

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah plastik merupakan salah satu permasalahan lingkungan global yang terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan aktivitas industri. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), timbunan sampah di Indonesia pada tahun 2023 mencapai 56,63 juta ton, dengan sekitar 20% di antaranya berupa limbah plastik. Salah satu jenis plastik yang paling banyak digunakan adalah *High Density Polyethylene* (HDPE), yang umum diaplikasikan pada kemasan, botol, pipa, dan berbagai produk industri karena memiliki kekuatan mekanik yang baik serta ketahanan terhadap bahan kimia, dan stabilitas termal yang tinggi. Menurut UU No. 18 Tahun 2008, Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat.

Limbah kaca menjadi salah satu masalah lingkungan karena termasuk sampah anorganik yang sangat sulit terurai, bahkan bisa membutuhkan waktu hingga sekitar 1.000.000 tahun untuk hancur secara alami (Indira & Khair, 2023). Proses produksi kaca membutuhkan suhu tinggi hingga 1.400⁰C-1.700⁰C, yang berarti konsumsi energi dan emisi karbon yang sangat besar. Penggunaan kaca yang terus meningkat dalam kehidupan sehari-hari, seperti botol minuman dan bahan bangunan, membuat jumlah limbah kaca semakin banyak, terutama di daerah perkotaan. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini dapat mencemari lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pemanfaatan kembali limbah kaca melalui proses daur ulang.

Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pemanfaatan kembali limbah HDPE melalui proses daur ulang menjadi material material baru, salah satu alternatifnya ialah merubah sampah plastik menjadi bahan konstruksi, khususnya dalam pembuatan *paving block* yang ramah lingkungan, dengan pendekatan ilmu komposit.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, *paving block* merupakan bahan bangunan yang digunakan sebagai penutup atau pengeras permukaan tanah dengan ketentuan persyaratan kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air tertentu sesuai mutu penggunaannya. (Candra Agusta & Harun Rahmanto, 2025) *paving block* konvensional berbasis semen memiliki kelemahan seperti berat yang tinggi dan emisi karbon dari produksi semen. Oleh karena itu, pengembangan *paving block* berbasis limbah plastik menjadi solusi inovatif yang lebih ramah lingkungan

Material komposit merupakan hasil rekayasa material yang menyatukan secara makro dua atau lebih material penyusun dengan sifat fisis dan mekanis yang berbeda. Material komposit menawarkan kombinasi keunggulan mekanik, diantaranya keringanan, serta kemampuan desain yang fleksibel. Dalam perkembangan aplikasinya, dua bentuk utama struktur komposit yang paling luas digunakan adalah komposit laminat dan komposit sandwich. Komposit laminat memanfaatkan susunan berlapis dari serat dan matriks polimer untuk mencapai performa mekanik optimum melalui pengaturan orientasi dan distribusi serat. Sementara itu, komposit sandwich menghadirkan konfigurasi unik berupa dua lembaran luar (*facesheets*) yang kaku mengapit inti (*core*) yang ringan, sehingga menghasilkan struktur dengan rasio kekakuan dan kekuatan terhadap berat yang sangat tinggi (Shahzad et al., 2024).

Upaya peningkatan performa mekanik dan stabilitas dimensi *paving block* berbasis HDPE, penelitian ini mempertimbangkan penambahan *filler* atau bahan penguat ke dalam matriks polimer dimana penggunaan *filler* yang digunakan ialah limbah botol kaca dalam bentuk *glass powder*. *Glass powder* memiliki kandungan utama *silika* (SiO_2) yang tinggi serta sifat kekerasan yang baik sehingga berpotensi meningkatkan kekerasan permukaan komposit.

Salah satu *filler* yang potensial digunakan adalah *glass powder* dimana kaca terbuat dari bahan pasir silika (*silikon dioksida* SiO_2) sebagai bahan utama pembentukan struktru dan kemudian selain dari SiO_2 adapun penyusun lainnya yaitu seperti *natrium karbonat* (Na_2CO_3), *kalsium karbonat* (CaCO_3) dan *magnesia* (MgO) serta fraksi tertentu. *Glass powder* dipilih karna memiliki kekuatan mekanik yang tinggi dan juga menjadi salah satu material yang tahan terhadap Temperatur.

Kekerasan permukaan adalah kemampuan suatu material menahan deformasi lokal ketika dikenai gaya tekan pada permukaannya. Pada komposit polimer seperti HDPE, nilai kekerasan permukaan dapat meningkat dengan penambahan *filler* atau penguat karena fase *filler* yang lebih kaku membantu menahan penetrasi dari luar. Berdasarkan studi oleh (Zhong et al., 2022) menunjukkan bahwa komposit HDPE dengan penambahan serat pendek seperti karbon menghasilkan peningkatan kekerasan permukaan seiring dengan peningkatan kadar *filler*, yang mencerminkan peningkatan daya tahan terhadap abrasi dan deformasi lokal.

