

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batako

2.1.1 Definisi Batako

Berdasarkan SNI 03-0349-1989, batako adalah elemen bangunan berbentuk bata yang sering digunakan sebagai bahan bangunan untuk dinding. Batako dibuat dengan mencampurkan semen portland, air, dan agregat halus. Berbeda dengan bata merah, batako merupakan material bangunan berbentuk batu yang dibuat tanpa melalui proses pembakaran (Hendriyani & Prakoso, 2018). Batako memiliki keunggulan dibandingkan bata merah, seperti ukuran yang lebih besar yang mempercepat proses pemasangan, bobot yang lebih ringan, biaya produksi yang relatif rendah, serta sifat isolasi termal yang baik sehingga cocok untuk digunakan di daerah beriklim (Nayunda, 2023).

2.1.2 Batako Konvensional

Batako konvensional merupakan jenis batako yang sangat umum digunakan yang diproduksi menggunakan bahan-bahan dasar utama berupa semen portland, agregat halus (biasanya pasir), dan air, tanpa tambahan bahan campuran alternatif atau limbah substitusi. Campuran ini dicetak secara manual atau mekanis ke dalam bentuk balok padat atau berlubang, kemudian dikeraskan dengan cara pengeringan alami atau melalui proses perawatan lembab (curing), tanpa melalui proses pembakaran seperti halnya batu bata merah (SNI 03-0349-1989).

Batako konvensional memiliki ukuran dan syarat-syarat fisis yang telah ditetapkan pada SNI 03-0349-1989. Ukuran dan syarat fisis batako menjadi standar dalam memilih jenis/tingkat mutu batako yang digunakan berdasarkan tujuan pemakaian. Ukuran dan syarat fisis batako dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Ukuran dan Toleransi Batako
Sumber: SNI 03-0349-1989

Jenis	Ukuran			Tebal dinding sekatan lubang, minimum	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luar (mm)	Dalam (mm)
1. Pejal	390 ⁺³ ₋₅	90 ± 2	100 ± 2	-	-
2. Berlubang					
a. Kecil	390 ⁺³ ₋₅	190 ⁺³ ₋₅	100 ± 2	20	15
b. Besar	390 ⁺³ ₋₅	190 ⁺³ ₋₅	200 ± 3	25	20

Tabel 2. 2 Syarat-syarat Fisis Batako
Sumber: SNI 03-0349-1989

No	Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Batako Pejal				Tingkat Mutu Batako Berlubang			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Kuat Tekan bruto rata rata min.	kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
2	Kuat tekan bruto masing-masing benda uji min.	kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
3	Penyerapan air rata-rata maks.	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Menurut Andrian Prasetyo (2022), batako terdiri atas empat tingkat mutu yang berbeda berdasarkan pengaplikasiannya. Jenis mutu batako tersebut terdiri dari:

1. Mutu I

Batako pada kategori ini digunakan untuk konstruksi yang memiliki fungsi struktural sebagai pemikul beban, serta dapat diaplikasikan pada bangunan yang tidak terlindungi dari paparan cuaca (terletak di luar atap).

2. Mutu II

Digunakan dalam konstruksi penahan beban, tetapi hanya pada bagian bangunan yang terlindungi dari cuaca misalnya di bawah atap.

3. Mutu III

Jenis ini ditujukan untuk konstruksi non-struktural seperti dinding penyekat atau elemen bangunan lainnya yang tidak menerima beban dan senantiasa berada dalam area terlindung dari hujan maupun sinar matahari. Permukaan dinding dari bata ini diperbolehkan tidak diplester.

4. Mutu IV

Diperuntukkan bagi konstruksi yang tidak menahan beban dan digunakan pada bagian bangunan yang selalu terlindungi dari cuaca, seperti dinding penyekat di dalam ruangan. Namun, dinding dari batako mutu ini harus dipasang di bawah atap dan diplester.

