



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Plafon

Plafon merupakan salah satu komponen bangunan yang banyak digunakan pada berbagai jenis konstruksi. Seiring dengan perkembangan teknologi konstruksi, material plafon yang digunakan semakin beragam jenisnya, sehingga dapat aplikasi material plafon dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan fungsi bangunan (Sihotang et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan pemahaman mengenai pengertian dan klasifikasi plafon sebagai dasar dalam pemilihan material yang sesuai.

2.1.1. Definisi dan Fungsi Plafon

Menurut Wahyuni dan Edar (2021), plafon merupakan bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai langit-langit bangunan. Pada dasarnya, plafon dibuat untuk mencegah panas atau dingin dari luar agar tidak langsung masuk ke dalam ruangan setelah melewati atap. Selain itu, plafon juga berfungsi menjaga kebersihan ruang dengan menahan debu, kotoran, dan percikan air yang berasal dari atap sehingga kondisi ruang di bawahnya tetap bersih dan terlindungi. Di samping fungsi tersebut, plafon juga berperan sebagai elemen estetika yang dapat memperindah tampilan interior bangunan (Wahyuni & Edar, 2021).

Dalam sistem bangunan, plafon termasuk komponen non-struktural yang tidak dirancang untuk memikul beban utama bangunan. Meskipun demikian, komponen non-struktural tetap memberikan kontribusi terhadap kinerja bangunan dan perlu diperhatikan dalam proses perancangan maupun evaluasi bangunan (Devin & Fanning, 2019). Penelitian oleh Qi et al. (2023) juga menjelaskan bahwa *suspended ceiling* merupakan komponen non-struktural yang memiliki peran penting dalam menjaga fungsi bangunan serta mendukung aspek estetika, sehingga kinerjanya perlu diperhatikan untuk mempertahankan fungsi bangunan secara keseluruhan.

Seiring dengan perkembangan teknologi konstruksi, penggunaan material plafon terus mengalami perkembangan. Material seperti gypsum dan *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC) semakin banyak digunakan pada bangunan karena menawarkan kemudahan dalam pengaplikasiannya (Sihotang et al., 2021). Perkembangan tersebut membuka peluang bagi penelitian untuk mengembangkan material plafon yang lebih berkelanjutan melalui pemanfaatan material alternatif, termasuk limbah sebagai bahan penyusun produk plafon GRC.

2.1.2. Klasifikasi Plafon

Plafon dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis material yang digunakan dalam pembuatannya. Klasifikasi jenis material tersebut terdiri atas plafon gypsum, plafon kayu, plafon *Polyvinyl Chloride* (PVC), dan plafon *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC).

2.1.2.1. Plafon Gypsum

Gypsum *board* merupakan material finishing yang banyak digunakan sebagai pelapis dinding dan plafon pada bangunan. Material ini banyak digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain kemudahan dalam pengerjaan (*constructability*), kemampuan insulasi suara, ketahanan terhadap api, bobot yang ringan serta bersifat ekonomis. Selain itu, gypsum memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi material komposit dengan peningkatan sifat fisik, akustik, dan termal (Kang et al., 2018).

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, plafon gypsum juga memiliki beberapa keterbatasan. Menurut Sihotang et al. (2021), plafon gypsum tidak tahan terhadap air, tidak tahan terhadap benturan, mudah retak apabila penyangga tidak kuat, dan tidak kedap suara. Bentuk plafon gypsum dapat dilihat pada **Gambar 2.1** berikut.



Gambar 2.1. Plafon Gypsum

Sumber : Google, 2026

2.1.2.2. Plafon Kayu

Material kayu telah lama digunakan sebagai material bangunan maupun material interior, termasuk sebagai pelapis dinding dan plafon. Penggunaan kayu pada interior banyak diminati karena mampu memberikan kesan alami dan hangat serta memiliki tampilan visual yang lebih menyenangkan dibandingkan material lainnya. Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan kayu pada interior memberikan pengaruh positif terhadap wellbeing pengguna (Mamić & Domljan, 2023).

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, material kayu juga memiliki beberapa keterbatasan. Kayu memiliki sifat *higroskopis* sehingga rentan mengalami deformasi serta *biodegradasi* akibat proses penyerapan dan pelepasan kadar air. Selain itu, kayu juga rentan terhadap serangan organisme biologis, seperti jamur dan rayap. Oleh karena itu, diperlukan upaya perlindungan terhadap material kayu untuk meningkatkan ketahanan dan umur layan material (Ayanleye et al., 2022). Bentuk plafon kayu dapat dilihat pada **Gambar 2.2** berikut.



Gambar 2.2. Plafon Kayu

Sumber : Google, 2026

2.1.2.3. Plafon PVC (Polyvinyl Chloride)

Plafon PVC (*Polyvinyl Chloride*) merupakan material polimer termoplastik yang banyak digunakan pada sektor konstruksi. Aplikasi PVC pada bidang konstruksi meliputi *wall coverings, flooring, roofing, sheets and panels*, serta berbagai komponen bangunan lainnya. Penggunaan material PVC pada sektor tersebut didukung oleh karakteristiknya yang memiliki daya tahan yang baik (*durability*), umur layan yang panjang (*longevity*), kemampuan isolasi (*insulating capability*), sifat tahan api (*fire retardancy*), serta kebutuhan perawatan yang rendah. Selain itu, material PVC juga mudah ditangani, diangkut, difabrikasi dan dipasang sehingga banyak dimanfaatkan pada berbagai aplikasi konstruksi (Mnyango & Hlangothi, 2026).

Berdasarkan penelitian Ettah et al. (2016), material PVC memiliki nilai konduktivitas termal yang rendah sehingga memiliki kemampuan isolasi termal yang baik. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa PVC layak digunakan sebagai material plafon, terutama pada bangunan di daerah beriklim tropis karena mampu mengurangi perpindahan panas melalui atap. Bentuk plafon PVC dapat dilihat pada **Gambar 2.3** berikut.



Gambar 2.3. Plafon PVC

Sumber : Google, 2026

2.1.2.4. Plafon GRC (*Glassfiber Reinforced Concrete*)

Plafon *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC) merupakan salah satu jenis plafon yang menggunakan material GRC. *Glassfiber Reinforced Concrete* merupakan material komposit yang terdiri atas campuran semen, agregat halus, air, dan serat kaca (*fiberglass*). Kombinasi material tersebut menghasilkan GRC sebagai material konstruksi yang memiliki kekuatan dan keawetan yang lebih baik dibandingkan beton konvensional (Hendrawati et al., 2024).

