ton sampah per tahun, dimana sampah plastik berkontribusi sekitar 15% dari total tersebut (Idris et al., 2024; Melati, 2024). Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan *paving block* dapat menjadi solusi inovatif untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus menciptakan nilai tambah ekonomi (Birnin-Yauri et al., 2024).

Proses produksi *paving block* secara konvensional masih memiliki beberapa keterbatasan, terutama dalam hal efisiensi produksi dan konsistensi kualitas (Wibowo et al., 2024). Penggunaan sistem pneumatik dalam proses pencetakan *paving block* menawarkan berbagai keunggulan seperti kemampuan menghasilkan tekanan yang konsisten, operasional yang lebih efisien, dan kemudahan dalam pengaturan parameter pencetakan (Kumala et al., 2024). Sistem pneumatik juga memungkinkan otomatisasi proses produksi yang dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual.

Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan baku pembuatan *paving block* membutuhkan desain mesin yang khusus untuk memastikan hasil produksi memenuhi standar kualitas yang ditetapkan (Onibala et al., 2024). Pengembangan mesin cetak *paving block* berbasis pneumatik yang dirancang untuk mengolah limbah plastik akan memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung program daur ulang plastik dan pengembangan teknologi ramah lingkungan di sektor konstruksi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah mesin cetak *eco paving block* berbasis sistem pneumatik yang dapat mengolah limbah plastik sebagai bahan baku utama, serta melakukan analisis terhadap kinerja mesin dan kualitas produk yang dihasilkan berdasarkan standar yang berlaku di Indonesia.

## 2. METODE

### Diagram alir

Gambar 1 menunjukkan tahapan perancangan dan pembuatan mesin cetak *eco paving block* yang dimulai dari studi pustaka untuk memahami konsep dan komponen yang diperlukan, dilanjutkan dengan perancangan dan pembuatan desain awal yang diuji melalui simulasi untuk memastikan keamanannya. Jika desain dinyatakan aman, komponen dipilih dan dipesan untuk tahap fabrikasi mesin. Setelah mesin selesai, dilakukan pengujian hasil pencetakan; jika berhasil, proses selesai, namun jika belum, mesin kembali ke tahap fabrikasi untuk penyempurnaan.

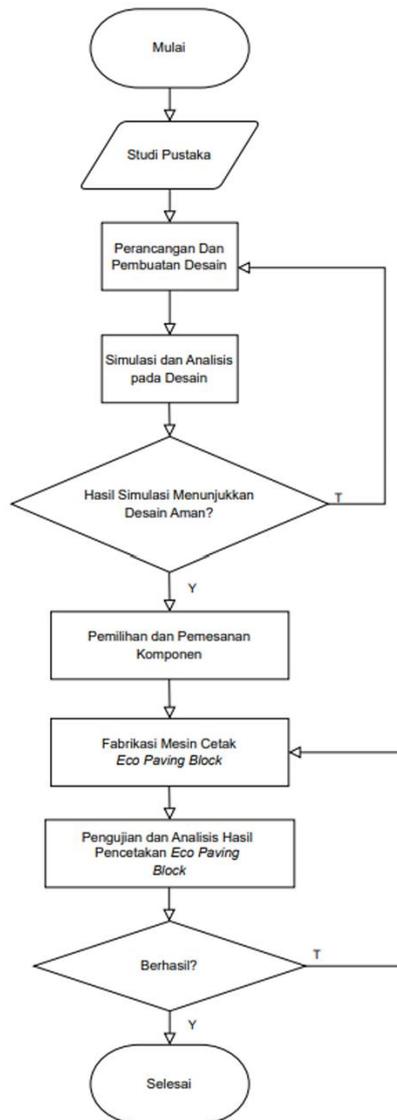
### Perhitungan rangkaian *pneumatic*

Pada perancangan mesin cetak *eco paving block* ini, sistem utama yang digunakan adalah pneumatik, yang berfungsi untuk menjalankan berbagai mekanisme kerja mesin. Salah satu komponen utama dalam sistem pneumatik ini adalah silinder pneumatik dengan jenis *double acting cylinder*, yang memungkinkan gerakan dua arah (maju dan mundur) dengan penggunaan udara terkompresi. Spesifikasi detail silinder pneumatik dirancang berdasarkan perhitungan teknis yang mempertimbangkan kebutuhan gaya, tekanan, dan dimensi kerja, seperti yang dijelaskan dalam perhitungan berikut:

