

ANALISIS KARAKTERISTIK DAYA APUNG TERHADAP KEKUATAN TEKAN PAVING BLOK KOMPOSIT BERBASIS LIMBAH PLASTIK PET DAN SERBUK GERGAJI KAYU

Rayhan Aulia Maulana¹, Wenny Marthiana²
Mechanical engineering study program, faculty of industrial
technology, bung hatta university
Email: rayhanauliamaulana@gmail.com¹
Email: wenny_ma@yahoo.com²

ABSTRAK

Peningkatan aktivitas manusia telah menyebabkan permasalahan sampah plastik yang tidak dapat dikelola dengan baik, khususnya limbah botol plastik PET. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik daya apung terhadap kekuatan tekan paving blok komposit yang dibuat dari limbah plastik PET dan serbuk gergaji kayu sebagai alternatif material konstruksi berkelanjutan. Metode penelitian menggunakan pencampuran panas dan pencetakan manual dengan tiga variasi komposisi: (1) PET 60%, serbuk kayu 30%, oli bekas 10%; (2) PET 70%, serbuk kayu 10%, oli bekas 20%; dan (3) PET 80%, serbuk kayu 5%, oli bekas 15%. Sebanyak 9 spesimen dibuat dan diuji menggunakan standar ASTM D695 untuk uji kuat tekan, ASTM D570 untuk uji daya serap air, ASTM D792 untuk uji densitas, dan uji daya apung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi PET 60%, serbuk kayu 30%, dan oli bekas 10% menghasilkan kekuatan tekan tertinggi sebesar 4,00 MPa dengan densitas 0,851 g/cm³. Densitas tertinggi (0,875 g/cm³) dicapai pada komposisi PET 80%, serbuk kayu 5%, dan oli bekas 15%, sedangkan daya serap air tertinggi (1,65%) terjadi pada komposisi dengan kadar oli bekas 20%. Analisis hubungan daya apung dan kekuatan tekan menunjukkan korelasi terbalik, dimana spesimen yang tenggelam memiliki kekuatan tekan tertinggi (4,00 MPa), sedangkan spesimen yang melayang memiliki kekuatan tekan terendah (2,24 MPa). Penelitian ini membuktikan bahwa paving blok komposit berbasis limbah plastik PET dan serbuk gergaji kayu dapat menjadi alternatif material konstruksi yang berkelanjutan, dengan kepadatan material sebagai faktor kunci dalam menentukan sifat mekanik komposit.

Kata kunci: paving blok komposit, limbah plastik PET, serbuk gergaji kayu, daya apung, kekuatan tekan, material berkelanjutan

ABSTRACT

The increase in human activities has caused plastic waste problems that cannot be managed properly, especially PET plastic bottle waste. This research aims to analyze the buoyancy characteristics on the compressive strength of composite paving blocks made from PET plastic waste and wood sawdust as an alternative sustainable construction material. The research method used hot mixing and manual molding with three composition variations: (1) PET 60%, wood sawdust 30%, used oil 10%; (2) PET 70%, wood sawdust 10%, used oil 20%; and (3) PET 80%, wood sawdust 5%, used oil 15%. A total of 9 specimens were made and tested using ASTM D695 standard for compressive strength test, ASTM D570 for water absorption test, ASTM D792 for density test, and buoyancy test. The results showed that the composition of PET 60%, wood sawdust 30%, and used oil 10% produced the highest compressive strength of 4.00 MPa with a density of 0.851 g/cm³. The highest density (0.875 g/cm³) was achieved in the composition of PET 80%, wood sawdust 5%, and used oil 15%, while the highest water absorption (1.65%) occurred in the composition with 20% used oil content. Analysis of the relationship between buoyancy and compressive strength showed an inverse correlation, where specimens that sank had the highest compressive strength (4.00 MPa), while specimens that floated had the lowest compressive strength (2.24 MPa). This research proves that composite paving blocks based on PET plastic waste and wood sawdust can be an alternative sustainable construction material, with material density as a key factor in determining the mechanical properties of composites.

