

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur yang pesat di Indonesia menimbulkan peningkatan signifikan terhadap kebutuhan material konstruksi, terutama beton. Beton merupakan material utama dalam berbagai proyek seperti gedung, jalan, dan jembatan karena kekuatannya yang tinggi, daya tahan lama, serta kemudahan pembentukannya. Namun, meningkatnya kebutuhan beton juga berdampak pada tingginya permintaan terhadap bahan penyusunnya, yaitu semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (koral), dan air. Keterbatasan sumber daya alam, terutama pasir alam yang banyak dieksploitasi, menimbulkan tekanan lingkungan yang cukup serius seperti penurunan kualitas ekosistem sungai, abrasi, serta degradasi lahan (Sadhukhan et al., 2021).

Di sisi lain, perkembangan industri bahan bangunan modern seperti bata ringan atau *autoclaved aerated concrete* (AAC) menghasilkan limbah yang cukup besar setiap tahunnya. Limbah bata ringan ini umumnya berasal dari proses pemotongan, sisa produksi, maupun pembongkaran bangunan, yang seringkali hanya dibuang tanpa pemanfaatan kembali. Industri bata ringan di Indonesia tumbuh sebesar 12,4% per tahun, seiring dengan meningkatnya pembangunan perumahan dan proyek komersial di wilayah perkotaan (Afrian et al., 2024). Pertumbuhan ini secara tidak langsung memperbesar volume limbah konstruksi, terutama limbah bata ringan, yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik.

Upaya untuk mengurangi dampak lingkungan dan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam mendorong para peneliti untuk mencari bahan substitusi dalam campuran beton. Salah satu pendekatan inovatif yang banyak dikaji adalah pemanfaatan limbah konstruksi sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam campuran beton. Limbah bata ringan memiliki karakteristik fisik yang menarik, antara lain berat jenis

rendah, porositas tinggi, serta komposisi kimia yang mengandung silika dan alumina dalam kadar signifikan, yang dapat mempengaruhi kekuatan dan *workability* beton (Pujianto et al., 2025). Karakteristik ini menunjukkan potensi besar bagi limbah bata ringan untuk menjadi material pengganti sebagian pasir dalam beton dengan tetap menjaga kekuatan tekan sesuai mutu rencana, misalnya pada mutu K-200.

Mutu beton K-200 merupakan salah satu tipe beton yang umum digunakan dalam konstruksi bangunan non-struktural seperti lantai kerja, trotoar, dan jalan lingkungan. Kualitas beton K-200 ditentukan oleh keseimbangan antara kekuatan tekan dan kemampuan pengerjaan (*workability*), yang sangat bergantung pada kualitas agregat halus yang digunakan (Aldy Maulana et al., 2024). Penggunaan limbah bata ringan sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan variasi 1%, 2,5%, dan 5% diharapkan dapat mengoptimalkan kinerja beton tanpa menurunkan kualitasnya secara signifikan. Penelitian (Taher et al., 2020) menunjukkan bahwa penambahan limbah ringan dalam komposisi beton sebesar 5% dapat meningkatkan efisiensi penggunaan material serta menurunkan berat jenis beton hingga 8% dibandingkan beton normal, dengan penurunan kekuatan tekan yang masih dalam batas toleransi desain struktural.

Secara lingkungan, pemanfaatan limbah bata ringan dalam beton juga sejalan dengan konsep *green construction* yang dicanangkan oleh Kementerian PUPR untuk periode 2020–2030. Data dari Badan Pusat Statistik (Badan Pusat Statistik, 2024) mencatat bahwa sektor konstruksi menyumbang sekitar 11,7% dari total limbah padat nasional, di mana sekitar 18% di antaranya berasal dari limbah bahan bangunan non-logam seperti bata ringan dan beton bekas. Hal ini memperlihatkan urgensi untuk melakukan penelitian yang lebih dalam mengenai pengelolaan dan pemanfaatan limbah tersebut agar dapat diintegrasikan kembali ke dalam siklus produksi material konstruksi secara berkelanjutan.

Beberapa penelitian terdahulu juga menunjukkan potensi serupa, ditemukan bahwa penggantian agregat halus dengan limbah bata ringan memiliki pengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton umur 28 hari, pada setiap

variasi mengalami peningkatan kuat tekan (Martina et al., 2022). Selain itu tinjauan literatur oleh (Yulian et al., 2023) menunjukkan bahwa substitusi limbah bata ringan hingga kisaran 5% masih memungkinkan kuat tekan yang mendekati beton kontrol. (Hu et al., 2024) menunjukkan bahwa sifat fisik limbah bata ringan (porositas, penyerapan air, bentuk butir) sangat menentukan performa beton hasil substitusi semakin tinggi penyerapan dan porositas, semakin besar kemungkinan terjadinya penurunan kuat tekan dan densitas beton. (Fernandes et al., 2022) menemukan bahwa limbah *autoclaved aerated concrete* (AAC) berkontribusi terhadap peningkatan sifat termal beton tanpa mengurangi ketahanan mekanik secara drastis. Sedangkan Setianto (2022) menunjukkan bahwa substitusi hingga 5% memberikan kinerja terbaik antara kuat tekan dan berat volume beton ringan.