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{F}{P \times X}} \tag{1}$$

$$F = P \times A \tag{2}$$

D = Diameter  
 F = Gaya  
 P = Tekanan  
 A = Luas penampang



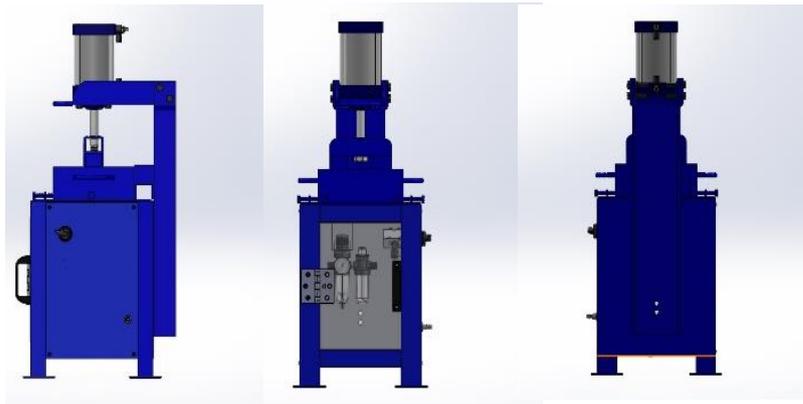
**Gambar 1.** Diagram alir perancangan dan pembuatan mesin cetak *eco paving block*.

**Desain perancangan mesin cetak *eco paving block***

Gambar 2 menampilkan desain perancangan mesin cetak *eco paving block* berbasis pneumatik, yang dilengkapi dengan beberapa komponen utama. Mesin ini memiliki struktur kerangka utama berbentuk kotak yang stabil dan kokoh, yang dirancang untuk menopang seluruh komponen serta menjaga kestabilan selama proses

pencetakan. Kaki penyangga pada kerangka juga memberikan keseimbangan dan mengurangi getaran. Di bagian atas mesin, terdapat silinder pneumatik sebagai komponen utama yang berfungsi memberikan tekanan vertikal besar pada cetakan di bawahnya. Tekanan ini penting untuk memastikan bahwa material limbah plastik atau campuran lain dalam cetakan dipadatkan secara optimal menjadi bentuk *paving block* (Onibala et al., 2024).

Selain itu, di bagian depan mesin terdapat panel kontrol yang memungkinkan pengguna mengatur dan mengoperasikan mesin dengan lebih mudah. Panel ini umumnya mencakup tombol daya, *start/stop*, serta pengaturan tekanan atau siklus kerja dari sistem pneumatik. Mesin ini juga dilengkapi dengan bodi pelindung di bagian bawah, yang berfungsi melindungi komponen elektronik dan mekanik dari debu atau kontaminasi eksternal, meningkatkan keamanan operasional.



**Gambar 2.** Desain perancangan mesin cetak *eco paving block*.

### **Simulasi dan analisis desain perancangan mesin cetak *eco paving block***

Tahap simulasi dan analisis desain mesin cetak *eco paving block* dilakukan untuk memastikan keamanan dan performa desain sebelum fabrikasi. Desain awal yang mencakup kerangka, mekanisme pneumatik, dan cetakan diuji menggunakan perangkat lunak simulasi untuk menilai ketahanan, stabilitas, distribusi tekanan, dan kekuatan material. Hasilnya digunakan untuk mengidentifikasi area yang perlu perbaikan, sehingga desain akhir siap berfungsi optimal dan aman dalam mencetak *eco paving block* dari limbah plastik.

### **Pemilihan komponen dan fabrikasi mesin *eco paving block***

Bagian pemilihan komponen dan fabrikasi mesin *eco paving block* melibatkan pemilihan komponen sesuai spesifikasi, seperti silinder pneumatik, rangka logam yang kuat, dan cetakan khusus untuk limbah plastik. Setelah komponen dipilih dan dipesan, fabrikasi dilakukan dengan merakit setiap bagian secara teliti sesuai desain yang telah diuji. Tahap ini memastikan mesin siap digunakan dan memenuhi standar keamanan, daya tahan, dan efisiensi untuk produksi *eco paving block* ramah lingkungan.

