

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Akibat dari pesatnya laju ekonomi dan pemusatan penduduk di perkotaan mendorong peningkatan aktivitas pembangunan di Indonesia. Sektor konstruksi menyumbang 10,28% terhadap PDB nasional dengan pertumbuhan 5,2% per tahun (Lopes, 2022). Kebutuhan semen dan beton pun meningkat tajam, namun produksinya berdampak besar terhadap lingkungan, dan industri semen global berkontribusi sekitar 7–8% terhadap total emisi CO<sub>2</sub> dunia, terutama dari proses kalsinasi dan pembakaran bahan bakar fosil (Ali et al., 2015). Fakta ini mendorong penelitian tentang material konstruksi alternatif yang lebih bersahabat dengan lingkungan serta dapat berkesinambungan. .

Salah satu solusi potensial adalah pemanfaatan limbah bata merah sebagai bahan substitusi semen, dan sekitar 2 juta ton limbah bata dan keramik dihasilkan setiap tahun di kota-kota besar Indonesia, yang sebagian besar berakhir di TPA (Mairizal et al., 2021). Meskipun limbah bata merah berisi SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, serta Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, senyawa yang juga terdeteksi dalam semen Portland (Aini et al., 2024). Dengan memanfaatkan sifat pozzolaniknya, limbah bata merah berpotensi meningkatkan kekuatan beton melalui pembentukan kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang memperkuat struktur beton (Pramujya S et al., 2025).

Dalam konteks ini, adukan semen 1:2:3 (semen: pasir: agregat kasar) jadi subjek kajian karena penggunaannya yang luas untuk bangunan sederhana dan perumahan. Substitusi semen dengan limbah bata merah perlu diuji secara kuantitatif terhadap kuat tekan beton, menggunakan variasi 10%, 15%, dan 20% untuk menemukan komposisi optimum. Variabel bebas penelitian ini adalah persentase substitusi limbah bata merah, variabel terikatnya kuat tekan beton campuran 1:2:3 (semen: pasir: agregat kasar), dan variabel kontrolnya meliputi karakteristik fisik serta kimia material.

Secara nasional, isu ini juga didorong oleh fakta bahwa limbah konstruksi Indonesia mencapai 67 juta ton per tahun (Susilowati et al., 2025), sementara tingkat daur ulangnya masih di bawah 10%. Di sisi lain, harga semen meningkat

4,6% per tahun (Suarez-Riera et al., 2024) karena biaya energi dan bahan baku yang naik. Pemanfaatan limbah bata merah tidak hanya dapat mengurangi limbah konstruksi dan emisi karbon, tetapi juga menekan biaya produksi beton sejalan dengan prinsip *circular economy dan green construction*.

Penelitian terdahulu menunjukkan hasil bervariasi. Substitusi limbah bata merah 15% dilaporkan mampu meningkatkan kuat tekan beton hingga 6% (Belebchouche et al., 2024). Penggunaan substitusi 10% juga terbukti dapat mengurangi emisi karbon hingga 12% tanpa menurunkan kekuatan beton (Akintayo et al., 2023). Pada penelitian beton K-225 di Indonesia, variasi 20% menyebabkan penurunan kuat tekan yang signifikan, sedangkan variasi 10–15% masih memenuhi standar SNI 2847:2019 (Mahanani & Rochmah, 2025). Selain itu, bata merah hasil pembakaran tradisional diketahui menghasilkan pozzolan reaktif yang dapat meningkatkan kepadatan beton (Shivaraju & Asha, 2024). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penggunaan limbah bata merah halus dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap serangan sulfat hingga 18% dibandingkan beton konvensional (Shariati et al., 2023).

