

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Plafon

Plafon merupakan bagian dari struktur bangunan yang terletak pada bagian interior atas ruangan dan berfungsi sebagai penutup rangka atap atau lantai di atasnya (Umiyati, 2021). Dalam penerapannya, plafon turut membantu meningkatkan kualitas ruang, baik dari segi visual maupun kenyamanan termal dan akustik. Plafon merupakan bagian dari struktur bangunan yang terletak pada bagian interior atas ruangan dan berfungsi sebagai penutup rangka atap atau lantai di atasnya (Wahyuni et al., 2021). Plafon dapat menyembunyikan instalasi utilitas seperti kabel listrik, pipa, maupun elemen struktur lainnya sehingga tidak terlihat langsung. Menurut (Ambarwati, 2024) penggunaan plafon juga dapat mengurangi panas yang masuk dari atap serta meredam suara, sehingga menciptakan kondisi ruang yang lebih kondusif. Maka dari itu plafon memiliki peran penting tidak hanya dari sisi estetika, tetapi juga fungsi perlindungan dan kenyamanan dalam suatu bangunan.

Plafon termasuk dalam papan serat. Dalam memproduksi serat papan yang berkualitas dipengaruhi oleh penggunaan material yang baik agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Berdasarkan SNI 01 4449-2006, papan serat dibagi menjadi 3 kualifikasi kerapatan dengan **Tabel 2. 1** dibawah ini:

Tabel 2. 1 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 tabel SNI 01-4449-2006 diatas dapat diuraikan jenis papan serat dibawah ini:

- a. PSKR (Papan Serat Kerapatan Rendah)
- b. PSKS (Papan Serat Kerapatan Sedang)

c. PSKT (Papan Serat Kerapatan Tinggi)

Masing-masing jenis papan serat tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, terutama dalam hal kerapatan, kekuatan, dan ketahanan terhadap beban. PSKR umumnya memiliki kerapatan dan kekuatan yang lebih rendah sehingga digunakan untuk aplikasi ringan sedangkan PSKS memiliki sifat yang lebih seimbang antara kekuatan dan kerapatan. Sementara itu PSKT memiliki kerapatan dan kekuatan yang paling tinggi sehingga lebih cocok digunakan pada aplikasi yang memerlukan daya tahan dan kekuatan yang lebih besar.

Berikut ini sifat fisis dan mekanik plafon pada ketentuan SNI 01 – 4449 – 2006 yang disajikan pada **Tabel 2. 2** dibawah ini:

Tabel 2. 2 Sifat Fisis dan Mekanik

Sifat Fisis dan Sifat Mekanik	Berdasarkan pada SNI 01 - 4449 - 2006
Densitas	$>0,84 \text{ g/cm}^3$
Penyerapan Air	$<30\%$
Pengembangan Tebal	$<10\%$
Kuat Lentur	$\geq 20,0 \text{ kgf/cm}^2$
Kuat Tekan	$\geq 204 \text{ kgf/cm}^2$

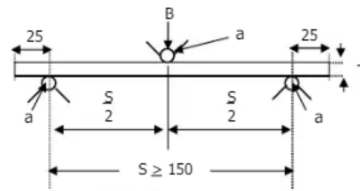
(Sumber : SNI 01 – 4449 – 2006)

2.1.1. Kuat Lentur

Kuat lentur merupakan salah satu sifat mekanik material yang menunjukkan kemampuan suatu bahan dalam menahan beban yang bekerja hingga mengalami patah akibat pembebanan lentur (Sofyan & Sarana, 2022). Parameter ini sangat penting dalam material plafon karena berhubungan langsung dengan kemampuan material dalam menahan beban dan menjaga kestabilan bentuk tanpa mengalami kerusakan.

Pengujian kuat lentur pada plafon menurut SNI 01-4449-2006 dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$Kuat\ Lentur \left(\frac{Kgf}{cm^3} \right) = \frac{3BS}{2LT^2} \dots\dots\dots(1)$$



Gambar 2. 1 Uji Kuat Lentur dan Patah

(Sumber : SNI 01 – 4449 – 2006)

Keterangan Gambar:

- S : Jarak Sangga (cm)
 B : Beban Maksimum (Kgf)
 L : Lebar benda uji (cm)
 T : Tebal benda uji (cm)

2.1.2. Ketahanan Api

Ketahanan api merupakan kemampuan suatu material bangunan dalam menahan pengaruh panas dan api pada temperatur tertentu tanpa mengalami kerusakan yang signifikan. Menurut Sufry, (2025) 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. Pada penelitian ini, ketahanan api pada plafon GRC dianalisis melalui penambahan serbuk kaca dan serat bambu sebagai bahan campuran. 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).

Menurut SNI 1741:2008, ketahanan api suatu material ditinjau berdasarkan tiga parameter utama, yaitu:

1. Stabilitas, yaitu kemampuan material mempertahankan kekuatan dan bentuknya selama pembakaran.
2. Integritas, yaitu kemampuan material mencegah rambatan api dan asap menembus permukaan.

3. Insulasi, yaitu kemampuan material menahan kenaikan temperatur pada sisi yang tidak terkena api.

Nilai ketahanan api ditentukan berdasarkan lamanya waktu material mampu memenuhi ketiga parameter tersebut sebelum mengalami kegagalan. Semakin lama waktu yang dicapai, maka semakin baik tingkat ketahanan api material tersebut. Melalui pengujian ini diharapkan campuran serbuk kaca dan serat bambu pada plafon GRC mampu menghasilkan material yang tidak hanya memiliki kuat lentur yang baik, tetapi juga memiliki ketahanan api yang memenuhi standar keselamatan bangunan.