Sebagai material bangunan, GRC digunakan pada berbagai aplikasi interior maupun exterior, salah satunya sebagai plafon. Selain sebagai plafon, GRC juga dimanfaatkan sebagai dinding, partisi, *cubicle* toilet, fasad, ventilasi, dan berbagai elemen dekoratif bangunan. Pada aplikasi plafon, GRC memiliki karakteristik mudah dibentuk dan tahan terhadap air, sedangkan pada aplikasi *cubicle* toilet material ini memiliki ketahanan terhadap kondisi lembap. Selain itu, GRC juga dikenal sebagai material yang ringan sehingga banyak digunakan pada berbagai elemen bangunan (Sihotang et al., 2021). Bentuk plafon GRC dapat dilihat pada **Gambar 2.4** berikut.



Gambar 2.4. Plafon GRC

Sumber : Google, 2026

2.2. *Glassfiber Reinforced Concrete (GRC)*

Glassfiber Reinforced Concrete (GRC) merupakan material komposit berbasis semen yang diperkuat dengan serat kaca (*fiberglass*) sebagai bahan penguat. Material ini tersusun atas campuran semen, agregat halus, air, dan serat kaca yang bekerja secara bersama untuk menghasilkan material dengan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan material semen konvensional (Hendrawati et al., 2024). GRC dikembangkan untuk mengatasi sifat getas pada material berbasis semen sehingga mampu menghasilkan produk yang lebih ringan dan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap retak.

Berdasarkan dari penelitian Hendrawati et al. (2024) dijelaskan juga bahwa setiap bahan penyusun GRC memiliki fungsi yang berbeda dalam membentuk karakteristik material. Semen berperan sebagai bahan pengikat yang menyatukan seluruh komponen campuran, sedangkan agregat halus berfungsi sebagai bahan pengisi yang membantu membentuk struktur material. Air diperlukan untuk proses hidrasi semen sehingga campuran dapat mengeras dan memperoleh kekuatan yang diinginkan. Sementara itu, serat kaca berfungsi sebagai tulangan mikro yang membantu menahan dan mendistribusikan tegangan yang terjadi pada material. Kehadiran serat kaca dapat menghambat perkembangan retak serta meningkatkan kemampuan material dalam menerima beban lentur sehingga menghasilkan material yang lebih kuat dan tahan lama. Kemampuan tersebut menyebabkan GRC memiliki ketahanan terhadap retak yang lebih baik dibandingkan material berbasis semen tanpa penguat serat.

GRC memiliki beberapa keunggulan, di antaranya bobot yang relatif ringan, ketahanan yang baik terhadap kelembapan, korosi, serta kemudahan dalam pembentukan berbagai bentuk dan ukuran. Selain itu, material ini memiliki kekuatan dan durabilitas yang baik sehingga banyak digunakan pada berbagai elemen bangunan, seperti panel dinding, fasad, ornamen arsitektural, dan plafon (GRCA, 2021). Karena memiliki bobot yang relatif ringan serta kemudahan dalam proses pemasangan, GRC banyak digunakan sebagai material plafon pada bangunan rumah tinggal, gedung perkantoran, fasilitas pendidikan, maupun bangunan komersial.

Karakteristik GRC sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusunnya. Berdasarkan spesifikasi GRCA (2021) rasio semen yang direkomendasikan berada pada kisaran 0,5 – 1,5. Penggunaan komposisi tersebut perlu diperhatikan karena menentukan sifat fisik dan mekanik GRC sehingga produk yang dihasilkan dapat memenuhi persyaratan mutu. Oleh karena itu, perubahan jumlah semen maupun penggunaan material substitusi berpotensi memberikan pengaruh terhadap karakteristik GRC.

Di samping berbagai keunggulannya, GRC juga memiliki beberapa keterbatasan. Karakteristik material sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan penyusun serta proporsi campuran yang digunakan. Komposisi campuran yang tidak tepat dapat menyebabkan penurunan sifat mekanik maupun sifat fisik material sehingga diperlukan pengendalian kualitas yang baik dalam proses pembuatannya.

Karakteristik GRC yang ringan, kuat, dan mudah dibentuk menjadikan material ini banyak digunakan sebagai bahan plafon pada berbagai jenis bangunan. Seiring dengan berkembangnya konsep konstruksi berkelanjutan, berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan material GRC melalui penggunaan bahan alternatif sebagai substitusi sebagian semen. Salah satu material yang berpotensi digunakan adalah serbuk limbah keramik yang memiliki kandungan silika dan alumina cukup tinggi sehingga berpotensi mempengaruhi karakteristik fisik dan mekanik GRC (Murali et al., 2025).

2.3. Material Penyusun Plafon GRC

Karakteristik fisik dan mekanik GRC dipengaruhi oleh material penyusun yang digunakan dalam campurannya (Hendrawati, 2024). Setiap bahan memiliki fungsi yang berbeda dan saling melengkapi dalam membentuk sifat akhir material. Semen berperan sebagai bahan pengikat, agregat halus berfungsi sebagai bahan pengisi, air diperlukan untuk proses hidrasi semen, sedangkan serat kaca berfungsi sebagai bahan penguat. Oleh karena itu, pemilihan material penyusun dan proporsi campuran yang tepat menjadi faktor penting dalam menghasilkan produk GRC dengan kualitas yang baik.

2.3.1. Semen

Semen merupakan salah satu bahan utama dalam konstruksi yang berfungsi sebagai bahan pengikat (*binder*) dalam campuran beton maupun material berbasis semen lainnya. Berdasarkan Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2024, semen adalah bahan berbentuk serbuk yang merupakan hasil pengolahan klinker dengan penambahan gipsium dan bahan aditif tertentu yang dapat mengalami proses pengikatan dan pengerasan akibat reaksi kimia dengan air. Kemampuan tersebut menjadikan semen sebagai material pengikat yang berperan penting dalam pembentukan kekuatan pada berbagai material konstruksi.

Semen tersusun atas beberapa senyawa kimia utama, yaitu *tricalcium silicate* (C_3S), *dicalcium silicate* (C_2S), *tricalcium aluminate* (C_3A), dan *tetracalcium aluminoferrite* (C_4AF). Senyawa-senyawa tersebut berperan dalam menentukan karakteristik semen seperti perkembangan kekuatan awal, kekuatan akhir, serta ketahanannya terhadap lingkungan (Irawan, 2017). Reaksi hidrasi antara semen dan air menghasilkan senyawa *calcium silicate hydrate* (C-S-H) yang berperan sebagai komponen utama pembentuk kekuatan pada material berbasis semen (Lasseuguet et al., 2019).