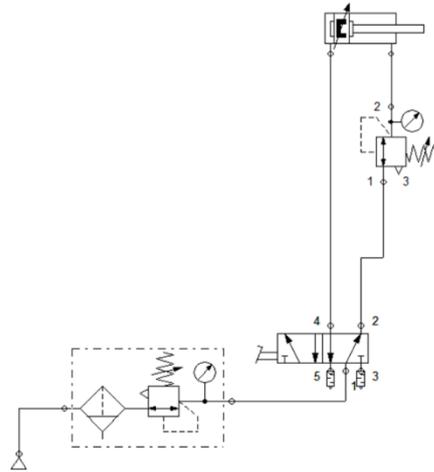
### **Pengujian dan analisis hasil pencetakan *eco paving block***

Bagian pengujian dan analisis *eco paving block* bertujuan mengevaluasi kualitas produk melalui uji mikrostruktur dan uji kekerasan vickers. Uji mikrostruktur memastikan densitas dan homogenitas material (Hakim, 2022), sedangkan uji kekerasan vickers mengukur kekuatan mekanis *eco paving block* terhadap beban (Arkan, 2024). Hasil kedua uji ini memberikan data komprehensif mengenai kualitas dan daya tahan *eco paving block* yang dihasilkan, memastikan produk memenuhi atau melebihi standar kualitas yang diharapkan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Spesifikasi dan simulasi rangkaian pneumatik

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Persamaan 1 dan 2, spesifikasi silinder pneumatik yang digunakan adalah **80 x 75 mm** dengan tekanan **6 bar** untuk menghasilkan gaya sebesar **300 kg**. Silinder pneumatik ini berperan sebagai komponen utama dalam sistem, yang bertugas memberikan gaya tekan pada mesin cetak *eco paving block*. Namun, untuk dapat berfungsi dengan baik, silinder pneumatik memerlukan dukungan dari berbagai komponen lain yang terintegrasi dalam sistem pneumatik. Berikut ini disajikan hasil simulasi rangkaian sistem pneumatik menggunakan Software Festo FluidSIM.



**Gambar 3.** Simulasi rangkaian pneumatik.

Gambar 3. merupakan rangkaian pneumatik dengan nomor komponen sebagai berikut:

1. *Filter* dan *regulator* tekanan:
  - Membersihkan udara dari partikel kotoran dan mengatur tekanan udara agar sesuai dengan kebutuhan sistem.
2. Manometer:
  - Mengukur tekanan udara di dalam sistem untuk memastikan tekanan berada pada level yang aman dan sesuai spesifikasi.
3. Katup pengarah (*Directional control valve - 5/2 way*):
  - Mengarahkan aliran udara ke sisi depan atau belakang silinder pneumatik untuk mengontrol gerakan maju atau mundur.
4. Katup pengatur kecepatan:
  - Mengatur laju aliran udara yang masuk atau keluar dari silinder untuk mengontrol kecepatan gerakan silinder.
5. Silinder Pneumatik *double acting*:
  - Berfungsi sebagai aktuator utama yang menghasilkan gerakan mekanis maju-mundur berdasarkan aliran udara dari katup pengarah.

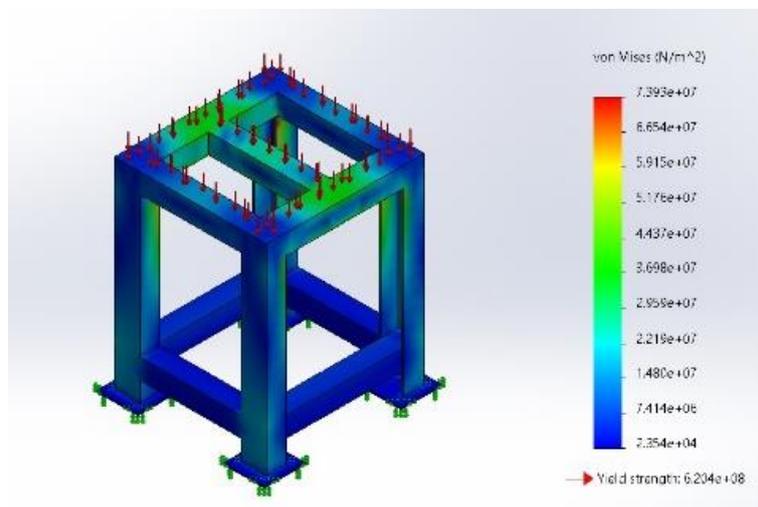
Udara dari kompresor pertama kali melewati *filter* dan *regulator* tekanan untuk memastikan udara bersih dan tekanan sesuai kebutuhan. Manometer digunakan untuk memonitor tekanan sistem. Katup pengarah (*5/2 way*) mengontrol aliran udara ke silinder kerja ganda, mengarahkan udara ke salah satu sisi silinder untuk menghasilkan gerakan maju atau mundur. Katup pengatur kecepatan mengontrol laju gerakan silinder dengan mengatur aliran udara yang keluar. Rangkaian ini dirancang untuk memberikan kontrol

