

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor konstruksi di Indonesia pada masa modern ini berjalan sangat pesat, yang berimplikasi pada melonjaknya kebutuhan material utama seperti semen dan agregat sebagai bahan baku beton. Data yang dipublikasi oleh (Tempo, 2024), menunjukkan bahwa Indonesia memiliki tingkat produksi semen sekitar 120 juta ton per tahunnya, sehingga menjadikannya sebagai salah satu produsen semen terkemuka di Asia Tenggara. Sejalan dengan itu, permintaan akan pasir sebagai agregat halus juga meningkat tajam. Namun, masifnya penggunaan material konstruksi ini membawa dampak negatif bagi kelestarian lingkungan sekitar. Salah satu penggunaan material konstruksi yang berdampak negatif adalah pembuatan roster (Handoko & Kusuma, 2024).

Roster adalah suatu komponen dalam konstruksi bangunan yang fungsi utamanya sebagai sirkulasi udara ataupun estetika bangunan. Roster termasuk dalam jenis material non-struktural yang bahan penyusun utamanya yaitu semen sebagai perekat, pasir sebagai agregat halus, serta air. Penggunaan semen sebagai bahan baku ini dapat menimbulkan pencemaran lingkungan karena semen menghasilkan debu dan gas beracun (Sulasmi dkk., 2022). Mengingat industri semen global menyumbang sekitar 8% dari total emisi CO₂ dunia yang menjadi salah satu pemicu pemanasan global (Rodgers, 2018). Selain itu, pasir yang berperan sebagai agregat halus juga termasuk bahan baku utama di bidang konstruksi yang ketersediaannya mulai terancam. Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2024 mencatat bahwa pasir merupakan bahan galian dengan volume produksi tertinggi, yakni sekitar 66 juta m³. Tingginya total produksi tersebut berisiko menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan berupa kelangkaan material di masa depan. Secara ekonomi, ketergantungan pada semen dan pasir membuat harga roster konvensional terus meningkat dan fluktuatif mengikuti kelangkaan stok pasar. Maka dari itu, diperlukan

bahan alternatif pengganti untuk mengurangi ketergantungan terhadap semen dan pasir yang tinggi tersebut.

Salah satu masalah yang akhir-akhir ini sering dibahas adalah tentang pengelolaan limbah. Sebagian besar limbah yang tidak dapat dihindari berasal dari rumah tangga yang dihasilkan seiring dengan meningkatnya permintaan dan salah satu sampah rumah tangga yang umum dijumpai adalah cangkang telur (Hibur, 2017). Berdasarkan data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistika (2025), total produksi telur ayam di Indonesia tercatat sekitar 6,3 juta ton. Besarnya angka produksi ini berbanding lurus dengan melimpahnya limbah cangkang telur ayam yang sebenarnya memiliki potensi tinggi bagi berbagai industri. Cangkang telur mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) sebesar 97%, sementara sisanya terdiri dari mineral lain seperti fosfor, magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi, dan tembaga (Maduwu, 2023). Kandungan kalsium karbonat yang dominan tersebut menjadikan cangkang telur sangat berpotensi untuk digunakan sebagai bahan substitusi semen portland. Hal tersebut didasarkan pada kenyataan bahwa secara umum semen Portland terdiri dari tiga senyawa utama, yaitu kalsium oksida (CaO), silika oksida (SiO_2), dan alumina (Al_2O_3), serta dua senyawa lain yaitu sulfur dan Besi (Irawan, 2021).

Kurangnya pengelolaan dan pemanfaatan juga terjadi pada limbah batu bata. Limbah batu bata yang dimaksud ialah pecahan batu bata yang wujudnya sudah tidak sempurna dari sisa-sisa konstruksi. Limbah batu bata kurang dimanfaatkan keberadaannya, padahal limbah batu bata berpotensi sebagai substitusi agregat halus pada campuran beton. Material batu bata dihasilkan dari tanah liat yang mengalami proses pembakaran pada suhu tinggi, sehingga membentuk komposisi kandungan kimiawi berupa silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), dan kalsium oksida (CaO) (Yanuar dan Nardiansyah, 2025). Oleh karena itu, substitusi tersebut tidak hanya mengisi secara fisik, tetapi juga memperkuat kestabilan struktur beton melalui reaksi pozzolanik (Risidiana, 2018). Pemanfaatan pecahan batu bata sebagai substitusi agregat halus juga dapat menurunkan berat beton karena memiliki banyak rongga udara atau pori-pori di dalamnya hasil dari proses pembakaran tanah liat, sehingga massa jenisnya jauh lebih kecil dibandingkan agregat alami yang padat.