Keywords: composite paving blocks, PET plastic waste, wood sawdust, buoyancy, compressive strength, sustainable materials

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Permasalahan sampah plastik menjadi isu global yang terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan pola konsumsi masyarakat. Di Indonesia, sampah plastik menyumbang sekitar 14% dari total timbunan sampah dan sulit terurai secara alami sehingga dapat bertahan ratusan tahun di lingkungan (Jono Iskandar, 2019). Salah satu jenis plastik yang paling banyak digunakan

adalah Polyethylene Terephthalate (PET), bahan dasar botol minuman sekali pakai yang jumlahnya terus bertambah setiap tahun (Universal Eco, 2020). Jika tidak dikelola dengan baik, limbah plastik PET dapat mencemari tanah, air, dan rantai makanan, menimbulkan gangguan ekosistem serta membahayakan kesehatan manusia. Upaya pengelolaan limbah plastik melalui konsep 3R (*reduce, reuse, recycle*) telah menjadi pilihan strategis untuk mengurangi dampak pencemaran (Green Press Network, 2007).

Menurut Miraikel Marvel Astant (2022), pemanfaatan sampah plastik, khususnya botol PET, menjadi material konstruksi seperti paving blok merupakan salah satu langkah efektif dan ramah lingkungan untuk mengurangi volume limbah plastik sekaligus meningkatkan nilai ekonomi sampah tersebut.

Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan bangunan juga telah banyak diteliti. AM & Atmadi (2020) menunjukkan bahwa plastik daur ulang dapat digunakan dalam teknologi perkerasan jalan, sedangkan Fauzan (2019) melaporkan bahwa penambahan limbah plastik PET dan LDPE pada campuran paving blok terbukti meningkatkan kuat tekan dibandingkan paving blok konvensional. Hartati Kapita (2023) menambahkan bahwa paving blok berbahan plastik PET dapat mencapai kuat tekan rata-rata 6,04–18,41 MPa, memenuhi standar mutu SNI 03-0691-1996 untuk kelas B hingga D. Penelitian Lumintang dkk. (2019) juga mendukung pemanfaatan plastik sebagai agregat kasar dalam konstruksi, menunjukkan potensi besar plastik daur ulang sebagai material substitusi agregat tradisional. Temuan-temuan tersebut memperkuat bahwa pemanfaatan limbah plastik tidak hanya mengurangi pencemaran, tetapi juga dapat menghasilkan produk konstruksi yang memiliki sifat mekanik baik dan bernilai guna tinggi.

Selain plastik, limbah serbuk gergaji kayu juga menjadi perhatian karena jumlahnya yang besar dari aktivitas penggergajian dan industri furnitur. Serbuk gergaji memiliki ukuran halus (1–2 mm), ringan, dan mudah tertiuap angin sehingga dapat menimbulkan polusi udara bila tidak dikelola (Muslimin, 2023). Padahal, serbuk gergaji memiliki potensi sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam material komposit karena mampu meningkatkan kekuatan dan daya ikat bila melalui proses mineralisasi yang mengurangi zat ekstraktif seperti gula dan tanin tanpa mengganggu kekuatan rekat (Basuki, 2019). Menurut Billah (2009), pemanfaatan serbuk gergaji sebagai bahan campuran pembuatan paving blok dapat menambah kekuatan tekan sekaligus menjadi solusi pengurangan limbah

kayu yang selama ini hanya dibuang atau dibakar.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini memanfaatkan limbah plastik PET sebagai matriks, serbuk gergaji kayu sebagai pengisi, dan oli bekas sebagai pelunak untuk menghasilkan paving blok komposit yang ramah lingkungan. Penelitian ini menganalisis sifat fisis dan mekanik, meliputi uji densitas, daya serap air, kuat tekan, dan daya apung, untuk mengetahui hubungan antara daya apung dengan kekuatan tekan. Dengan mengacu pada standar SNI 03-0691-1996, penelitian ini diharapkan mampu memberikan alternatif material konstruksi berkelanjutan yang tidak hanya mengurangi pencemaran limbah plastik dan serbuk kayu, tetapi juga menghasilkan produk dengan kualitas yang memenuhi syarat kekuatan serta ketahanan yang dibutuhkan dalam aplikasi konstruksi (Rahman Hendarto, 2021; Masthura, 2020).