penuh terhadap gerakan silinder pneumatik dalam aplikasi mesin cetak atau aplikasi mekanis lainnya.

### Simulasi pada desain rangka mesin cetak *eco paving block*

Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi desain mesin cetak *eco paving block* dengan distribusi tegangan pada struktur rangka. Warna pada skala tegangan memberikan gambaran tentang intensitas tegangan pada berbagai area mesin, dengan warna merah menunjukkan tegangan tertinggi dan warna biru menunjukkan tegangan terendah. Tegangan maksimum yang tercatat adalah sekitar  $7.393 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>, yang berada jauh di bawah kekuatan luluh material yang ditetapkan pada  $6.204 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup>. Ini menunjukkan bahwa struktur mesin masih dalam batas aman, tanpa risiko deformasi plastis pada material rangka (Arangarajan et al., 2024).

Distribusi tegangan tertinggi terlihat pada area sekitar koneksi bagian atas yang menahan beban utama dari tekanan cetakan. Meskipun demikian, nilai tegangan ini masih berada dalam batas aman, sehingga komponen ini cukup kuat untuk mendukung beban operasional tanpa mengalami kerusakan structural. Sementara itu, tegangan di bagian kaki dan dasar rangka cenderung lebih rendah, menandakan distribusi beban yang seimbang (Arangarajan et al., 2024). Secara keseluruhan, simulasi ini mengonfirmasi bahwa desain mesin cetak *eco paving block* memiliki kekuatan dan stabilitas yang memadai untuk proses pencetakan, mendukung operasional yang aman dan efisien.

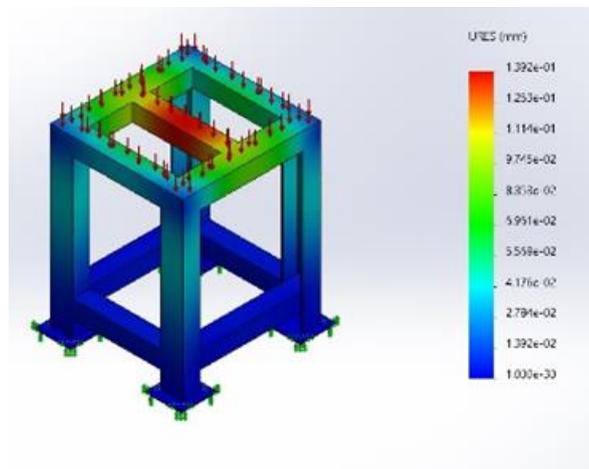


**Gambar 4.** Simulasi tegangan pada rangka.

Hasil simulasi pada desain mesin cetak *eco paving block* ini menunjukkan distribusi perpindahan (*displacement*) pada struktur rangka di bawah pengaruh beban (Gambar 5). Warna dalam skala pada gambar menandakan tingkat perpindahan, di mana warna merah menunjukkan perpindahan tertinggi, sedangkan warna biru menunjukkan perpindahan terendah. Perpindahan maksimum yang tercatat adalah sekitar 0,1392 mm, yang sangat kecil, menandakan bahwa struktur rangka ini cukup kaku dan tidak mengalami deformasi signifikan saat menerima beban. Hal ini menunjukkan bahwa desain rangka mampu mempertahankan bentuk dan stabilitasnya selama proses pencetakan, menjaga presisi dan konsistensi produk yang dihasilkan.

