

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton sebagai Bahan Konstruksi

Beton adalah bahan komposit yang dibentuk dari kombinasi agregat halus, agregat kasar, semen, dan air. Setelah dipadatkan dan di-*curing*, beton akan mengeras menjadi struktur yang solid dan kuat. Material ini digunakan secara luas dalam berbagai proyek konstruksi, mulai dari gedung hingga infrastruktur, karena memiliki kekuatan tinggi, daya tahan yang baik, serta kemudahan dalam pembentukan sesuai dengan desain yang diinginkan (Sari, 2020).

Beton juga sering kali dikombinasikan dengan material lain untuk memperbaiki sifat mekanis dan fisiknya. Misalnya, penambahan bahan *pozzolan*, serat plastik, atau material lainnya digunakan untuk meningkatkan daya tahan beton terhadap lingkungan yang keras. Penelitian oleh Fatimah dkk. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan bahan *pozzolan* seperti abu tempurung kelapa dapat meningkatkan kekuatan dan daya tahan beton terhadap serangan lingkungan, sekaligus mengurangi penggunaan semen Portland.

2.2 Genteng Beton

Berdasarkan standar BSN-SNI 0096:2007, genteng beton merupakan elemen atap yang terbuat dari bahan beton dan dibentuk mengikuti ukuran yang telah ditentukan⁸. Pembuatan genteng beton dilakukan dengan mencampurkan semen, pasir, dan air hingga merata, kemudian diaduk hingga menghasilkan campuran yang *homogen* sebelum dicetak. Selain menggunakan semen dan pasir, genteng beton juga dapat dibuat dengan menambahkan Kaca sebagai bahan campuran. Proses pembuatannya dapat dilakukan melalui dua metode sederhana, yaitu secara manual tanpa menggunakan alat *press*, atau secara mekanik dengan metode pengepresan. Selain itu, elemen konstruksi untuk atap dibuat dari campuran semen

portland atau material sejenis, agregat, dan air, yang dapat diberi warna dengan atau tanpa tambahan pigmen (Rizkiana, 2021) .



Gambar 2.1 Genteng Beton
(Sumber : Google Photos)

2.2.1 Ukuran Genteng Beton

Dimensi genteng beton diatur dalam standar SNI 0096:2007, yang mencakup berbagai ukuran sesuai kebutuhan aplikasi konstruksi.

Tabel 2.1 Ukuran Genteng Beton

No.	Genteng Beton		Persyaratan
1.	Ketebalan	Rata	$\geq 8 \text{ mm}$
		Penumpangan	$\geq 6 \text{ mm}$
2.	Kaitan	Panjang	$\geq 30 \text{ mm}$
		Lebar	$\geq 12 \text{ mm}$
		Tinggi	$\geq 9 \text{ mm}$
3.	Penumpangan	Kedalaman Alur	$\geq 3 \text{ mm}$
		Lebar	$\geq 25 \text{ mm}$
		Jumlah Alur	$\geq 1 \text{ buah}$

(Sumber : SNI 0096:2007)

2.3 Abu Tempurung Kelapa

Abu tempurung kelapa adalah hasil dari pembakaran tempurung kelapa yang sering kali merupakan limbah pertanian. Material ini dikenal sebagai bahan *pozzolan* alami yang memiliki kandungan silika tinggi, menjadikannya potensi untuk

digunakan dalam industri konstruksi, khususnya sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Suhendra dan Damayanti (2022), abu tempurung kelapa memiliki kandungan silika (SiO_2) yang bermanfaat dalam meningkatkan kekuatan dan ketahanan beton.



Gambar 2.2 Abu Tempurung Kelapa
(Sumber : Google Photos)

Abu tempurung kelapa tidak hanya membantu dalam meningkatkan sifat mekanis beton, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan dengan memanfaatkan limbah yang seharusnya dibuang. Dengan demikian, penggunaan abu tempurung kelapa dalam campuran beton dapat mengurangi kebutuhan akan semen Portland, yang memiliki dampak lingkungan yang signifikan dalam proses produksinya (Haryono et al., 2021).