2.1.3. Densitas (Kerapatan)

Densitas atau kerapatan merupakan salah satu sifat fisik penting pada material, yang menunjukkan perbandingan antara massa dan volume suatu bahan. Terdapat hubungan antara kekuatan plafon dengan kerapatan, menurut (Ririn & Victoria, 2024) peningkatan kerapatan plafon menyebabkan luas kontak antar partikel menjadi lebih besar, sehingga ikatan antar partikel semakin kuat dan kinerja material menjadi lebih baik. Dalam konteks papan serat, densitas berpengaruh terhadap kekuatan, kekakuan, serta daya tahan material terhadap beban dan kondisi lingkungan. Menurut SNI 01-4449-2006 papan serat di klasifikasikan menjadi 3 jenis berdasarkan nilai densitas/kerapatan, hal tersebut sudah dilampirkan pada **Tabel 2. 1** yang menunjukkan tingkat kerapatan berdasarkan jenisnya.

Pengujian densitas pada plafon menurut SNI 01-4449-2006 dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$K = \frac{B}{I} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

K : Kerapatan (g/cm³)

B : Berat benda uji (g)

I : Volume benda uji (cm³)

2.1.4. Penyerapan Air

Penyerapan air merupakan salah satu sifat fisik penting pada material plafon yang menunjukkan kemampuan material dalam menyerap air melalui pori-porinya. Nilai

penyerapan air sangat berpengaruh terhadap kualitas dan ketahanan material, karena semakin tinggi daya serap air, maka material cenderung lebih mudah mengalami kerusakan, seperti pembengkakan, penurunan kekuatan, serta pertumbuhan jamur. Daya serap air ditentukan dengan menimbang massa kering benda uji, kemudian merendamnya dalam air selama 24 jam, dan setelah itu dilakukan penimbangan kembali untuk mengetahui perubahan massanya (Oktaviani & Puryanti, 2020).

Pengujian penyerapan air pada plafon menurut SNI 01-4449-2006 dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$PA(\%) = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

PA : Penyerapan Air (%)

B₁ : Berat benda uji sebelum perendaman (g)

B₂ : Berat benda uji sesudah perendaman (g)

2.2. Klasifikasi Plafon

Plafon memiliki beberapa jenis yang terdiri dari sebagai berikut:

1. Plafon gypsum

Plafon gypsum adalah plafon yang menggunakan bahan gypsum, mineral alami yang membentuk panel ringan dan tahan lama. Jenis plafon ini disukai karena memiliki permukaan halus, mudah dipasang, serta menawarkan estetika yang baik, selain berfungsi sebagai isolator panas dan suara. Plafon gypsum umum dipasang di berbagai bangunan, seperti rumah, kantor, dan gedung komersial (Sihotang et al., 2021). Material pemasangan utamanya terdiri dari papan gypsum, rangka baja ringan, skrup, dan dempul.



Gambar 2. 2 Plafon Gypsum

(Sumber: <https://realestat.id/wpcontent/uploads/2023/04/Material-plafon-gypsum.jpg>)

2. Plafon Kayu

Plafon kayu adalah jenis plafon yang menggunakan bahan kayu atau kayu olahan untuk menutupi langit-langit ruangan, memberikan tampilan alami, hangat, dan estetis yang dapat disesuaikan dengan gaya klasik, rustic, atau modern. Bahan yang digunakan mencakup kayu solid, kayu lapis, atau panel kayu khusus. Keunggulannya meliputi estetika elegan, sifat peredam suara, serta ketahanan yang baik jika dirawat dengan tepat, dan fleksibel untuk berbagai desain interior.



Gambar 2. 3 Plafon Kayu

(Sumber: <https://berita.99.co/harga-plafon-kayu-terbaru>)

3. Plafon PVC (*Polyvinyl Chloride*)

Plafon PVC terbuat dari bahan Polivinil Klorida, yaitu material plastik yang ringan, tahan lama, dan sering menjadi alternatif plafon kayu atau gypsum. Plafon ini cocok untuk ruangan lembap seperti kamar mandi dan dapur karena tahan air, rayap, dan api. Dengan beragam pilihan warna dan tekstur, plafon PVC mudah dipasang, ringan, mudah dibersihkan, dan tersedia dalam berbagai desain.



Gambar 2. 4 Plafon PVC

(Sumber: <https://www.builder.id/harga-plafon-pvc/>)

4. Plafon GRC (*Glassfiber Reinforced Cement*)

Plafon GRC (*Glassfiber Reinforced Cement*) adalah plafon yang terbuat dari campuran serat kaca dan semen, menawarkan kekuatan, daya tahan, serta ketahanan terhadap air dan api. Plafon ini ringan tetapi kokoh, sehingga mampu menahan beban besar, dan cocok digunakan untuk berbagai jenis bangunan, baik di bagian interior maupun eksterior. Karena kemampuannya bertahan dalam kondisi cuaca dan suhu ekstrem, plafon GRC sering dipasang di area lembap seperti kamar mandi dan dapur. Keunggulan utama plafon GRC meliputi ketahanannya terhadap air, api, serta cuaca, selain juga ramah lingkungan.



