

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur dan fasilitas fisik secara global mengalami pertumbuhan yang sangat pesat seiring dengan meningkatnya laju urbanisasi dan kebutuhan ruang hidup manusia. Dalam sektor konstruksi, material bangunan memegang peranan kunci yang menentukan tidak hanya kekuatan struktural dan usia pakai bangunan, tetapi juga tingkat efisiensi energi serta efektivitas biaya operasional (R. Gumawan, 2024). Kendati demikian, ketergantungan yang berlebihan pada bahan konstruksi konvensional berbasis semen dan serat sintetis telah memicu permasalahan lingkungan yang signifikan. Sektor konstruksi menyumbang emisi gas rumah kaca yang besar serta mengonsumsi sumber daya alam yang masif (Azizah & Ariani, 2024). Kondisi ini mendorong pergeseran paradigma rekayasa bahan menuju pengembangan material konstruksi berkelanjutan (*sustainable construction materials*) yang menuntut pengurangan jejak karbon, penghematan energi, serta penerapan prinsip ekonomi sirkular melalui pemanfaatan limbah dan bahan terbarukan.

Sejalan dengan tuntutan efisiensi dan keberlanjutan tersebut, perkembangan arsitektur modern memicu pergeseran pada aplikasi elemen non-struktural interior dan eksterior bangunan. Salah satu elemen yang berperan vital terhadap kenyamanan dan keselamatan penghuni adalah plafon. Plafon tidak lagi sekadar berfungsi sebagai penutup bagian rangka atap, tetapi juga menentukan aspek estetika, kinerja akustik, kenyamanan termal, serta proteksi terhadap bahaya kebakaran (Rahmadia & Muhyi, 2024). Di antara berbagai pilihan material plafon konvensional seperti gypsum, PVC, dan *Glassfiber Reinforced Cement* (GRC), plafon GRC menjadi salah satu pilihan komposit terpopuler karena ketahanannya terhadap cuaca ekstrem, air, api, dan kelembapan (Hidayat et al., 2019). Secara teknis, komposit GRC tersusun atas bahan ikat utama berupa semen, agregat halus

berupa pasir, air, serta serat sintetis penguat berupa *fiberglass* yang bertindak menahan gaya tarik dan meminimalkan retak mikro (Sari & Wibowo, 2020).

Meskipun keunggulannya cukup dominan, penggunaan plafon GRC konvensional masih dihadapkan pada sejumlah kendala teknis, fisik, dan ekonomi yang berpotensi menurunkan kinerjanya dalam jangka panjang. Kuat lentur GRC sangat sensitif terhadap variasi komposisi campuran dan orientasi serat, di mana ketidaktepatan proporsi dapat menurunkan integritas mekanisnya (Cheng et al., 2024). Selain itu, matriks berbasis semen pada GRC memiliki sifat porositas alami yang menyebabkan tingkat penyerapan air relatif tinggi. Kondisi ini rentan memicu kerusakan fisik seperti pembengkakan, pembentukan retak, dan penurunan durabilitas akibat paparan lembap berulang (Davraz et al., 2025). Dari perspektif termal, konduktivitas termal GRC konvensional masih tergolong tinggi sehingga kurang optimal dalam mereduksi transmisi panas ke dalam ruangan (Sahin et al., 2025). Masalah tersebut diperparah oleh biaya produksi GRC yang mahal dan proses fabrikasi yang membutuhkan konsumsi energi tinggi akibat penggunaan semen murni serta serat *fiberglass* sintetis (Yu et al., 2021). Oleh karena itu, dibutuhkan formulasi baru yang dapat memperbaiki performa teknis GRC sekaligus menekan biaya dan dampak lingkungannya.

Guna mengatasi kelemahan serat sintetis (*fiberglass*), rekayasa komposit mulai mengarahkan fokus pada pemanfaatan serat alam (*natural fiber*) sebagai bahan penguat alternatif. Berbagai studi telah menguji efektivitas jenis serat organik seperti serat kelapa, bambu, jerami padi, tebu, dan eceng gondok. Serat kelapa terbukti mampu menahan retakan, namun tekstur permukaannya yang kasar menyulitkan dispersi yang homogen dalam matriks semen sehingga menurunkan kerapian permukaan papan (Sari et al., 2020). Serat bambu memiliki kekuatan tarik yang sangat baik, tetapi sifat higroskopisnya yang tinggi membuat papan mudah menyerap air dan cepat terdegradasi apabila tidak melalui perlakuan kimiawi yang kompleks (Putra & Widodo, 2020). Sementara itu, serat jerami padi dan eceng gondok efektif menciptakan material berbobot ringan dan berisolasi panas, tetapi memberikan kontribusi yang minim terhadap peningkatan kapasitas mekanis papan komposit (Rahman et al., 2022).