Namun demikian, dari berbagai studi tersebut masih terdapat celah penelitian (*research gap*) yang belum banyak dikaji, yaitu mengenai pengaruh variasi kecil substitusi limbah bata ringan (1%, 2,5%, dan 5%) terhadap sifat mekanik beton mutu menengah seperti K-200 secara sistematis. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih menitik beratkan pada beton mutu tinggi, bukan pada beton struktural umum seperti K-200 yang paling banyak digunakan dalam konstruksi nasional. Selain itu, penelitian terdahulu belum banyak membahas hubungan antara proporsi limbah bata ringan terhadap densitas dan kuat tekan dalam konteks lingkungan tropis dengan kelembaban tinggi, yang berpotensi mempengaruhi hidrasi semen dan porositas beton.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki urgensi tinggi baik secara akademik maupun praktis. Secara akademik, penelitian ini akan memberikan kontribusi baru dalam memperluas pemahaman tentang pemanfaatan limbah bata ringan sebagai agregat pengganti parsial dalam beton K-200 serta pengaruhnya terhadap kuat tekan. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan dalam penerapan material ramah lingkungan di lapangan, membantu industri konstruksi dalam mengurangi ketergantungan terhadap pasir alam, serta mendukung

kebijakan pembangunan berkelanjutan. Adapun ruang lingkup penelitian ini meliputi pengujian beton dengan variasi substitusi limbah bata ringan sebesar 1%, 2,5%, dan 5% terhadap agregat halus pada beton K-200, serta analisis perubahan sifat mekanik utamanya yaitu kuat tekan.

1.2 Identifikasi Masalah

Pembangunan infrastruktur yang masif di Indonesia telah menyebabkan peningkatan konsumsi material konstruksi, terutama beton. Kebutuhan akan beton yang terus meningkat berdampak langsung pada peningkatan eksploitasi sumber daya alam seperti pasir sebagai agregat halus. Fenomena ini menimbulkan masalah lingkungan serius berupa degradasi ekosistem sungai dan penurunan kualitas lahan akibat penambangan pasir berlebihan. Dengan demikian, secara umum terdapat kebutuhan mendesak untuk mencari alternatif material pengganti sebagian agregat halus yang lebih ramah lingkungan tanpa menurunkan mutu beton (Estokova et al., 2022).

Sejalan dengan isu tersebut, muncul potensi besar dalam pemanfaatan limbah industri bahan bangunan, khususnya limbah bata ringan, yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah bata ringan memiliki karakteristik fisik dan kimia yang memungkinkan penggunaannya dalam campuran beton, seperti kandungan silika dan alumina yang tinggi serta berat jenis rendah. Namun, secara empiris belum banyak penelitian yang meneliti sejauh mana substitusi limbah bata ringan terhadap agregat halus dapat memengaruhi karakteristik mekanik beton mutu menengah seperti K-200. Maka dari itu, terdapat kebutuhan untuk menelusuri hubungan kuantitatif antara variasi persentase limbah bata ringan dengan perubahan kuat tekan (S. Wang et al., 2025).

Permasalahan berikutnya berkaitan dengan keterbatasan pemahaman terhadap batas optimum pemanfaatan limbah bata ringan dalam campuran beton. Berdasarkan studi terdahulu (Pramujya S et al., 2025), diketahui bahwa penggunaan limbah bata ringan dalam porsi tertentu dapat meningkatkan efisiensi berat beton, namun berpotensi menurunkan

kekuatan tekan apabila melebihi kadar optimal. Hal ini menunjukkan adanya titik keseimbangan yang belum dipastikan secara akurat pada beton mutu K-200. Oleh karena itu, penelitian ini perlu menelusuri secara eksperimental pengaruh variasi kecil yaitu 1%, 2,5%, dan 5% terhadap kuat tekan beton, untuk menemukan proporsi yang paling efisien tanpa mengorbankan performa struktural.