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses pembuatan material paving blok komposit dari limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan serbuk gergaji
2. Berapa besar kekuatan tekan pada paving block yang terbuat dari limbah botol plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) dengan campuran serbuk gergaji dan oli bekas dengan memiliki 3 variasi campuran yang berbeda yaitu limbah botol plastik jenis PET P1=(60%), Serbuk gergaji (30%), Oli bekas (10%), P2= PET (70%), Serbuk gergaji (10%), Oli bekas (20%), dan P3=PET (80%), Serbuk gergaji (5%), Oli bekas (15%).

C. Tujuan Penelitian

1. Menentukan langkah-langkah pembuatan material paving blok komposit secara manual berbahan limbah botol plastik jenis PET dan serbuk gergaji kayu
2. Menganalisis hubungan antara uji daya apung dengan kekuatan tekan, agar dapat diketahui sejauh mana daya apung berpengaruh terhadap kekuatan mekanik

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

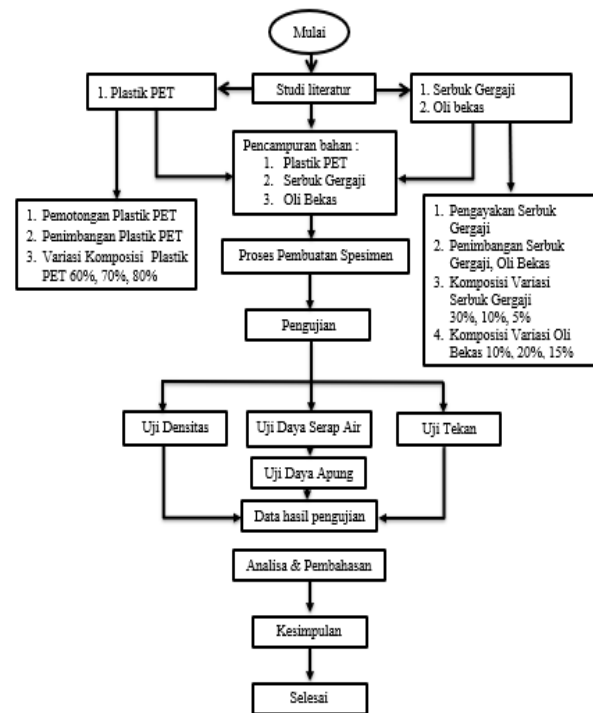
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium (*experimental research*). Pendekatan ini dipilih karena bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi bahan limbah plastik PET, serbuk gergaji kayu, dan oli bekas terhadap sifat fisis dan mekanis paving blok komposit. Penelitian eksperimental memungkinkan peneliti melakukan perlakuan terkontrol pada variabel-variabel tertentu, yaitu perbandingan komposisi bahan, kemudian mengukur dampaknya terhadap hasil uji densitas, daya serap air, kekuatan tekan, dan daya apung.

Eksperimen dilakukan melalui beberapa tahap:

1. Pembuatan spesimen dengan metode pencampuran panas dan pencetakan manual pada tiga variasi komposisi, yaitu:
 - o Komposisi 1: PET 60%, serbuk kayu 30%, oli bekas 10%
 - o Komposisi 2: PET 70%, serbuk kayu 10%, oli bekas 20%
 - o Komposisi 3: PET 80%, serbuk kayu 5%, oli bekas 15%.
2. Pengujian sifat fisis dan mekanis mengacu pada standar internasional, antara lain ASTM D695 (uji kuat tekan), ASTM D570 (uji daya serap air), ASTM D792 (uji densitas), serta uji daya apung yang disesuaikan dengan kondisi laboratorium.