Gambar 2. 5 Plafon GRC

(Sumber: <https://down-id.img.susercontent.com/file/sg-11134201-7rbn4-lm41cxmw6n0l30>)

Sementara itu, mengacu pada penelitian sebelumnya tentang pemanfaatan serat eceng gondok dan limbah kaca sebagai substitusi semen pada plafon GRC oleh Zahra et al., (2026) digunakan data komposit yang tertera pada **Tabel 2. 3**, **Tabel 2. 4**, dan **Tabel 2. 5** dibawah ini:

Tabel 2. 3 Presentase Campuran

Variasi	Presentase			
	Semen (%)	Sebuk Kaca (%)	Fiber Glass (%)	Seret Eceng Gondok (%)
A	100	-	100	-
B	95	5	85	15
C	90	10	70	30
D	87,5	12,5	55	45

(Sumber: Zahra et al., (2026))

Tabel 2. 4 Job Mix Design

Ukuran Sampel (cm ³)	Variasi	Semen (g)	Serbuk Kaca (g)	Pasir (g)	Air (g)	Fiberglass (g)	Serat Eceng Gondok (g)
10 X 10 X 0,4	A	56,19	-	50,78	16,86	3,87	-
	B	53,38	2,81			3,29	0,58
	C	50,57	5,62			2,71	1,16
	D	49,17	7,02			2,13	1,74
20 X 10 X 0,4	A	112,38	-	121,87	24,69	7,73	-
	B	106,76	5,62			6,57	1,16
	C	101,15	11,24			5,41	2,32
	D	98,34	14,05			4,25	3,48

(Sumber: Zahra et al., (2026))

Tabel 2. 5 Jumlah Sample Pengujian

Pengujian	Variasi A	Variasi B	Variasi C	Variasi D
Uji Kerapatan, Uji Daya Serap Air	3	3	3	3
Uji Kuat Lentur	3	3	3	3
Total Sampel				24

(Sumber: Zahra et al., (2026))

Mengacu pada penelitian sebelumnya tentang Pemanfaatan Limbah Bambu dan Ampas Tebu Sebagai Suibstitusi Serat dalam Pembuatan Plafon GRC oleh Rahmadi & Adil, (2024) digunakan data komposit yang tertera pada **Tabel 2. 6** dan **Tabel 2.7** dibawah ini:

Tabel 2. 6 Job Mix Design

VARIASI	PRESENTASE			JUMLAH BENDA UJI
	FIBERGLASS%	BAMBU%	AMPAS TEBU %	
A	100	10	0	9
B	60	40	0	9
C	80	0	20	9
D	60	30	10	9
E	60	10	30	9

(Sumber: Rahmadi & Adil, (2024))

Tabel 2. 7 Komposisi Rencana Campuran

NO	DIMENSI (mm)	Variasi	Air (ml)	PC (gr)	PS	Serat		
						SFG (gr)	SB (gr)	ST (gr)
1	5 x 5 x 0,6	A	8,1	27	27	1,35	0	0
		B				0,81	0,54	0
		C				1,08	0	0,27
		D				0,81	0,405	0,135
		E				0,81	0,135	0,405
2	10 x 10 x 0,6	A	32,4	54	54	5,4	0	0
		B				3,24	2,16	0
		C				4,32	0	1,08
		D				3,24	1,62	0,54
		E				3,24	0,54	1,62
3	5 x 20 x 0,6	A	32,4	54	54	5,4	0	0
		B				3,24	2,16	0
		C				4,32	0	1,08
		D				3,24	1,64	0,54
		E				3,24	0,54	1,64

(Sumber: Rahmadi & Adil,(2024))

2.3. Semen

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis yang banyak digunakan dalam konstruksi, yang akan mengeras apabila bereaksi dengan air dan membentuk massa padat yang kuat. Semen berfungsi sebagai perekat utama yang mengikat partikel-partikel penyusun, seperti agregat maupun bahan tambahan lainnya, sehingga membentuk suatu kesatuan yang memiliki kekuatan dan kestabilan (Panennungi & Pertiwi, 2018).

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis yang banyak digunakan dalam konstruksi, yang akan mengeras apabila bereaksi dengan air dan membentuk massa padat yang kuat. Semen berfungsi sebagai perekat utama yang mengikat partikel-partikel penyusun, seperti agregat maupun bahan tambahan lainnya, sehingga membentuk suatu kesatuan yang memiliki kekuatan dan kestabilan (Panennungi & Pertiwi, 2018)



Gambar 2. 6 Semen

(Sumber: <https://bela.gratisongkir.id/stores/store-665879510df27/semen-portland-szxz9>)

Mengacu pada SNI No. 15 – 2049 – 2004, semen Portland merupakan jenis semen yang akan mengeras setelah mengalami reaksi kimia dengan air. Semen ini dibuat melalui proses penggilingan klinker, yang sebagian besar tersusun atas senyawa kalsium silikat ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), kemudian dipadukan dengan bahan pengikat lainnya. Semen Portland pertama kali dipatenkan pada tahun 1824 oleh Joseph Aspdin, seorang tukang batu asal Leeds, Inggris. Menurut Fitrianto et al., (2024) semen Portland mengandung berbagai unsur kimia, antara lain kapur (CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3), magnesia (MgO), dan sulfur (SO_3). Pada penelitian ini semen yang digunakan yaitu semen tipe 1 dikarenakan semen tipe 1 tidak membutuhkan perlakuan khusus dalam penelitian.