2.3.1 Kandungan Kimia dan Sifat Fisik Abu Tempurung Kelapa

Abu tempurung kelapa mengandung senyawa-senyawa penting yang berkontribusi terhadap sifat *pozzolanik*nya, seperti silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan oksida besi (Fe_2O_3). Menurut (Putra et al., 2022) abu tempurung kelapa memiliki kandungan silika yang berkisar antara 60% hingga 70%, yang merupakan komponen utama yang berkontribusi terhadap reaksi *pozzolan*. Abu tempurung kelapa juga memiliki distribusi partikel halus yang memungkinkan pengisian rongga-rongga mikro dalam campuran beton, sehingga meningkatkan densitas dan mengurangi permeabilitas air.

2.3.2 Pengaruh Abu Tempurung Kelapa terhadap Sifat Mekanis Beton

Penelitian yang dilakukan oleh Siregar, dkk. (2023) mengkaji efek penggunaan abu tempurung kelapa sebagai bahan *pozzolan* pada kekuatan tekan dan fleksibilitas beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan substitusi abu tempurung kelapa memiliki kekuatan tekan yang lebih baik dibandingkan beton normal setelah umur 28 hari. Selain itu, penambahan abu tempurung kelapa juga memperbaiki sifat-sifat mekanis lainnya, seperti ketahanan terhadap retak dan kekakuan beton¹³. Hal ini terutama disebabkan oleh peningkatan densitas dan pengurangan porositas yang dihasilkan dari partikel abu yang sangat halus dan sifat *pozzolanik* aktif dari abu tempurung kelapa.

2.4 Kaca

Kaca merupakan produk industri kimia yang terbuat dari kombinasi berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap. Proses pembuatan kaca melibatkan dekomposisi dan peleburan senyawa alkali, alkali tanah, pasir, dan bahan lainnya. Keunikan sifat kaca membedakannya dari jenis keramik lain, yang terutama terpengaruh oleh karakteristik silika (SiO_2) dan cara pembentukannya (Nursyamsi et al., 2016). Bubuk kaca memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan pengisi pori lainnya, yaitu :

1. Sifat tidak menyerap air : Bubuk kaca memiliki karakteristik *zero water absorption*, yang berarti ia tidak menyerap air.
2. Ketahanan terhadap abrasi : Kekerasan bubuk kaca meningkatkan ketahanan beton terhadap abrasi, merupakan sifat yang dapat dicapai oleh beberapa jenis agregat alami.
3. Peningkatan kualitas beton : Dengan menggunakan bubuk kaca, komposisi beton segar dapat diperbaiki, sehingga memungkinkan pencapaian kekuatan tinggi tanpa memerlukan *superplasticizer*.
4. Sifat *pozzoland* : Bubuk kaca berkualitas tinggi memiliki sifat *pozzoland*, sehingga dapat berperan sebagai pengganti semen dan sebagai *filler*.

Bahan baku kaca terdiri dari dua kategori yaitu bahan utama dan bahan tambahan. Bahan utama adalah komponen esensial dalam setiap proses pembuatan kaca, sedangkan bahan tambahan dapat ditambahkan sesuai kebutuhan, tergantung pada jenis kaca yang diinginkan (Mediastika, 2021). Bahan utama kaca adalah sebagai berikut :

1. Pasir Kuarsa atau Pasir Silika (SiO_2)

Meskipun disebut pasir, pasir yang digunakan untuk membuat kaca berbeda dari pasir yang digunakan dalam konstruksi. Pasir ini merupakan kuarsa murni dengan kemurnian SiO_2 yang sangat tinggi, berkisar antara 99,1% hingga 99,7%. Dalam pembuatan barang pecah belah, kandungan besi dalam pasir kuarsa harus dijaga agar tidak melebihi 0,45%, sedangkan untuk kaca optik, kandungan besi harus kurang dari 0,015%.

2. Natrium oksida (Na_2O)

Natrium oksida yang digunakan dalam pembuatan kaca biasanya didapatkan dari beberapa sumber seperti soda abu padat (Na_2CO_3), natrium bikarbonat (NaHCO_3), atau natrium nitrat (NaNO_3). Natrium nitrat berperan penting dalam proses ini karena membantu mengoksidasi kandungan besi yang ada dalam bahan mentah dan mempercepat proses peleburan.

