

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tinjauan pustaka yang disusun secara sistematis guna memperkuat argumen penelitian mengenai inovasi material bangunan. Pembahasan dimulai dari standar teknis pembuatan roster yang telah dilandaskan pada spesifikasi SNI 03-0349-1989 yang mengatur persyaratan fisik pada bata beton berlubang untuk pasangan dinding, yang kemudian diikuti oleh eksplorasi sifat fisik dan mekanik dari limbah cangkang telur ayam serta limbah batu bata sebagai bahan substitusi parsial.

2.1 Roster

Roster atau *ventilation block* yaitu suatu komponen dari konstruksi yang mempunyai fisik berongga dengan tujuan dapat memberikan nuansa sejuk pada jendela atau lubang angin dan eksterior bangunan (Respati dkk., 2023). Salah satu keuntungan pada roster adalah sebagai tempat keluar masuknya sirkulasi udara dan pancaran sinar matahari dengan maksimum dalam suatu ruangan. Pada dasarnya, bahan dasar dalam pembuatan roster menggunakan semen, pasir, dan air. Tetapi, kini bahan baku pada roster sangat beragam, seperti keramik, tanah liat (Yani dkk., 2018). Tampilan, ukuran, serta warna pada roster sangat beragam. Selain itu, dapat dipasang pada pagar rumah, dinding non-struktural, taman belakang rumah, jendela, pintu, dan sebagainya. Selain pada pengaplikasian tersebut, umumnya diletakan pada eksterior bangunan sehingga memiliki daya serap yang tinggi (Respati dkk., 2023).

Selain dari keberagaman tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan ruangan masing-masing. Maka, roster disebut dengan *ventilation block*. Roster mempunyai jenis bahan material yang beragam. Berikut macam jenis roster beserta kelebihan dan kekurangan, antara lain:

1. Roster Beton

Roster beton termasuk salah satu jenis roster yang banyak dipergunakan dan diaplikasikan pada bagian eksterior atau sisi luar rumah. Roster beton mempunyai corak warna yang netral, yaitu warna abu-abu. Penggunaannya

mampu memberikan suasana harmoni dan nyaman pada fasad bangunan. Berikut **Gambar 2.1** pengaplikasian pada roster beton.



Gambar 2. 1 Roster Beton Motif LB-4

Sumber: berkahrosterindonesia.com

Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F, roster beton merupakan salah satu bentuk dari klasifikasi bata beton berlubang. Berdasarkan SNI 03-0349-1989, bata beton berlubang merupakan bata yang memiliki luas penampang lubang melebihi 25% luas penampang keseluruhan bata dan volume lubangnya melebihi 25% terhadap total volume dari bata tersebut. Berikut **Tabel 2.1** disusun berdasarkan ketentuan dalam SNI 03-0349-1989 yang mengatur persyaratan fisik untuk roster atau bata beton berlubang:

Tabel 2. 1 Syarat Fisis Menurut SNI 03-0349-1989

No.	Syarat Fisik	Satuan	Tingkat Mutu Bata Beton Pejal				Tingkat Mutu Bata Beton 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
		MPa	9,8	6,9	3,9	2,5	6,9	4,9	3,4	2
2.	Kuat Tekan Tiap Benda Uji Min.	Kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
		MPa	8,8	6,4	3,4	2,1	6,4	4,4	2,9	1,7
3.	Penyerapan Air Rata-rata Maks.	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Sumber: SNI 03-0349-1989

Berikut **Tabel 2.2** disusun berdasarkan ketentuan SK SNI S-04-1989-F yang menunjukkan mutu klasifikasi bata beton berlubang serta penggunaannya yang dapat dikelompokkan menjadi 4 macam, antara lain:

Tabel 2. 2 Klasifikasi Mutu Bata Beton Berlubang

No.	Klasifikasi	Penggunaan
1	Mutu I	Bata beton berlubang ditujukan pada bangunan yang menahan tekanan maupun pada konstruksi yang tidak terlindungi oleh atap (di luar atap).
2	Mutu II	Bata beton berlubang ditujukan untuk bangunan yang menahan tekanan tetapi fungsinya hanya untuk konstruksi yang memperoleh perlindungan dari cuaca luar (di bawah atap).
3	Mutu III	Bata beton berlubang ditujukan untuk bangunan pada Mutu IV, namun pada permukaan dinding tersebut boleh untuk tidak diplester.
4	Mutu IV	Bata beton berlubang ditujukan untuk sektor bangunan yang tidak menahan beban, dinding penyekat, serta material bangunan lainnya yang memperoleh perlindungan dari hujan dan terik matahari (di bawah atap).

