



BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Material konstruksi memiliki peran penting dalam menentukan mutu pembangunan infrastruktur dan bangunan. Selain berfungsi sebagai unsur utama pembentuk struktur, material konstruksi juga berpengaruh terhadap dampak lingkungan, efisiensi penggunaan energi, dan keberlanjutan pembangunan. Karena itu, pengembangan material konstruksi berkelanjutan menjadi salah satu perhatian utama dalam penelitian dan rekayasa konstruksi modern (Gunawan, 2024). Kondisi ini mendorong perlunya inovasi material konstruksi yang lebih ramah lingkungan, antara lain melalui pemanfaatan bahan alternatif berbasis limbah industri seperti *fly ash*, slag baja, dan limbah plastik sebagai campuran material bangunan (Puja dkk., 2025).

Selain aspek lingkungan, kemajuan teknologi konstruksi juga menuntut adanya efisiensi dan fleksibilitas dalam penerapan material bangunan. Salah satu wujud inovasi tersebut tampak pada penggunaan material non-struktural seperti plafon, yang tidak sekadar berfungsi sebagai penutup bagian atas ruangan, tetapi juga berperan penting dalam menunjang nilai estetika, kenyamanan akustik, serta kenyamanan termal suatu bangunan. Beberapa material plafon yang banyak digunakan saat ini meliputi gypsum, PVC, dan GRC (*Glassfiber Reinforced Cement*), yang masing-masing memiliki karakteristik, keunggulan, serta keterbatasan tersendiri dalam aplikasinya pada bangunan (Sihotang dkk., 2021). Plafon GRC (*Glassfibre Reinforced Cement*) merupakan material komposit berbasis serat kaca yang banyak digunakan karena keunggulannya dibandingkan material plafon lain, terutama dalam hal ketahanan terhadap air, api, serta serangan organisme perusak seperti rayap dan jamur. Sifat serat kaca yang tidak mudah ditembus air membuat plafon ini mampu meminimalisir risiko kebocoran dan kerusakan struktur, sementara pengujian laboratorium menunjukkan bahwa GRC

memiliki kekuatan mekanik berupa nilai kuat lentur dan kerapatan yang memenuhi standar SNI 01-4449-2006, serta stabilitas dimensi yang baik terhadap perubahan suhu dan kelembapan. Karakteristik tersebut menjadikan plafon GRC sebagai material yang cocok diaplikasikan pada berbagai kondisi lingkungan tropis di Indonesia (Rahmadi & Adil, 2024).

Hal ini menjadikan plafon GRC sebagai alternatif material yang cukup populer dalam dunia konstruksi, GRC merupakan material yang tersusun dari beberapa komponen utama, yaitu semen portland, pasir sebagai agregat halus, air, dan serat penguat berupa fiberglass. Semen berfungsi sebagai bahan pengikat yang mengeras melalui proses hidrasi dengan air dan menyatukan pasir menjadi struktur yang kuat dan tahan lama, sementara pasir berperan sebagai pengisi yang membentuk kerangka material. Di sisi lain, penambahan serat fiberglass memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan kuat lentur material serta mengimbangi sifat campuran semen-pasir yang cenderung kuat menahan tekan namun lemah dalam menahan gaya lentur (April dkk., 2024).

Permasalahan pada plafon GRC (*Glass Fiber Reinforced Cement*) masih menjadi perhatian dalam pengembangan material konstruksi, khususnya terkait kuat lentur, penyerapan air, penyerapan panas, ketahanan terhadap api, dan biaya produksi. Kuat lentur GRC sangat dipengaruhi oleh komposisi material serta jenis dan proporsi serat yang digunakan, di mana penelitian terhadap variasi serat tebu sebagai substitusi serat fiberglass menunjukkan bahwa komposisi 30% memberikan nilai kuat lentur dan kuat tekan tertinggi, sementara komposisi 10% justru menghasilkan nilai resapan air terbaik. Temuan ini mengindikasikan bahwa penambahan bahan alternatif pada campuran GRC berpotensi meningkatkan maupun menurunkan kekuatan material, bergantung pada jenis dan persentase proporsi yang digunakan (Jeny Alifianti, 2019).

Selain itu, sifat penyerapan air yang relatif tinggi pada material berbasis semen dapat menurunkan stabilitas dimensi serta memicu kerusakan seperti pengembangan tebal (*swelling*) dan retak pada kondisi lembap. Penyerapan air dan pengembangan tebal merupakan sifat fisik yang saling berkaitan, sebab semakin tinggi nilai penyerapan air suatu material berbasis semen, semakin besar pula

pengembangan tebal yang terjadi ketika material tersebut terpapar kelembapan dalam jangka waktu tertentu. Kondisi ini menjadi pertimbangan penting terutama untuk aplikasi material pada lingkungan eksternal maupun area yang rawan terkena air, karena penurunan durabilitas akibat penyerapan air yang tinggi dapat mengurangi umur pakai material secara signifikan (Purwanto, 2014).

