BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kebutuhan pembangunan infrastruktur modern telah mendorong penggunaan material konstruksi yang tidak hanya memiliki kekuatan tinggi, tetapi juga mampu memberikan efisiensi struktural, kemudahan pelaksanaan, serta keberlanjutan lingkungan. Beton masih menjadi material konstruksi yang paling dominan digunakan di dunia karena memiliki kuat tekan tinggi, durabilitas yang baik, serta fleksibilitas dalam pembentukan elemen struktur (Rahimpour, 2024). Data dari *Global Cement and Concrete Industry* (2021) menunjukkan bahwa konsumsi beton global mencapai lebih dari 14 miliar m^3 per tahun, sehingga menjadikannya material konstruksi paling banyak digunakan setelah air. Perkembangan desain bangunan bertingkat, struktur bentang panjang, dan elemen dengan tulangan rapat menuntut penggunaan beton yang mampu mengalir secara optimal tanpa mengalami segregasi maupun penurunan kualitas pemadatan. Penggunaan beton konvensional masih sering menimbulkan permasalahan berupa *honeycombing,* rongga udara, serta distribusi agregat yang tidak merata akibat proses pemadatan mekanis yang kurang optimal, terutama pada elemen dengan konfigurasi tulangan yang kompleks. Kondisi tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga kuat tekan beton ikut menurun (Alagarsamy et al., 2025).

Salah satu material yang berpotensi dimanfaatkan sebagai agregat alternatif adalah pecahan batu bata klinker, yaitu limbah hasil pembakaran batu bata merah yang gagal produksi dan memiliki tekstur keras serta berpori. Penelitian oleh (Alkhaly, 2021) Bata klinker merupakan produk sampingan dari industri bata merah yang dihasilkan akibat paparan suhu berlebihan selama proses pembakaran, sehingga menyebabkan ketidakteraturan bentuk dan dimensi. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengkaji kelayakan limbah bata klinker yang dikategorikan sebagai produk over-burning sebagai bahan subtitusi agregat kasar dalam campuran beton normal. Pengujian dilakukan terhadap 20 benda uji berbentuk silinder dengan

dimensi 150 mm x 300 mm, menggunakan rasio air semen tetap sebesar 0,48. Variasi tingkat substitusi agregat kasar oleh bata klinker ditetapkan sebesar 0%, 25%, 50%, dan 100% berdasarkan volume absolut campuran. Temuan penelitian mengindikasikan adanya tren penurunan kuat tekan yang tidak signifikan seiring dengan peningkatan proporsi bata klinker. Nilai kuat tekan yang tercatat berturut-turut adalah 22,54 MPa (0%), 22,30 MPa (25%), 21,86 MPa (50%), dan 21,74 MPa (100%). Seluruh nilai tersebut masih memenuhi ambang batas yang dipersyaratkan untuk aplikasi beton struktural. Lebih lanjut, substitusi agregat dengan bata klinker terbukti mereduksi berat volume beton secara progresif, dari 2329,09 kg/m³ pada beton normal hingga 2122,50 kg/m³ pada substitusi penuh (100%), yang merepresentasikan penurunan hingga 8,87%. Berdasarkan temuan ini, disimpulkan bahwa bata klinker memiliki potensi yang signifikan sebagai alternatif agregat kasar dalam produksi beton normal, mengingat kemampuannya dalam mempertahankan kuat tekan yang diisyaratkan serta memberikan keuntungan tambahan berupa pengurangan berat volume beton.

Perkembangan desain bangunan bertingkat, struktur bentang panjang, dan elemen dengan tulangan rapat menuntut penggunaan beton yang mampu mengalir secara optimal tanpa mengalami segregasi maupun penurunan kualitas pemadatan. Penggunaan beton konvensional masih sering menimbulkan permasalahan berupa honeycombing, rongga udara, serta distribusi agregat yang tidak merata akibat proses pemadatan mekanis yang kurang optimal, terutama pada elemen dengan konfigurasi tulangan yang kompleks. Kondisi tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga kuat tekan beton ikut menurun (Alagarsamy et al., 2025). Oleh karena itu, para ahli mengembangkan beton Self-Consolidating (SCC) untuk memungkinkan aliran dan pengisian cetakan secara mandiri tanpa bantuan getaran mekanis. Keunggulan ini membuatnya sangat cocok digunakan pada struktur dengan tulangan yang rapat serta bentuk yang rumit. SCC diciptakan untuk meningkatkan efisiensi kerja, mutu hasil pengecoran, dan kenyamanan serta keselamatan kerja di lapangan. SCC dirancang agar mampu mengisi seluruh rongga cetakan dan celah antar tulangan secara homogen tanpa mengalami segregasi maupun *bleeding* (Kumar et al.., 2020). SCC dirancang

dengan komposisi pasta semen dan agregat yang diatur sedemikian rupa sehingga memenuhi kriteria *slump-flow* dan resistensi segregasi tertentu berdasarkan standar internasional seperti (ACI 237R) yang menguraikan karakteristik dan parameter evaluasi SCC. (ACI 211.4R) juga menyajikan pedoman *mix design* beton berbasis ACI yang lebih fleksibel untuk beton berkinerja tinggi termasuk SCC, sedangkan (ASTM C33) mendefinisikan persyaratan agregat kasar dan halus yang harus dipenuhi untuk mencapai kekuatan dan stabilitas beton yang optimal.