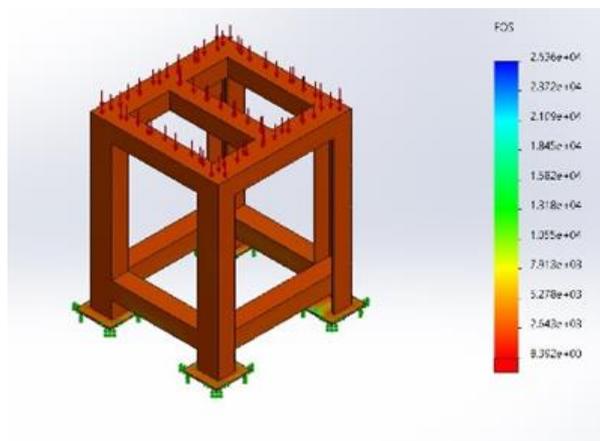
Perpindahan terbesar terjadi di bagian atas rangka, terutama pada titik-titik yang langsung menerima tekanan dari beban cetakan. Meski demikian, nilai perpindahan ini

masih berada dalam batas aman, sehingga tidak mempengaruhi integritas struktural atau fungsi keseluruhan mesin. Distribusi perpindahan yang merata pada bagian bawah rangka menandakan stabilitas yang baik, di mana kaki-kaki rangka cukup kokoh untuk mendukung beban tanpa mengalami deformasi yang dapat mengganggu operasional mesin (Jiang et al., 2024). Secara keseluruhan, hasil simulasi ini membuktikan bahwa desain mesin cetak *eco paving block* memiliki kekakuan dan stabilitas yang memadai untuk menahan beban operasional secara aman dan efektif.



**Gambar 5.** Simulasi *displacement* pada rangka.

Hasil simulasi *Factor of Safety* (FOS) pada desain mesin cetak *eco paving block* menunjukkan bahwa struktur rangka memiliki tingkat keamanan yang tinggi dengan nilai FOS minimum sebesar 8.4 (Gambar 6). Nilai ini berarti bahwa desain mesin mampu menahan beban operasional hingga 8.4 kali lebih besar dari beban yang sebenarnya diterima sebelum mencapai batas kekuatan materialnya. Dengan FOS yang tinggi, mesin ini sangat aman untuk digunakan dan memiliki margin keamanan yang cukup besar untuk menahan beban tambahan atau kondisi ekstrem selama operasional.



**Gambar 6.** Simulasi *factor of safety* pada rangka.

Distribusi FOS yang merata di seluruh rangka juga mengindikasikan bahwa beban yang diterima oleh mesin didistribusikan secara optimal, tanpa ada area spesifik yang menjadi titik lemah atau berisiko mengalami kerusakan (Li et al., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa struktur rangka dirancang dengan baik, sehingga mampu menjaga stabilitas dan kekuatannya dalam kondisi beban yang diberikan. Secara keseluruhan, hasil analisis FOS ini mengonfirmasi bahwa desain mesin cetak *eco paving block*

memiliki kekuatan struktural yang memadai dan aman untuk mendukung proses pencetakan secara efektif dan andal.

#### **Fabrikasi mesin cetak *eco paving block***

Gambar 7 menunjukkan hasil fabrikasi mesin cetak *eco paving block* dengan struktur rangka yang kokoh dan kompak, sesuai dengan desain awal. Mesin ini dilengkapi silinder pneumatik di bagian atas sebagai sumber tekanan utama, memastikan bahan limbah dipadatkan secara optimal dalam cetakan. Panel kontrol memungkinkan pengoperasian yang mudah, dengan pengaturan tekanan yang presisi. Akses pintu di sisi mesin memudahkan perawatan dan pembersihan, sehingga kinerja mesin tetap optimal dalam jangka panjang. Secara keseluruhan, mesin ini terbukti efisien, kuat, dan sesuai untuk produksi *eco paving block* berbahan dasar limbah, mendukung keberlanjutan dalam industri konstruksi.