Penelitian lain menyoroti bahwa penggunaan 15% limbah bata merah memberikan hasil optimal pada beton kelas menengah karena distribusi partikel halus yang baik (Belebchouche et al., 2024). Pada beton pozzolanik di Bangladesh menemukan bahwa substitusi 10–20% menghasilkan kuat tekan optimum pada usia 28 hari (Ikumapayi et al., 2024). Serta kombinasi limbah bata merah dengan *fly ash* meningkatkan durabilitas beton hingga 25% lebih baik dari kontrol (Mohammed et al., 2024). di Indonesia meneliti campuran bata merah lokal dan melaporkan bahwa hasil terbaik diperoleh pada komposisi 15% dengan peningkatan kuat tekan 5,8% (Adisti et al., 2025). Peneliti lain juga menemukan bahwa penggunaan limbah bata merah dalam beton 1:2:3 mampu meningkatkan nilai kepadatan hingga 3,4% dibanding beton normal (Abbas et al., 2023). Secara umum, hasil-hasil tersebut mengonfirmasi bahwa limbah bata merah berpotensi menjadi material alternatif ramah lingkungan dengan performa struktural yang memadai.

Namun, research gap masih muncul karena sebagian besar studi pada beton mutu tinggi atau menggunakan bahan bata merah dari luar negeri, sehingga kurang relevan dengan kondisi material lokal Indonesia, sedangkan penelitian terhadap

campuran beton 1:2:3 material lokal masih terbatas. Variasi sifat kimia bata merah dari berbagai sumber juga dapat memengaruhi reaksi pozzolanik dan hasil akhir kuat tekan. Maka dari itu, riset ini berupaya mengisi jeda itu dengan pendekatan eksperimental menggunakan bahan lokal untuk memperoleh data empiris yang aplikatif.

Dengan demikian, tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis pengaruh pemanfaatan limbah bata merah sebagai bahan substitusi sebagian semen terhadap kuat tekan beton campuran 1:2:3 pada variasi 10%, 15%, dan 20%. Secara akademik, penelitian ini memperkaya literatur mengenai beton ramah lingkungan, sedangkan secara praktis, hasilnya diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan pengembangan material konstruksi berkelanjutan yang efisien, ekonomis, dan sesuai standar SNI 2847:2019.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Peningkatan pesat sektor konstruksi di Indonesia telah menyebabkan lonjakan kebutuhan semen sebagai bahan utama beton. Secara makro, kondisi ini memunculkan dua permasalahan utama, yaitu tingginya emisi karbon dari industri semen yang mencapai 7–8% dari total emisi global (Ali et al., 2015) serta peningkatan volume limbah konstruksi nasional lebih dari 67 juta ton per tahun (Susilowati et al., 2025). Ketergantungan penuh pada semen dalam praktik konstruksi konvensional menimbulkan dampak lingkungan serius sekaligus ancaman terhadap keberlanjutan sumber daya alam. Maka, dibutuhkan inovasi material pengganti yang ramah lingkungan namun tetap memenuhi standar kekuatan beton struktural.

Dari persoalan tersebut muncul wacana turunannya tentang pemanfaatan sisa bata merah sebagai materi pengganti separuh semen. Limbah ini melimpah hasil sisa konstruksi dan pembongkaran bangunan, dengan potensi pozzolanik tinggi karena mengandung silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang dapat bereaksi membentuk C-S-H, penyumbang utama kuat tekan beton. Namun, belum ada kepastian empiris sejauh mana limbah bata merah dapat menggantikan semen tanpa menurunkan performa beton, khususnya pada beton campuran 1:2:3 yang banyak digunakan dalam konstruksi perumahan.

Permasalahan berikutnya berkaitan dengan pengaruh variasi persentase substitusi (10%, 15%, dan 20%) terhadap kuat tekan beton. Hasil penelitian sebelumnya seperti (Aini et al., 2024) menunjukkan tren yang tidak konsisten, karena perbedaan sifat kimia dan fisik bata merah lokal di setiap wilayah Indonesia. Akibatnya, belum tersedia data kuantitatif yang pasti mengenai batas optimum substitusi limbah bata merah yang masih memenuhi standar SNI 2847:2019. Hal ini menimbulkan kebutuhan penelitian eksperimental yang dapat mengonfirmasi hubungan antara kadar substitusi dan perubahan kuat tekan beton secara terukur.