Dalam campuran GRC, semen berperan sebagai bahan utama yang mengikat agregat halus dan serat kaca sehingga membentuk struktur material yang kompak. Kualitas dan jumlah semen yang digunakan sangat mempengaruhi karakteristik fisik maupun mekanik GRC, termasuk kekuatan dan durabilitas material yang

dihasilkan. Pada campuran GRC normal, semen digunakan dalam proporsi yang cukup besar sebagai komponen binder sehingga perubahan jumlah semen dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap performa material (Blazy et al., 2022). Selain itu, kualitas matriks semen yang terbentuk juga berperan penting dalam menentukan kemampuan GRC dalam menahan beban dan mengendalikan perkembangan retak (GRCA, 2021).

Oleh karena itu, berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengurangi penggunaan semen melalui substitusi sebagian dengan material alternatif yang memiliki sifat pozzolanik. Upaya tersebut bertujuan untuk mempertahankan atau meningkatkan kinerja material sekaligus mengurangi konsumsi semen. Salah satu material yang berpotensi digunakan sebagai substitusi sebagian semen adalah serbuk limbah keramik yang memiliki kandungan silika dan alumina yang tinggi sehingga dapat berkontribusi terhadap pembentukan senyawa hasil hidrasi tambahan.

2.3.2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan salah satu komponen utama dalam campuran *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC) yang umumnya berupa pasir dengan ukuran butiran relatif kecil. Dalam campuran GRC, agregat halus berfungsi sebagai bahan pengisi yang membantu membentuk struktur material serta menghasilkan campuran yang lebih padat dan homogen (Hendrawati et al., 2024).

Dalam campuran GRC, agregat halus bekerja bersama semen membentuk matriks material yang menjadi dasar struktur komposit. Keberadaan agregat halus dapat membantu mengurangi rongga dalam campuran sehingga meningkatkan kerapatan material. Kualitas agregat halus yang digunakan sangat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik GRC, seperti kuat lentur, daya serap air, serta keawetan material yang dihasilkan.

Agregat halus yang digunakan harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain bersih dari kandungan lumpur, tidak mengandung bahan organik berlebihan, serta memiliki gradasi yang baik. Gradasi agregat yang sesuai akan membantu menghasilkan campuran yang mudah dikerjakan dan memiliki distribusi partikel

yang merata. Selain itu, ukuran butiran agregat yang relatif seragam dapat meningkatkan ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga menghasilkan material yang lebih kuat dan stabil.

2.3.3. Air

Air merupakan salah satu komponen utama dalam campuran beton maupun material berbasis semen, termasuk *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC). Air berfungsi sebagai media untuk terjadinya reaksi kimia antara semen dan bahan penyusunnya yang dikenal sebagai proses hidrasi. Proses ini menghasilkan senyawa yang berperan dalam pembentukan kekuatan dan kekompakan material.

Selain sebagai media reaksi, air juga berperan dalam menentukan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) campuran. Jumlah air yang digunakan harus sesuai dengan kebutuhan, karena penggunaan air yang terlalu sedikit dapat menyebabkan campuran menjadi sulit dikerjakan, sedangkan penggunaan air yang berlebihan dapat menurunkan kekuatan material serta meningkatkan porositas.

Kualitas air yang digunakan juga harus memenuhi persyaratan tertentu, yaitu bersih dari zat-zat yang dapat mengganggu proses hidrasi seperti minyak, asam, garam, maupun bahan organik lainnya. Air yang tidak memenuhi syarat dapat menyebabkan penurunan kualitas material yang dihasilkan (Hendrawati et al., 2024).

Oleh karena itu, pemilihan dan pengendalian jumlah air dalam campuran GRC menjadi faktor penting untuk memperoleh material dengan sifat fisik dan mekanik yang baik, khususnya dalam hal kuat lentur dan daya serap air.

2.3.4. Serat Kaca (*Fiberglass*)

Serat kaca (*fiberglass*) merupakan material berbentuk serat halus yang terbuat dari kaca dan digunakan sebagai bahan penguat dalam material komposit, termasuk *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC). Penambahan serat kaca dalam campuran bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik material, khususnya dalam meningkatkan kekuatan tarik dan lentur serta mengurangi kemungkinan terjadinya retak (Hendrawati et al., 2024).

Dalam campuran GRC, serat kaca bekerja sebagai tulangan mikro yang membantu mendistribusikan tegangan secara lebih merata pada material. Ketika material menerima beban, serat kaca akan menahan dan menghambat perambatan retak sehingga meningkatkan ketahanan material terhadap kerusakan. Kehadiran serat kaca juga menyebabkan GRC memiliki perilaku yang lebih daktil dibandingkan material berbasis semen tanpa penguat serat (Blazy et al., 2022).

Serat kaca yang digunakan dalam GRC umumnya memiliki ketahanan yang baik terhadap kondisi lingkungan, seperti kelembapan dan perubahan suhu. Selain itu, material ini memiliki sifat tidak mudah terbakar serta tahan terhadap korosi sehingga cocok digunakan pada berbagai aplikasi konstruksi, termasuk sebagai material plafon.

Penggunaan serat kaca dalam GRC juga memungkinkan pembuatan elemen dengan ketebalan yang relatif tipis namun tetap memiliki kekuatan yang memadai. Karakteristik tersebut menjadikan GRC sebagai material yang lebih ringan dan efisien serta memudahkan proses transportasi dan pemasangan pada bangunan.

Dengan adanya serat kaca sebagai bahan penguat, material GRC memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan beban lentur dan mengendalikan perkembangan retak. Oleh karena itu, serat kaca menjadi salah satu komponen penting yang berkontribusi terhadap performa mekanik GRC, khususnya pada pengujian kuat lentur yang digunakan dalam penelitian ini.

2.4. Substitusi Semen

Substitusi semen merupakan upaya menggantikan sebagian penggunaan semen dalam suatu campuran material berbasis semen dengan material lain yang memiliki karakteristik tertentu. Penggunaan material substitusi bertujuan untuk mengurangi konsumsi semen tanpa mengurangi kualitas material yang dihasilkan. Selain itu, substitusi semen juga menjadi salah satu alternatif dalam pengembangan material konstruksi yang lebih efisien dan ekonomis.

Penerapan substitusi semen telah banyak dilakukan pada berbagai material konstruksi, seperti beton, mortar, paving block, maupun material komposit berbasis semen. Berbagai jenis material telah digunakan sebagai bahan substitusi semen, di

antaranya *fly ash*, *silica fume*, slag, abu sekam padi, dan limbah keramik. Material-material tersebut umumnya mengandung *senyawa silika* (SiO_2) dan *alumina* (Al_2O_3) yang dapat berperan sebagai material pozzolanik sehingga berpotensi berkontribusi terhadap pembentukan senyawa hasil hidrasi tambahan pada material berbasis semen (Murali et al., 2025). Material pozzolanik merupakan material yang mengandung silika atau alumina reaktif yang dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen sehingga membentuk senyawa pengikat tambahan yang berkontribusi terhadap kekuatan material.