Di antara beragam jenis limbah serat alami, limbah ampas tebu (*bagasse*) menawarkan keunggulan yang lebih seimbang dan berpotensi tinggi untuk menggantikan *fiberglass*. Sebagai limbah sampingan industri gula yang sangat melimpah di Indonesia, serat tebu mengandung kadar selulosa tinggi yang berfungsi optimal sebagai penguat struktural (Sari et al., 2019). Sifatnya yang ringan, murah, serta mudah terurai secara alami (*biodegradable*) menjadikannya solusi penguat yang ramah lingkungan (Pratama & Hidayar, 2021). Berdasarkan karakteristik fisiknya, serat tebu memiliki struktur internal yang berpori dan densitas rendah, sehingga efektif memerangkap udara dan menurunkan nilai konduktivitas termal material (Ramlee et al., 2021). Penambahan serat ampas tebu terbukti secara signifikan menurunkan konduktivitas panas dan bobot total komposit (Mydin et al., 2024), sekaligus meningkatkan kenyamanan termal pada aplikasi elemen papan interior ruangan (Guirguis et al., 2023).

Selain permasalahan pada serat penguat, tingginya penggunaan semen murni pada komposit GRC juga memerlukan langkah modifikasi melalui substitusi bahan pengisi (*filler*) berkarakteristik pozolanik atau kaya kalsium. Limbah cangkang telur ayam ras merupakan salah satu bahan organik melimpah yang berpotensi dimanfaatkan karena kandungan Kalsium Karbonat (CaCO_3) yang sangat tinggi (Rahmawati et al., 2020). Substitusi parsial semen dengan serbuk cangkang telur dapat mengurangi beban emisi karbon yang dihasilkan selama proses kalsinasi semen. Secara teknis, substitusi bubuk cangkang telur pada tingkat 10% terbukti meningkatkan ketahanan material berbasis semen terhadap penetrasi air (Hidayati & Pratama, 2020). Kehadiran senyawa *kalsium carbonate* dan mineral anorganik lain seperti magnesium, fosfor, dan natrium mampu memperkuat ikatan antarpartikel serta meminimalkan volume rongga udara pada matriks semen (Handayani & Fitria, 2020; Saputra et al., 2022). Matriks yang lebih padat dan rapat ini secara langsung menurunkan tingkat absorpsi air, meningkatkan ketahanan terhadap kelembapan, serta memperbaiki performa termal dan ketahanan terhadap suhu tinggi (Ramadhan et al., 2022; Miharti Isria & Ardiatama, 2020).

Berdasarkan kesenjangan teknis dan potensi material alternatif yang ada, pengembangan komposit plafon GRC hibrida berbasis limbah organik menjadi

sebuah inovasi yang sangat strategis. Penggabungan serat tebu sebagai agen penguat mekanis dan isolator termal dengan serbuk cangkang telur ayam ras sebagai bahan pengisi sekaligus pengganti parsial semen diharapkan mampu menghasilkan papan plafon yang tidak hanya memiliki kuat lentur yang unggul, tetapi juga berdaya serap air dan panas yang rendah, tahan api, berbobot ringan, serta ekonomis dari segi biaya manufaktur (Riyadi, 2021). Penelitian ini hadir untuk merealisasikan formulasi material konstruksi yang fungsional, tangguh, dan berkelanjutan secara lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh substitusi serat tebu dan cangkang telur pada pembuatan plafon GRC?
2. Berapa besar persentase optimal dari substitusi serat tebu dan cangkang telur pada pembuatan plafon GRC?
3. Bagaimana komposisi campuran serat tebu dan serbuk cangkang telur yang optimal dalam meningkatkan kuat lentur, ketahanan api, dan kerapatan, serta menurunkan penyerapan air dan penyerapan panas pada plafon GRC?
4. Berapa besar selisih biaya produksi plafon GRC antara material konvensional dan plafon GRC dengan substitusi serat tebu dan cangkang telur?
5. Apakah penggunaan serat tebu dan cangkang telur sebagai bahan substitusi dapat memberikan nilai efisiensi yang optimal tanpa menurunkan kualitas plafon GRC secara signifikan?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh substitusi serat tebu dan cangkang telur terhadap sifat material plafon GRC.