**Gambar 7.** Mesin cetak *eco paving block*.

#### **Pengujian *eco paving block***

Gambar 8 menunjukkan hasil cetakan *eco paving block* yang menggunakan bahan baku utama berupa tutup botol dan plastik jenis *high-density polyethylene* (HDPE). Blok ini memiliki struktur padat dengan permukaan yang bertekstur, yang mengindikasikan proses pemadatan yang baik selama pencetakan. Penggunaan bahan plastik HDPE, yang terkenal akan kekuatannya dan ketahanannya terhadap cuaca, membuat *eco paving block* ini memiliki potensi aplikasi pada area luar ruangan yang memerlukan daya tahan terhadap kondisi lingkungan (Hariansyah & Halim, 2018). Selain memberikan kekuatan struktural, kombinasi material ini juga berperan penting dalam mendaur ulang limbah plastik, mendukung inisiatif keberlanjutan dan pengurangan sampah plastik. Hasil cetakan ini membuktikan bahwa limbah plastik dapat diolah menjadi produk konstruksi yang bermanfaat, sekaligus memberikan solusi ramah lingkungan untuk kebutuhan material bangunan.

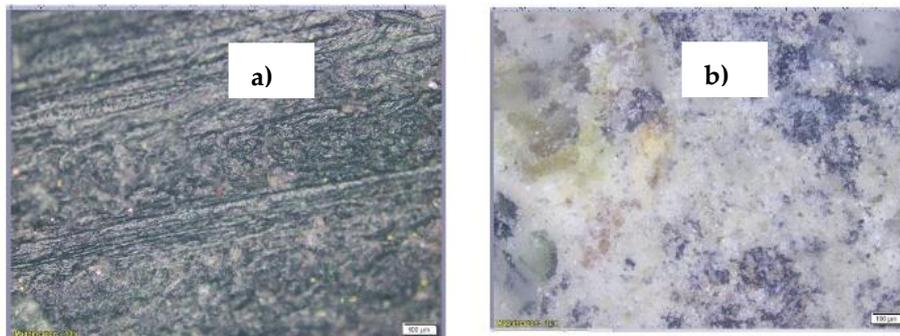
Uji mikrostruktur pada *eco paving block* dan *paving block* biasa menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam hal kepadatan dan homogenitas material (Gambar 9). Pada Gambar 9a yang menunjukkan struktur *eco paving block*, terlihat bahwa material memiliki distribusi partikel yang lebih padat dan merata, dengan sedikit porositas. Komponen plastik HDPE yang digunakan pada *eco paving block* memberikan struktur yang kompak, menciptakan ikatan antar partikel yang kuat (Hakim, 2019). Hal ini

memungkinkan *eco paving block* untuk memiliki kekuatan yang lebih tinggi dan daya tahan yang lebih baik terhadap tekanan dan beban, menjadikannya lebih ideal untuk aplikasi konstruksi yang memerlukan material dengan kekuatan mekanik tinggi.



**Gambar 8.** *Eco paving block*.

Sebaliknya, Gambar 9b yang menunjukkan struktur mikro paving block biasa memperlihatkan adanya porositas dan ketidakteraturan dalam distribusi partikel. Terlihat bahwa material *paving block* konvensional memiliki rongga yang lebih banyak, yang dapat mengurangi kekuatannya dan membuatnya lebih rentan terhadap keretakan atau kerusakan akibat beban eksternal (Hong et al., 2024). Komposisi material yang kurang padat ini juga menunjukkan bahwa *paving block* konvensional mungkin memiliki daya tahan yang lebih rendah dibandingkan *eco paving block*. Dari hasil uji mikrostruktur ini, dapat disimpulkan bahwa *eco paving block* yang menggunakan bahan plastik HDPE memiliki kualitas struktural yang lebih unggul dibandingkan dengan *paving block* biasa.



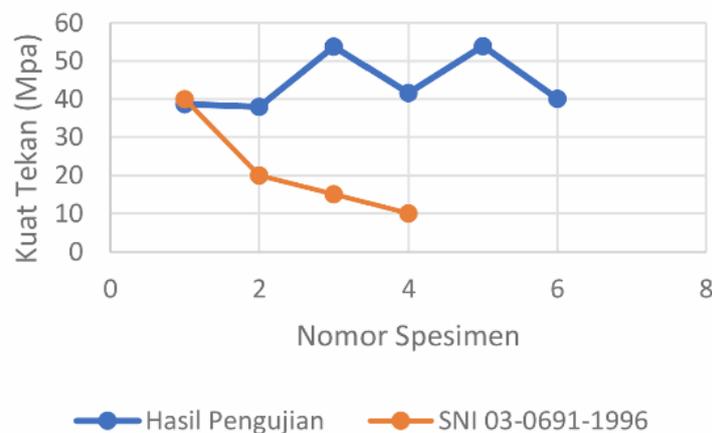
**Gambar 9.** Mikrostruktur *eco paving block* (a) dan *paving block* biasa (b).