Penggunaan material substitusi semen pada kadar tertentu dapat memberikan pengaruh terhadap karakteristik fisik maupun mekanik material. Selain berpotensi meningkatkan kinerja material, substitusi semen juga dapat menurunkan biaya produksi apabila material pengganti yang digunakan memiliki harga yang lebih rendah dibandingkan semen (Jayapuspita & Suryanto, 2018). Oleh karena itu, penggunaan material substitusi tidak hanya memberikan manfaat dari aspek teknis, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi ekonomi dalam proses produksi material konstruksi.

Salah satu material yang berpotensi digunakan sebagai substitusi sebagian semen adalah serbuk limbah keramik. Material ini memiliki kandungan silika dan alumina yang cukup tinggi sehingga berpotensi memberikan kontribusi terhadap karakteristik material berbasis semen (Akturi & Rao, 2021). Oleh karena itu, limbah keramik menjadi salah satu material yang menarik untuk dikaji lebih lanjut sebagai bahan substitusi semen pada plafon berbasis GRC.

2.5. Limbah Keramik Sebagai Pengganti Semen

Limbah keramik merupakan salah satu jenis limbah konstruksi yang berasal dari sisa proses produksi, pemotongan, pemasangan, maupun pembongkaran material keramik. Limbah ini termasuk ke dalam *construction and demolition waste (C&D waste)* yang dihasilkan dari aktivitas pembangunan maupun pembongkaran bangunan. Seiring meningkatnya aktivitas konstruksi, jumlah limbah keramik yang dihasilkan juga semakin besar sehingga diperlukan upaya pemanfaatan untuk meningkatkan nilai guna material tersebut (Sakthibala et al., 2025). Salah satu

bentuk pemanfaatan yang dapat dilakukan adalah mengolah limbah keramik menjadi serbuk halus untuk digunakan sebagai bahan substitusi sebagian semen pada material berbasis semen.

Limbah keramik memiliki kandungan senyawa utama berupa *silika* (SiO_2), *alumina* (Al_2O_3), dan sejumlah oksida lainnya yang berpotensi mendukung reaksi pozzolanik. Kandungan *silika* dan *alumina* yang tinggi menyebabkan limbah keramik berpotensi digunakan sebagai material pozzolanik yang dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen dan membentuk senyawa pengikat tambahan (Murali et al., 2025). Kandungan kimia serbuk keramik berdasarkan berbagai penelitian yang dirangkum oleh Murali et al. (2025) dapat dilihat pada **Tabel 2.1** berikut:

Tabel 2.1. Kandungan Kimia Serbuk Limbah Keramik

Oksida	Nama Senyawa	Rentang Kandungan (%)
SiO_2	<i>Silikon Dioksida</i>	48,02 – 78,30
Al_2O_3	<i>Aluminium Oksida</i>	11,01 – 29,37
CaO	<i>Kalsium Oksida</i>	0,58 – 18,00
Fe_2O_3	<i>Besi (III) Oksida</i>	0,51 – 12,89
Na_2O	<i>Natrium Oksida</i>	0,22 – 5,97
MgO	<i>Magnesium Oksida</i>	0,07 – 4,50
K_2O	<i>Kalium Oksida</i>	0,66 – 3,96
LOI	<i>Loss on Ignition</i>	0,18 – 3,96
TiO_2	<i>Titanium Dioksida</i>	0,22 – 1,83
SO_3	<i>Sulfur Trioksida</i>	0,01 – 1,10
P_2O_5	<i>Difosfor Pentaoksida</i>	0,15 – 14,23

Sumber : Murali et al. (2025)

Berdasarkan **Tabel 2.1** serbuk limbah keramik didominasi oleh kandungan *silika* (SiO_2) dan *alumina* (Al_2O_3) dengan rentang kandungan masing-masing sebesar 48,02–78,30% dan 11,01–29,37%. Selain itu, terdapat kandungan oksida lain seperti CaO , Fe_2O_3 , Na_2O , MgO , dan K_2O dalam jumlah yang lebih kecil. Tingginya kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 menunjukkan bahwa limbah keramik memiliki potensi sebagai material pozzolanik yang dapat dimanfaatkan sebagai

substitusi sebagian semen. Reaksi pozzolanik yang terjadi berpotensi meningkatkan kepadatan mikrostruktur material serta memberikan pengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik material berbasis semen, termasuk kerapatan, daya serap air, dan kekuatan material.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengkaji pemanfaatan serbuk limbah keramik sebagai substitusi sebagian semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serbuk limbah keramik pada kadar tertentu dapat mempertahankan bahkan meningkatkan karakteristik material, seperti kekuatan dan durabilitas. Penelitian Taher et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan serbuk limbah keramik dalam jumlah tertentu masih mampu menghasilkan performa material yang baik, sedangkan penggunaan pada kadar yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan kinerja material. Selain itu, penelitian Dehghani et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan serbuk limbah keramik sebagai substitusi sebagian semen berpotensi meningkatkan sifat mekanik material sekaligus memberikan manfaat dari aspek pemanfaatan limbah.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian tersebut, serbuk limbah keramik memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan substitusi sebagian semen pada material plafon berbasis GRC. Namun, penelitian yang mengkaji pengaruh penggunaan serbuk limbah keramik terhadap karakteristik plafon GRC, khususnya kerapatan, daya serap air, dan kuat lentur, masih relatif terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbuk limbah keramik sebagai substitusi sebagian semen terhadap karakteristik plafon berbasis GRC.

2.6. Standar Papan Serat Sesuai SNI 01-4449-2006

Sebagai acuan standar dalam penelitian ini, digunakan SNI 01-4449-2006 yang mengatur mengenai persyaratan fisis dan mekanis papan serat. Meskipun GRC memiliki basis semen, penggunaan standar ini tetap relevan mengingat bentuk fisik GRC sebagai papan lembaran rata yang memiliki sifat komposit serupa dengan papan serat buatan.

2.6.1. Klasifikasi Kerapatan Papan

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-4449-2006), papan serat sebagai salah satu material plafon dapat diklasifikasikan berdasarkan kerapatannya menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. PSKR (Papan Serat Kerapatan Rendah)

Umumnya memiliki bobot yang ringan namun kekuatan yang relatif rendah, sehingga lebih cocok digunakan untuk aplikasi non-struktural ringan

2. PSKS (Papan Serat Kerapatan Sedang)

Memiliki karakteristik yang lebih seimbang antara kekuatan dan berat material.