2. Menentukan persentase optimal substitusi serat tebu dan cangkang telur pada pembuatan plafon GRC.
3. Mengetahui hasil pengujian kuat lentur, penyerapan air, penyerapan panas, ketahanan terhadap api dan kerapatan pada plafon GRC yang menggunakan campuran serat tebu dan cangkang telur.
4. Menghitung selisih biaya produksi antara plafon GRC konvensional dan plafon GRC dengan substitusi serat tebu dan cangkang telur.
5. Mengevaluasi tingkat efisiensi penggunaan serat tebu dan cangkang telur sebagai bahan substitusi tanpa menurunkan kualitas plafon GRC secara signifikan.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam dunia konstruksi. Manfaat penelitian yang dapat diambil adalah:

1. Memberikan alternatif substitusi material plafon GRC yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.
2. Meningkatkan nilai guna serat tebu dan cangkang telur.
3. Memberikan informasi mengenai komposisi optimal yang dapat digunakan dalam produksi plafon GRC.
4. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya terkait pemanfaatan serat alami dan serbuk cangkang telur untuk material konstruksi.

1.5 Batasan Masalah

Agar pada penelitian yang dilakukan lebih sistematis dan terarah dengan tujuannya, diperlukan batasan-batasan yang cocok untuk mempersempit ruang permasalahan. Berikut beberapa batasan masalahnya:

1. Material yang diteliti adalah plafon GRC (*Glassfiber Reinforced Cement*) dengan substitusi serat tebu dan cangkang telur ayam ras.
2. Penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada SNI 01-4449-2006 tentang papan serat.

3. Serat tebu yang digunakan merupakan serat alami hasil pembersihan dan pengeringan, yang dipotong secara manual sehingga memiliki ukuran/panjang serat yang acak (beragam).
4. Cangkang telur yang digunakan merupakan jenis cangkang telur ayam ras yang diolah menjadi serbuk halus dan lolos saringan No. 200 untuk digunakan sebagai substitusi sebagian semen/*filler*.
5. Variasi campuran dibatasi pada persentase tertentu sesuai dengan rancangan *mix design* yang telah ditentukan pada penelitian.
6. Pengujian material dibatasi pada uji kuat lentur, penyerapan air, penyerapan panas, ketahanan terhadap api dan kerapatan sebagai indikator kinerja plafon.
7. Analisis biaya hanya mencakup biaya bahan/material dan tidak memperhitungkan biaya tenaga kerja, alat, maupun biaya operasional lainnya secara rinci.

1.6 Ruang Lingkup

Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan pengujian plafon *Glassfiber Reinforced Cement* (GRC) inovasi dengan memanfaatkan campuran serat tebu dan serbuk cangkang telur sebagai bahan substitusi. Penelitian ini dirancang untuk mengevaluasi sifat fisik, mekanik, dan termal material melalui lima parameter pengujian utama, yaitu uji kuat lentur, daya serap air, penyerapan terhadap panas, ketahanan terhadap api, serta kerapatan. Pengujian dilakukan pada empat variasi komposisi campuran, yang terdiri dari variasi kontrol CT0ST0 (0% cangkang telur dan 0% serat tebu) serta tiga variasi campuran inovasi yaitu CT5ST5 (5% cangkang telur dan 5% serat tebu), CT5ST10 (5% cangkang telur dan 10% serat tebu), serta CT5ST15 (5% cangkang telur dan 15% serat tebu).

Untuk menjaga keandalan data dan validitas hasil, setiap jenis pengujian menggunakan 3 buah benda uji replikasi pada tiap variasi komposisi. Dalam pelaksanaannya, pengujian daya serap air dan kerapatan dilakukan pada benda uji yang sama, sehingga terdapat 4 set kelompok benda uji untuk 5 parameter pengujian. Dengan demikian, total benda uji yang dibuat dan diuji dalam penelitian

ini berjumlah 48 sampel ($4 \text{ variasi} \times 4 \text{ pengujian} \times 3 \text{ sampel}$). Keseluruhan sampel tersebut dibuat untuk mengidentifikasi proporsi campuran yang paling presisi dan optimal. Hasil dari penelitian ini selanjutnya digunakan untuk membandingkan performa plafon GRC inovasi campuran serat tebu dan cangkang telur terhadap plafon GRC konvensional.