Hasil uji kekerasan vickers pada *eco paving block* menunjukkan variasi nilai kekerasan (HV) dan kuat tekan (MPa) antar specimen (Tabel 1). Nilai kekerasan Vickers berkisar antara 3,87 hingga 5,50 Kgf/mm<sup>2</sup>, dengan nilai kekerasan tertinggi pada specimen ke-5 yang mencapai 5,50 Kgf/mm<sup>2</sup>. Sementara itu, kuat tekan tertinggi tercatat pada specimen ke-5 dengan nilai 53,93 MPa, yang menunjukkan kualitas kekuatan struktural optimal untuk aplikasi paving. Di sisi lain, specimen dengan nilai kuat tekan terendah adalah specimen ke-2, yaitu 37,95 MPa, yang masih berada dalam batas yang layak untuk konstruksi ringan. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa *eco paving block* yang menggunakan material HDPE memiliki kekuatan yang bervariasi namun cukup tinggi, menjadikannya alternatif yang layak untuk aplikasi paving block dengan daya tahan yang baik.

**Tabel 1.** Pengujian kekerasan pada specimen *eco paving block*.

Spesimen	Nilai HV (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Kuat tekan (MPa)
1	3.95	38.73
2	3.87	37.95
3	5.49	53.83
4	4.24	41.58
5	5.50	53.93
6	4.09	40.10

Gambar 10 menunjukkan hasil uji vickers yang membandingkan kekuatan tekan (*compressive strength*) *eco paving block* dengan standar yang ditetapkan dalam SNI 03-0691-1996. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa kekuatan tekan *eco paving block* berada dalam rentang 38 MPa hingga 54 MPa, yang secara konsisten melebihi ambang batas SNI untuk *paving block*, yaitu sekitar 30 MPa atau lebih rendah (Barkiah & Yasin, 2020). Hasil ini mengindikasikan bahwa *eco paving block* yang menggunakan bahan HDPE dan limbah plastik memiliki kekuatan tekan yang unggul dibandingkan standar nasional, menjadikannya pilihan material yang kokoh dan tahan lama untuk keperluan konstruksi. Hal ini sekaligus menunjukkan potensi *eco paving block* sebagai alternatif material ramah lingkungan yang memenuhi, bahkan melampaui, persyaratan kualitas yang ditetapkan.



**Gambar 10.** Perbandingan uji Vickers antara *eco paving block* dan SNI 03-0691-1996.

#### 4. PENUTUP

##### Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan mesin cetak *eco paving block* berbasis pneumatik yang menggunakan limbah plastik sebagai bahan baku utama. Mesin ini dirancang dengan silinder pneumatik berukuran 80 × 75 mm, tekanan kerja 6 bar, dan menghasilkan gaya tekan maksimum sebesar 300 kg. Hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi tegangan, perpindahan, dan faktor keamanan (FOS) berada dalam batas aman dengan nilai FOS minimum 8,4, yang menjamin stabilitas dan keandalan desain. Pengujian *eco paving block* menunjukkan kekuatan tekan berkisar antara 38 hingga 54 MPa, melampaui standar SNI 03-0691-1996. Mesin ini terbukti mampu mengolah limbah plastik menjadi material konstruksi yang berkualitas tinggi,

mendukung keberlanjutan, dan memberikan kontribusi positif terhadap pengurangan limbah plastik serta inovasi dalam industri konstruksi.

### Saran

Disarankan agar mesin cetak *eco paving block* berbasis pneumatik ini diterapkan secara luas di industri konstruksi untuk memanfaatkan limbah plastik secara berkelanjutan. Penelitian lanjutan dapat mengevaluasi ketahanan produk terhadap cuaca dan beban dinamis serta mengeksplorasi desain yang memungkinkan variasi bentuk. Inovasi ini diharapkan mendukung ekonomi sirkular dan mengurangi sampah plastik secara signifikan.