3. Kalsium oksida (CaO)

Kalsium oksida yang lebih dikenal sebagai kapur tohor atau gamping, didapatkan dari dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$).

4. Dolomite ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)

Dolomit merupakan jenis batuan kapur yang memiliki kandungan karbonat di bawah 50 persen. Biasanya, bubuk dolomit hadir dalam warna putih keabu-abuan, kebiruan, atau coklat pucat. Dolomit menduduki tingkat kekerasan antara 3,5 hingga 4 pada skala Mohs, serta memiliki berat jenis 2,8 sampai 2,9, dengan butiran berukuran sedang yang mudah menyerap kelembapan dan mudah dipecahkan. Dalam proses produksi kaca, dolomit berperan untuk meningkatkan kekuatan material tersebut, membuatnya lebih tahan terhadap bahan kimia, serta mengurangi kemungkinan terjadinya devitrifikasi atau pembentukan kristal.

5. *Feldspar*

Feldspar adalah istilah yang merujuk pada kelompok mineral yang terdiri dari silikat alumino dari kalium, natrium, dan kalsium. Mineral ini biasa ditemukan dalam batuan beku, batuan vulkanik, serta batuan metamorf. *Feldspar* mempunyai tingkat kekerasan antara 6 hingga 6,5 pada skala Mohs dan berat jenis berkisar antara 2,4 hingga 2,8. Secara umum, warna *feldspar* bervariasi, termasuk putih keabu-abuan, merah jambu, coklat kekuningan, dan kehijauan.

Selain bahan utama yang telah dijelaskan sebelumnya, proses pembuatan kaca juga dapat mencakup bahan-bahan tambahan yang memiliki peran untuk meningkatkan mutu dan memperlancar metode. Beberapa bahan tambahan tersebut meliputi:

1. Asam Borat atau Boraks

Asam borat, yang sering dinamakan sebagai boraks atau natrium tetraborat, bukanlah bahan yang umum dipakai dalam produksi jendela kaca atau lembaran. Namun, sekarang ini, asam borat banyak dipakai dalam beberapa tipe kaca kemasan. Kaca borat memiliki tingkat dispersi yang lebih rendah dan indeks refraksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kaca standar. Biasanya, kaca borat dipakai pada aplikasi optik karena kemampuannya dalam meningkatkan *fluks*. *Fluks* adalah kemampuan untuk menghindari terbentuknya lapisan oksidasi, yang pada gilirannya meningkatkan daya tahan kaca terhadap reaksi kimia.

2. *Cullet*

Cullet yaitu pecahan kaca yang asalnya dari produk yang tidak memenuhi standar kualitas. Perannya dalam pembuatan kaca adalah untuk menurunkan suhu leleh bahan baku utama. Idealnya, jumlah *cullet* yang dimasukkan tidak lebih dari 25% dari total bahan baku. Jika terlalu banyak digunakan, seperti lebih dari 65%, ini dapat menyebabkan peningkatan viskositas dan retardasi, yang dapat menghasilkan cacat seperti gelembung dalam kaca.

2.5 Kualitas Genteng Beton Menurut SNI 0096:2007

Kualitas genteng beton diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 0096:2007. Pembahasan difokuskan pada persyaratan teknis yang harus dipenuhi, seperti beban lentur, daya serap air, dan rembesan air, sebagai acuan dalam menilai kelayakan dan mutu genteng beton yang dihasilkan. Genteng beton memiliki kualitas yang harus terpenuhi sesuai dengan SNI 0096:2007, antara lain:

a. Sifat Tampak Genteng Beton

Sifat tampak genteng beton, menurut SNI 0096:2007 harus memiliki permukaan yang baik, tidak ada cacat fisik serta keretakan yang dapat mempengaruhi fungsinya.

b. Dimensi Genteng Beton

Mengacu pada standar PUBI-1982, genteng beton harus mempunyai ukuran dan dimensi yang seragam. Hal tersebut karena proses pemasangan genteng beton pada rangka atap dilakukan secara cermat dan teratur, dengan tujuan untuk mencegah masuknya air maupun elemen lain yang berpotensi merusak genteng. Panjang efektif dari genteng beton sendiri diukur berdasarkan jarak reng dari bagian terluar genteng.