2.4. Pasir

Pasir merupakan salah satu material bangunan yang terdiri dari butiran halus dengan ukuran berkisar antara 0,0625 mm hingga 2 mm (Ate, 2024). Karakteristik ukuran butiran tersebut menunjukkan bahwa pasir termasuk dalam kategori agregat halus yang berperan penting dalam membentuk struktur campuran material. Pasir umumnya tersusun atas silika (SiO_2) sebagai komponen utama, serta mengandung senyawa lain dalam jumlah kecil seperti alumina (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), kalsium oksida (CaO), dan magnesium oksida (MgO), yang merupakan bagian dari komposisi umum pasir (Bakri et al., 2024). Komposisi kimia tersebut berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik pasir, seperti kekuatan, ketahanan, serta interaksinya dalam campuran material konstruksi.



Gambar 2. 7 Pasir

(Sumber: <https://shopee.co.id/Pasir-kali-progo-1kg-di-ambil-dadakan-i.358768006.13702438600>)

Karena pasir Progo memiliki warna hitam dan butiran yang sangat halus, serta tidak mudah menggumpal saat digenggam, maka pasir ini memenuhi kriteria sebagai agregat halus yang baik. Pemilihan jenis pasir harus disesuaikan dengan persyaratan yang telah ditetapkan dalam SK SNI 03-6821-2002.

2.5. *Fiberglass*

Fiberglass merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam GRC plafon konvensional karena memiliki sifat yang kuat. Serat fiber merupakan serat kaca yang berbentuk halus dan tipis, dengan jenis serat yang banyak digunakan adalah *E-glass*. Serat ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain kuat, ringan, tahan terhadap korosi, serta mampu bertahan pada suhu tinggi dengan kekuatan yang tetap baik. Pengaplikasian serat fiber dalam dunia konstruksi umumnya digunakan pada pembuatan campuran gips, campuran pada pembuatan adukan, campuran material plafon, serta campuran dalam pembuatan panel dinding. Serat fiber ini mengandung beberapa senyawa kimia, seperti silika (silicon dioxide), soda (sodium oxide), kalsium, alumina, dan magnesium.



Gambar 2. 8 *Fiberglass*

(Sumber : https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.Fyw2r-UL9fVGi8scE_LTLwHaE8&pid=Api&P=0&h=180)

2.6. Serbuk Kaca

Serbuk kaca merupakan salah satu material alternatif yang berasal dari limbah kaca dan berpotensi dimanfaatkan dalam bidang konstruksi. Berdasarkan data dari Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) pada tahun 2020, total timbunan sampah di Indonesia mencapai 67,8 juta ton, dengan sekitar 0,7 juta ton di antaranya berupa limbah kaca. Hal ini menunjukkan bahwa limbah kaca memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan kembali guna mengurangi dampak lingkungan.

Secara material, serbuk kaca memiliki kandungan silika (SiO_2) yang tinggi sehingga berpotensi bersifat pozzolanik, yaitu mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida dalam semen dan membentuk senyawa pengikat tambahan (Setiahutama, 2022). Menurut (Sandika et al., 2025) limbah kaca yang diolah menjadi serbuk kaca dapat digunakan sebagai *filler* dalam konstruksi karena mengandung SiO_2 , Na_2O , dan CaO dengan persentase sekitar 70%. Sifat ini menjadikan serbuk kaca dapat digunakan sebagai substitusi parsial semen dalam campuran material konstruksi.

Pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen telah terbukti dapat meningkatkan sifat mekanik material, seperti kuat tekan dan durabilitas, apabila digunakan dalam proporsi yang tepat (Arsasuta & Rochmah, 2024). Selain itu, penggunaan serbuk kaca juga berpengaruh terhadap sifat fisik material, khususnya

dalam menurunkan nilai penyerapan air. Menurut (Refandri, 2023), penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen mampu mengurangi tingkat penyerapan air dibandingkan dengan campuran normal.

Pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen tidak hanya memberikan peningkatan pada sifat mekanik, tetapi juga memperbaiki sifat fisik material. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk kaca memiliki potensi yang besar sebagai material alternatif yang lebih ramah lingkungan dan efisien. Oleh karena itu penggunaan serbuk kaca dalam campuran material konstruksi, khususnya pada plafon, perlu dikaji lebih lanjut guna mengetahui kinerja dan efektivitasnya secara optimal.



Gambar 2. 9 Serbuk Kaca

(Sumber: <https://shopee.co.id/Serbuk-kaca-10-kg-i.26779340.6936809943>)

2.7. Serat Bambu

Bambu merupakan tanaman yang termasuk dalam *famili Poaceae* (rumput-rumputan) dan dikenal sebagai salah satu sumber daya alam yang tumbuh cepat serta mudah ditemukan di wilayah tropis termasuk Indonesia. Secara taksonomi bambu memiliki struktur beruas dengan batang berongga yang kuat dan fleksibel sehingga banyak dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan termasuk bidang konstruksi (Ruru, 2025). Ketersediaannya yang melimpah serta sifatnya yang dapat diperbarui menjadikan bambu sebagai material yang potensial untuk dikembangkan lebih lanjut.

