

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Industri konstruksi merupakan salah satu sektor yang berkontribusi besar terhadap permasalahan lingkungan, terutama dalam hal emisi karbon dan peningkatan limbah. Aktivitas pembangunan yang terus meningkat menyebabkan bertambahnya emisi gas rumah kaca serta akumulasi limbah yang sulit terurai dan belum dikelola secara optimal (Maryanah & Muflihah, 2025). Kondisi tersebut mendorong perlunya penerapan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Seiring meningkatnya kebutuhan pembangunan, penggunaan material konvensional secara terus-menerus dapat menyebabkan berkurangnya sumber daya alam dan meningkatnya limbah lingkungan. Pemanfaatan limbah sebagai bahan alternatif dalam konstruksi menjadi salah satu upaya untuk mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus meningkatkan nilai guna limbah (Puja et al., 2025). Maka dari itu diperlukan inovasi material konstruksi alternatif yang mampu meningkatkan performa bangunan sekaligus memanfaatkan limbah atau bahan alami yang tersedia melimpah di lingkungan sekitar.

Salah satu material yang banyak digunakan pada bangunan adalah plafon GRC (*Glassfiber Reinforced Cement*). Plafon merupakan elemen dalam struktur bangunan yang berada pada bagian interior atas ruangan, yang berfungsi sebagai penutup lantai dari struktur di atasnya (Akbar et al., 2023). Plafon GRC merupakan material berbentuk lembaran yang tersusun dari campuran semen, pasir halus, air, dan serat penguat seperti fiberglass, sehingga memiliki bobot yang relatif ringan serta cukup kuat digunakan sebagai material penutup langit-langit bangunan (Arsal et al., 2024). Namun plafon GRC konvensional masih memiliki beberapa keterbatasan, terutama pada aspek daya serap air dan kuat lentur yang dapat mempengaruhi kinerja serta ketahanan material dalam jangka panjang. Plafon GRC memiliki keunggulan dibandingkan plafon berbahan kayu karena material penyusunnya berupa campuran semen dan serat kaca yang tidak mudah diserang

organisme perusak seperti rayap (Hermawan et al., 2022)mendaaur ulang *fiberglass* secara teknis cukup rumit dan kurang efisien karena metode yang digunakan seperti penghancuran mekanis dan pirolisis dapat menyebabkan penurunan kekuatan serat serta menghasilkan produk sampingan berbahaya berupa gas beracun dan mikroplasti (Ahmed et al., 2025). *Fiberglass* merupakan material sintetis yang sulit terurai sehingga berpotensi menimbulkan limbah dalam jangka panjang. Partikel halus *fiberglass* dapat menyebabkan iritasi pada kulit, mata, dan saluran pernapasan apabila terpapar secara terus-menerus selama proses produksi maupun pemasangan (Maharani & Patria, 2025). Proses produksi *fiberglass* juga membutuhkan energi yang cukup tinggi sehingga kurang mendukung konsep konstruksi ramah lingkungan.

Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) pada tahun 2020 menyatakan bahwa total timbulan sampah di Indonesia mencapai 67,8 juta ton, dengan sekitar 0,7 juta ton di antaranya berupa limbah kaca. Serbuk kaca merupakan material yang memiliki kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) tinggi sehingga berpotensi bersifat pozzolanik, yaitu mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida dalam semen dan membentuk senyawa pengikat tambahan (Setiahutama, 2022). Menurut Arsasuta & Rochmah, (2024) pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dapat meningkatkan sifat mekanik seperti kuat tekan dan durabilitas apabila digunakan dalam proporsi yang tepat. Penggunaan serbuk kaca juga berpengaruh terhadap sifat fisik material, khususnya penyerapan air. Menurut (Refandri, 2023) penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dalam pengujian penyerapan air terbukti mampu menurunkan tingkat penyerapan air dibandingkan dengan campuran normal. Menurut Buddhacosa et al., 2025) material yang diperkuat dengan serbuk kaca menunjukkan stabilitas termal dan ketahanan terhadap pembakaran yang tinggi, bahkan pada suhu ekstrem. Material komposit yang diperkuat dengan serat kaca menunjukkan ketahanan api yang baik, terutama ketika dikombinasikan dengan bahan tambahan seperti pozzolan atau material pengisi lainnya, sehingga mampu meningkatkan ketahanan terhadap panas dan mengurangi emisi asap selama pembakaran (Lalinde et al., 2022). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan serbuk kaca tidak hanya berkontribusi terhadap

peningkatan sifat mekanik, tetapi juga memberikan pengaruh positif terhadap sifat fisik material.