Dengan rancangan eksperimen tersebut, penelitian ini dapat menganalisis secara kuantitatif hubungan antara daya apung dan kekuatan tekan pada masing-masing variasi komposisi, sekaligus menilai kelayakan paving blok komposit berbahan limbah plastik PET dan serbuk gergaji kayu sebagai alternatif material konstruksi yang berkelanjutan.

B. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

C. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dari penelitian ini adalah sebagai berikut: Menyiapkan bahan berupa sisa botol plastik, serbuk gergaji, dan oli bekas, Potong botol sampah plastik menjadi potongan berukuran 50mm -100mm, serbuk gergaji berukuran ± 1 mm, Timbang plastik PET dan serbuk gergaji sesuai komposisi yang ditentukan, Nyalakan kompor dan masukkan minyak bekas ke dalam panci. Panaskan hingga mendidih, Selanjutnya, masukkan botol sampah plastik yang sudah dipotong ke dalam wajan yang sudah diberi minyak mendidih, Setelah botol sampah plastik meleleh, masukkan serbuk gergaji dan aduk hingga merata, Kemudian, ratakan botol bekas plastik bekas dan serbuk gergaji, tuang paving blok ke dalam cetakan dan beri tekanan, Setelah dicetak diamkan selama 30 menit dan masukan kedalam ember berisi air agar mudah saat pelepasan dari cetakan, Setelah mencapai tahap pengeringan, dapat dilakukan uji fisis dan mekanis pada spesimen yang telah dibuat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sembilan spesimen paving blok komposit yang dibuat dari campuran limbah plastik PET, serbuk gergaji kayu, dan oli bekas. Proses pembuatan menggunakan metode pencampuran panas dan pencetakan manual, kemudian spesimen dikondisikan dalam keadaan kering (pengeringan 14 hari) dan basah (perendaman 24 jam). Variasi komposisi yang digunakan adalah:

- **P1:** PET 60%, serbuk kayu 30%, oli bekas 10%
- **P2:** PET 70%, serbuk kayu 10%, oli bekas 20%
- **P3:** PET 80%, serbuk kayu 5%, oli bekas 15%

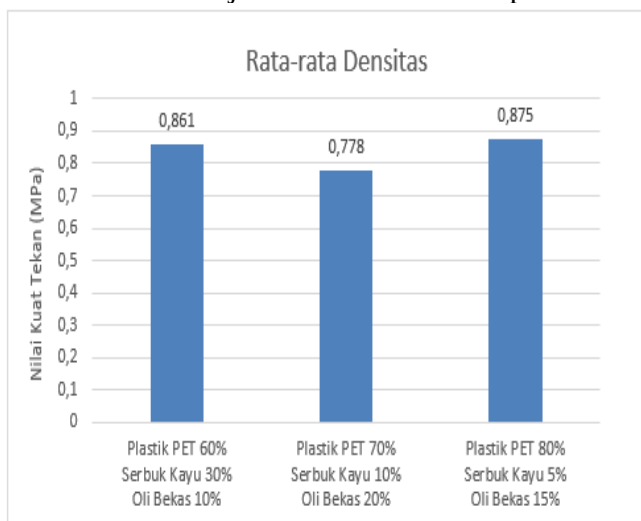
Seluruh spesimen diuji sifat fisis (densitas dan daya serap air) dan sifat mekanis (kekuatan tekan), serta dilakukan uji daya apung untuk menilai hubungan antara kerapatan material dan kekuatan tekan.

1. Uji Densitas

Pengujian densitas dilakukan sesuai standar ASTM D792 untuk menentukan kerapatan material. Hasil perhitungan rata-rata ditampilkan pada Tabel 4.2 skripsi, dengan rincian sebagai berikut:

- **P1:** 0,861 g/cm³
- **P2:** 0,778 g/cm³
- **P3:** 0,875 g/cm³

Nilai densitas tertinggi terdapat pada komposisi **P3**, yaitu 0,875 g/cm³, sedangkan nilai terendah terdapat pada **P2**, yaitu 0,778 g/cm³. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan serbuk gergaji, densitas cenderung menurun karena serbuk kayu memiliki massa jenis lebih rendah daripada PET.



