

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri konstruksi saat ini menuntut inovasi material yang tidak hanya kuat secara struktural, tetapi juga ringan dan fleksibel secara arsitektural. Bahan bangunan yang dipilih harus memiliki keunggulan dalam hal ketahanan selama penggunaannya (Lisa et.al., 2024). Beton merupakan salah satu material yang sering digunakan karena memiliki kekuatan tekan yang tinggi, dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan, dan dapat dikombinasikan dengan bahan lainnya (Zulkifly et al., 2013). Papan beton ringan merupakan jenis papan beton yang mengandung agregat ringan dengan densitas di bawah 1,9 g/cm³. Salah satu produk papan beton ringan yang banyak dijumpai di pasaran adalah *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC).

Beton GRC adalah jenis beton yang diperkuat dengan serat kaca, yang menawarkan kekuatan dan ketahanan yang lebih baik dibandingkan beton konvensional (Fianca et al., 2015). Bahan-bahan yang menyusun GRC terdiri dari agregat halus, semen, serat kaca, dan air. Beton GRC telah menjadi material yang cukup populer dalam konstruksi gedung karena menawarkan berbagai keuntungan, seperti ketahanan yang tinggi, kemudahan dalam pembentukan, ringan, dan ketahanan terhadap berbagai kondisi cuaca. Penggunaan beton GRC dalam pembangunan gedung, seperti pada fasad bangunan, menunjukkan bahwa material ini yang ringan dan mudah dibentuk menjadi solusi yang efisien untuk bangunan modern.

Ketergantungan industri GRC pada Semen Portland memberikan kontribusi signifikan terhadap emisi gas rumah kaca. Produksi Semen Portland merupakan proses intensif energi yang bertanggung jawab atas 5% hingga 8% total emisi karbon dioksida (CO₂) global, di mana setiap pembuatan satu ton klinker semen

melepaskan sekitar 0,8 hingga 0,9 ton CO₂ ke atmosfer akibat proses kalsinasi batu kapur (Andrew, 2018; Shekhawat et al., 2024). Oleh karena itu, diperlukan bahan binder alternatif yang lebih ramah lingkungan seperti *fly ash*. Sebagai limbah hasil pembakaran batu bara pada PLTU, *fly ash* mengandung senyawa silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) yang tinggi. Kandungan ini memiliki sifat pozzolanik yang mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) hasil hidrasi semen untuk membentuk gel kalsium silikat hidrat (C-S-H) sekunder, sehingga dapat menggantikan penggunaan semen secara parsial sekaligus menurunkan jejak karbon beton tanpa mengorbankan integritas mekanisnya (Ali et al., 2011).

. Di sisi lain, kinerja lentur dan daktilitas panel GRC sangat ditentukan oleh penggunaan serat kaca *Alkali Resistant* (AR-Glass) sebagai tulangan mikro. Meskipun *fly ash* mampu meningkatkan kepadatan matriks semen, kekuatan akhir GRC tetap bergantung pada persentase serat yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh kombinasi substitusi *fly ash* dan variasi persentase serat kaca terhadap karakteristik mekanik serta fisik panel GRC.

Beberapa penelitian terdahulu mengevaluasi kuat lentur mortar berserat menggunakan metode *Three-Point Bending* berbasis standar GB/T 17671-1999. Seperti pada pengujian mortar berbasis polimer dan limbah pendukung oleh Wibowo & Hapsari (2020) serta Suardi et al. (2021) dalam Jurnal Teknik Sipil. Namun, pengujian *Three-Point Bending* pada spesimen prisma tebal ini berpotensi memicu konsentrasi beban berlebih tepat di titik tengah (*local crushing*) Namun, metode ini memiliki batasan mekanis yang signifikan untuk material komposit seperti GRC. Pembebanan terpusat pada satu titik tengah memicu konsentrasi gaya geser tinggi dan memaksa kegagalan hanya pada satu garis vertikal. Mengingat distribusi serat *fiberglass* (1% dan 2%) memiliki faktor keacakan yang tinggi, pengujian titik tunggal berisiko menghasilkan data yang fluktuatif dan kurang merepresentasikan zona lemah murni panel. Guna mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini menerapkan metode *Four-Point Bending* berdasarkan standar internasional khusus GRC, yaitu ASTM C947. Metode ini menciptakan zona momen konstan tanpa gaya geser (*Pure Bending Zone*) di sepertiga bentang tengah, sehingga menghasilkan data yang jauh lebih akurat dalam menangkap parameter