Dengan tekstur permukaan yang kasar, limbah batu bata juga berpotensi menciptakan ikatan mekanis yang lebih kuat dengan pasta semen, menjadikannya solusi inovatif yang mendukung prinsip konstruksi berkelanjutan tanpa mengabaikan aspek kekuatan struktural.

Pemanfaatan limbah cangkang telur ayam dan limbah batu bata sebagai substitusi campuran roster beton merupakan solusi konkret dalam mewujudkan konstruksi berkelanjutan yang berorientasi pada aspek ramah lingkungan. Inovasi ini dianggap ramah lingkungan karena mampu mengimplementasikan prinsip ekonomi sirkular melalui pengalihan limbah organik dan sisa konstruksi yang biasanya menumpuk di TPA menjadi material bernilai guna, sehingga secara langsung mengurangi pencemaran tanah dan bau tak sedap. Secara teknis, penggunaan bubuk cangkang telur ayam yang kaya kalsium karbonat dapat mengurangi ketergantungan pada semen, yang dalam proses produksinya menyumbang emisi CO₂ yang cukup besar. Secara umum, komposisi kimia pada semen Portland tersusun atas kapur, silika, aluminium oksida, besi (III) oksida, serta kalsium karbonat sebagai komponen utama yang dominan. Kesamaan kandungan yang terdapat pada cangkang telur ayam dengan unsur-unsur dalam semen tersebut menjadikannya berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pada beton berpori, dengan harapan mampu meningkatkan kualitas dan kinerja beton tersebut (Harmiyati dkk., 2023), sementara penggunaan limbah batu bata sebagai substitusi agregat halus mampu menekan eksploitasi penambangan pasir dan kerikil dari alam secara masif. Secara umum, komposisi kimia batu bata didominasi oleh silika oksida (SiO₂), yang memiliki sifat tahan terhadap panas sehingga mampu berperan sebagai material pelindung dari suhu tinggi sekaligus meningkatkan ketahanan terhadap api (Hapsari dkk., 2024). Dengan demikian, integrasi kedua limbah ini tidak hanya meminimalkan jejak karbon industri beton, tetapi juga menjaga kelestarian ekosistem dengan menghemat sumber daya alam yang tidak terbarukan.

Berdasarkan permasalahan limbah yang menumpuk dan kebutuhan akan material konstruksi yang berkelanjutan, penelitian ini menghadirkan sebuah inovasi roster beton ramah lingkungan yang memanfaatkan substitusi limbah cangkang telur ayam dan limbah batu bata. Ide utamanya terletak pada pemanfaatan kandungan

kalsium karbonat dalam cangkang telur sebagai penguat alami serta butiran batu bata sebagai agregat halus alternatif guna mengurangi penggunaan semen dan pasir sungai. Hipotesis penelitian memprediksi bahwa komposisi substitusi yang tepat dapat menghasilkan kekuatan tekan dan penyerapan air yang memenuhi standar mutu bata beton berlubang menurut SNI 03-0349-1989. Untuk memvalidasi efektivitasnya, penelitian ini mengintegrasikan pengujian laboratorium dengan analisis komparasi berbasis perangkat lunak. Selain itu, penggunaan material sisa ini diproyeksikan dapat menekan biaya produksi secara ekonomis dibandingkan roster konvensional, mengingat bahan baku utama dapat diperoleh dengan harga yang jauh lebih rendah tanpa mengorbankan kualitas mekanis produk.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa permasalahan yang perlu dianalisis secara lebih komprehensif. Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus pada sasaran yang ingin dicapai, maka pokok permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan dalam beberapa pertanyaan berikut:

1. Bagaimana pengaruh substitusi limbah cangkang telur ayam dan batu bata terhadap kuat tekan dari roster beton yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah cangkang telur ayam dan batu bata tersebut terhadap karakteristik fisik roster beton, seperti daya serap air dan berat isi?
3. Apakah kualitas roster beton dengan inovasi limbah ini mampu memenuhi spesifikasi mutu SNI 03-0349-1989 tentang standar mutu bahan bangunan untuk kategori bata beton berlubang?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah cangkang telur ayam dan batu bata sebagai bahan substitusi parsial semen dan pasir terhadap aspek visual roster?
5. Seberapa besar efisiensi biaya produksi yang dihasilkan dari inovasi roster beton ini dibandingkan dengan roster konvensional?
6. Apakah terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi substitusi limbah cangkang telur ayam dan batu bata terhadap kuat tekan roster beton berdasarkan hasil pengujian statistik menggunakan software IBM SPSS *Statistics*?

1.3 Maksud dan Tujuan

Berdasarkan fenomena yang telah teruraikan, penelitian ini bermaksud untuk mengetahui pengaruh limbah cangkang telur ayam dan limbah batu bata sebagai bahan substitusi parsial semen dan agregat halus terhadap pembuatan roster beton. Berikut terdapat rincian dari tujuan penelitian riset ini, yaitu:

1. Menganalisis pengaruh kuat tekan roster beton menggunakan limbah cangkang telur ayam dan batu bata sebagai bahan substitusi parsial semen dan agregat halus.
2. Menganalisis pengaruh penyerapan air pada roster menggunakan limbah cangkang telur ayam dan batu bata sebagai bahan substitusi parsial semen dan agregat halus.
3. Menganalisis pengaruh berat isi pada roster menggunakan limbah cangkang telur ayam dan batu bata sebagai bahan substitusi parsial semen dan agregat halus.
4. Menganalisis pengaruh aspek visual roster menggunakan limbah cangkang telur ayam dan batu bata sebagai bahan substitusi parsial semen dan agregat halus.
5. Menganalisis perbandingan harga antara roster ramah lingkungan dengan roster konvensional.
6. Menganalisis pengaruh signifikan substitusi limbah cangkang telur ayam dan batu bata terhadap kuat tekan roster menggunakan metode regresi linear dan ANOVA pada software IBM SPSS *Statistics*.

1.4 Batasan Masalah

Agar riset ini semakin sistematis serta ruang lingkup permasalahannya lebih fokus dan terarah, maka diperlukan batasan untuk mempersempit ruang permasalahannya. Berikut batasan masalah yang akan di kaji:

1. Limbah cangkang telur ayam diperoleh dari limbah restoran BatterHub Tembalang, Kota Semarang.
2. Limbah batu bata di dapatkan dari sisa-sisa limbah produksi batu bata yang ada di kawasan Penggaron, Kota Semarang.
3. Pengujian kuat tekan dan penyerapan air dilaksanakan di Labotarium Bahan Teknik Sipil dan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

4. Pengujian pada karakteristik roster beton dengan substitusi limbah cangkang telur dan batu bata diterapkan setelah umur hari ke-28.
5. Analisa statistik menggunakan *software* IBM SPSS *Statistics* 25.
6. Benda uji roster menggunakan cetakan *ventilation block* / Roster berukuran 20 cm x 20 cm x 10 cm dengan motif LB4.
7. Penggunaan Faktor Air Semen (FAS) hanya berdasarkan berat semen.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis maupun praktis, antara lain:

1. Meminimalisir jumlah timbunan limbah cangkang telur ayam dan batu bata di lingkungan masyarakat sekitar.
2. Menjadikan sumber acuan serta studi literatur bagi masyarakat dan pengusaha dalam pengelolaan limbah cangkang telur ayam dan batu bata sebagai bahan dasar pengganti parsial semen dan agregat halus.
3. Memberikan hasil tentang pengaruh variasi penambahan limbah cangkang telur dan batu bata dalam membuat roster.
4. Menjadikan sumber acuan dan studi untuk penelitian selanjutnya dengan seiring berjalannya waktu.