Dari sisi termal, kemampuan GRC dalam mereduksi panas masih kurang optimal karena nilai konduktivitas termalnya sangat dipengaruhi oleh densitas dan struktur pori material penyusunnya. Kerapatan struktur internal serta konektivitas pori, baik yang bersifat terbuka maupun tertutup, menentukan seberapa efektif jalur perpindahan panas dapat terbentuk di dalam material berbasis semen, sehingga struktur pori yang lebih terbuka berpotensi meningkatkan konduktivitas termal meskipun porositasnya tinggi. Sebaliknya, material dengan pori yang lebih banyak bersifat tertutup dan berisi udara justru menunjukkan sifat isolatif karena kemampuan hantaran panasnya menurun (Idris dkk., 2025). Di sisi lain, biaya produksi plafon GRC tergolong cukup tinggi akibat penggunaan bahan utama seperti semen dan serat kaca (fiberglass) yang memerlukan energi besar dalam proses produksinya, ditambah dengan densitas papan yang relatif tinggi berkisar 1,9 hingga 2,1 g/cm³.

Selain aspek biaya, serat kaca pada GRC juga tidak dapat terurai secara alami sehingga berpotensi menimbulkan masalah lingkungan setelah material tersebut habis masa pakainya. Kondisi ini mendorong dikembangkannya penelitian mengenai serat organik alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berpotensi menurunkan biaya produksi, meskipun performa mekanisnya secara umum masih berada di bawah GRC konvensional berserat kaca (Vantri, 2025). Oleh karena itu, diperlukan inovasi melalui substitusi material alternatif yang lebih ekonomis. Berbagai serat alami telah diteliti sebagai substitusi fiberglass, namun masing-masing memiliki keterbatasan. Serat kelapa terbukti meningkatkan ketahanan retak melalui peningkatan kuat tarik belah, tetapi pada proporsi yang lebih tinggi, tekstur serat yang kasar serta sifatnya yang menyerap air menyebabkan distribusi campuran kurang homogen sehingga menurunkan kualitas dan kekuatan tekan material (Prayogi & Novarro, 2024).

Serat bambu memiliki kuat tarik yang tinggi mendekati dua kali kuat tarik baja dan mampu meningkatkan kuat lentur papan semen hingga nilai optimum pada persentase tertentu. Namun, sifat higroskopis bambu yang berkadar air cukup tinggi menyebabkan serat mudah menyerap air, sehingga peningkatan proporsi serat sebanding dengan peningkatan daya serap air pada material (Mahyudin, 2018). Sementara itu, serat jerami padi dan eceng gondok lebih banyak dimanfaatkan sebagai material ringan dan isolator panas, tetapi kontribusinya terhadap peningkatan kekuatan mekanik relatif rendah dibandingkan serat tebu (Nugroho, 2022).

Berbeda dengan serat-serat tersebut, serat tebu memiliki kombinasi sifat yang lebih seimbang karena berpotensi meningkatkan kuat lentur, menurunkan berat jenis material, serta menurunkan biaya produksi secara signifikan sehingga lebih sesuai digunakan sebagai substitusi fiberglass pada plafon GRC. Serat tebu memiliki kandungan selulosa sebesar 26-43% dan lignin 13-22%, komposisi yang menyerupai karakteristik serat kaca sehingga berpotensi besar sebagai bahan penguat alami dalam material komposit (Rahmadi & Adil, 2024). Pemanfaatan serat tebu dengan bahan perekat alami menghasilkan komposit yang seluruhnya berbasis material organik, sekaligus tetap mampu memberikan performa fungsional yang baik seperti kemampuan insulasi panas yang kompetitif dibandingkan material sintesis konvensional (Pratiwi & Perdana, 2023). Material berbasis serat alami saat ini banyak dikembangkan sebagai alternatif bahan isolator karena memiliki struktur berpori, densitas rendah, dan ramah lingkungan. Menurut Kart & Arman (2022), papan komposit berbahan ampas tebu memiliki nilai konduktivitas termal rendah, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan isolasi termal pada komponen bangunan.

Guirguis dkk. (2023) mengembangkan papan interior berbahan serat tebu dengan matriks resin epoksi dan menemukan bahwa material tersebut memiliki koefisien konduktivitas termal sebesar $0,093 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, menunjukkan kemampuan insulasi termal yang baik serta mampu meningkatkan kenyamanan termal ruangan sekaligus mengurangi kebutuhan energi pendinginan. Struktur serat alami yang berpori pada ampas tebu menyebabkan udara terperangkap di dalam material,

sehingga laju perpindahan panas menjadi lebih rendah dibandingkan material konvensional.