2.2 Material Campuran Batako Konvensional

2.2.1 Semen

Semen adalah material utama yang memegang peranan penting dalam proyek pembangunan infrastruktur, baik itu sektor transportasi, penyediaan air bersih dan listrik, sistem komunikasi, pengolahan limbah, hingga pembangunan perumahan dan fasilitas industri. Secara umum, semen merupakan material yang memiliki sifat melekat (adhesif) dan menyatu (kohesif) yang berfungsi sebagai bahan pengikat dalam konstruksi (Fitriyanti & Fatimura, 2019). Secara umum, komposisi utama dalam pembuatan semen terdiri dari tiga jenis bahan, yaitu clinker atau terak semen

yang menyumbang sekitar 70% hingga 95% dan diperoleh melalui pembakaran campuran batu kapur, pasir silika, tanah liat, dan pasir besi; gypsum sekitar 5% yang berfungsi untuk mengatur waktu pengerasan; serta bahan tambahan lain seperti batu kapur, pozzolan, abu terbang (fly ash), dan sebagainya (Sefri Priambodo, 2016).

Semen berperan sebagai bahan pengikat antar partikel agregat agar membentuk massa padat. Ketika dicampur dengan air, semen menghasilkan pasta; sedangkan pencampuran dengan air dan pasir menghasilkan adukan. Proses hidrasi dimulai saat adukan mulai mengeras, yang berkontribusi terhadap ketahanan jangka panjang batako. Batako umumnya mencapai kekuatan maksimal setelah 28 hari proses pengerasan. Perkembangan kekuatan yang paling signifikan terjadi antara hari ke-1 hingga hari ke-28, sementara setelahnya, peningkatan berlangsung lebih lambat (Ningtiyas & Saputri, 2023).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), jenis-jenis semen yaitu sebagai berikut:

1. *Portland Cement*
2. *Oil Well Cement*
3. *Portland Composite Cement*
4. Semen Putih
5. *Portland Pozzolan Cement*
6. *Super Masonry Cement*

Pada penelitian ini, jenis semen yang digunakan adalah semen *portland*. Semen *portland* dibagi dalam beberapa tipe berdasarkan pemakaiannya yaitu sebagai berikut:

1. Tipe I
Merupakan jenis semen yang umum digunakan dengan tanpa persyaratan khusus.
2. Tipe II
Digunakan apabila diperlukan ketahanan terhadap sulfat dalam tingkat sedang dan laju hidrasi yang tidak terlalu tinggi.

3. Tipe III

Dirancang untuk kebutuhan kekuatan awal tinggi dalam waktu singkat setelah proses pengikatan.

4. Tipe IV

Jenis semen yang cocok untuk proyek berskala besar seperti bandungan karena memiliki panas hidrasi yang tidak tinggi.

5. Tipe V

Semen ini digunakan jika suatu elemen konstruksi harus memiliki tingkat ketahanan terhadap sulfat yang tinggi.

2.2.2 Agregat Halus

Berdasarkan SNI S-04-1989-F, agregat merupakan kumpulan butiran yang terdiri atas batu pecah, kerikil, pasir, serta material mineral lainnya yang berasal dari sumber alami maupun hasil proses buatan (Puspitaningrum & Mahawati, 2022). Agregat halus adalah jenis pasir yang memiliki ukuran butir kurang dari 5 mm, atau yang mampu melewati saringan No. 4 dan tertahan pada saringan No. 200 sesuai dengan ketentuan ASTM C33-03-2003 (Ningtiyas & Saputri, 2023). Agregat halus berfungsi sebagai material pengisi dalam campuran batako yang dipadukan dengan semen sebagai perekat.

Agregat halus (pasir) terbentuk melalui proses alami dari penghancuran batuan asal, kemudian berpindah tempat melalui media air atau angin hingga akhirnya mengendap (Nayunda, 2023). Karakteristik dari agregat memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas batako yang telah mengalami pengerasan. Sebagai komponen utama dalam campuran, semakin besar proporsi agregat yang digunakan, maka biaya pembuatan batako cenderung lebih rendah. Studi lain oleh Sun dkk. (2023) menunjukkan bahwa sifat-sifat agregat halus seperti kepadatan, kekasaran, dan kemurnian sangat berpengaruh terhadap ketangguhan patahan (*fracture toughness*) dan struktur mikro beton pasir, sehingga penggunaan agregat halus berkualitas tinggi menjadi faktor penting dalam pencapaian mutu produk.