perilaku pasca-retak. Parameter tersebut merupakan *Modulus of Rupture* (MOR) saat serat bekerja maksimum. Dengan mengacu pada standar ASTM C947 untuk kuat lentur dan ASTM C642 untuk daya serap air, penelitian ini diharapkan memberikan landasan ilmiah dalam memproduksi panel GRC.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas menarik untuk diteliti lebih lanjut pengaruh substitusi *fly ash* dan variasi presentase serat kaca pada GRC, dengan rumusan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan substitusi *fly ash* pada semen dan penambahan *fiberglass* terhadap kuat lentur berdasarkan ASTM C947 pada inovasi GRC untuk beberapa variasi ?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan substitusi *fly ash* dan penambahan *fiberglass* terhadap daya serap air dan porositas berdasarkan standar ASTM C642 pada inovasi GRC untuk beberapa variasi ?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan substitusi *fly ash* dan penambahan *fiberglass* terhadap biaya material inovasi GRC untuk beberapa variasi?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan substitusi *fly ash* dan penambahan *fiberglass* terhadap hubungan kuat lentur, daya serap air, porositas dan biaya material pada inovasi GRC untuk beberapa variasi ?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mempelajari sifat fisik dan mekanik dari GRC menggunakan material limbah industri berupa *fly ash* sebagai bahan substitusi semen, Untuk menciptakan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan efisien. Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh penggunaan substitusi *fly ash* dan penambahan *fiberglass* terhadap kekuatan lentur berdasarkan standar ASTM C947 pada inovasi GRC untuk beberapa variasi.

2. Menganalisis pengaruh penggunaan substitusi *fly ash* dan penambahan *fiberglass* terhadap daya serap air dan porositas berdasarkan standar ASTM C642 pada inovasi GRC untuk beberapa variasi.
3. Menganalisis pengaruh penggunaan substitusi *fly ash* dan penambahan *fiberglass* terhadap biaya material produksi pada inovasi GRC untuk beberapa variasi.
4. Menganalisis hubungan keterkaitan antara kuat lentur, daya serap air, dan porositas, serta aspek ekonomi biaya material produksi pada inovasi panel GRC akibat pengaruh variasi persentase substitusi *fly ash* dan penambahan serat *fiberglass*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat edukatif bagi mahasiswa dalam mendalami teknologi material komposit dan pozzolan melalui penerapan standar ASTM dan SNI, sekaligus memenuhi syarat kelulusan program Sarjana Terapan. Bagi program studi, hasil penelitian ini memperkaya referensi data laboratorium mengenai GRC berbasis limbah.

Bagi masyarakat dan industri, penelitian ini menawarkan alternatif *fly ash* dalam pembuatan GRC fasad yang ringan. Selain berkontribusi pada reduksi beban mati struktur bangunan, hasil penelitian ini memberikan informasi mengenai proporsi campuran GRC yang lebih ekonomis tanpa mengabaikan standar kekuatan yang berlaku di industri konstruksi.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang kami gunakan untuk menghindari adanya kekeliruan saat melakukan penelitian diantaranya :

1. Pasir yang digunakan merupakan pasir muntitan yang berasal dari toko Combo Banyumanik.
2. Semen yang digunakan menggunakan semen tipe Semen Portland Komposit (PPC) yang diproduksi oleh PT. Rajawali.
3. Penelitian ini menggunakan *fly ash* tipe F sebagai bahan substitusi semen.
4. Serat yang digunakan adalah serat kaca tahan alkali jenis *chopped strands* berukuran 12mm merek *Earglass*.

5. Bahan *admixture* yang digunakan yaitu *superplasticizer* tipe F grade A berbentuk bubuk dengan pemakaian 0,3% dari berat semen dan *fly ash*.
6. Metode pencampuran serat kaca (*fiberglass*) dilakukan secara manual langsung ke dalam adukan basah.
7. Ukuran benda uji yang akan dibuat memiliki ukuran 500 x 50 x 15 mm untuk pengujian kuat lentur dan ukuran 50 x 50 x 50 mm untuk pengujian daya serap air dan porositas.
8. Total benda uji yang digunakan sebanyak 3 buah sampel pada setiap pengujian kuat lentur dan 2 sampel pada setiap pengujian daya serap air dengan 5 variasi, 4 variasi diantaranya yaitu inovasi dan 1 inovasi kontrol.
9. Pengujian kuat lentur dilakukan pada kondisi umur beton 28 hari menggunakan metode *Four-Point Bending* yang mengacu pada standar ASTM C947.
10. Pengujian sifat fisik material dibatasi pada pengujian daya serap air (*Water Absorption*) dan porositas yang mengacu pada standar ASTM C642.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini berfokus pada studi eksperimen laboratorium untuk mengevaluasi sifat mekanis dan fisik pada pembuatan mortar GRC. Bahan pengikat yang digunakan mengombinasikan semen dengan *fly ash* sebagai bahan substitusi parsial, serta variasi persentase serat *fiberglass*. Penelitian ini mencakup variabel bebas berupa persentase substitusi *fly ash* (5% dan 10%) dan variasi persentase serat *fiberglass* (1% dan 2%). Sementara itu, variabel terikat dalam penelitian ini dibatasi pada karakteristik mekanis berupa kuat lentur (ASTM C947) serta karakteristik fisik berupa nilai daya serap air (ASTM C642).