Menurut Akbar et al., (2023) komposisi kimia serat bambu didominasi oleh lignoselulosa dengan kandungan lignin sebesar 18,86% dan hemiselulosa sebesar

18,54%, yang berperan penting dalam memberikan kekuatan dan kekakuan pada struktur serat. Lignin berfungsi sebagai perekat alami yang mengikat serat, sedangkan hemiselulosa membantu menjaga fleksibilitas material. Karakteristik ini menunjukkan bahwa serat bambu memiliki kemampuan sebagai bahan penguat dalam material komposit, serupa dengan fungsi serat fiberglass yang tersusun dari senyawa anorganik seperti silika untuk memberikan kekuatan dan stabilitas.

Pada sebuah penelitian yang di lakukan oleh Akbar et al., (2023) menemukan hasil penggunaan serat bambu, serat fiber, dan bubur kertas semen berpengaruh terhadap nilai kuat lentur, penyerapan air, dan kadar air pada plafon gypsum. Persentase campuran sebesar 2,5% serat bambu, 2,5% serat fiber, dan 2,5% kertas semen menghasilkan nilai kuat lentur dan kadar air yang optimal, sedangkan pada variasi 1,5% serat bambu dan 1,5% serat fiber menghasilkan nilai penyerapan air yang lebih baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa serat bambu memiliki kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan kinerja material sehingga dapat berfungsi sebagai bahan penguat yang sebanding dengan fiberglass. Bahkan, dengan sifatnya yang lebih ramah lingkungan, ringan, serta mudah diperoleh, serat bambu memiliki nilai lebih dibandingkan fiberglass, sehingga berpotensi untuk disubstitusikan sebagai material penguat dalam pembuatan plafon.



Gambar 2. 10 Serat Bambu

(Sumber: <https://down-id.img.susercontent.com/file/id-11134207-7rasa-m2itu2f8t4kjac>)

2.8. Air

Air memiliki peran penting dalam proses pembuatan GRC plafon. Selama pembuatan, air digunakan sebagai media untuk mencampur bahan-bahan seperti

serat *fiberglass*, semen, dan bahan tambahan lainnya hingga membentuk adonan yang homogen. Kelembapan yang diberikan oleh air membantu mengaktifkan sifat-sifat perekat dari semen, sehingga memungkinkan bahan-bahan tersebut menyatu dengan baik. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan air yang bersumber dari PDAM karena air PDAM memiliki kualitas yang relatif bersih dan jernih. Selain itu, air PDAM umumnya tidak mengandung zat berbahaya, minyak, garam, maupun kotoran organik yang dapat mempengaruhi proses hidrasi semen dan kualitas hasil campuran material.



Gambar 2. 11 Air

(Sumber : <https://media.istockphoto.com/id/682676648/id/foto/air-dalam-ember.jpg?s=170667a&w=0&k=20&c=IPVnToEZzZHxgcyDcTzdnsQ5ZTAMsYEtq4l5QyMxce8=>)

2.9. Visualisasi Kuat Lentur Menggunakan Software ANSYS

ANSYS merupakan perangkat lunak berbasis *Finite Element Method* (FEM) yang banyak digunakan untuk menganalisis perilaku struktur dan material secara numerik. Dalam bidang teknik sipil, ANSYS mampu memvisualisasikan respons material terhadap pembebanan sehingga perilaku material dapat diamati secara lebih jelas. 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.

Metode yang digunakan dalam ANSYS adalah *Finite Element Method* (FEM), yaitu metode numerik yang membagi suatu struktur menjadi elemen-elemen kecil sehingga proses analisis menjadi lebih mudah dan efisien. Setiap elemen dianalisis berdasarkan geometri, sifat material, kondisi batas (*boundary condition*), dan beban

yang diberikan. Hasil simulasi kemudian ditampilkan dalam bentuk *Total Deformation*, *Normal Stress*, dan *Maximum Principal Stress*.

Total Deformation menunjukkan besarnya perpindahan atau perubahan bentuk yang terjadi pada material akibat pembebanan. Nilai *total deformation* sering dilaporkan dalam milimeter dan bergantung pada sifat material, kondisi beban, dan desain struktural (Atiyah et al., 2024). Parameter ini digunakan untuk mengetahui daerah yang mengalami deformasi terbesar sehingga dapat memberikan gambaran mengenai kekakuan struktur terhadap beban lentur. Semakin kecil nilai *Total Deformation*, semakin tinggi kemampuan material dalam mempertahankan bentuknya saat menerima beban.

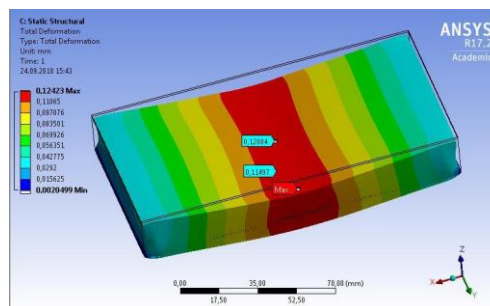
Normal Stress merupakan tegangan yang bekerja tegak lurus terhadap bidang penampang material akibat pembebanan lentur. Visualisasi *normal stress* menggunakan ANSYS mampu menunjukkan distribusi tegangan normal pada struktur secara jelas, sehingga daerah yang mengalami tegangan maksimum maupun minimum dapat diidentifikasi dengan mudah (Yi et al., 2014). Parameter ini digunakan untuk mengetahui distribusi tegangan tarik dan tekan yang terjadi pada benda uji. Nilai *Normal Stress* membantu mengidentifikasi bagian material yang menerima tegangan terbesar sehingga dapat diperkirakan lokasi yang berpotensi mengalami kerusakan.