2.2.3 Air

Air merupakan komponen esensial dalam campuran batako karena material ini memiliki dua fungsi utama yaitu menjadi agen hidrasi semen dan menjadi media pencampuran yang menjamin homogenitas adukan. Tanpa air, semen tidak dapat bereaksi secara kimiawi dan campuran tidak akan mengeras menjadi material padat dan berkekuatan. Air yang digunakan untuk mencampur dan perawatan batako harus memenuhi standar tertentu karena kualitasnya mempengaruhi hasil akhir (Mbuh dkk., 2024).

Berdasarkan ketentuan dalam SNI S-04-1989-F, kualitas air yang layak dipakai harus memenuhi beberapa persyaratan yaitu:

1. Kandungan lumpur di dalam air tidak boleh lebih dari 2 gram untuk setiap literanya.
2. Jumlah garam dibatasi maksimal 15 gram per liter.
3. Air harus bersih dan jernih, serta bebas dari kontaminasi minyak, lumpur, dan material asing yang dapat diamati secara visual.
4. Senyawa sulfat yang terkandung tidak boleh melebihi 1 gram per liter
5. Kadar klorida (Cl) dalam air harus berada di bawah 5 gram per liter.

2.3 Material Substitusi Batako Inovasi

2.3.1 Cangkang Telur

Cangkang telur merupakan limbah yang sangat sering dijumpai di rumah tangga. Banyak penelitian yang menggunakan cangkang telur sebagai bahan substitusi material lain karena kandungannya yang dapat dimanfaatkan dalam inovasi tertentu. Cangkang telur menyimpan 94% kalsium karbonat (CaCO_3) yang sangat tepat digunakan sebagai bahan pengikat alternatif semen portland karena 70% dari total bahan penyusun semen portland adalah kalsium karbonat (Maulana Akbar & Arini, 2023). Lobang dkk. (2023) menegaskan bahwa CaO , yang dihasilkan melalui proses pembakaran CaCO_3 , sangat penting dalam produksi semen secara umum

dalam proses pembentukan klinker serta memberikan salah satu sifat semen yaitu pemberian pengaruh kuat tekan. Selain itu, Klau dkk. (2021) juga menyatakan bahwa cangkang telur dapat diinovasikan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton karena unsurnya yang sebagian besar disusun oleh kalsium karbonat (CaCO_3), yang di mana unsur tersebut berfungsi sebagai filler dalam campuran beton.

Komposisi nutrisi pada cangkang telur yang diteliti oleh Klau dkk. (2021) tertuang pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 3 Komposisi Nutrisi pada Cangkang Telur
Sumber: Klau dkk. (2021)

Nutrisi	Cangkang Telur (% Berat)
Air	29 – 35
Protein	1,4 – 4
Lemak Murni	0,10 – 0,20
Abu	89,9 – 91,1
Kalsium	35,1 – 36,4
Kalsium Karbonat	90,0
Fosfor	0,12
Sodium	0,15 – 0,17
Magnesium	0,37 – 0,40
Potasium	0,10 – 0,13
Sulfur	0,09 – 0,19
Alanin	0,45
Arginin	0,56 – 0,57

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Maulana Akbar & Arini (2023) menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan terhadap penambahan cangkang telur sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan beton. Berdasarkan penelitian tersebut, penggantian 2,5 persen dari total berat semen menggunakan cangkang telur pada beton yang berumur 28 hari memberikan peningkatan kuat tekan sebesar 30,42% jika dibandingkan dengan beton normal. Sedangkan jika cangkang telur digunakan sebagai substitusi semen dengan persentase 5% dan 7,5% dari total berat semen berturut-turut memberikan peningkatan sebesar 16,74% dan 1,81% dari beton normal. Namun, jika menggunakan 10% cangkang telur sebagai bahan substitusi semen pada beton, beton justru mengalami peningkatan kuat tekan

dari persentase sebelumnya (7,5%) yaitu sebesar 6,10%. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Ashariyanto dkk. (2022) menunjukkan hasil kuat tekan yang cenderung meningkat seiring bertambahnya cangkang telur pada pembuatan beton. Pada penelitian tersebut, penambahan cangkang telur pada persentase 0%, 5%, 10%, dan 20% masing-masing menghasilkan kuat tekan sebesar 14,582 MPa, 15,44 MPa, 16,941 MPa, dan 10,829 MPa.