Sumber: SK SNI S-04-1989-F

2. Roster Keramik

Roster keramik merupakan salah satu jenis roster dengan biaya yang relatif mahal bila dibanding dengan jenis roster lainnya. Selain itu, kekurangan pada roster keramik adalah rentan tergores dan pecah. Namun, memiliki kelebihan yaitu ornamen, desian, dan warna yang relatif beragam serta menjadikan tampilan rumah terkesan mewah.

3. Roster Kayu

Penggunaan material kayu pada roster dapat menjadikan tampilan rumah memiliki konsep tradisional-modern serta minimalis. Jenis roster tersebut dapat digunakan sebagai partisi antar ruang. Kekurangan dari roster ini, yaitu rentan terjadi pelapukan yang diakibatkan oleh rayap serta perawatannya cukup sulit.

4. Roster Tanah Liat

Roster tanah liat ialah salah satu jenis material yang menyerupai warna batu bata,

yaitu merah kecoklatan. Roster tersebut dapat dipasang pada bagian luar rumah. Jenis roster tersebut cocok dengan desain modern tropical yang menciptakan nuansa eksotis dan artistik pada rumah tersebut.

2.2 Batu Bata

Limbah batu bata merupakan salah satu limbah dari bahan konstruksi yang sudah terbengkalai dan belum dimanfaatkan dengan baik. Batu bata terbentuk dari lempung atau tanah liat yang merupakan bentuk dari batuan endapan yang mengalami metode mekanisme pemanasan temperatur tinggi dan pencetakan. Secara umum, batu bata mengandung bahan senyawa kimia Silika Oksida (SiO_2) yang berfungsi sebagai bahan tahan api dan pelindung termal pada temperatur tinggi. Hal tersebut juga dapat membantu meminimalisir pelepasan kapur dengan membentuk zat perekat yang terkandung pada senyawa kimia Alumina Oksida (Al_2O_3) saat dikombinasikan bersama air dan semen (Hapsari dkk., 2024). Berikut **Gambar 2.2** limbah batu bata yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. 2 Limbah Pecahan Batu Bata Merah

Sumber: Novikov, 2018

Limbah batu bata merupakan hasil dari limbah sektor bangunan maupun sisa produksi yang sudah tidak utuh dan tidak digunakan. Selain itu, batu bata terdapat adanya bahan dengan kombinasi serbuk gambut (kulit padi) yang telah ditetapkan ukuran dan mempunyai sifat yang ringan. Oleh karena itu, dengan keunggulan menggunakan limbah tersebut diharapkan beton dengan bahan campuran ini akan menjadi berkualitas tinggi dan dapat menurunkan berat beton sekitar 20% (Putra dkk., 2018). Selain itu, berdasarkan penelitian sebelumnya (Hanifah dkk., 2023) dengan menggunakan bahan tambah batu bata sebagai pengganti agregat halus atau

parsial pasir dapat digunakan dengan komposisi 13%, 14%, dan 15% untuk campuran beton normal. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan beton dengan membandingkan uji kuat pada mutu beton $f'c$ 20. Berdasarkan hasil peneliti sebelumnya bahwa penggunaan limbah batu bata digunakan sebagai bahan tambah parsial pasir. Oleh karena itu, untuk mengetahui pengaruh substitusi parsial dari batu bata terhadap pasir, maka pada penelitian ini memfungsikan limbah batu bata sebagai substitusi parsial pasir pada pembuatan roster beton.