Sejalan dengan pemanfaatan serbuk kaca sebagai material substitusi parsial semen, penggunaan serat bambu dapat menjadi alternatif pengganti bahan sintetis seperti fiberglass karena memiliki keunggulan dari sisi teknis maupun lingkungan. Serat bambu berasal dari bahan alami yang bersifat terbarukan dan biodegradable, sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan fiberglass yang bersifat sintetis dan sulit terurai. Selain itu, serat bambu memiliki kekuatan tarik yang cukup baik serta bobot yang ringan, sehingga mampu mendukung kinerja material tanpa menambah beban secara signifikan (Maharani & Patria, 2025). Secara struktural, bambu mengandung serabut sklerenkim yang memberikan kekuatan sehingga dapat dimanfaatkan dalam bidang konstruksi (Kuncoro et al., 2021). Dari sisi komposisi kimia, serat bambu tersusun atas lignoselulosa dengan kandungan lignin sebesar 18,86% dan hemiselulosa sebesar 18,54%, yang berperan dalam memberikan kekuatan serta sebagai pengikat alami dalam struktur serat (Akbar et al., 2023). Ketersediaan bambu yang melimpah di Indonesia menjadikannya mudah diperoleh dan lebih ekonomis, serta mampu meningkatkan nilai guna sumber daya lokal dan mengurangi ketergantungan terhadap material sintetis (Mufti et al., 2025). Selain itu, serat bambu relatif mudah diolah dan dapat diaplikasikan dalam berbagai material komposit sehingga berpotensi besar untuk digunakan sebagai substitusi serat fiberglass dalam material konstruksi, khususnya dalam pengembangan plafon yang lebih optimal.

Penelitian terkait pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen maupun serat bambu sebagai pengganti serat sintetis telah banyak dilakukan secara terpisah, dan menunjukkan hasil yang cukup menjanjikan terhadap peningkatan kinerja material. Menurut Akbar et al., (2023) penggunaan serat bambu pada plafon gypsum dapat meningkatkan kuat lentur serta menurunkan penyerapan dan kadar air, sehingga memperbaiki kualitas material. Menurut (Refandri, 2023) penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dalam pengujian penyerapan air terbukti mampu menurunkan tingkat penyerapan air dibandingkan dengan campuran normal. Kedua material tersebut memiliki potensi besar untuk

dikembangkan lebih lanjut dalam inovasi material konstruksi yang lebih optimal. Selain itu, penelitian yang secara khusus mengkaji kinerja gabungan serbuk kaca dan serat bambu, baik dari aspek mekanik, fisik, maupun ketahanan material, masih terbatas. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut guna mengetahui potensi kombinasi kedua material tersebut dalam menghasilkan Plafon GRC yang lebih optimal.

Pada material plafon kuat lentur dan ketahanan api merupakan parameter penting yang menentukan kualitas dan keamanan penggunaan material pada bangunan. Kuat lentur merupakan kemampuan material dalam menahan beban atau gaya yang menyebabkan terjadinya pembengkokan tanpa mengalami kerusakan atau patah (Hadibroto & Ronitua, 2018). Material dengan ketahanan api rendah cenderung mengalami penurunan kekuatan dan kerusakan lebih cepat ketika terpapar suhu tinggi, sehingga dapat meningkatkan risiko kerusakan bangunan saat terjadi kebakaran (Sufry, 2025). Maka dari itu diperlukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca dan serat bambu terhadap peningkatan kuat lentur dan ketahanan api pada plafon GRC.

Selain melalui pengujian laboratorium, perkembangan teknologi memungkinkan proses visualisasi pembebanan pada material dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak teknik, salah satunya ANSYS. Menurut Hu & Yang, (2021) kontur warna pada hasil simulasi memudahkan interpretasi distribusi deformasi maupun tegangan sehingga daerah dengan nilai maksimum dan minimum dapat diidentifikasi secara visual. Perangkat lunak ini digunakan untuk memvisualisasikan distribusi tegangan, regangan, dan deformasi yang terjadi pada plafon GRC ketika menerima beban lentur. Dalam penelitian ini, ANSYS dimanfaatkan untuk memvisualisasikan kondisi pembebanan yang menyerupai pengujian kuat lentur di laboratorium, sehingga perilaku material selama menerima beban dapat diamati secara lebih jelas. Visualisasi tersebut memberikan gambaran mengenai daerah yang mengalami konsentrasi tegangan, pola deformasi, serta respons struktur akibat pembebanan. Dengan demikian, penggunaan ANSYS diharapkan dapat mendukung interpretasi hasil pengujian laboratorium dan

memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai perilaku mekanis plafon GRC.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai optimalisasi plafon GRC dengan campuran serbuk kaca dan serat bambu menjadi penting untuk dilakukan sebagai bentuk inovasi material konstruksi yang lebih ramah lingkungan, ekonomis, dan memiliki performa yang baik. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan alternatif plafon GRC dengan peningkatan kuat lentur dan ketahanan api melalui pemanfaatan limbah kaca dan serat alami bambu. Selain itu, kombinasi pengujian laboratorium dan visualisasi menggunakan software ANSYS diharapkan dapat memberikan hasil analisis yang lebih komprehensif sehingga dapat menjadi referensi dalam pengembangan material plafon konstruksi yang inovatif dan berkelanjutan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Permasalahan yang berkaitan dengan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana persentase campuran yang optimal dari penggunaan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dan serat bambu sebagai substitusi parsial fiberglass pada pembuatan plafon GRC?
2. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dan serat bambu sebagai substitusi parsial serat fiberglass terhadap kuat lentur dan ketahanan api pada plafon GRC?
3. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dan serat bambu sebagai substitusi parsial serat fiberglass terhadap densitas (kerapatan) dan daya serap air pada plafon GRC?
4. Bagaimana perbandingan biaya per lembar antara variasi pada plafon GRC berbahan serbuk kaca dan serat bambu dengan plafon GRC komersial di pasaran?
5. Bagaimana visualisasi distribusi tegangan dan deformasi akibat pembebanan lentur menggunakan software ANSYS Workbench berdasarkan model referensi?

### **1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dan serat bambu sebagai substitusi parsial fiberglass terhadap sifat fisik dan mekanik plafon GRC ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan persentase campuran yang optimal dari penggunaan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dan serat bambu sebagai substitusi parsial fiberglass pada pembuatan plafon GRC.
2. Menganalisis pengaruh penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dan serat bambu sebagai substitusi parsial fiberglass terhadap kinerja kuat lentur dan ketahanan api pada plafon GRC.
3. Menganalisis pengaruh penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dan serat bambu sebagai substitusi parsial fiberglass terhadap kinerja densitas (kerapatan) dan daya serap air pada plafon GRC.
4. Menganalisis perbandingan biaya per lembar antar variasi pada plafon GRC berbahan serbuk kaca dan serat bambu dengan plafon GRC komersial di pasaran.
5. Menganalisis hasil visualisasi distribusi tegangan dan deformasi akibat pembebanan lentur berdasarkan model referensi sebagai pendukung pemahaman teoritis terhadap perilaku material.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material plafon ramah lingkungan, di antaranya:

1. Menghasilkan data penelitian yang dapat menjadi acuan dalam menentukan persentase campuran optimal penggunaan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dan serat bambu sebagai substitusi parsial fiberglass pada pembuatan plafon GRC.
2. Memberikan referensi kepada masyarakat mengenai pemanfaatan limbah kaca dan bahan alami seperti bambu sebagai material konstruksi yang memiliki nilai tambah pada plafon GRC.

3. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan material plafon yang lebih inovatif dan berkelanjutan.
4. Simulasi menggunakan software ANSYS Workbench berbasis data referensi diharapkan dapat memberikan visualisasi distribusi tegangan dan deformasi akibat pembebanan lentur sebagai pendukung pemahaman teoritis, tanpa digunakan sebagai validasi hasil pengujian eksperimental.

### **1.5. Batasan Masalah**

Penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Ruang lingkup penelitian meliputi penggunaan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dan serat bambu sebagai substitusi parsial fiberglass pada pembuatan plafon GRC.
2. Informasi yang disajikan berupa:
  - a. Luas lingkup hanya meliputi penelitian pengaruh serbuk kaca dan serat bambu pada plafon GRC.
  - b. Uji kuat lentur
  - c. Uji ketahanan api
  - d. Uji densitas (kerapatan)
  - e. Uji daya serap air
  - f. Perbandingan harga
  - g. Hasil pengujian plafon secara keseluruhan
  - h. Analisis menggunakan software ANSYS Workbench hanya digunakan sebagai pendukung visualisasi mekanisme pembebanan lentur dan distribusi tegangan berdasarkan model referensi, serta tidak digunakan untuk memvalidasi hasil pengujian eksperimental pada penelitian ini

### **1.6. Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian ini mengambil data dari beberapa pengujian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, dengan fokus pada pengujian kinerja kuat lentur

dan ketahanan api pada plafon GRC yang menggunakan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dan serat bambu sebagai substitusi parsial fiberglass.