

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Permasalahan peningkatan volume limbah plastik dan kaca di Indonesia telah menjadi tantangan lingkungan yang signifikan. Ketidakmampuan sistem pengelolaan sampah nasional dalam mengimbangi laju produksi sampah menyebabkan terjadinya akumulasi limbah di tempat pembuangan akhir (TPA), mencemari perairan, merusak ekosistem tanah, serta menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat. Mengacu pada data yang dirilis oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia pada tahun 2024, total sampah yang dikumpulkan melalui bank sampah mencapai 5.054.516,80 kg, dengan limbah plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) mendominasi sebesar 1.607.272,20 kg (31,81%) dan limbah kaca sebesar 141.854,51 kg (2,81%). Selain itu, berdasarkan data Bank Sampah Induk New Normal Medan pada tahun 2024, total timbulan sampah yang tercatat mencapai 109,5 ton, dengan porsi sebesar 12,5 ton di antaranya merupakan sampah plastik jenis PET. Data ini menunjukkan besarnya potensi pemanfaatan limbah plastik dan kaca sebagai material alternatif dalam industri konstruksi, termasuk dalam pengembangan *paving block* ramah lingkungan.

Secara kimiawi, plastik PET merupakan polimer termoplastik yang tersusun atas rantai poliester aromatik dari etilen glikol ($\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$) dan asam tereftalat ($\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$). Ketika dipanaskan hingga suhu sekitar $245-265^\circ\text{C}$, ikatan hidrogen antarmolekul melemah, menyebabkan PET melebur

dan menjadi viskoelastik tanpa mengalami dekomposisi kimia yang berarti. Proses ini disebut sebagai *thermoplastic softening*, dan memungkinkan PET berfungsi sebagai binder atau perekat antar partikel agregat, menggantikan peran semen dalam sistem *paving block*. Tidak terjadi reaksi kimia baru, namun proses ini memfasilitasi pengikatan mekanis setelah pendinginan dan pengerasan. Dalam konteks pembuatan *paving block*, sifat termoplastik ini memungkinkan PET meleleh dan mengisi celah antar partikel agregat (pasir dan serbuk kaca). Setelah pendinginan, plastik yang kembali mengeras akan mengikat agregat melalui ikatan mekanis dan adhesi fisik, bukan secara kimia. Hal ini membedakannya dari semen, yang bekerja melalui reaksi hidrasi membentuk ikatan kimia kalsium silikat hidrat (C-S-H). Ikatan dalam sistem PET cenderung fisikal adhesif, yang menghasilkan kekuatan tekan melalui pemadatan dan penguncian butiran saat material mendingin.

Sementara itu, serbuk kaca yang dihancurkan hingga ukuran mikron berperan sebagai *filler*, yakni bahan pengisi mikroskopik yang menempati rongga kosong (void) antar partikel pasir dan plastik dalam campuran *paving block*. Kaca secara kimia tersusun terutama dari silika (SiO_2) amorf yang bersifat inert, tahan terhadap reaksi kimia, dan memiliki kekerasan serta stabilitas bentuk yang tinggi. Ketika digunakan sebagai filler, serbuk kaca dapat meningkatkan kepadatan campuran, mengurangi porositas, dan berpotensi memperbaiki sifat mekanik serta ketahanan terhadap serapan air dari *paving block* (Wibowo, 2013). Namun, penggunaannya harus diatur secara proporsional agar tidak mengganggu keseragaman distribusi termal selama proses peleburan plastik.

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam studi ini sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan sebagaimana dirumuskan dalam kerangka *Sustainable Development Goals* (SDGs). SDGs atau Tujuan Pembangunan Berkelanjutan merupakan agenda pembangunan global yang disepakati oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) pada tahun 2015 melalui dokumen *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Agenda tersebut mencakup 17 tujuan utama yang mengintegrasikan dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan sebagai upaya mendorong pembangunan yang berkelanjutan (United Nations, 2015). Pemanfaatan limbah plastik dan serbuk kaca sebagai bahan dalam produksi *paving block* memberikan kontribusi nyata terhadap pencapaian sejumlah tujuan SDGs, khususnya SDG 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur), SDG 11 (Kota dan Permukiman yang Berkelanjutan), SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab), SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim), serta SDG 14 (Ekosistem Laut) dan SDG 15 (Ekosistem Daratan). Implementasi pendekatan ini tidak hanya berperan dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah, tetapi juga berkontribusi dalam menekan eksploitasi sumber daya alam yang ketersediaannya semakin terbatas.

Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi penggunaan limbah plastik dan kaca dalam pembuatan *paving block*. Zafran (2024) melaporkan bahwa dengan mengoptimalkan campuran plastik dan pasir, *paving block* yang dihasilkan memiliki kuat tekan sebesar 12,41 MPa. Selain itu, penelitian oleh Azwar (2019) menunjukkan bahwa penambahan serbuk pecahan kaca dalam jumlah tertentu dapat meningkatkan kualitas *paving block*. Namun, penelitian ini juga

menemukan bahwa jika persentase pecahan kaca melebihi 5%, kuat tekan *paving block* justru mengalami penurunan akibat sifat fisik kaca yang dapat menghambat ikatan antar partikel dalam campuran. Temuan ini memberikan wawasan mengenai batas optimal penggunaan serbuk kaca dalam *paving block*, yang dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kuat tekan dan daya serap air *paving block* dengan variasi campuran limbah plastik dan serbuk kaca sebagai upaya pemanfaatan material daur ulang. Penelitian ini secara teoritis bertujuan untuk memperkaya literatur dan wawasan di bidang rekayasa material, khususnya dalam pemanfaatan limbah plastik dan kaca sebagai bahan alternatif dalam konstruksi berkelanjutan. Hasil dari studi ini juga diharapkan menjadi referensi bagi penelitian lanjutan terkait inovasi material ramah lingkungan. Secara praktis, penelitian ini menawarkan solusi dalam pengurangan limbah anorganik melalui penggunaannya dalam *paving block*, sekaligus menghasilkan produk yang lebih ekonomis, tahan lama, dan layak digunakan dalam aplikasi konstruksi. Dengan demikian, penelitian ini memiliki urgensi tinggi dalam mendukung pengelolaan lingkungan. Selain itu, pendekatan ini memperkuat upaya pembangunan berkelanjutan melalui inovasi material konstruksi ramah lingkungan.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Peningkatan jumlah limbah plastik PET dan kaca yang mencemari lingkungan.
2. Keterbatasan metode daur ulang limbah plastik PET dan kaca.
3. Kebutuhan akan inovasi material konstruksi yang ramah lingkungan.

4. Kurangnya penelitian tentang kombinasi limbah plastik PET dan serbuk kaca dalam *Paving block*.
5. Belum diketahui komposisi optimal limbah plastik PET dan serbuk kaca dalam *Paving block*.

1.3 Pembatasan Masalah

1. Jenis limbah plastik yang digunakan dalam penelitian ini adalah plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET).
2. Serbuk kaca yang digunakan merupakan hasil dari limbah kaca bening (*Clear Glass*) yang dihancurkan lolos saringan nomor 200 (0,075mm).
3. Variasi campuran limbah plastik dan serbuk kaca dalam *Paving block* akan diuji dengan beberapa komposisi berbeda.
4. Parameter utama yang dianalisis dalam penelitian ini adalah kuat tekan dan penyerapan air *Paving block* sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996.

1.4 Perumusan Masalah

1. Apakah variasi campuran limbah plastik PET dan serbuk kaca berpengaruh terhadap kuat tekan *paving block*?
2. Apakah variasi campuran limbah plastik PET dan serbuk kaca berpengaruh terhadap daya serap air *paving block*?
3. Apakah *paving block* hasil campuran limbah plastik PET dan serbuk kaca dapat memenuhi standar mutu SNI 03-0691-1996, minimal mutu kelas D (kuat tekan ≥ 10 MPa dan daya serap air $\leq 10\%$)?

1.5 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi campuran limbah plastik PET dan serbuk kaca terhadap kuat tekan *paving block*.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi campuran limbah plastik PET dan serbuk kaca terhadap daya serap air *paving block*.
3. Untuk mengetahui apakah *paving block* hasil campuran limbah plastik PET dan serbuk kaca dapat memenuhi standar mutu berdasarkan SNI 03-0691-1996, minimal mutu kelas D (kuat tekan ≥ 10 MPa dan daya serap air $\leq 10\%$).

1.6 Manfaat penelitian

1. Manfaat Teoretis:
 - a. Menambah pengetahuan di bidang rekayasa material terkait pemanfaatan limbah plastik dan kaca dalam industri konstruksi.
 - b. Menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya yang berfokus pada pengembangan dan inovasi material yang berwawasan lingkungan.
2. Manfaat Praktis:
 - a. Mengurangi pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan limbah plastik dan kaca dalam produk konstruksi.
 - b. Menyediakan alternatif material *Paving block* yang lebih ekonomis dan berkelanjutan.
 - c. Memberikan rekomendasi bagi industri konstruksi dalam mengembangkan produk *Paving block* yang lebih ramah lingkungan dan berkualitas tinggi.