2.3 Cangkang Telur Ayam

Limbah cangkang pada dasarnya merupakan sumber kalsium karbonat yang sangat potensial. Cangkang tersebut umumnya didapatkan unggas seperti ayam, bebek, serta hewan laut (*seafood*) seperti kerang. Namun, masing-masing memiliki karakteristik unik yang memengaruhi performanya sebagai material substitusi. Cangkang telur ayam memiliki keunggulan pada kemudahan pemrosesan karena strukturnya yang lebih tipis dan porus, sehingga sangat efektif saat diolah menjadi serbuk halus, meskipun memiliki keterbatasan pada kuat tekan dan risiko kandungan organik dari membrannya. Sebaliknya, cangkang telur bebek menawarkan densitas yang lebih tinggi dan struktur yang lebih tebal, yang secara mekanis memberikan kontribusi kekuatan tekan yang lebih stabil dibandingkan cangkang telur ayam. Sementara itu, cangkang kerang memiliki tingkat kekerasan paling tinggi berkat struktur kristal aragonit yang sangat kaku, namun memerlukan proses pencucian yang lebih intensif untuk menghilangkan kadar garam ($NaCl$) agar tidak memicu sifat korosif.

Penggunaan cangkang telur ayam sebagai bahan substitusi parsial semen pada roster beton dinilai lebih ideal dan efisien dibandingkan jenis cangkang lainnya jika ditinjau dari fungsi roster sebagai komponen nonstruktural. Karakteristik cangkang telur ayam yang lebih mudah diproses menjadi serbuk halus mampu menghasilkan permukaan roster yang lebih halus. Keterbatasan kuat tekan pada cangkang telur ayam tidak menjadi kendala teknis karena roster tidak dituntut memikul beban struktural besar. Material ini justru memberikan keuntungan berupa bobot yang lebih ringan sehingga mampu meminimalisir beban mati pada dinding bangunan. Serbuk

cangkang telur ayam cenderung memiliki warna netral yang tidak mengubah tampilan warna asli semen secara drastis. Sifat porusnya yang tinggi membantu menstabilkan adukan mortar agar lebih plastis dan mudah dicetak ke dalam cetakan roster dengan motif rumit. Berikut **Gambar 2.3** limbah cangkang telur ayam yang akan digunakan pada penelitian ini:



Gambar 2. 3 Limbah cangkang telur ayam

Sumber: VTC News

Cangkang telur ayam memuat berbagai macam sumber bahan alami, yaitu mengandung 95% zat Kalsium Karbonat (CaCO_3) dengan berat 5,5 gram dan mengandung rata-rata 3% Fosfor dan 3% yang terdiri dari Magnesium, Natrium, dan Kalium (Ashariyanto dkk., 2022). Cangkang telur ayam yang sebagian besar mengandung kalsium karbonat menjadikan limbah tersebut ideal untuk digunakan sebagai bahan substitusi parsial karena kesamaanya dengan bahan penyusun semen portland.

Serbuk cangkang telur sebagai bahan substitusi parsial semen pada beton mempunyai efek *filler*, hal tersebut guna meningkatkan kekuatan awal beton. Pada penambahan serbuk cangkang telur ayam terhadap semen sebagai kekuatan awal beton, hal tersebut akan semakin kokoh atau terisi, karenanya terdapat kristal CH yang bertumbuh menjadi besar dan tidak memiliki ruang yang cukup sehingga kristal tersebut akan menyebar secara menyeluruh pada beton (Gunarso dkk., 2024).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Akbar, 2023), disebutkan bahwa penambahan cangkang telur ayam sebesar 2,5% dari total komposisi semen dapat meningkatkan kekuatan tekan beton sebesar 30,42% dibandingkan dengan beton tanpa campuran cangkang telur ayam, hal tersebut dapat mempengaruhi pada sifat

mekanis pada beton. Pada penelitian (Harmiyati dkk., 2023) juga menyarankan untuk menyampurkan cangkang telur ke semen dengan persentase 2,5%.

Berdasarkan pada alasan kimiawi, kemudahan pengerjaan (*Workability*), dan aspek bobot (*density*) dengan komponen konstruksi nonstruktural seperti roster serta diperkuat dengan adanya penelitian sebelumnya, maka penggunaan cangkang telur ayam sebagai bahan substitusi parsial semen pada roster ini diharapkan dapat meningkatkan stabilitas roster. Selain itu, penggunaan limbah cangkang telur juga diharapkan dapat menekan harga produksi serta berkontribusi pada konstruksi berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah rumah tangga.