Tabel 2.2 Dimensi Genteng Beton

No.	Genteng Beton		Persyaratan
1.	Ketebalan	Rata	$\geq 8 \text{ mm}$
		Penumpangan	$\geq 6 \text{ mm}$
2.	Kaitan	Panjang	$\geq 30 \text{ mm}$
		Lebar	$\geq 12 \text{ mm}$
		Tinggi	$\geq 9 \text{ mm}$
3.	Penumpangan	Kedalaman Alur	$\geq 3 \text{ mm}$
		Lebar	$\geq 25 \text{ mm}$
		Jumlah Alur	$\geq 1 \text{ buah}$

Sumber: SNI 0096:2007

c. Beban Lentur Genteng Beton

Dalam SNI 0096:2007 juga mengatur mengenai beban lentur minimal yang harus terpenuhi.

Tabel 2.3 Beban Lentur Genteng Beton

T. Profil	Interlock						Genteng
Genteng	Profil Genteng				Rata Genteng		non
(mm)	Tinggi > 20		20 ≥ tinggi ≥ 5		Tinggi ≥ 5		Interlock
L.							
Penutup	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	-
(cm)	30	20	30	20	30	20	
Beban							550
Lentur	2000	1400	1400	1000	1200	800	
(N)							

Sumber: SNI 0096:2007

d. Kerataan Genteng Beton

Guna membuktikan permukaan genteng beton rata secara optimal, pengujian dilakukan dengan toleransi tidak melebihi 3 mm, sesuai dengan standar SNI 0096:2007. Proses pengujian dilakukan dengan meletakkan genteng beton di atas pelat datar, kemudian ditekan hingga menempel. Setelah itu, batang baja dimasukkan ke celah antara genteng dan pelat untuk mengukur kerataannya, dan hasil pengukuran tersebut dicatat. Tingkat kerataan genteng beton sangat penting agar saat proses pemasangan, permukaan genteng terlihat rapi dan tidak menimbulkan perbedaan ketinggian yang mencolok.

e. Penyerapan Air (Porositas) Genteng Beton

Porositas merupakan salah satu hal penting yang digunakan untuk menilai kemampuan suatu material dalam menahan atau menyimpan air pada rongga-rongga di dalamnya. Selain itu, porositas juga menggambarkan tingkat daya serap air dari suatu material, seperti batuan. Mengacu pada SNI 0096:2007, nilai porositas dinyatakan dalam bentuk persentase, yang diperoleh dengan membandingkan antara volume ruangan yang kosong dengan total volume batuan yang kemudian dikalikan dengan 100. Dalam hal ini, genteng beton

yang berkualitas, semestinya mempunyai angka serap air yang tidak lebih dari 10%.

f. Impermeabilitas (Rembesan Air) Genteng Beton

Genteng beton yang berkualitas tidak boleh terjadi rembesan di permukaan bawah genteng dalam jangka waktu 20 jam $\pm$ 5 menit. Adapun genteng beton tidak boleh ada tetesan air dari permukaan bagian bawah genteng.

2.6 Penelitian Terdahulu

Pemanfaatan limbah serbuk kaca dan abu tempurung kelapa sebagai bahan dalam industri konstruksi, khususnya pada pembuatan genteng beton, telah banyak diteliti sebelumnya. Berbagai penelitian terdahulu mengenai penggunaan kedua material tersebut sebagai bahan alternatif dalam konstruksi menjadi landasan dan referensi penting bagi pengembangan penelitian lebih lanjut di bidang ini.

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

Nama Author	Tahun	Metode	Intisari
Cintia Pratiwi, dkk	2014	Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan bahan tambah serbuk kaca sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Gap: Substitusi pasir dengan serbuk kaca sebesar 0%, 7,5%, dan 10%.	Komposisi serbuk kaca 0%, 5%, 10%, dan 15%. Nilai rembesan : 41%, 37%, 31%, dan 28% Beban lentur : 50 kg, 62 kg, 72 kg, 63 kg
J.D. Armando <i>et al.</i>	2021	Penelitian eksperimental dengan menentukan komposisi bahan terdiri dari 1 kg semen, 0,75 kg semen warna, 0,1 kg sabut kelapa, 2,25 kg abu tempurung kelapa, dan 1 kg pasir	Dari 10 sampel, sampel ke 8 merupakan yang terbaik. Dengan hasil Lebih ringan 1,10 kg (4,45 kg dengan 5,55 kg) Kuat tekan lebih tinggi (0,022 Mpa dengan 0,012 Mpa) Penyerapan air lebih rendah (0,25 kg dengan 0,75 kg)