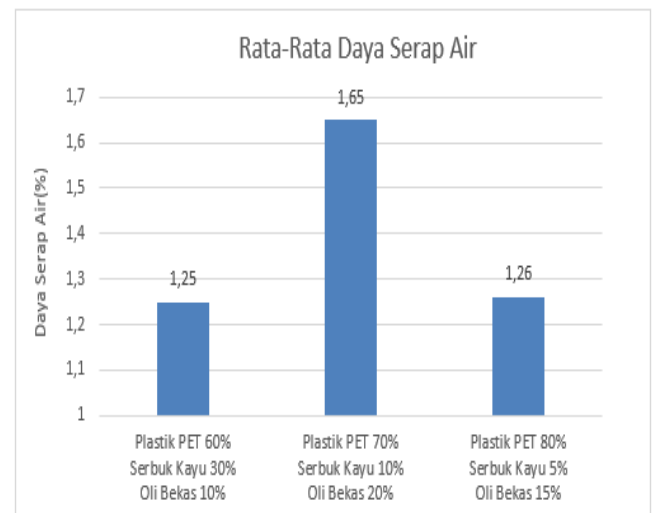
Gambar2. Grafik Hasil Perngujian Densitas Terhadap Variasi Komposisi

Dari hasil pengujian densitas dapat dilihat bahwa Komposisi 1 dengan persentase plastik PET 60%, serbuk kayu 30%, dan oli bekas 10% memiliki rata-rata densitas yaitu 0,861g/cm³. Sedangkan Komposisi 2 dengan plastik PET 70%, serbuk kayu 10%, dan oli bekas 20% memiliki densitas terendah 0,778 g/cm³ dan pada komposisi 3 plastik PET 80%, serbuk kayu 5%, dan oli bekas 15% memiliki densitas tertinggi 0,875 g/cm³. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar plastik PET dan penurunan kadar serbuk kayu cenderung meningkatkan densitas material, sedangkan peningkatan kadar oli bekas dapat menurunkan

densitas.

2. Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air mengacu pada ASTM D570 untuk mengetahui kemampuan material menyerap air setelah perendaman 24 jam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi komposisi **P2** dengan kandungan oli bekas tertinggi (20%) memiliki nilai serapan air paling besar yaitu 1,65%, sedangkan P1 dan P3 berada di bawah nilai tersebut. Semua nilai serapan air berada jauh di bawah batas maksimum SNI 03-0691-1996 (6% untuk mutu B), sehingga paving blok komposit ini memenuhi standar ketahanan terhadap penyerapan air.



Gambar3. Grafik Hasil Perngujian Daya Serap Air Terhadap Variasi Komposisi

Dari hasil pengujian daya serap air menunjukkan bahwa Komposisi dengan plastik PET 70%, serbuk kayu 10%, dan oli bekas 20% memiliki daya serap air tertinggi yaitu 1,65%. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh tingginya kandungan oli bekas yang dapat mempengaruhi struktur internal komposit sehingga lebih banyak air terserap. Sementara Komposisi Plastik PET 60% Serbuk Kayu 30% Oli Bekas 10% dan Komposisi Plastik PET 80% Serbuk Kayu 5% Oli Bekas 15% memiliki daya serap air lebih rendah masing-masing sebesar 1,25% dan 1,26%. Ini menentukan bahwa kombinasi kandungan plastik PET yang lebih tinggi serta serbuk kayu dapat membantu mengurangi daya serap air.