2.3.2 Serbuk Kaca

Serbuk kaca termasuk salah satu limbah padat yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam pembuatan batako. Penelitian yang dilakukan oleh Devi dkk. (2025) menunjukkan bahwa beton yang menggunakan campuran serbuk kaca sebesar 40% memiliki kekuatan tekan lebih besar dibandingkan beton konvensional. Secara umum, kaca merupakan hasil perpaduan sejumlah oksida anorganik yang bersifat tahan terhadap penguapan, terbentuk melalui proses dekomposisi dan peleburan senyawa alkali tanah bersama alkali lainnya. Selain itu, serbuk kaca memiliki kandungan silika (SiO_2) yang tinggi, menjadikannya bahan berpotensi *pozzolanik* (Haris Ihsan Setiahutama, 2022). Oleh karena adanya sifat dan fungsi yang sama dengan pasir, maka serbuk kaca dapat digunakan sebagai pengganti *binder* (pengikat) atau pengganti bahan inert (Siddika dkk., 2021). Hal ini dikarenakan pasir juga terdiri dari kristal silika (SiO_2) yang merupakan zat inert yang setiap butirnya hampir tidak berongga (Sardjono dkk., 1995).

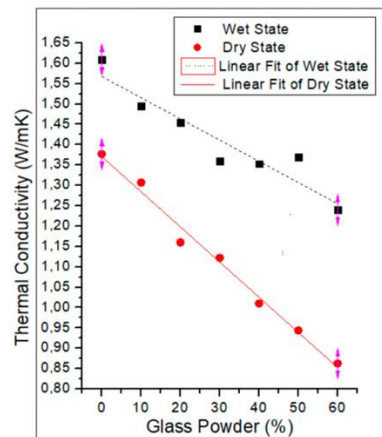
Tabel di bawah ini merupakan komposisi unsur yang terdapat pada serbuk kaca menurut Indrawan & Puji Hastuty (2016).

Tabel 2. 4 Komposisi Unsur pada Serbuk Kaca
Sumber: Indrawan & Puji Hastuty (2016)

Unsur	Serbuk Kaca (% Berat)
SiO_2	97,0080
Al_2O_3	0,1273
Fe_2O_3	0,0026
CaO	0,1084

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Prasetyo Indra Wijaya & Sudjarmiko (2023) menyatakan bahwa penambahan serbuk kaca dapat menurunkan nilai daya serap air dengan persentase penambahan serbuk kaca yakni 5%, 10%, dan 15%. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa setiap persentase penambahan serbuk kaca tersebut masing-masing memberikan penurunan persentase daya serap air sebesar 2,12%, 13,27%, dan 31,42% dari beton normal. Selain itu, penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rahmat dkk. (2020) juga membuktikan bahwa penambahan serbuk kaca dengan persentase 25% dan 50% dari berat agregat halus dapat menurunkan daya serap air yang masing-masing memberikan persentase penurunan sebesar 4,88% dan 14,63%. Penelitian yang dilakukan oleh Adani dkk. (2024) juga menyatakan bahwa semakin banyak menambahkan serbuk kaca, maka daya serap air paving block semakin turun. Persentase penambahan 2,5% menghasilkan daya serap air 7,61%, sedangkan persentase penambahan serbuk kaca di angka 5% ; 7,5% ; 10% ; dan 12,5% masing-masing menghasilkan daya serap air sebesar 7,16% ; 7,12% ; 6,80% ; dan 6,67%.