Nama Author	Tahun	Metode	Intisari
Sandy Putra	2022	Penelitian eksperimental dengan menambahkan serbuk kaca sebesar 0%, 3,75%, 5%, 7%, dan 8%. Gap : Substitusi pasir dengan serbuk kaca sebesar 0%, 7,5%, dan 10%.	Penambahan limbah serbuk kaca sebagai substitusi parsial pasir pada genteng beton memengaruhi sifat mekanis dan fisik genteng. Variasi kadar serbuk kaca 3,75% menghasilkan kinerja optimum dengan peningkatan kuat tekan dan kuat lentur dibandingkan campuran normal, sedangkan penambahan di atas kadar optimum menyebabkan penurunan kekuatan.
Dzikriya Ahmad Arkhanditya, dkk	2024	Penelitian eksperimental dengan penambahan serbuk kaca sebesar 10%. Menggunakan FAS 0,35. Gap : Substitusi pasir dengan serbuk kaca sebesar 0%, 7,5%, dan 10% dan FAS yang digunakan 0,485.	Komposisi penambahan serbuk kaca 10% Tidak terjadi rembesan Sifat tampak memenuhi SNI 0096:2007 Beban lentur : 1562,25 N dan 1751,43 N Penyerapan air : 6,675% dan 7,093%

Berdasarkan Tabel 2.4, menunjukkan bahwa belum terdapat penelitian yang secara khusus mengkaji penggabungan serbuk kaca dan abu tempurung kelapa secara simultan dalam pembuatan genteng beton sebagai substitusi material. Penelitian terdahulu umumnya masih berfokus pada penggunaan serbuk kaca sebagai pengganti bahan tambah agregat halus. Pada penelitian ini, serbuk kaca sebagai bahan substitusi agregat halus memiliki ukuran partikel yang disesuaikan dengan pasir. Serbuk kaca juga memiliki daya serap air yang sangat rendah, sehingga dapat membantu mengurangi potensi rembesan pada genteng beton. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh (Pratiwi et al., 2014) menunjukkan bahwa semakin tinggi serbuk kaca yang digunakan dalam campuran genteng beton, maka semakin menurun tingkat rembesan air yang terjadi. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Dzikriya Ahmad Arkhanditya et al., 2024) mendapatkan hasil penambahan serbuk kaca sebanyak 10% menghasilkan nilai beban lentur genteng beton sebesar 1562,25 N dan 1751,43 N.

Selain itu, penggunaan abu tempurung kelapa sebagai bahan substitusi semen dimaksudkan karena menurut Putra, dkk. (2022), abu tempurung kelapa memiliki kandungan silika yang berkisar antara 60% hingga 70%, yang merupakan komponen utama yang berkontribusi terhadap reaksi *pozzolan*. Abu tempurung kelapa juga memiliki distribusi partikel halus yang memungkinkan pengisian rongga-rongga mikro dalam campuran beton, sehingga meningkatkan densitas dan mengurangi permeabilitas air. Pada penelitian yang dilakukan oleh (J.D. Armando et al., 2021) bahwa abu tempurung kelapa menjadikan tingkat penyerapan air pada genteng beton yang jauh lebih rendah.

Oleh karena itu, penelitian berjudul “Genteng Beton Ramah Lingkungan dengan Substitusi Limbah Serbuk Kaca dan Abu Tempurung Kelapa” dilakukan untuk menganalisis pengaruh kombinasi kedua limbah tersebut terhadap beban lentur, penyerapan air, sifat tampak, ketahanan terhadap rembesan, dan biaya material. Penelitian ini diharapkan dapat menentukan komposisi substitusi yang optimal sekaligus meningkatkan pemanfaatan limbah kaca dan tempurung kelapa sebagai bahan konstruksi yang lebih ramah lingkungan.