2.4 Pasir

Pasir merupakan salah satu agregat halus bahan konstruksi yang terbentuk dari hasil desintegrasi batuan alam ataupun hasil olahan. Pada umumnya, pasir terdapat adanya kerikil dan batuan, sehingga diperlukannya filtrasi hingga halus supaya menjadi partikel pasir. Menurut SNI 03-6820-2002, sifat fisik agregat halus yaitu maksimal ukuran butir no. 4 (4,76 mm) dan minimal no. 200 (0,075 mm). Selain itu, agregat halus juga dibatasi dari unsur perusak seperti kadar lumpur maksimum 5%. Jenis pasir yang baik adalah jenis pasir butiran tajam, tidak mengandung kotoran, mengandung zat garam, bersudut dan kuat, serta tidak terdapat bahan kimiawi (Hadi, 2020). Berikut **Tabel 2.3** menyajikan tabel SNI 03-6820-2002 yang menyajikan batas gradasi agregat halus.

Tabel 2. 3 Batas Gradasi Agregat Halus SNI 03-6820-2002

Saringan	Diameter (mm)	Persentase Lolos	
		Pasir Alam	Pasir Olahan
No. 4	4,76	100	100
No. 8	2,36	99-100	95-100
No. 16	1,18	70-100	70-100
No. 30	0,6	40-75	40-75
No. 50	0,3	10-35	20-40
No. 100	0,15	2-15	10-25
No. 200	0,075	0	0-10

Sumber: SNI 03-6820-2002

2.5 Semen Portland

Semen portland didefinisikan semen hidraulis yang memperoleh kekuatan pengerasan melalui reaksi hidrasi dengan air. Produk ini dibuat dengan mengombinasikan klinker semen portland yang dipadukan dengan bahan tambahan, hal tersebut tertuang pada SNI 15-0302-2004. Sementara itu, semen portland adalah material konstruksi yang digunakan sebagai bahan untuk menyatukan, seperti batu bata, batako, beton, roster, plesteran dinding, dan sebagainya (Naufal dkk., 2024). Semen mempunyai kandungan senyawa, seperti Aluminium Oksida (Al_2O_3), Kalsium Oksida (CaO), Silika Oksida (SiO_2), serta Besi Oksida (Fe_2O_3) (Tanubrata, 2015). Dengan adanya penambahan pada air, maka kandungan senyawa tersebut dapat memenuhi reaksi yang mengakibatkan terjadinya mekanisme pada pemekatan yang menjadikan konstruksi menjadi kokoh (Oktaviani, 2021). Terdapat lima tipe semen portland dan penggunaannya yang didasarkan pada SNI 2049-1:2020 sebagai berikut:

1. Tipe I

Untuk digunakan pada saat tidak dibutuhkan sifat khusus seperti di spesifikasikan oleh tipe lain. Contoh penggunaannya yaitu pada struktur rumah tinggal dan gedung bertingkat.

2. Tipe II

Umumnya lebih dikhususkan untuk kebutuhan durabilitas sulfat sedang (*moderate sulfate resistance*). Contoh penggunaannya yaitu pada bangunan didaerah pantai atau rawa yang terpapar air tanah dengan kandungan sulfat sedang .

3. Tipe III

Untuk digunakan kebutuhan kekuatan awal tinggi (*high early strength*). Semen ini dirancang untuk mengeras dan mencapai kuat tekan tinggi dalam waktu yang singkat. Biasanya nilai kuat tekan umur hari ke-3 setara dengan nilai kuat tekan tipe I pada umur hari ke-7 atau ke-28. Digunakan pada proyek dengan waktu tenggat ketat seperti perbaikan jalan raya atau jembatan dengan lalu lintas yang harus segera dibuka untuk lalu lintas umum ataupun pada industri beton pracetak (precast) agar cetakan dapat segera dilepas dan digunakan kembali dengan cepat.

4. Tipe IV

Untuk digunakan kebutuhan panas hidrasi rendah (*low heat hydration*). Semen ini digunakan untuk mencegah terjadinya retak termal akibat suhu ekstrem antara bagian dalam dan luar beton. Contoh penggunaannya yaitu pada struktur beton massa (*mass concrete*) berskala besar dan bendungan besar.

5. Tipe V

Untuk digunakan kebutuhan ketahanan sulfat tinggi (*high sulfate resistance*). Contoh penggunaannya yaitu pada bangunan atau infrastruktur yang bersentuhan langsung dengan air laut, air payau, atau tanah yang sangat asam serta pada saluran limbah industri yang mengandung bahan kimia korosif.