Kemudian dapat diketahui hasil dari penelitian berbasis pengaruh variasi serat *fiber glass* terhadap kekuatan tarik komposit *High Density Polyethylene* oleh (Ivanly et al., 2023). Dimana serat panjang memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan serat pendek. Namun tidak dengan struktur micro, pendataan struktur micro menggunakan alat mikroskop optik, pada serat panjang kerapatan atau kepadatan tidak menunjukkan lebih baik, artinya kerapatan atau homogenisasi antar *filler* dan matriks tidak maksimal, serat panjang memiliki void yang lebih besar dan lebih dominan, namun jika dibandingkan dengan serat pendek, serat pendek memiliki kerapatan yang lebih baik dari pada serat panjang. Dalam penelitian ini saat dilakukan uji didapatkan kecenderungan pada serat pendek, dimana semakin besar % serat maka kekuatan tariknya akan bertambah, sementara pada serat panjang terdapat kecenderungan menurun dengan semakin besar jumlah serat.

Penggunaan limbah kaca dalam bentuk *glass powder* memungkinkan untuk meminimalisir void dalam suatu material komposit dimana void dalam material dapat menurunkan performa material dalam konteks kekuatan material tersebut, karena udara yang terperangkap menjadikan komposit tidak homogen secara keseluruhan, sehingga dapat menurunkan kekerasan internal.

Dapat diketahui hasil penelitian uji bending pada ASTM D790 dengan menggunakan bahan komposit HDPE dan fiber glass menggunakan variasi panjang serat 10-30-50mm didapatkan nilai kekuatan paling tinggi sebesar 44,52 MPa ada pada panjang serat 50mm, hal ini dikarenakan adanya pendistribusian tegangan

bending secara merata dari pada panjang serat 10 mm dan 30 mm. Namun dilihat dari sektor analisis statistik menunjukkan variasi panjang serat tidak berpengaruh signifikan terhadap kekuatan bending komposit serat-*fiber glass* yang bermatrik plastik HDPE (Ariyan, 2018).

Penjelasan sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *filler* , baik serat pendek maupun serat panjang, dapat memepengaruhi sifat mekanis paving block. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengkaji pembuatan *paving block* komposit dengan penambahan pengisi berupa *glass powder*. *Glass powder* merupakan material penguat berbentuk butiran yang dapat berperan sebagai *filler* dalam matriks polimer.

Secara teoritis, variasi panjang serat *fiber glass* dapat meningkatkan kekuatan lentur komposit, meskipun efektivitasnya dipengaruhi oleh panjang serat serta distribusi *filler* di dalam matriks distribusi serat yang merata memungkinkan terjadinya penyebaran tegangan yang lebih homogen antara *filler* dan matriks, sehingga berpotensi meningkatkan kekuatan dan ketahanan material. Dalam konteks ini *glass powder* dipertimbangkan sebagai *filler* yang mampu meningkatkan keseragaman distribusi penguat pada permukaan komposit

Namun dengan demikian, hingga saat ini masih terbatas penelitian yang secara khusus mengkaji penggunaan *glass powder* sebagai *filler* pada *paving block* komposit berbasis HDPE, terutama yang menganalisis pengaruh terhadap kekerasan permukaan dan stabilitas dimensi. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada karakteristik umum paving block, seperti kuat tekan dan daya serap air. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menginvestigasi sejauh mana penambahan *glass powder* dapat meningkatkan ketahanan permukaan serta stabilitas dimensi *paving block* komposit berbasis HDPE.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian tentang paving sudah banyak dilakukan namun penelitian tersebut lebih cenderung fokus pada kuat tekan, kuat tarik dan daya serap air. Saat ini kajian spesifik tentang penggunaan *glass powder* sebagai pengaruh *filler*

terhadap kekerasan permukaan dan stabilitas dimensi masih jarang, penelitian ini memiliki nilai kebaruan (*novelty*) sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh substitusi *glass powder* sebagai *filler* terhadap kekerasan permukaan dan stabilitas dimensi *paving block* komposit HDPE
2. Bagaimana karakterisasi material paving blok komposit HDPE yang diberi substitusi *glass powder* sebagai *filler* terhadap kekerasan permukaan dan stabilitas dimensi.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah saya simpulkan maka tujuan penelitian ini akan menjawab rumusan masalah berikut.

1. Menganalisis pengaruh substitusi *glass powder* sebagai *filler* terhadap kekerasan permukaan dan stabilitas dimensi *paving block* komposit berbasis HDPE
2. Menganalisis karakteristik material paving blok komposit HDPE dengan substitusi *glass powder* sebagai *filler* yang paling optimal

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini agar bisa berkontribusi berkelanjutan baik untuk dunia akademik, praktisi dan pemerintahan.

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan ilmu teknik material, khususnya dalam kajian material komposit berbasis limbah plastik HDPE dengan *filler* limbah botol kaca diproses hingga menghasilkan *glass powder*
2. Memberikan alternatif material *paving block* inovatif dan ramah lingkungan berbasis limbah HDPE yang memiliki daya tahan permukaan dan kestabilan dimensi yang lebih baik.
3. Memberikan alternatif material *paving block* ramah lingkungan yang berpotensi digunakan pada proyek infrastruktur ringan seperti trotoar, taman kota, dan fasilitas umum.

1.5 Batasan Penelitian

Supaya penelitian ini lebih terfokus dan terarah agar tidak menyimpang dari tujuan penelitian saya, maka batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Pengujian mekanik pada penelitian ini yaitu densitas, daya serap air, dan uji kekerasan serta stabilitas dimensi
2. Matriks yang digunakan yaitu limbah plastik jenis HDPE
3. *Filler* atau pengisi menggunakan *glass powder*
4. Proses pembuatan komposit menggunakan metode ekstrusi sampai komposit bersifat semisolid dan dicetak kedalam mold.