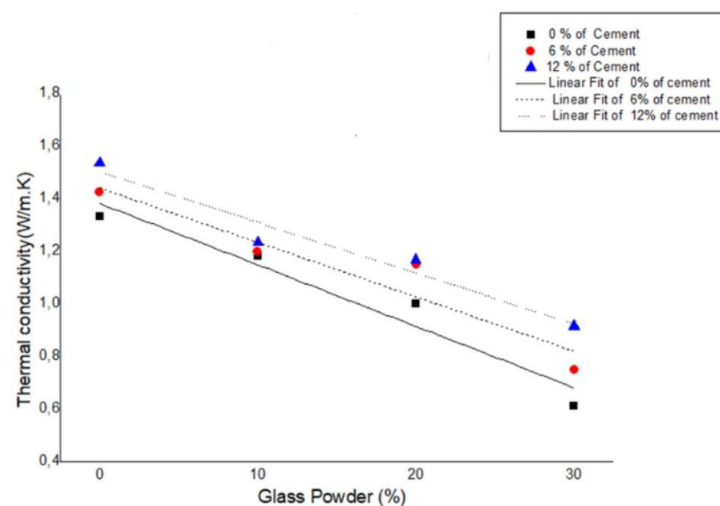
Dalam hal konduktivitas termal, penelitian sebelumnya menyatakan bahwa serbuk kaca memberikan dampak yang cukup signifikan. Wen dkk. (2025) menyebutkan bahwa sifat insulasi kaca dapat membantu mengurangi nilai konduktivitas termal yang dapat memberikan efisiensi pada perpindahan panas beton. Hal ini dikarenakan kaca memiliki nilai konduktivitas termal sebesar 0,93 W/(m.K) yang lebih rendah daripada pasir yakni 3,00 W/(m.K). Penelitian yang dilakukan oleh Nasry dkk. (2021) menyatakan bahwa penambahan persentase serbuk kaca pada beton semakin menurunkan konduktivitas termal pada beton. Dalam penelitian tersebut, penambahan persentase komposisi serbuk kaca terhadap nilai konduktivitas termal digambarkan pada grafik berikut:



Gambar 2. 1 Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca terhadap Konduktivitas Termal Beton

Sumber : Nasry dkk. (2021)

Gambar di atas menunjukkan bahwa semakin bertambahnya serbuk kaca yang digunakan pada beton, maka konduktivitas termal beton akan semakin menurun. Penelitian yang sama di tahun selanjutnya yang dilakukan oleh Nasry dkk. (2022) juga menunjukkan hasil yang sama yang digambarkan pada grafik berikut:



Gambar 2. 2 Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca terhadap Konduktivitas Termal Beton

Sumber : Nasry dkk. (2022)

2.4 Pengujian Batako

2.4.1 Uji Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan angka yang menunjukkan seberapa besar beban per satuan luas yang dapat membuat benda uji mengalami kehancuran ketika diberi gaya tertentu (Galih Nugraha, 2023). Pengujian kuat tekan ini menggunakan alat yang bernama *compression test machine*. Tingkat kuat tekan batako dapat dipengaruhi oleh komposisi campuran, faktor air semen (FAS), kualitas pemadatan, serta metode perawatan yang diterapkan. Di samping itu, terdapat pula berbagai faktor lain yang berperan terhadap kuat tekan sebuah benda uji, antara lain kualitas semen, bentuk permukaan agregat, faktor umum, serta mutu agregat (Haris Ihsan Setiahutama, 2022).

Nilai kuat tekan ini dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots \text{II.1}$$

dengan:

$$\text{Kuat tekan} = \text{kg/cm}^2$$

$$P = \text{Beban tekan (kg)}$$

$$A = \text{Luas penampang benda uji (cm}^2\text{)}$$

2.4.2 Uji Daya Serap Air

Daya serap air adalah persentase dari selisih antara berat batako keadaan basah dengan batako keadaan kering yang dibandingkan dengan berat batako keadaan kering. Dalam hal ini, berat batako keadaan basah merupakan berat batako yang direndam selama 24 jam. Sedangkan batako keadaan kering merupakan berat batako keadaan basah yang dioven pada suhu 100-105°C selama 24 jam. Besarnya persentase penyerapan air dapat dikalkulasi menggunakan rumus berikut:

$$\text{Daya serap air} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots \text{II.2}$$

dengan:

W_1 = Berat batako keadaan basah

W_2 = Berat batako keadaan kering

2.4.3 Uji Redaman Panas

Pengujian redaman panas bertujuan untuk mengetahui kemampuan batako dalam memperlambat laju perpindahan panas. Panas selalu mengalir dari benda yang bersuhu lebih tinggi menuju benda dengan suhu yang lebih rendah. Besarnya panas yang berpindah pada setiap material berbeda-beda, tergantung pada karakteristik bahan yang digunakan (Galih Nugraha, 2023). Alat yang digunakan dalam menguji redaman panas pada batako adalah multimeter.