2.6 Air

Air yaitu bahan yang termasuk berbentuk cair dan memiliki faktor penting dalam memproduksi beton. Hal tersebut akan berdampak pada kelecakan campuran beton, reaksi dengan semen, nilai susut beton, serta perawatan dan penggarapan beton yang baik nantinya. Selain itu, akan mempengaruhi pada reaksi atas campuran semen dan pasir, maka akan terjadinya mekanisme yang dapat mengaitkan pada kedua bahan tersebut (Hadi, 2020).

Berdasarkan SNI 03-6861.1-2002, persyaratan air sebagai bahan bangunan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Bahan harus dalam kondisi bersih serta terbebas dari kandungan lumpur, minyak, dan benda terapung lain yang dapat diamati secara visual.
2. Tidak terdapat adanya kandungan pada benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak terdapat adanya kandungan garam yang melarutkan dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik, dan sebagainya).
4. Mengandung zat klorida (Cl) < 0,50 gram/liter, dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO₃.
5. Apabila dikomparasikan dengan kekuatan tekan beton menggunakan air suling, maka penurunan kekuatan adukan maupun beton yang menggunakan air tidak boleh melebihi dari 10%.

6. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas air memiliki kandungan klorida lebih dari 0,05 gram/liter.

2.7 Pengujian Kuat Tekan

Kekuatan tekan disebut juga dengan *Compressive Strength*. Pengujian kekuatan tekan dikerjakan dengan mengoperasikan mesin CTM (*Compression Testing Machine*). Pengujian tersebut dapat diaplikasikan pada benda uji hingga mengalami kehancuran dengan memberikan penekanan beban aksial. Dari pengujian yang telah dilaksanakan, maka akan memperoleh hasil kekuatan tekan pada benda uji tersebut untuk di analisa dengan benda uji yang komposisinya berbeda. Pengujian tersebut dilandaskan SNI 03-0349-1989 dimana terdapat empat jenis klasifikasi mutu bata berlubang berdasarkan penggunaannya. Pada penelitian ini, rencana kuat tekan roster sebesar 20 kg/cm² atau 2 MPa pada umur 28 hari. Jika pengujian pada roster tersebut mencapai hasil yang diharapkan, maka roster memenuhi syarat.

Rumus kuat tekan beton:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan:

f'_c = Nilai kuat tekan (N/mm²)
 P = Beban maksimum (N)
 A = Luas penampang benda uji (mm²)

Rumus rata-rata kuat tekan beton:

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_c}{N} \quad (2.2)$$

Keterangan:

f'_{cr} = Nilai kuat tekan rata-rata (N/mm²)
 f'_c = Nilai kuat tekan (N/mm²)
 N = Jumlah benda uji

2.8 Pengujian Daya Serap Air

Pengujian penyerapan air pada roster dilaksanakan sesuai ketentuan pada SNI 03-0349-1989. Pada pengujian benda uji dapat dilaksanakan dengan merendam benda uji selama 24 jam, setelah itu di angkat dan timbang untuk memperoleh berat basah. Setelah itu, melakukan pengeringan yang dilakukan di dalam oven dengan suhu 100 ± 5 °C dan dicatat hasilnya. Pada pengujian tersebut diperoleh angka untuk mendapatkan persentase daya serap air dengan persamaan sebagai berikut:

Rumus Pengujian Penyerapan Air:

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{A - B}{B} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

A = Massa benda uji kondisi basah (gram)

B = Massa benda uji kondisi kering oven (gram)

2.9 Pengujian Fisik atau Visual

Pengujian visual merupakan percobaan yang dilakukan pada benda uji yang telah melewati tahap atau mekanisme sebelumnya. Caranya adalah dengan memperhatikan wujud dan menguji ketelitian tiap bagian pada roster. Maka, tujuan pengujian wujud untuk mengetahui bentuk dan ukuran yang sesuai dengan rencana.