3. PSKT (Papan Serat Kerapatan Tinggi)

Memiliki densitas yang lebih tinggi sehingga memiliki kekuatan mekanik dan ketahanan yang lebih baik dibandingkan jenis lainnya.

Berikut ini **Tabel 2.2.** klasifikasi papan serat berdasarkan kerapatannya sesuai SNI 01 – 4449 – 2006:

Tabel 2.2. Klasifikasi Papan Serat Berdasarkan Kerapatan

Jenis Papan Serat	Kerapatan (g/cm ³)
PSKR	< 0,40
PSKS	0,40 – 0,84
PSKT	> 0,84

Sumber: SNI 01 – 4449 – 2006

Dalam penelitian ini, acuan yang digunakan adalah papan serat kerapatan tinggi (PSKT) karena jenis ini memiliki sifat mekanik yang lebih unggul, khususnya dalam hal kuat lentur dan ketahanan terhadap beban. Hal ini sesuai dengan kebutuhan material plafon yang memerlukan kekuatan yang cukup serta ketahanan terhadap kondisi lingkungan, sehingga penggunaan standar PSKT dinilai lebih representatif dalam menilai performa material plafon berbasis *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC).

2.6.2. Standar Toleransi Dimensi

Standar toleransi dimensi pada papan serat bertujuan untuk memastikan keseragaman ukuran produk sehingga material yang dihasilkan memenuhi persyaratan kualitas dan layak digunakan dalam konstruksi bangunan.

2.6.2.1. Toleransi Panjang dan Lebar

Sesuai dengan ketentuan dalam SNI 01-4449-2006, toleransi untuk dimensi panjang dan lebar ditetapkan sebesar $\pm 0,4$ cm untuk seluruh tipe papan serat.

2.6.2.2. Toleransi Tebal

Standar toleransi ketebalan papan serat menurut SNI 01-4449-2006 ditetapkan untuk menjaga konsistensi produk dengan rincian yang tertera pada **Tabel 2.3** standar toleransi tebal papan serat berikut:

Tabel 2.3. Toleransi Tebal Papan Serat

Jenis Papan Serat		Tebal (mm)	Toleransi Tebal (mm)		
			Tidak Diampelas	Diampelas	Dekoratif
PSKR	Tipe 1	< 10	$\pm 1,0$	-	-
		≥ 10	$\pm 1,2$		
	Tipe 2	< 12	$\pm 1,0$		
	Tipe 3	≥ 12	$\pm 1,2$		
PSKS		< 7	$\pm 0,5$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
		7 – 14,9	$\pm 1,0$		
		≥ 15	$\pm 1,5$		
PSKT		$\leq 3,5$	$\pm 0,4$	$\pm 0,3$	$\pm 10\%$ dari tebal nominal
		3,6 – 5,0	$\pm 0,5$		
		5,1 – 7,0	$\pm 0,7$		
		$\geq 7,1$	$\pm 0,9$		

Keterangan :

- Toleransi tebal PSKT dekoratif yang tebalnya lebih kecil dari 3.5 mm sama dengan toleransi tebal PSKT semacam yang diampelas.
- Toleransi terhadap tebal PSKT dekoratif eksterior sama dengan toleransi tebal PSKT semacam yang tidak diampelas.

Sumber: SNI 01 – 4449 – 2006

2.6.3. Standar Sifat Mekanis (Kuat Lentur)

Sifat mekanis papan diukur melalui pengujian Modulus Patah atau *Modulus of Rupture* (MOR). Kuat lentur adalah parameter paling krusial bagi plafon GRC

untuk menahan beban tanpa mengalami kegagalan struktur (patah atau melendut berlebih). Berdasarkan SNI 01-4449-2006, standar minimal kuat lentur untuk papan serat tergantung pada tipe dan kerapatan papan. Berikut **Tabel 2.4** memuat nilai dari standar minimal kuat lentur pada Papan Serat Kerapatan Tinggi (PSKT):

Tabel 2.4. Klasifikasi PSKT Berdasarkan Keteguhan Lentur dan Modulus Patah

Tipe	Keteguhan Lentur dan Modulus Patah	
	N/mm ²	Kgf/cm ²
T1 35	≥ 35,0	≥ 357
T1 25	≥ 25,0	≥ 255
T1 20	≥ 20,0	≥ 204
T2 45	≥ 45,0	≥ 459
T2 35	≥ 35,0	≥ 357

Sumber: SNI 01 – 4449 – 2006

Tipe T1 pada **Tabel 2.4** berarti pengujian PSKT tersebut dilaksanakan tanpa adanya perlakuan khusus, seperti perlakuan panas, perlakuan minyak, atau impregnasi resin. Sedangkan untuk Tipe T2 dilakukan perlakuan khusus pada PSKT tersebut.

2.6.4. Standar Sifat Fisik (Daya Serap Air)

SNI 01-4449-2006 mensyaratkan batas maksimal daya serap air setelah perendaman. Hasil yang rendah menunjukkan bahwa papan memiliki ikatan antarpartikel yang rapat dan pori-pori yang minim dimana penting bagi plafon GRC agar tidak mudah mengalami kembang-susut, berjamur, atau kehilangan kekuatan saat terpapar kondisi udara lembab. Berikut **Tabel 2.5** batas standar penyerapan.

Tabel 2.5. Standar Maksimum Penyerapan Air

Tipe	Penyerapan Air Setelah 24 Jam	
	Tebal (mm)	Persentase (%)
T1 35	≥ 3.5	< 25
	< 3.5	< 35
T1 25	≥ 3.5	< 25
	< 3.5	< 35
T1 20	≥ 3.5	< 30
	< 3.5	< 35
T2 45		< 20
T1 35		< 20

Sumber: SNI 01 – 4449 – 2006

Tipe T1 pada **Tabel 2.5.** berarti pengujian PSKT tersebut dilaksanakan tanpa adanya perlakuan khusus, seperti perlakuan panas, perlakuan minyak, atau impregnasi resin. Sedangkan untuk Tipe T2 dilakukan perlakuan khusus pada PSKT tersebut.