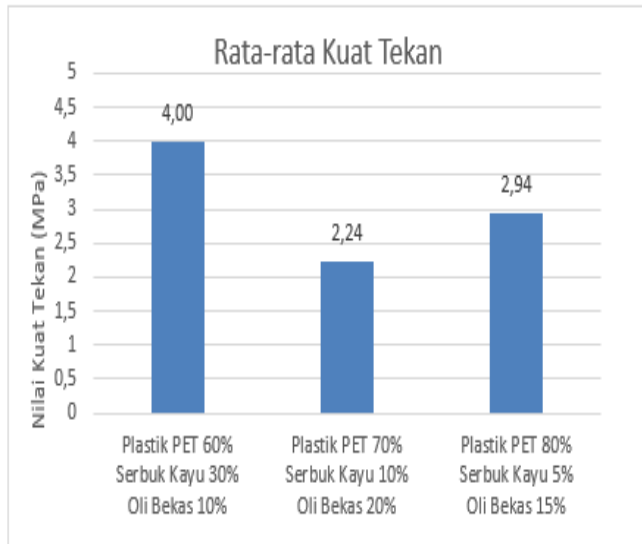
3. Uji Kekuatan Tekan

Pengujian kekuatan tekan dilaksanakan sesuai standar ASTM D695. Nilai rata-rata yang diperoleh adalah:

- **P1:** 4,00 MPa
- **P2:** 2,85 MPa
- **P3:** 2,24 MPa

Komposisi **P1** menghasilkan nilai kuat tekan

tertinggi sebesar 4,00 MPa. Peningkatan kandungan PET tanpa proporsi serbuk kayu yang seimbang (seperti pada P2 dan P3) menurunkan kemampuan ikatan antar partikel, sehingga nilai kuat tekan menjadi lebih rendah.



Gambar4. Grafik Hasil Perngujian Tekan Terhadap Variasi Komposisi

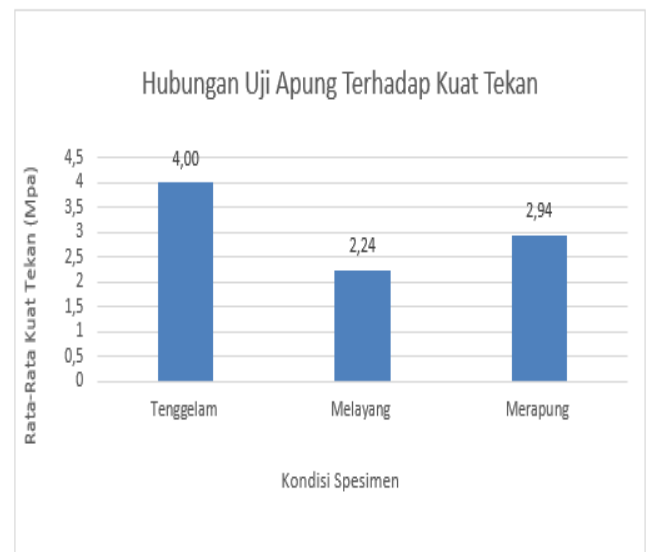
Dari hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat bahwa Komposisi dengan kandungan plastik PET 60%, serbuk kayu 30%, dan oli bekas 10% memiliki rata-rata kuat tekan tertinggi yaitu 4,00 MPa. Komposisi dengan PET 80%, serbuk kayu 5%, dan oli bekas 15% memiliki rata-rata kuat tekan 2,94 MPa, sedangkan Komposisi dengan PET 70%, serbuk kayu 10%, dan oli bekas 20% memiliki kuat tekan terendah yaitu 2,24 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan oli bekas yang terlalu tinggi dapat menurunkan kekuatan tekan komposit, sehingga keseimbangan antara plastik PET dan serbuk kayu penting untuk meningkatkan nilai kekuatan tekan yang lebih optimal.

4. Uji Daya Apung

Pengujian daya apung bertujuan untuk melihat hubungan kerapatan material dengan kemampuan mengapung. Hasil pengamatan menunjukkan:

- **P1:** seluruh spesimen **tenggelam**
- **P2:** spesimen **melayang**
- **P3:** sebagian spesimen **mengapung**

Korelasi yang diperoleh menunjukkan hubungan terbalik antara daya apung dan kekuatan tekan: semakin tinggi kemampuan mengapung, semakin rendah nilai kuat tekan. Spesimen dengan densitas lebih besar (P1) cenderung tenggelam dan memiliki kekuatan tekan tertinggi, sedangkan spesimen yang melayang atau mengapung (P2 dan P3) memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah.