2.10 IBM SPSS Statistics

IBM SPSS *Statistics* merupakan perangkat lunak komputer yang dirancang khusus untuk melakukan analisis statistik tingkat tinggi dan manajemen data secara komprehensif. Dalam lingkup penelitian rekayasa material, SPSS berfungsi sebagai alat validasi data hasil pengujian yang memungkinkan peneliti untuk mengorganisasikan variabel penelitian secara terstruktur melalui dua jendela utama, yaitu *Data View* untuk input data numerik dan *Variable View* untuk mendefinisikan karakteristik setiap parameter eksperimen. Perangkat lunak ini mendukung berbagai algoritma statistik yang esensial untuk mengukur konsistensi data, mulai dari analisis deskriptif yang mencakup nilai rata-rata (*mean*), deviasi standar, hingga pengujian distribusi normalitas.

Ketelitian dalam pengolahan data menggunakan SPSS sangat krusial untuk memastikan bahwa data laboratorium yang bersifat fluktuatif dapat dipetakan secara objektif. Lebih jauh lagi, IBM SPSS *Statistics* menyediakan fitur analisis inferensial yang mendalam, seperti uji *Analysis of Variance* (ANOVA) dan uji regresi, yang sangat relevan dalam menentukan pengaruh substitusi material terhadap performa mekanis objek penelitian. Melalui uji ANOVA dua arah (*Two-Way ANOVA*), perangkat lunak ini mampu menghasilkan nilai F-hitung dan tingkat signifikansi (*p-value*) yang menjadi parameter utama dalam menolak atau menerima hipotesis mengenai perbedaan kualitas antar variasi campuran. Selain itu, SPSS memiliki kemampuan untuk melakukan uji Post Hoc (Tukey atau Duncan) untuk mengidentifikasi secara spesifik kelompok variasi mana yang memiliki performa paling optimal di antara sekian banyak sampel.

Dengan dukungan sistem komputasi yang presisi, penggunaan IBM SPSS *Statistics* dalam penelitian ini bertujuan untuk meminimalisir subjektivitas dalam interpretasi data, sehingga hasil inovasi material yang dihasilkan memiliki landasan empiris yang kuat dan akurat.

2.11 Penelitian Terdahulu

Berikut **Tabel 2.4** menyajikan ringkasan penelitian terdahulu yang relevan dengan pengaruh limbah cangkang telur ayam dan batu bata terhadap kuat tekan dan daya serap roster beton.

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Metode	Penemuan Relevan	Hasil	Komposisi Material
1	Putra dan Salim (2018)	Uji kuat tekan	Memanfaatkan limbah batu bata sebagai substitusi agregat halus	Dihasilkan kekuatan tekan berturut-turut beton umur 7 hari, yaitu 40,35 Mpa dan umur 28 hari, yaitu 39,20 Mpa	30%, 70%
2	Umar (2019)	Uji kuat tekan, daya serap air	Output roster	Berdasarkan hasil pengujian, nilai rata-rata penyerapan air pada benda roster yang dibuat menggunakan pasir pohara dengan perbandingan variasi campuran 1 semen : 60 sekop pasir pohara : air secukupnya	1 : 3

No	Penulis	Metode	Penemuan Relevan	Hasil	Komposisi Material
				sebesar 16%. Hal ini mengacu SNI 03-0349-1989 tentang Tingkat Mutu Bata Beton Berlubang, hasil tersebut tergolong dalam kelas Mutu I, karena masih berada di bawah batas maksimum hasil penyerapan air rata-rata sebesar 25%.	
3	Ashariyanto dkk. (2022)	Uji kuat tekan	Memanfaatkan limbah cangkang telur ayam sebagai campuran semen	Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan hasil kuat tekan sebesar 16,940 Mpa dengan campuran variasi serbuk cangkang telur persentase 16% mengalami kenaikan.	0%, 5%, 10%, 20%
4	Yulian dkk. (2023)	Uji kuat tekan	Memanfaatkan limbah batu bata sebagai campuran agregat halus	Dengan komposisi 13%, 14%, dan 15% didapatkan hasil kekuatan tekan pada umur 28 hari secara berturut-turut, yaitu 20,24 MPa, 22,22 MPa, dan 22,79 Mpa.	0%, 13%, 14%, 15%, 17%
5	Akbar dan Arini (2023)	Uji kuat tekan	Memanfaatkan limbah cangkang telur ayam sebagai campuran semen	Didapatkan hasil nilai kuat tekan sebesar 24,41 Mpa dengan komposisi 2,5%.	0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%
6	Harmiyati dkk. (2023)	Uji kuat tekan	Memanfaatkan limbah cangkang telur ayam sebagai campuran semen	Didapatkan hasil nilai kuat tekan sebesar 20,3 MPa dengan campuran penambahan cangkang telur 4,5% yang telah memenuhi nilai kekuatan tekan rencana sebesar 12 MPa.	0%, 1,5%, 3%, 4,5%
7	Nugraha (2024)	Uji kuat tekan	Memanfaatkan limbah batu bata sebagai substitusi agregat halus	Didapatkan hasil pengujian kekuatan tekan beton meningkat sebesar 23,4%, modulus elastisitas 20%, serta kuat tarik belah 19% dari beton normal.	0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15%
8	Ayu (2024)	Uji kuat tekan, visual, analisis biaya produksi	Memanfaatkan limbah batu bata sebagai campuran agregat halus	Dihasilkan nilai kuat tekan 35,03 Mpa dengan efisiensi biaya sebesar 11,578%. Hasil tersebut menunjukkan potensi yang baik dalam menekan biaya produksi tanpa mengurangi kemampuan untuk menghasilkan beton mutu tinggi.	40%, 60%
9	Gunarso (2024)	Uji kuat tekan, analisis biaya	Memanfaatkan limbah cangkang telur ayam sebagai	Inovasi campuran 40% serbuk cangkang telur, 20% serbuk granit, 20% limbah beton didapatkan hasil kuat tekan 41,4 Mpa, serta didapatkan	40%, 20%, 20%