2.6.5. Standar Ukuran Benda Uji Papan Serat

Persyaratan dimensi dan jumlah benda uji untuk pengujian laboratorium papan serat ditetapkan menurut SNI 01-4449-2006 guna menjamin keakuratan data fisis dan mekanis, dengan rincian yang disajikan dalam **Tabel 2.6** contoh uji laboratoris:

Tabel 2.6. Contoh Uji Laboratoris

No.	Macam Pengujian	Ukuran Contoh (cm)	Banyak Contoh Uji
1.	Uji kerapatan	10 x 10	1
2.	Uji keteguhan lentur modulus patah	5 x (S + 5)	-arah panjang 1 -arah lebar 1
3.	Uji penyerapan air	10 x 10	1

Sumber: SNI 01 – 4449 – 2006

2.7. Pengujian Benda Uji

Pengujian material merupakan tahapan penting dalam penelitian untuk mengetahui karakteristik serta kinerja material yang dihasilkan. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi sifat fisik dan mekanik material sehingga dapat diketahui kelayakan penggunaannya dalam aplikasi konstruksi. Dalam penelitian ini, pengujian difokuskan pada sifat fisik berupa daya serap air, kerapatan serta sifat mekanik berupa kuat lentur pada material plafon berbasis *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC).

2.7.1. Uji Kerapatan

Pengujian kerapatan dilakukan untuk mengetahui densitas material GRC berdasarkan SNI 01-4449-2006 diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

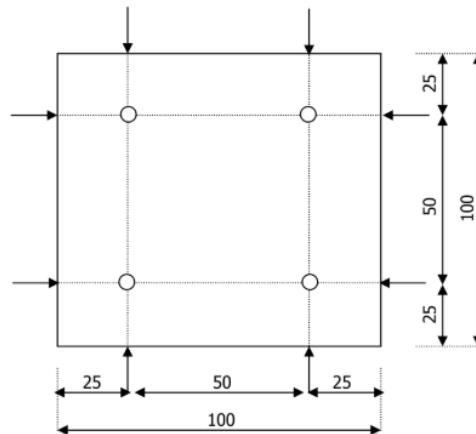
$$K = \frac{B}{I} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

K = Kerapatan (g/cm^3) (dalam 2 desimal)

B = Berat (gram)

I = Isi (cm^3) = panjang (cm) x lebar (cm) x tebal (cm)



Gambar 2.5. Uji Kerapatan

Sumber: SNI 01 – 4449 – 2006

Keterangan gambar:

O = adalah tempat pengukuran tebal papan serat (mm)

2.7.2. Uji Kuat Lentur

Pada prinsipnya semakin tinggi kuat lentur dari suatu material, maka akan semakin kaku suatu material tersebut. Oleh sebab itu, kuat lentur dapat dikatakan sebagai sifat mekanis yang menunjukkan ukuran kekakuan dari suatu material (Az-Zahra et al., 2023). Berdasarkan SNI 01-4449-2006, Pengujian kuat lentur plafon dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$KLMP = \frac{3BS}{2LT^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

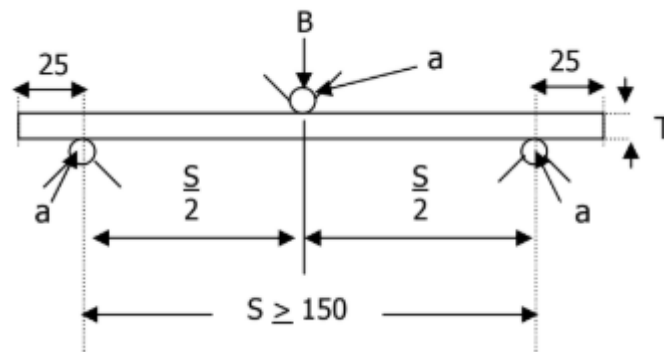
KLMP = Modulus Lentur (kgf/cm^2)

S = Jarak Sangga (cm)

B = Beban Maksimum (kgf)

L = Lebar Benda Uji (cm)

T = Tebal Benda Uji (cm)



Gambar 2. 6. Uji Kuat Lentur

Sumber: SNI 01 – 4449 – 2006

2.7.3. Uji Penyerapan Air

Pengujian ditujukan sebagai faktor yang dapat menentukan persentase suatu material dapat menyerap air dengan prinsip yang diterapkan adalah mengamati tetesan air yang dijatuhkan dari ketinggian yang telah ditentukan pada permukaan suatu material (Az-Zahra et al., 2023). Berdasarkan SNI 01-4449-2006, persentase pengujian dihitung dengan persamaan yang membandingkan perbedaan (selisih) antara massa basah dan kering dengan massa kering berikut:

$$PA = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100 \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

PA = Penyerapan Air (%)

B₁ = Berat Contoh Uji Sebelum Perendaman (gram)

B₂ = Berat Contoh Uji Sesudah Perendaman (gram)

2.8. Penelitian Terdahulu

Berikut **Tabel 2.7** adalah perbandingan menyeluruh dari berbagai penelitian mengenai pemanfaatan limbah keramik sebagai bahan substitusi semen:

Tabel 2.7. Penelitian Terdahulu

No.	Nama & Judul	Variabel Penelitian	Produk	Pengujian	Hasil Penelitian
1.	Chen, J. J. & Guan, G. X. <i>Production of Sustainable and High Flexural Strength Concrete Through Paste Replacement and Addition of Fibre</i> (2025)	Limbah keramik dan serat <i>polivinil alcohol</i> (PVA)	Beton Serat (<i>Fibre Reinforced Concrete</i>)	Kuat tekan sesuai BS EN 12390-3, kuat lentur sesuai ASTM C1609 dan <i>workability</i>	Penggantian pasta semen dengan serbuk keramik (<i>Ceramic Powder Waste</i>) meningkatkan rasio kuat tekan hingga 27,6% dan kuat lentur hingga 47,1%. CPW sebagai pengganti pasta semen dan penambahan serat PVA mempengaruhi kemampuan kerja melalui perubahan ketebalan serta pemadatan matriks
2.	Murali, G., et al. <i>Ceramic Waste as a Sustainable Cementitious Resource: Pathways to Cleaner and High-Performance Concrete</i> (2025)	Limbah keramik	Beton dan mortar	Analisis data kimia, mekanis, dan durabilitas dari tingkat global	Substitusi 5% - 10% optimal untuk aktivitas pozolanik, namun diatas 20% - 30% dapat menurunkan performa. Semakin halus ukuran butiran limbah keramik maka semakin baik dalam meningkatkan kekuatan dan pemadatan matriks
3.	Hendrawati, L. K., et al <i>Glass Reinforced Concrete (GRC)</i> (2024)	Fly ash dan <i>fiberglass</i>	Plafon GRC	Kuat lentur sesuai SNI 8299:2017	Penambahan serat kaca dapat meningkatkan kuat lentur namun apabila persentasenya terlalu banyak dapat mengurangi kuat