Gambar5. Grafik Hubungan Uji Apung Dengan Kuat Tekan

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa, Spesimen A (tenggelam) memiliki nilai kuat tekan tertinggi (4,00 MPa). Hal ini dikarenakan densitas material lebih padat, sehingga menghasilkan kekuatan mekanik yang lebih kuat. Spesimen B (melayang) menunjukkan nilai kuat tekan terendah (2,24 MPa). Hal ini dikarenakan pengaruh Komposisi dengan kadar oli bekas tinggi (20%) sehingga dapat meningkatkan porositas dan menurunkan kekuatan tekan pada material tersebut. Spesimen C (merapung) berada pada kekuatan tekan sedang (2,94 MPa). Hal ini disebabkan karena kandungan PET yang tinggi, dan rendahnya serbuk kayu menyebabkan berkurangnya ikatan antar partikel, sehingga kekuatan mekaniknya tidak setinggi spesimen A (terbenam).

Berdasarkan hasil pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa, terdapat hubungan terbalik antara daya apung dan kekuatan tekan. Semakin besar daya apung (spesimen cenderung terapung), maka nilai kuat tekan semakin rendah. Sebaliknya, semakin kecil daya apung (spesimen cenderung tenggelam), maka nilai kuat tekan semakin tinggi. Hubungan ini menunjukkan bahwa kepadatan material menjadi faktor kunci dalam menentukan sifat mekanik paving blok komposit berbasis limbah plastik PET dan serbuk gergaji kayu.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa pemanfaatan limbah plastik Polyethylene Terephthalate (PET) yang dipadukan dengan serbuk gergaji kayu dan oli bekas mampu menghasilkan material paving blok komposit

yang ramah lingkungan sekaligus bernilai ekonomis. Dari seluruh rangkaian uji fisis dan mekanis yang dilakukan—meliputi uji densitas, daya serap air, kuat tekan, dan daya apung—ditemukan bahwa variasi komposisi bahan memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat dan kualitas produk yang dihasilkan. Komposisi PET 60%, serbuk kayu 30%, dan oli bekas 10% (P1) terbukti sebagai formulasi terbaik dengan densitas rata-rata 0,861 g/cm³, daya serap air rendah (maksimum 1,65%), dan kekuatan tekan tertinggi mencapai 4,00 MPa. Nilai kuat tekan ini memenuhi standar mutu SNI 03-0691-1996 untuk kelas D, yang layak digunakan pada area pejalan kaki, taman, dan area dengan beban ringan hingga sedang. Sementara itu, komposisi dengan kandungan PET lebih tinggi tetapi kadar serbuk kayu lebih rendah (P2 dan P3) menunjukkan penurunan kerapatan serta kekuatan tekan, menandakan pentingnya keseimbangan antara matriks plastik dan bahan pengisi kayu dalam menjaga ikatan antar partikel.

Hasil pengujian daya apung memberikan temuan menarik berupa hubungan terbalik antara kemampuan mengapung dan kekuatan tekan. Spesimen yang tenggelam memiliki densitas lebih tinggi dan kekuatan tekan lebih besar, sedangkan spesimen yang melayang atau mengapung menunjukkan densitas lebih rendah dan kekuatan tekan lebih kecil. Temuan ini menegaskan bahwa kepadatan material adalah faktor kunci yang menentukan sifat mekanik paving blok komposit. Semakin rapat dan padat campuran yang terbentuk, semakin baik kemampuan material menahan beban tekan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi praktis dalam pemanfaatan limbah plastik PET dan serbuk gergaji, tetapi juga menambah pemahaman ilmiah tentang keterkaitan antara daya apung, densitas, dan kekuatan tekan. Penerapan hasil penelitian ini dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan, menekan volume sampah plastik dan kayu, serta mendukung pengembangan material konstruksi berkelanjutan yang sesuai dengan prinsip *reduce, reuse, recycle*.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar pengembangan paving blok komposit berbahan limbah plastik PET dan serbuk gergaji diterapkan sebagai alternatif material konstruksi ramah lingkungan, khususnya untuk area dengan beban lalu lintas ringan hingga sedang seperti