Nilai uji redaman panas pada batako merupakan hasil rata-rata selisih antara suhu pada bagian atas batako (yang terkena sinar matahari sebagai media panas) dengan bagian bawah batako yang diambil dari beberapa titik di bagian atas dan bawah batako tersebut. Semakin besar hasil selisihnya maka semakin baik kemampuan batako dalam menghambat panas. Nilai redaman panas ini dapat dihitung menggunakan persamaan hukum Fourier berikut:

$$\Delta T = T_1 - T_2 \quad \dots\dots\dots \text{II.3}$$

dengan:

ΔT = Selisih suhu pada permukaan atas dan bawah ($^{\circ}\text{C}$)

T_1 = suhu pada permukaan atas batako ($^{\circ}\text{C}$)

T_2 = Suhu pada permukaan bawah batako ($^{\circ}\text{C}$)

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menyatakan bahwa cangkang telur menyimpan 94% kalsium karbonat (CaCO_3) yang sangat tepat digunakan sebagai bahan pengikat alternatif semen portland karena 70% dari total bahan penyusun semen portland adalah kalsium karbonat (Maulana Akbar & Arini, 2023). Pada penelitian tersebut, penggantian 2,5 persen dari total berat semen menggunakan cangkang telur pada beton yang berumur 28 hari memberikan peningkatan kuat tekan sebesar 30,42% jika dibandingkan dengan beton normal. Sedangkan jika cangkang telur digunakan sebagai substitusi semen dengan persentase 5% dan 7,5% dari total berat semen berturut-turut memberikan peningkatan sebesar 16,74% dan 1,81% pada beton yang berumur 28 hari. Namun, jika menggunakan 10% cangkang telur sebagai bahan substitusi semen pada beton, beton justru mengalami peningkatan kuat tekan dari persentase sebelumnya (7,5%) yaitu sebesar 6,10%. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Ashariyanto dkk. (2022) menunjukkan hasil kuat tekan yang cenderung meningkat seiring bertambahnya cangkang telur pada pembuatan beton. Pada penelitian tersebut, penambahan cangkang telur pada persentase 0%, 5%, 10%, dan 20% masing-masing menghasilkan kuat tekan sebesar 14,582 MPa, 15,44 MPa, 16,941 MPa, dan 10,829 MPa. Dari kedua penelitian tersebut, penulis menentukan angka optimal dengan menggunakan cangkang telur sebesar 5% dari berat semen karena adanya persamaan angka persentase dari kedua penelitian sebelumnya dan menunjukkan perubahan yang baik terhadap nilai kuat tekan benda uji.

Selain itu, penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Prasetyo Indra Wijaya & Sudjarmiko (2023) menyatakan bahwa penambahan serbuk kaca dapat menurunkan nilai daya serap air dengan persentase penambahan serbuk kaca yakni 5%, 10%, dan 15%. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa setiap persentase penambahan serbuk kaca tersebut masing-masing memberikan penurunan persentase daya serap air sebesar 2,12% ; 13,27% ; dan 31,42% dari beton normal. Penelitian lain sebelumnya yang dilakukan oleh Rahmat dkk. (2020) juga membuktikan bahwa penambahan serbuk kaca dengan persentase 25% dan 50%

dari berat agregat halus dapat menurunkan daya serap air yang masing-masing memberikan persentase penurunan sebesar 4,88% dan 14,63%. Kemudian, penelitian yang dilakukan oleh Adani dkk. (2024) juga menyatakan bahwa semakin banyak menambahkan serbuk kaca, maka daya serap air paving block semakin turun. Persentase penambahan 2,5% menghasilkan daya serap air 7,61%, sedangkan persentase penambahan serbuk kaca di angka 5% ; 7,5% ; 10% ; dan 12,5% masing-masing menghasilkan daya serap air sebesar 7,16% ; 7,12% ; 6,80% ; dan 6,67%. Oleh karena itu, penulis menggunakan persentase penambahan serbuk kaca sebesar 0% ; 2,5% ; 5% ; 7,5% ; dan 10%. Angka tersebut dijadikan sebagai persentase komposisi penambahan serbuk kaca pada batako melalui perbandingan dan pengumpulan data dari penelitian sebelumnya secara kumulatif.