No.	Nama & Judul	Variabel Penelitian	Produk	Pengujian	Hasil Penelitian
					lenturnya juga. Substitusi 20% semen dengan fly ash meningkatkan kuat lentur namun belum memenuhi standar SNI 8299:2017 dengan minimal 100 kgf/cm ²
4.	Sapulette. I. S, et al. Analisis Pengaruh Limbah Keramik Sebagai Substitusi Semen terhadap Inovasi Dinding Kalsiboard (2024)	Limbah keramik	Dinding partisi kalsiboard	Kerapatan, kuat lentur, penyerapan air sesuai SNI 01-4449-2006	Hasil pengujian kerapatan paling optimal pada variasi 5% dan paling rendah divariasi 10%, hasil pengujian lentur paling optimal pada variasi 7,5% dan paling rendah divariasi 10% serta hasil pengujian daya serap air paling optimal divariasi 7,5%
5.	Taher. M. J, et al <i>Using ceramic waste tile powder as a sustainable and eco-friendly partial cement replacement in concrete production</i> (2023)	Limbah keramik	Beton	Kuat tekan sesuai ASTM C311/C311M-02	Hasil optimal dicapai pada substitusi semen dengan persentase 10%, namun mengalami penurunan pada substitusi dengan persentase 20%. Serbuk keramik yang dibakar terlebih dahulu menunjukkan kinerja pozzolanic yang lebih baik dari serbuk keramik yang tidak dibakar
6.	Lasseuguette. E, et al <i>Chemical, Microstructural And Mechanical Properties</i>	Limbah keramik	Mortar	Kuat tekan dan jenis kandungan dalam limbah keramik	Substitusi 5% - 15% pada umur ke 28 hari menghasilkan nilai kuat tekan yang setara dengan semen murni, namun pada substitusi

No.	Nama & Judul	Variabel Penelitian	Produk	Pengujian	Hasil Penelitian
	<i>Of Ceramic Waste Blended Cementitious Systems</i> (2019)				diatas 30% mengalami penurunan kuat tekan
7.	Dehghani. O, et al <i>Ceramic Waste Powder as a Cement Replacement in Concrete Paving Blocks: Mechanical Properties and Environmental Assessment</i> (2024)	Limbah keramik	Paving block	Kuat tekan sesuai ASTM C936, kuat tarik belah dan penyerapan air sesuai EN 1338:2003	Penggantian CPW dari 20% - 30% meningkatkan kekuatan mencapai 30%
8.	Le Li, et al. <i>Sustainable Reuse of Household Ceramic Wastes as a Substitute of Cement and Natural Sand in Construction Materials: Mechanical, Transport, and Microstructural Properties</i> (2025)	Limbah keramik	Mortar semen	Kuat tekan dan kuat lentur sesuai GB/T 50081 serta permeabilitas sesuai ASTM D4525	Substitusi 20% CPW meningkatkan kekuatan dari 5% - 9% dan menurunkan permeabilitas sebesar 16%
9.	Akturi, V. K. & Rao, G. V. R. <i>Strength Properties of Ceramic Waste Concrete</i> (2021)	Limbah keramik	Beton	Kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur	Partikel serbuk dengan ukuran < 90µm memberikan kekuatan lebih baik karena efek pengisian pori (<i>filler</i>) yang maksimal

No.	Nama & Judul	Variabel Penelitian	Produk	Pengujian	Hasil Penelitian
10.	Revisdah & Utari. R Pemanfaatan Limbah Keramik Terhadap Kuat Tekan Beton (2018)	Limbah keramik	Beton K250	Kuat tekan	Dari penambahan limbah keramik kuat tekan beton optimumnya terjadi pada persentase limbah keramik 14%
11.	Febrianita. O, et al Penelitian Beton dengan Penambahan Abu Sekam Padi dan Limbah Keramik sebagai Substitusi Semen (2020)	Abu sekam padi dan limbah keramik	Beton ringan	Kuat tekan dan nilai slump sesuai SNI 1974-2011	Hasil kuat tekan tertinggi pada campuran 9% RHA + 9% keramik, dengan kuat tekan mencapai 6,53 Mpa
12.	Zahra, F. H. et al <i>Water Hyacinth Fiber and Glass Powder in Eco-Based GRC Ceiling Production</i> (2026)	Serat eceng gondok dan limbah kaca	Plafon GRC	Kuat lentur, kerapatan, dan daya serap air sesuai SNI 01-4449-2006	Hasil kuat lentur optimal dihasilkan pada campuran 30% serat eceng gondok dan 10% serbuk kaca dengan peningkatan 10,788 kgf/cm ² dari plafon GRC konvensional serta hasil kerapatan meningkat 0,06 gr/cm ³ dari plafon GRC konvensional
13.	Palallo, G. et al Pengaruh Penggunaan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Campuran Pembuatan Plafon Semen (2025)	Serat tandan kosong kelapa sawit dan abu sekam padi	Plafon semen	Kuat lentur dan daya serap air sesuai SNI 01-4449-2006	Penggunaan serat tandan kosong kelapa sawit dapat menghasilkan nilai kuat lentur yang lebih baik dan penambahan abu sekam padi sebagai substitusi parsial semen dapat meningkatkan nilai daya serap plafon.

No.	Nama & Judul	Variabel Penelitian	Produk	Pengujian	Hasil Penelitian
14.	Rahmadi, M. R., & Adil, M. N., et al Pemanfaatan limbah bambu dan ampas tebu sebagai campuran substitusi dalam pembuatan plafon GRC (<i>Glassfiber Reinforced Cement</i>) (2024)	Limbah bambu dan ampas tebu	Plafon GRC	Uji kerapatan, daya serap air, pengembangan tebal, kuat lentur, & ketahanan api sesuai SNI 01-4449-2006	Penggunaan serat bambu dan ampas tebu dapat meningkatkan nilai kerapatan hingga 25,4% dibandingkan dengan metode konvensional. Daya serap air juga mengalami peningkatan sekitar 57,4%. Pengujian tebal juga mengalami peningkatan sekitar 273,9%. Pada pengujian kuat lentur mengalami peningkatan sekitar 86,3%, sedangkan pengujian ketahanan api mengalami peningkatan hingga 61,8% dibandingkan metode konvensional.
15.	Alfitroh, A. M. & Farras, R. M., et al. Pemanfaatan Serabut Kelapa dan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi <i>Fiberglass</i> dan Semen Pada Pembuatan <i>GRC Board</i> (2024)	Serabut kelapa dan abu ampas tebu	<i>GRC Board</i>	Uji kerapatan, daya serap air, kuat lentur, & keteguhan pukul sesuai SNI 01-4449-2006	Pemanfaatan serabut kelapa dan abu ampas tebu dapat meningkatkan kuat lentur hingga 17,5% dan keteguhan pukul sekitar 18,3% dibanding konvensional. Selain itu kerapatan meningkat sekitar 5%, menunjukkan papan lebih padat, namun daya serap air turut meningkat sekitar 58,2% akibat adanya rongga pada papan.