Selanjutnya, permasalahan lain terletak pada keterkaitan antara karakteristik fisik limbah bata ringan dengan sifat mekanik beton. Limbah bata ringan bersifat porus, sehingga berpotensi meningkatkan porositas total campuran beton dan menurunkan densitas serta kekuatan tekan. Faktor ini secara langsung berkaitan dengan *workability* beton, karena porositas tinggi dapat meningkatkan kebutuhan air dan memengaruhi proses hidrasi semen. Dengan demikian, perlu dilakukan eksperimen untuk mengetahui bagaimana variasi persentase limbah bata ringan mempengaruhi kuat tekan beton K-200 (Martina et al., 2022).

Permasalahan juga muncul pada aspek keberlanjutan dan efisiensi produksi material konstruksi di Indonesia. Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik, 2024), limbah konstruksi non-logam, termasuk limbah bata ringan menyumbang sekitar 18% dari total limbah konstruksi nasional. Jumlah tersebut menunjukkan peluang besar untuk melakukan daur ulang material agar lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Namun, rendahnya tingkat pemanfaatan limbah ini menandakan kurangnya riset terapan yang menghubungkan potensi limbah bata ringan dengan karakteristik teknis beton yang dapat diterapkan di industri. Oleh karena itu, penelitian ini perlu memberikan data empiris yang dapat dijadikan dasar bagi industri konstruksi untuk mengintegrasikan material limbah ke dalam standar beton K-200 yang umum digunakan di lapangan.

Dengan demikian, fokus inti penelitian ini adalah mengkaji pengaruh variasi kadar limbah bata ringan (1%, 2,5%, dan 5%) sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan beton K-200. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh variasi kadar limbah bata ringan terhadap kuat tekan beton, sehingga diperoleh proporsi optimum

yang menghasilkan kuat tekan sesuai standar beton K-200.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi persentase limbah bata ringan sebesar 1%, 2,5%, dan 5% sebagai bahan substitusi sebagian agregat halus terhadap kuat tekan beton K-200?
2. Pada kadar berapa substitusi limbah bata ringan menghasilkan kuat tekan optimum pada beton K-200 sehingga masih memenuhi standar kuat tekan beton normal sesuai SNI 03-2834-2000?

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih fokus dan terarah, maka perlu dibuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Mutu beton yang ditargetkan pada umur beton 28 hari ialah mutu $f'c = 16,60$ Mpa dengan mutu beton K-200
2. Substitusi agregat halus dengan limbah bata ringan
3. Perencanaan penelitian hanya meninjau perbandingan kuat tekan beton dengan sampel beton sebagai berikut :
 - a. Sampel beton normal
 - b. Sampel beton normal dengan substitusi agregat halus dengan limbah bata ringan sebanyak 1%, 2,5% dan 5%.
 - c. Semen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Singa Merah, agregat kasar jenis batu pecah dari Kab. Jember. Agregat halus dari Kab. Jember.
 - d. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari.
 - e. Kuat tekan beton yang digunakan yaitu $Fc' 16,60$ Mpa
4. Pemilihan limbah yang digunakan tidak menguji kandungan kimia dari material yang digunakan
5. Tidak membahas RAB

1.5 Tujuan

Dengan melakukan penelitian ini, diharapkan dapat mencapai tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan limbah bata ringan sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus terhadap nilai kuat tekan beton K-200.
2. Untuk menentukan kadar optimum limbah bata ringan sebagai bahan substitusi sebagian agregat halus dalam menghasilkan kuat tekan beton K-200 yang maksimal dan tetap memenuhi standar mutu beton normal sesuai SNI 03-2834-2000.

1.6 Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat praktis dan teoritis sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan alternatif solusi dalam pemanfaatan limbah bata ringan sebagai material konstruksi yang ramah lingkungan. Dengan ditemukannya proporsi substitusi yang optimal, penelitian ini dapat membantu praktisi di bidang konstruksi untuk mengurangi ketergantungan terhadap pasir alam sekaligus mendukung penerapan konsep *green construction* dalam industri beton nasional.
2. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai guna limbah bata ringan, sehingga berkontribusi dalam mengurangi volume limbah industri bahan bangunan. Selain itu, temuan penelitian ini juga dapat menjadi masukan bagi masyarakat maupun pelaku industri kecil dalam pemilihan bahan campuran beton yang lebih ekonomis, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.
3. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan referensi ilmiah bagi mahasiswa, akademisi, dan peneliti lain yang berminat melakukan kajian lanjutan di bidang teknologi beton berkelanjutan.
4. Penelitian ini diharapkan dapat memperluas wawasan serta meningkatkan pengetahuan dan pemahaman penulis maupun pembaca

mengenai pengaruh penggunaan limbah bata ringan sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kekuatan beton K-200.