Tabel 2. 5 Research Gap

No.	Penulis (Tahun)	Intisari	Persamaan	Perbedaan
1	Maulana Akbar & Arini (2023)	*) Serbuk cangkang telur mampu memberikan peningkatan kuat tekan beton pada persentase tertentu.	*) Jenis limbah (serbuk cangkang telur) *) Kuat tekan *) Gradasi serbuk cangkang telur	*) Jenis limbah (serbuk kaca) *) Produk *) Jenis pengujian
2	Iskandar & Rochmah (2024)	*) Bubuk kulit telur dapat meningkatkan kekuatan beton karena mengandung kalsium karbonat yang memiliki sifat mengikat air.	*) Jenis limbah (serbuk cangkang telur) *) Persentase campuran (beberapa)	*) Jenis limbah (serbuk kaca) *) Produk *) Jenis pengujian
3	Ashariyanto dkk. (2022)	*) Serbuk cangkang telur mampu memberikan peningkatan kuat tekan beton pada persentase tertentu.	*) Jenis limbah (serbuk cangkang telur) *) Persentase campuran (beberapa)	*) Jenis limbah (serbuk kaca) *) Produk *) Jenis pengujian
4	Frieda dkk. (2018)	*) Beton dengan campuran cangkang telur ayam ras varian 5% memberikan efisiensi biaya yang cukup signifikan.	*) Jenis limbah (serbuk cangkang telur) *) Persentase campuran (beberapa)	*) Jenis limbah (serbuk kaca) *) Produk *) Jenis pengujian
5	Prasetyo Indra Wijaya & Sudjarmiko (2023)	*) Serbuk kaca mampu memberikan peningkatan kuat tekan beton pada persentase tertentu. *) Nilai persentase daya serap air beton berkurang seiring	*) Jenis limbah (serbuk kaca) *) Persentase campuran (beberapa)	*) Jenis limbah (serbuk cangkang telur) *) Produk *) Jenis pengujian

		bertambahnya serbuk kaca.		
6	Rahmat dkk. (2020)	*) Semakin banyak serbuk kaca yang digunakan, maka kuat tekan batako akan semakin meningkat. *) Semakin banyak serbuk kaca yang digunakan, maka nilai persentase daya serap air batako akan semakin menurun.	*) Jenis limbah (serbuk kaca) *) Produk	*) Jenis limbah (serbuk cangkang telur) *) Jenis pengujian
7	Adani dkk. (2024)	*) Semakin banyak serbuk kaca yang digunakan, maka kuat tekan batako akan semakin meningkat. *) Semakin banyak serbuk kaca yang digunakan, maka nilai persentase daya serap air batako akan semakin menurun.	*) Jenis limbah (serbuk kaca) *) Persentase campuran (beberapa)	*) Jenis limbah (serbuk cangkang telur) *) Produk *) Jenis pengujian
8	Imani dkk. (2025)	*) Semakin banyak serbuk cangkang telur yang digunakan, maka kuat tekan beton akan semakin meningkat *) Semakin banyak serbuk kaca yang digunakan, maka kuat tekan beton akan semakin meningkat.	*) Jenis limbah	*) Perlakuan terhadap kedua jenis limbah *) Produk *) Jenis pengujian

9	Nasry dkk. (2021)	*) Nilai rata-rata konduktivitas termal mortar akan semakin rendah jika penggunaan material serbuk kaca semakin tinggi.	*) Jenis limbah (serbuk kaca)	*) Jenis limbah (serbuk cangkang telur) *) Produk *) Jenis pengujian
10	Siddika dkk. (2021)	*) Serbuk kaca mampu memberikan peningkatan kuat tekan beton pada persentase tertentu.	*) Jenis limbah (serbuk kaca)	*) Jenis limbah (serbuk cangkang telur) *) Produk *) Jenis pengujian
11	Chandrasekaran dkk. (2018)	*) Beton dengan campuran serbuk cangkang telur dan serbuk kaca dapat mengalami peningkatan kuat tekan beton pada persentase tertentu	*) Jenis limbah	*) Produk *) Jenis pengujian *) Persentase campuran