Selain serat tebu, ada juga limbah lain yang dapat dimanfaatkan dalam bidang konstruksi seperti cangkang telur. Cangkang telur mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) dalam jumlah tinggi, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam campuran material komposit maupun sebagai bahan tambah pengganti sebagian semen. Ketersediaannya yang melimpah sebagai limbah industri makanan menjadikan cangkang telur alternatif material konstruksi yang ekonomis dan ramah lingkungan (Fitriani dkk., 2017). Kandungan tertinggi pada cangkang telur yakni kalsium karbonat (CaCO_3) ini dapat berguna sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran pembuatan GRC, sehingga berguna menekan emisi karbon dari proses produksinya. (Klau dkk., 2021) menemukan bahwa substitusi serbuk cangkang telur pada kadar 4% masih dapat memenuhi mutu rencana beton, meskipun nilai kuat tekan cenderung menurun seiring bertambahnya persentase substitusi hingga 8%. Selain itu, karakteristik termal dari CaCO_3 juga dapat membantu memperlambat penyebaran suhu panas, sehingga nantinya akan menghasilkan plafon yang lebih tahan terhadap suhu tinggi. Penambahan *filler* pada material komposit diperkirakan dapat menurunkan nilai konduktivitas termal karena membentuk rongga udara (void) yang bersifat penghantar panas buruk, sehingga laju perpindahan panas menjadi lebih lambat dan material menjadi lebih efektif sebagai isolator suhu tinggi (Bustumi, 2021).

Ada juga berbagai senyawa anorganik yang ikut terkandung di dalam cangkang telur seperti magnesium, fosfor, serta natrium yang nantinya dapat berkontribusi dalam memperkuat ikatan partikel dalam semen. Selain kalsium karbonat sebagai komponen utama (98,2%), cangkang telur juga mengandung magnesium sebesar 0,9% dan fosfor 0,9%, ditambah unsur natrium, kalium, seng, mangan, besi, dan tembaga dalam jumlah kecil, sehingga kombinasi senyawa ini turut mendukung potensinya sebagai bahan substitusi semen (Klau dkk., 2021).

Penambahan serbuk cangkang telur pada campuran semen berpotensi meningkatkan kepadatan material sehingga memperbaiki karakteristik fisik beton. Sanjaya (2026) menemukan bahwa penambahan serbuk cangkang telur sebesar

7,5% menghasilkan kuat tekan mortar tertinggi sebesar 17,36 MPa, meningkat 25,45% dibandingkan mortar tanpa cangkang telur, sementara kadar 10% menghasilkan kuat lentur optimum sebesar 0,76 MPa. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Pohan & R Rambe (2022) menunjukkan bahwa penggunaan limbah cangkang telur sebagai bahan tambahan pengganti semen mampu menghasilkan beton dengan berat volume lebih ringan sekaligus tetap padat, dengan kuat tekan optimum tercapai pada persentase 2,5% yaitu sebesar 23,19 Mpa.

Namun demikian, penelitian sebelumnya masih memiliki keterbatasan karena sebagian besar hanya menguji pengaruh serat tebu atau serbuk cangkang telur secara terpisah pada beton atau material komposit. Kajian mengenai kombinasi kedua limbah tersebut sebagai substitusi fiberglass dan semen pada plafon GRC dengan parameter pengujian mekanis, fisik, termal, dan ketahanan api secara bersamaan masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kombinasi serat tebu dan serbuk cangkang telur sebagai material alternatif pada plafon GRC.

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 hasil uji kuat lentur, penyerapan air, penyerapan panas, ketahanan terhadap api dan kerapatan pada plafon GRC yang dicampur dengan serat tebu dan cangkang telur?
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 serbuk cangkang telur terhadap sifat fisis, mekanis, dan ketahanan termal papan GRC, khususnya terhadap porositas, daya serap air, kerapatan material.
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 yang telah melalui proses pembersihan, pengeringan, dan pemotongan.
4. Cangkang telur ayam ras digunakan dalam bentuk serbuk halus sebagai bahan substitusi sebagian *filler* dalam campuran.
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 melakukan pengolahan serat tebu dan cangkang telur sebagai campuran pembuatan plafon GRC, dengan membuat benda uji untuk dilakukan pengujian kuat lentur, daya serap air, penyerapan terhadap panas, ketahanan terhadap api dan kerapatan. Dengan beberapa sampel benda uji untuk mengetahui proporsi yang tepat untuk mendapatkan nilai paling optimal. Hasil dari penelitian ini digunakan untuk membandingkan plafon GRC inovasi campuran serat tebu dan cangkang telur dengan plafon GRC konvensional.