Maximum Principal Stress adalah nilai tegangan utama maksimum yang terjadi pada suatu titik tanpa adanya pengaruh tegangan tarik. Distribusi *Maximum Principal Stress* digunakan untuk mengidentifikasi lokasi konsentrasi tegangan tarik maksimum serta memprediksi arah awal perambatan retak pada material (Liu et al., 2019). Parameter ini menunjukkan kondisi tegangan paling kritis yang dialami material dan sering digunakan untuk mengidentifikasi daerah yang memiliki potensi terbesar mengalami retak atau kegagalan akibat pembebanan.

Pada penelitian ini, ANSYS Workbench 2020 R2 digunakan untuk memvisualisasikan pembebanan kuat lentur pada plafon GRC dengan campuran serbuk kaca dan serat bambu. Kondisi pembebanan dibuat menyerupai pengujian kuat lentur di laboratorium sehingga distribusi *Total Deformation*, *Normal Stress*, dan *Maximum Principal Stress* dapat diamati secara visual. Visualisasi tersebut

memberikan gambaran mengenai besarnya deformasi, distribusi tegangan normal, serta lokasi tegangan utama maksimum yang berpotensi menjadi titik awal kerusakan pada benda uji.

Penggunaan ANSYS pada penelitian ini memberikan kemudahan dalam memahami perilaku mekanis plafon GRC melalui visualisasi *Total Deformation*, *Normal Stress*, dan *Maximum Principal Stress*. Dengan demikian, hasil visualisasi dapat mendukung interpretasi hasil pengujian kuat lentur di laboratorium serta memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai respons plafon GRC terhadap pembebanan lentur.



Gambar 2. 12 Simulasi pengujian kuat lentur menggunakan ANSYS

(Sumber: <https://innovationspace.ansys.com/forum/forums/topic/three-point-bending/>)

2.10. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan kajian literatur terdahulu, pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dan serat bambu sebagai pengganti serat fiberglass telah banyak diteliti karena memiliki potensi dalam meningkatkan kinerja material sekaligus mendukung konsep ramah lingkungan. Dari berbagai penelitian yang telah dikaji, diperoleh beberapa hasil yang relevan dengan bidang konstruksi, khususnya pada material plafon. Oleh karena itu, penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam penelitian ini disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2. 8 Penelitian Terdahulu

No	Nama Author	Tahun	Judul	Variable Yang Diteliti	Metode	Hasil Temuan Peneliti
1	Lestari	2022	“Pengaruh Variasi Campuran Serat Bambu Pada Kuat Tekan Beton Serat.”	Serat bambu dalam campuran beton	Metode penelitian dilakukan dengan menggunakan benda uji beton silinder berukuran 15 cm × 30 cm dengan variasi serat bambu sebesar 0%, 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5%. Setiap variasi diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan total 45 sampel. Pengujian meliputi slump test untuk workability dan uji kuat tekan menggunakan Compression Testing Machine (CTM).	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat bambu 1% menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 28,01 MPa atau meningkat 10,97% dibanding beton normal sebesar 25,24 MPa. Namun, penambahan serat bambu 1,5%–2,5% menyebabkan penurunan kuat tekan sehingga penggunaan serat bambu perlu dalam jumlah optimal agar sifat mekanik material tetap baik.
2	Simanjuntak & Lubis	2022	“Pengaruh Penambahan Serat Bambu Terhadap Kuat Tekan Beton”	Variasi penambahan serat bambu (0%, 1%, 2%, 3%) terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton	Metode eksperimen laboratorium dengan pembuatan beton serat menggunakan variasi penambahan serat bambu sebesar 0%, 1%, 2%, dan 3% terhadap berat semen, kemudian dilakukan pengujian slump, kuat tekan, dan kuat tarik belah beton sesuai SNI.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat bambu 1% menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 28,3 MPa atau meningkat 11,31%, sedangkan kuat tarik tertinggi sebesar 12,4 MPa diperoleh pada variasi 2%. Namun, pada penambahan 2% dan 3% terjadi penurunan kuat tekan akibat menurunnya workabilitas dan terbentuknya rongga (void) dalam beton. Selain itu, serat bambu juga mampu

No	Nama Author	Tahun	Judul	Variable Yang Diteliti	Metode	Hasil Temuan Peneliti
						meningkatkan ketahanan retak beton.
3	Jamal et al	2023	“Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton”	Serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen pada beton	Metode penelitian dilakukan secara eksperimen di laboratorium dengan variasi substitusi serbuk kaca sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% pada umur beton 7 dan 28 hari. Pengujian meliputi slump test dan uji kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi serbuk kaca 10% menghasilkan kuat tekan optimum sebesar 26,30 MPa pada umur 28 hari. Penambahan serbuk kaca 5%, 10%, dan 15% meningkatkan kuat tekan beton dibanding beton normal, sedangkan variasi 20% mengalami penurunan kuat tekan.
4	Akbar et al	2023	“Pemanfaatan Limbah Kertas Semen, Serat Bambu, dan Serat Fiber Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Plafon Gypsum”	Serat bambu, serat fiber, dan limbah kertas semen sebagai bahan campuran plafon gypsum	Penelitian ini menggunakan metode eksperimen pada pembuatan plafon gypsum dengan penambahan serat bambu, serat fiber, dan bubur kertas. Variasi campuran yang digunakan yaitu serat bambu 0%, 1,5%, 2%, dan 2,5%, serat fiber 0%, 1,5%, 2%, dan 2,5%, serta kertas semen 0%, 2%, dan 2,5% untuk menghasilkan plafon gypsum ramah lingkungan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat lentur tertinggi diperoleh pada variasi F sebesar 138,89 kgf/cm ² dan terendah pada variasi A sebesar 64,30 kgf/cm ² . Penyerapan air terbaik terdapat pada variasi B sebesar 9,09%, sedangkan kadar air terbaik pada variasi E dan F sebesar 3,45%. Seluruh sampel juga memenuhi standar visual SNI 01-4449-2006 dengan ketebalan 0,9 cm.
5	Arsasuta & Rochmah.	2024	“Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai	Serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen pada beton alir	Metode penelitian dilakukan secara eksperimen dengan variasi serbuk kaca sebesar	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan optimum diperoleh pada variasi serbuk