taman, trotoar, dan area pejalan kaki. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan optimasi variasi komposisi bahan dengan menambah jumlah sampel dan memperluas jenis pengujian, misalnya uji ketahanan terhadap cuaca dan keausan, agar kinerja material dapat dibandingkan dengan paving blok konvensional secara lebih komprehensif. Selain itu, penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan limbah plastik jenis lain atau penambahan bahan pengikat tambahan dapat memberikan informasi yang lebih luas mengenai potensi penggunaan limbah sebagai material konstruksi berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibroto. (2014). *Paving Block Sebagai Alternatif Penutup Tanah*. Jakarta: Pustaka Teknik.
- AM., & Atmadi. (2020). *Pemanfaatan Sampah Plastik dalam Teknologi Perkerasan Jalan*. *Jurnal Teknologi Sipil*, 8(2), 45–52.
- Basuki, I. (2019). *Pemanfaatan Serbuk Gergaji sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Blok*. *Jurnal Rekayasa Material*, 5(1), 12–18.
- Billah. (2009). *Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji untuk Bahan Bangunan*. *Jurnal Sains dan Teknologi Kayu*, 3(2), 45–51.
- Djoko Andrijono. (2021). *Karakteristik Polimer Termoplastik dan Termosetting*. Surabaya: Penerbit Andalan.
- Fauzan. (2019). *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik PET dan LDPE terhadap Kuat Tekan Paving Blok*. *Jurnal Material dan Konstruksi*, 7(1), 33–40.
- Green Press Network. (2007). *3R Concept for Sustainable Waste Management*. Singapore: Green Press.
- Hartati Kapita. (2023). *Studi Perbandingan Kuat Tekan Paving Blok Berbahan Limbah Plastik*. *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 11(3), 101–109.
- Irfan Rosadi. (2023). *Pengujian Destructive dan Non-Destructive pada Material Komposit*. *Jurnal Teknologi Bahan*, 9(1), 55–62.
- Jono Iskandar. (2019). *Komposisi dan Karakteristik Sampah di Indonesia*. *Jurnal Lingkungan Hidup*, 12(2), 77–84.

- Lumintang, dkk. (2019). Pemanfaatan Sampah Plastik sebagai Agregat Kasar untuk Pembuatan Tangki Pengolahan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 10(2), 65–72.
- Masthura. (2020). Analisis Daya Serap Air pada Paving Blok Sesuai SNI 03-0691-1996. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 14(1), 21–27.
- Miraikel Marvel Astant. (2022). Pemanfaatan Sampah Plastik untuk Pembuatan Paving Blok. *Jurnal Inovasi Material*, 6(2), 34–42.
- Muhammad Yazid. (2023). Pemanfaatan Limbah Plastik Polipropilena sebagai Pengganti Semen pada Produksi Paving Blok. *Jurnal Teknologi Konstruksi*, 13(1), 90–98.
- Muslimin. (2023). Karakteristik dan Pemanfaatan Serbuk Gergaji pada Industri Konstruksi. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 15(2), 50–59.
- Nisticò, R. (2020). Properties of Polyethylene Terephthalate (PET). *Materials Today: Proceedings*, 23(4), 105–112.
- Rahman Hendarto. (2021). Sifat Fisik dan Standar Mutu Paving Blok. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 9(1), 15–22.
- Rohimatush Shofiyah. (2024). Karakteristik Termoplastik dan Termoset. *Jurnal Polimer dan Rekayasa Material*, 10(1), 70–78.
- Singh, S., et al. (2020). Global Demand of PET and Its Environmental Impact. *Polymer Science Review*, 8(3), 200–210.
- Universal Eco. (2020). Jenis dan Tipe Plastik serta Dampaknya terhadap Lingkungan. *Jurnal Lingkungan Global*, 5(2), 12–20.
- Velásquez, E., et al. (2019). Growth of PET Demand Worldwide. *International Journal of Polymer Science*, 17(2), 99–107.