No	Penulis	Metode	Penemuan Relevan	Hasil	Komposisi Material
			campuran semen	harga produksi beton SCC dengan inovasi sebesar Rp 1.165.533 per m ³ .	
10	Handoko dan Kusuma (2024)	Uji kuat tekan, daya serap air, hasil fisik atau visual, analisis biaya	Ouput roster	Komposisi campuran yang paling optimal diperoleh pada variasi R2 didapatkan nilai kuat tekan sebesar 1,8 Mpa, penyerapan air sebesar 3,48%, karakteristik fisik / visual telah memenuhi klasifikasi, serta biaya produksi sebesar Rp 5.127. Selain itu, R2 dapat mengurangi penggunaan semen sebesar 12,3% dan pasir 1,7%. Berdasarkan hasil pengujian, variasi tersebut telah memenuhi klasifikasi pada SNI 03-0349-1989.	R1 (25% ; 75% ; 0% ; 0%), R2 (15% ; 70% ; 10% ; 5%), R3 (20% ; 65% ; 5% ; 10%), R4 (10% ; 75% ; 15% ; 0%), R5 (25% ; 60% ; 0% ; 15%).
11	Hidayat dan Chairofiq (2024)	Uji kuat tekan, daya serap air, analisis biaya	Output roster	Dengan varian persentase 10% diperoleh nilai kuat tekan sebesar 3,3 MPa atau sekitar 36,57 kg/cm ² dapat dikategorikan mutu bata beton berlubang kelas III. Sedangkan, 0% sebesar 22,02 kg/cm ² dan 20% sebesar 25,85 kg/cm ² dapat dikategorikan mutu kelas IV. Dari hasil pengujian tersebut telah memenuhi syarat SNI 03-0349-1989.	0%, 10%, 20%, 25%, 30%

Berdasarkan penelitian terdahulu di atas, dapat dirangkum bahwa dalam pengelolaan kombinasi limbah cangkang telur ayam dan batu bata pada benda uji beton dapat mempengaruhi terhadap nilai kekuatan tekan dan penyerapan air. Selain itu, persentase susunan yang setara sebesar 10% - 20% terdapat pada substitusi parsial pasir dari limbah batu bata yang dapat menjadikan nilai kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan beton konvensional.

Maka pada penelitian ini, penulis memperoleh sebuah konsepsi dalam pengelolaan limbah cangkang telur ayam dan batu bata yang dapat dijadikan sebagai substitusi parsial semen dan pasir pada pembuatan roster beton. Pada substitusi ini, persentase limbah cangkang telur ayam yaitu sebesar 2% - 10%. Oleh karena itu, penelitian dengan substitusi parsial semen pada limbah cangkang telur ayam dan

parsial pasir pada batu bata diharapkan dapat mewujudkan kualitas kekuatan tekan dan penyerapan yang lebih baik daripada roster beton konvensional.