No	Nama Author	Tahun	Judul	Variable Yang Diteliti	Metode	Hasil Temuan Peneliti
			Substitusi Parsial Semen terhadap Kuat Tekan Beton Alir”		0%, 6%, 8%, 10%, dan 12% serta penambahan superplasticizer 1,5%. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, 21, dan 28 hari menggunakan benda uji silinder berukuran 15 × 30 cm.	kaca 8% dengan kuat tekan sebesar 25,61 MPa pada umur 28 hari. Penambahan serbuk kaca mampu meningkatkan kuat tekan beton, namun pada variasi 10% dan 12% terjadi penurunan kuat tekan beton.
6	Kartina et al	2024	Penggunaan serat bambu sebagai bahan tambah pada beton.	Variasi penambahan serat bambu (3% dan 5%) terhadap kuat tekan beton	Metode kuantitatif dengan eksperimen laboratorium melalui pembuatan beton normal menggunakan variasi penambahan serat bambu sebesar 3% dan 5%, kemudian dilakukan pengujian slump dan kuat tekan beton umur 28 hari.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton normal memiliki kuat tekan sebesar 27,244 MPa, sedangkan beton dengan penambahan serat bambu 3% dan 5% masing-masing sebesar 24,444 MPa dan 22,533 MPa. Penambahan serat bambu menyebabkan penurunan kuat tekan, namun beton masih memenuhi mutu yang direncanakan. Selain itu, serat bambu dapat meningkatkan ketahanan retak dan ketangguhan beton.
7	Rahmadi & Adil	2024	“Pemanfaatan Limbah Bambu dan Ampas Tebu Sebagai	Serat bambu dan ampas tebu sebagai substitusi fiberglass terhadap kerapatan, penyerapan air,	Metode studi literatur dan eksperimen laboratorium dengan variasi job mix A (100% fiberglass), B (60% fiberglass : 40% serat	Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi D dengan komposisi 60% fiberglass, 30% serat bambu, dan 10% ampas tebu menghasilkan nilai terbaik

No	Nama Author	Tahun	Judul	Variable Yang Diteliti	Metode	Hasil Temuan Peneliti
			Suibstitusi Serat dalam Pembuatan Plafon GRC.”	pengembangan tebal, kuat lentur, ketahanan api, dan biaya produksi plafon GRC	bambu), C (80% fiberglass : 20% ampas tebu), D (60% fiberglass : 30% serat bambu : 10% ampas tebu), dan E (60% fiberglass : 10% serat bambu : 30% ampas tebu), kemudian dilakukan pengujian kerapatan, penyerapan air, pengembangan tebal, kuat lentur, ketahanan api, dan analisis biaya produksi berdasarkan SNI 01-4449-2006.	dengan kerapatan sebesar 1,65 gr/cm ³ , kuat lentur sebesar 38.787 kgf/cm ² , dan ketahanan api sebesar 0,121 mm/s. Selain itu, plafon inovasi memenuhi standar SNI 01-4449-2006 serta memiliki biaya produksi lebih ekonomis dibanding plafon GRC konvensional.
8	Haekal et al	2024	“Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Peningkatan Waterproofing pada Bahan Tambah Cat”	Serbuk kaca sebagai bahan tambah terhadap sifat waterproofing (ketahanan air) pada cat	Metode eksperimen laboratorium dengan pembuatan campuran cat menggunakan variasi penambahan serbuk kaca, kemudian dilakukan pengujian daya serap air dan kemampuan waterproofing material.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk kaca mampu meningkatkan sifat waterproofing pada cat, sehingga material menjadi lebih tahan terhadap penetrasi air. Hal ini disebabkan oleh kandungan silika pada serbuk kaca yang dapat memperbaiki kerapatan dan mengurangi porositas material.
9	Pranadiarso et al	2025	“Beton Hijau Pemanfaatan Sampah Non Organik Tutup Botol	Tutup botol “kempyeng” dan serbuk kaca sebagai substitusi parsial beton	Metode penelitian dilakukan secara eksperimen dengan variasi campuran kempyeng sebesar 0%, 2%, 4%, 5%, dan 7%, serta serbuk kaca	Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi optimum diperoleh pada campuran 4% kempyeng dan 5% serbuk kaca dengan kuat tekan beton sebesar