### Ucapan Terima Kasih

Kami menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Politeknik Negeri Indramayu beserta Jurusan Teknik, khususnya Program Studi D4 Manufaktur dan D3 Teknik Mesin, atas dukungan penuh yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Dukungan yang mencakup penyediaan fasilitas, dan sumber daya lain yang relevan sangat membantu dalam memastikan kelancaran dan kesuksesan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arangarajan, M., Revathi, R., Sivaprasad, R., Alfurhood, B. S., & Mane, A. (2024). Structural Analysis and Finite Element Methods: Modeling and Simulation in Mechanical Engineering. *Journal of Advanced Zoology*, 45(1).
- Arkan, M. F. (2024). Karakteristik Kekuatan Mekanis Komposit Silencer Gokart. *Jurnal sosial dan sains*, 4(8), 716-727.
- Barkiah, I., & Yasin, M. (2020). Nilai Konversi Uji Kuat Tekan Variasi Bentuk Paving Block Terhadap Bentuk Sampel Uji Sni 03-0691-1996. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*, 9(02), 81-89.
- Birnin-Yauri, A. U., Kareem, M. S., Elinge, C. M., Muhammad, A., & Hassan, A. M. (2024). Preparation and Characterization of Paving Blocks from Polyethylene-Based Plastic Waste and Natural Fibre. *Composite Materials*, 8(1), 1-12.
- Hakim, F. (2022). *Analysis of Mechanical Properties of AL-CU Mixture with Treatment of Shirting Time and Variation of Compaction Pressure* Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya].
- Hakim, F. A. (2019). Pemanfaatan Biji Plastik Jenis High Density Polyethylene (HDPE) Sebagai Substitusi Agregat Pada Bata Beton (*Paving Block*).
- Hariansyah, M., & Halim, A. K. (2018). Control System Design in Production Machines Paving Block Made from Plastic Waste. PROCEEDINGS INTERNATIONAL CONFERENCE BKSPTIS 2018,
- Hong, L., Yuan, J., Sun, L., & Liu, L. (2024). A model predicting mechanical properties of asphalt mixtures considering void ratio and loading conditions. *Materials Today Communications*, 39, 109221.
- Idris, S. H., Puteri, D. S., Wahono, D. C., Firdaus, R. J., & Pratomo, N. B. A. (2024). Indonesia Paradox on Plastic Waste Import in International Policy and Social Movement Perspective. *Indonesian Journal of Advocacy and Legal Services*, 6(1), 169-204.
- Jiang, J., Mao, Z., Chen, L., & Wu, Y. (2024). Finite Element Analysis of Load-Bearing Characteristics and Design Method for New Composite-Anchor Uplift Piles. *Applied Sciences*, 14(5), 2100. <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/5/2100>
- Kumala, A., Bangse, I. K., & Rajendra, I. (2024). *Rancang Bangun Alat Press Paving Block dengan Menggunakan Sistem Pneumatik* Politeknik Negeri Bali].

- Li, Y., Fu, Z., Zhang, B., & Xu, N. (2024). Reliability-based factor of safety for bearing capacity of square foundations on 3D cohesive-frictionless soils considering samples. *Computers and Geotechnics*, 166, 105975. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2023.105975>
- Melati, D. (2024). Kontrol Perilaku Ibu Rumah Tangga Terhadap Penggunaan Tas Belanja untuk Mengurangi Penggunaan Kantong Plastik Terhadap Lingkungan Sekitar. *As-Syar'i: Jurnal Bimbingan & Konseling Keluarga*, 6(3), 1492-1505.
- Nur, M., Harsusani, H., & Aida, N. (2024). Pengaruh Penambahan Serat Bambu Pada Pembuatan *Paving Block* Terhadap Kuat Tekan. *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, 9(1), 16-21.
- Onibala, M., Thambas, A. H., Riogilang, H., & Sumajouw, M. D. (2024). Pemanfaatan Paving Blok Dari Sampah Plastik. *TEKNO*, 22(88), 985-994.
- Setyoningrum, A., & Saefudina, A. (2024). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang sebagai Bahan Campuran dalam Pembuatan *Paving Block* (*Literature Review*). *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 6(1), 54-61.
- Wibowo, T. T., Mudiyo, R., & Antonius, A. (2024). Evaluasi Produk Paving Block Tipe Holland dari Beberapa Produsen di Kota Semarang. *Pondasi*, 29(1), 84-99.