2.9. Research Gap

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa serbuk limbah keramik berpotensi digunakan sebagai substitusi sebagian semen pada material berbasis semen. Murali et al. (2025) melaporkan bahwa penggunaan serbuk limbah keramik pada kadar 5%–10% memberikan aktivitas pozzolanik yang optimal, sedangkan Taher et al. (2023), Li et al. (2025), dan Dehghani et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan serbuk limbah keramik pada kadar tertentu mampu meningkatkan karakteristik mekanik dan mikrostruktur material. Selain itu, Atkuri dan Rao (2021) menyatakan bahwa ukuran partikel yang lebih halus dapat meningkatkan performa material melalui efek pengisian pori (*filler effect*), sementara Revisdah dan Utari (2018), Lasseuguette et al. (2019), serta Febrianita et al. (2020) menunjukkan bahwa pengaruh limbah keramik sangat dipengaruhi oleh komposisi campuran yang digunakan.

Selain pada beton, mortar, dan paving block, penelitian mengenai material substitusi pada produk berbasis GRC dan papan semen juga telah banyak dilakukan. Hendrawati et al. (2024), Farras dan Alfitroh (2023), serta Rahmadi dan Adil (2023) menunjukkan bahwa penggunaan bahan substitusi maupun bahan tambah dapat mempengaruhi karakteristik fisik dan mekanik GRC. Pada produk sejenis, Sapulette et al. (2024) berhasil menerapkan limbah keramik pada dinding kalsiboard dan memperoleh hasil yang baik pada parameter kerapatan, daya serap air, dan kuat lentur.

Meskipun demikian, penelitian mengenai penggunaan serbuk limbah keramik sebagai substitusi sebagian semen pada plafon berbasis *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC) masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada beton, mortar, dan paving block, sedangkan penelitian pada plafon GRC lebih banyak menggunakan material substitusi selain limbah keramik. Selain itu, penelitian mengenai penggunaan serat untuk mengompensasi penurunan kuat lentur akibat substitusi limbah keramik masih didominasi pada elemen struktural seperti beton (Chen & Guan, 2025), sehingga penerapannya pada plafon GRC masih memerlukan kajian lebih lanjut. Kajian yang mengintegrasikan pengaruh substitusi serbuk limbah keramik terhadap kerapatan, daya serap air, kuat lentur,

dan biaya produksi pada plafon GRC juga masih belum banyak ditemukan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menganalisis pengaruh substitusi serbuk limbah keramik sebagai pengganti sebagian semen terhadap karakteristik fisik, karakteristik mekanik, serta biaya produksi plafon berbasis *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC).

2.10. Kerangka Pemikiran

Berdasarkan penelitian Lasseuguette et al. (2019) dan Murali et al. (2025), serbuk limbah keramik memiliki kandungan *silika* (SiO_2) dan *alumina* (Al_2O_3) yang tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai material pozzolanik pada campuran berbasis semen. Reaksi pozzolanik yang terjadi dapat membentuk senyawa *kalsium silikat hidrat* (C-S-H) tambahan yang berpotensi memperbaiki mikrostruktur material dan mempengaruhi karakteristik fisik maupun mekaniknya.

Salah satu produk berbasis semen yang memerlukan karakteristik tersebut adalah plafon *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC). Plafon GRC dipilih dalam penelitian ini karena memiliki karakteristik ringan, tahan terhadap kelembapan, serta memiliki kuat lentur yang baik akibat adanya serat kaca sebagai bahan penguat (Hendrawati et al., 2024). Karakteristik tersebut menjadikan plafon GRC sesuai untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan serbuk limbah keramik sebagai substitusi sebagian semen.

Penelitian ini menggunakan serbuk limbah keramik sebagai substitusi sebagian semen pada campuran plafon GRC dengan variasi sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 2.8** berikut. Pada seluruh variasi campuran, komposisi pasir, air, dan fiberglass dipertahankan tetap, sedangkan perubahan hanya dilakukan pada proporsi semen dan serbuk limbah keramik.

Tabel 2.8. Variasi Substitusi Rencana

Variasi	Semen (%)	Serbuk Keramik (%)
V0	39	0
V1	34	5
V2	29	10
V3	24	15
V4	19	20
V5	14	25

Pengaruh substitusi serbuk limbah keramik dianalisis melalui pengujian kerapatan, daya serap air, dan kuat lentur. Berdasarkan penelitian Sapulette et al. (2024) dan Murali et al. (2025), ketiga parameter tersebut memiliki hubungan yang saling berkaitan. Material dengan kerapatan yang lebih tinggi umumnya memiliki jumlah rongga yang lebih sedikit sehingga daya serap air menjadi lebih rendah. Struktur material yang lebih padat juga berpotensi meningkatkan kemampuan material dalam menahan beban lentur. Oleh karena itu, ketiga parameter tersebut dianalisis secara bersamaan untuk memahami pengaruh substitusi serbuk limbah keramik terhadap performa plafon GRC.

Selain aspek teknis, penelitian ini juga mempertimbangkan aspek ekonomis melalui analisis biaya produksi. Penggunaan material substitusi sebagai pengganti sebagian semen berpotensi menurunkan biaya produksi karena harga material substitusi umumnya lebih rendah dibandingkan semen (Jayapusrita & Suryanto, 2018). Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh substitusi serbuk limbah keramik terhadap karakteristik fisik, karakteristik mekanik, dan biaya produksi plafon GRC serta menentukan variasi substitusi yang memberikan keseimbangan terbaik antara performa material dan efisiensi biaya.

2.11. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan penelitian terdahulu, penggunaan serbuk limbah keramik sebagai substitusi sebagian semen diduga dapat mempengaruhi karakteristik fisik, karakteristik mekanik, dan biaya produksi plafon berbasis *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC). Oleh karena itu, hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan serbuk limbah keramik sebagai substitusi sebagian semen diduga dapat meningkatkan kerapatan dan menurunkan daya serap air plafon GRC hingga kadar substitusi tertentu.
2. Penggunaan serbuk limbah keramik sebagai substitusi sebagian semen diduga dapat mempengaruhi kuat lentur plafon GRC. Pada kadar tertentu, serbuk limbah keramik diperkirakan mampu mempertahankan atau meningkatkan

kuat lentur material, sedangkan penggunaan pada kadar yang terlalu tinggi berpotensi menurunkan kuat lentur plafon GRC.

3. Penggunaan serbuk limbah keramik sebagai substitusi sebagian semen diduga dapat menurunkan biaya produksi plafon GRC dibandingkan dengan plafon GRC konvensional.