No	Nama Author	Tahun	Judul	Variable Yang Diteliti	Metode	Hasil Temuan Peneliti
			“Kempyeng” dan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Substitusi Parsial Beton”		sebesar 0%, 5%, dan 8%. Pengujian dilakukan pada benda uji silinder berukuran 15×30 cm dengan pengujian kuat tekan beton umur 7 dan 28 hari serta berat volume beton.	26,92 MPa pada umur 28 hari dan berat volume $2360,7 \text{ kg/m}^3$. Campuran tersebut meningkatkan kuat tekan sebesar 6,65% dibanding beton normal.
10	Zahra et al	2026	<i>“Water Hyacinth Fiber and Glass Powder in Eco-Based GRC Ceiling Production”</i>	Serat eceng gondok sebagai substitusi fiberglass dan serbuk kaca sebagai substitusi semen terhadap kerapatan, daya serap air, dan kuat lentur plafon GRC	Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variasi penambahan serat eceng gondok sebesar 0%, 15%, 30%, dan 45% dari berat total campuran kering serta serbuk kaca sebesar 0%, 5%, 10%, dan 12,5% dari berat semen. Komposisi campuran terdiri atas pasir, semen, fiberglass, dan air pada pembuatan benda uji plafon GRC.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi optimum terdapat pada campuran 30% serat eceng gondok dan 10% serbuk kaca dengan nilai kerapatan $1,87 \text{ g/cm}^3$ dan kuat lentur $87,149 \text{ kgf/cm}^2$. Nilai daya serap air terbaik diperoleh pada campuran 15% serat eceng gondok dan 5% serbuk kaca sebesar 12,4%. Selain itu, penggunaan material limbah juga mampu menurunkan biaya produksi dibandingkan plafon GRC konvensional.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dikaji pada **Tabel 2.8**, penggunaan serat bambu sebagai bahan tambah pada material konstruksi diketahui mampu meningkatkan sifat mekanik material apabila digunakan dalam jumlah optimum. Penelitian yang dilakukan oleh Lestari (2022) menunjukkan bahwa penambahan serat bambu sebesar 1% pada beton mampu meningkatkan kuat tekan hingga 28,01 MPa atau naik sebesar 10,97% dibandingkan beton normal. Namun, pada variasi yang lebih tinggi terjadi penurunan kekuatan akibat menurunnya workabilitas campuran. Hasil serupa juga ditunjukkan oleh Simanjuntak dan Lubis (2022) yang menyatakan bahwa penambahan serat bambu sebesar 1% menghasilkan kuat tekan optimum sebesar 28,3 MPa, sedangkan kuat tarik tertinggi diperoleh pada variasi 2%. Selain meningkatkan kekuatan, serat bambu juga mampu meningkatkan ketahanan retak material.

Selain serat bambu, penggunaan serbuk kaca sebagai bahan substitusi parsial semen juga memberikan pengaruh positif terhadap sifat mekanik material berbasis semen. Penelitian Jamal et al. (2023) menunjukkan bahwa substitusi serbuk kaca sebesar 10% menghasilkan kuat tekan optimum sebesar 26,30 MPa pada umur 28 hari. Penelitian Arsasuta dan Rochmah (2024) juga menunjukkan bahwa penambahan serbuk kaca sebesar 8% mampu meningkatkan kuat tekan beton alir hingga mencapai 25,61 MPa. Peningkatan tersebut terjadi karena kandungan silika pada serbuk kaca dapat memperbaiki kepadatan material dan mengurangi porositas. Namun, penggunaan serbuk kaca dalam jumlah berlebih justru menyebabkan penurunan kekuatan material.

Penelitian terkait penggunaan serat alami pada plafon juga telah dilakukan oleh Akbar et al. (2023) melalui pemanfaatan serat bambu, serat fiber, dan limbah kertas semen pada plafon gypsum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat mampu meningkatkan kuat lentur plafon hingga mencapai 138,89 kgf/cm² serta memenuhi standar visual SNI 01-4449-2006. Selain itu, Rahmadi dan Adil (2024) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah bambu dan ampas tebu sebagai substitusi fiberglass pada plafon GRC. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa variasi campuran 60% fiberglass, 30% serat bambu, dan 10% ampas tebu menghasilkan kuat lentur terbaik sebesar 38,787 kgf/cm² serta

memiliki ketahanan api yang baik dan biaya produksi lebih ekonomis dibanding plafon GRC konvensional.

Penelitian lain oleh Zahra et al., (2026) mengenai pemanfaatan serat eceng gondok dan limbah kaca sebagai substitusi semen pada plafon GRC menunjukkan bahwa penggunaan material limbah mampu meningkatkan kuat lentur plafon hingga 87,149 kgf/cm² serta menurunkan biaya produksi. Sementara itu, Haekal et al. (2024) menyatakan bahwa penambahan serbuk kaca mampu meningkatkan sifat waterproofing material karena kandungan silika yang dapat memperbaiki kerapatan dan mengurangi porositas material.

Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu tersebut dapat diketahui bahwa serat bambu dan serbuk kaca memiliki potensi besar sebagai bahan tambah atau substitusi pada material konstruksi karena mampu meningkatkan sifat mekanik dan karakteristik material tertentu. Namun, penelitian mengenai optimalisasi plafon GRC dengan kombinasi campuran serbuk kaca dan serat bambu terhadap kuat lentur dan ketahanan api masih terbatas. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya menggunakan pengujian laboratorium tanpa dilakukan validasi numerik menggunakan software simulasi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan inovasi plafon GRC dengan campuran serbuk kaca dan serat bambu serta melakukan analisis kuat lentur menggunakan software ANSYS sebagai pembandingan dan validasi hasil pengujian laboratorium sehingga diharapkan diperoleh hasil penelitian yang lebih komprehensif dan akurat.