Selain aspek teknis, efisiensi lingkungan dan ekonomi dari penggunaan limbah bata merah juga belum banyak dikaji secara kuantitatif. Walaupun konsep *green concrete* menjanjikan pengurangan emisi dan biaya, belum terdapat pembuktian empiris sejauh mana substitusi semen dengan limbah bata merah dapat menekan penggunaan material alami tanpa menurunkan kualitas beton. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya pendekatan ilmiah berbasis data eksperimental.

Dengan demikian, fokus inti penelitian ini adalah menguji secara kuantitatif pengaruh variasi persentase limbah bata merah mengenai mutu tekan adukan 1:2:3, guna menentukan batas substitusi optimum yang ramah lingkungan namun tetap memenuhi persyaratan teknis. Fokus ini menjadi dasar perumusan masalah dan hipotesis penelitian mengenai hubungan antara peningkatan persentase limbah bata merah dan perubahan kuat tekan beton.

### **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 merah sebagai bahan substitusi sebagian semen terhadap kuat tekan beton campuran 1:2:3?
2. Berapa persentase optimum limbah bata merah yang dapat digunakan sebagai bahan substitusi semen sehingga menghasilkan kuat tekan beton normal yang maksimal diantara proporsi semen 10%, 15%, 20% ?
3. Bagaimana pengaruh perbedaan penggunaan antara beton normal dan beton dengan substitusi limbah bata merah terhadap biaya pembangunan

dan durasi waktu pelaksanaan pekerjaan berdasarkan metode Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) dan analisis Kurva S?

#### **1.4 Batasan Masalah**

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

1. Kajian ini cuma memakai tipe beton normal dan beton normal dengan bata merah dengan rasio adukan 1:2:3 (semen : pasir : agregat kasar) tanpa bahan penambah admixture atau zat tambahan
2. Substitusi semen dengan limbah bata merah
3. Perencanaan penelitian hanya meninjau perbandingan kuat tekan beton dengan sampel beton sebagai berikut :
4. Sampel beton normal tanpa substitusi sebagai kontrol
5. Sampel beton normal dengan substitusi semen dengan limbah bata merah sebanyak 10%, 15% dan 20%.
6. Semen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah PC, agregat kasar jenis batu pecah dari Kab. Jember. Agregat halus dari Kab. Jember.
7. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari.
8. Pengujian beton dipusatkan pada uji kuat tekan memakai spesimen berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
9. Kajian ini memakai keseluruhan 24 contoh, dengan dua contoh di tiap ragam variasi saat pengujian usia 7 hari dan dua contoh di tiap ragam variasi pada pengujian usia ke 14 dan 28 hari.

#### **1.5 Tujuan Penelitian**

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

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh biaya dan berat beton penggunaan limbah bata merah sebagai pengganti semen pada nilai kuat tekan beton campuran 1:2:3.

2. Untuk mengetahui kuat tekan optimal pada substitusi semen dengan limbah batu merah 10%, 15% dan 20% dalam campuran beton.
3. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan penggunaan antara beton normal dan beton dengan substitusi limbah bata merah terhadap biaya pembangunan dan durasi waktu pelaksanaan pekerjaan berdasarkan metode Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) dan analisis Kurva S.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

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

1. Kajian ini diharapkan dapat memperluas cakrawala serta menaikkan ilmu dan pengertian penyusun maupun audiens tentang studi beton yang memakai sisa bata merah terhadap daya tahan beton itu sendiri.
2. Alhasil studi ini dapat dipakai sebagai sumber rujukan akademik bagi mahasiswa atau penyelidik lain yang tertarik mengadakan telaah lebih lanjut dalam lingkup yang serupa, utamanya yang bersangkutan dengan studi beton yang memakai sisa bata merah.
3. Kajian ini diharapkan dapat menaikkan mutu tambah dan berguna sisa bata merah pada penggunaan material bangunan untuk konstruksi.
4. Penemuan studi ini dapat menyajikan sumbangsih untuk penelitian yang menyusul tentang penentuan material adukan beton yang dapat dipakai pada khalayak ramai.