Dalam konteks ini, SCC mutunya ditargetkan pada kisaran 50–60 MPa, untuk mencapai sifat-sifat SCC yang baik, diperlukan penggunaan bahan tambahan kimia berupa *superplasticizer*, *superplastisizer* biasanya digunakan untuk mengurangi volume air pencampuran dan meningkatkan kinerja beton yang mengeras sambil mempertahankan kemampuan kerja yang lebih baik dari beton segar (Wang et al., 2024). Penelitian oleh (Haniza et al., 2021) menunjukkan bahwa penggunaan superplasticizer Master Gelenium ACE 8595 dengan kadar 1,5% dari berat semen dapat menghasilkan SCC dengan slump flow sebesar 700 mm dan kuat tekan maksimum sebesar 72,65 MPa pada umur 28 hari, yang melebihi target mutu 60 MPa.

Perkembangan teknologi beton tidak hanya sebatas pemenuhan karakteristik workability yang baik, namun juga termasuk kebutuhan struktur dengan kapasitas dan durabilitas yang lebih baik berupa beton mutu tinggi. Pada beton mutu tinggi, rasio air-binder yang rendah diperlukan untuk menghasilkan mikrostruktur beton yang lebih padat dan kuat. Penurunan rasio air-binder dapat menyebabkan penurunan workability campuran secara signifikan sehingga beton menjadi sulit mengalir dan memadat dengan baik. Pengaplikasian high-range water-reducing admixture (HRWRA) menjadi sangat penting untuk mempertahankan kemampuan alir beton tanpa meningkatkan kadar air campuran. Dalam pengembangan beton mutu tinggi dengan rasio air-binder rendah, penggunaan bahan tambah kimia 3 menjadi aspek yang tidak dapat dipisahkan dari desain campuran beton modern (ACI Committe, 2008). *Superplasticizer* merupakan salah satu jenis HRWRA yang banyak digunakan pada beton mutu tinggi karena mampu mengurangi kebutuhan air pencampur secara signifikan sekaligus mempertahankan *workability* campuran

beton. Penggunaan *superplasticizer* memungkinkan dihasilkannya beton dengan rasio air-binder rendah, *workability* tinggi, serta struktur mikro yang lebih rapat dan homogen sehingga kuat tekan beton dapat meningkat (Alsadey & Omran, 2022).

Meskipun demikian, penggunaan superplasticizer pada SCC perlu dioptimalkan secara cermat karena berpengaruh terhadap kemampuan alir, stabilitas campuran, serta risiko segregasi pada beton segar. Kadar superplasticizer yang tidak sesuai dapat menyebabkan penurunan stabilitas campuran sehingga kualitas beton yang dihasilkan tidak optimal (Dwi, 2024). Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kadar superplasticizer dan kuat tekan SCC tidak bersifat linear, melainkan memiliki titik optimum yang perlu ditentukan melalui pengujian, terutama ketika campuran menggunakan agregat non-konvensional seperti pecahan batu bata klinker yang memiliki daya serap air lebih tinggi dibandingkan agregat alam.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu tersebut, dapat diidentifikasi berbagai kesenjangan penelitian. Penelitian mengenai pemanfaatan batu bata klinker sebagai agregat masih dilakukan pada beton normal dan belum dikaji pada beton dengan karakteristik self-consolidating maupun mutu tinggi; penelitian mengenai SCC yang telah ada masih didominasi oleh penggunaan agregat konvensional sehingga belum menjawab tantangan stabilitas campuran ketika agregat berpori digunakan; dan penelitian mengenai pengaruh variasi kadar superplasticizer pada SCC mutu tinggi yang menggunakan agregat pecahan batu bata klinker hingga saat ini masih sangat terbatas dan belum banyak dilaporkan. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar dan urgensi dilakukannya penelitian ini.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengkajian pengaruh variasi kadar superplasticizer terhadap kuat tekan Self-Consolidating Concrete mutu tinggi dengan penggunaan agregat pecahan batu bata klinker sebagai agregat kasar, yang hingga saat ini masih terbatas dan belum pernah dilaporkan dalam penelitian sebelumnya. Penelitian ini tidak hanya menggabungkan aspek pemanfaatan limbah batu bata klinker sebagai upaya konstruksi berkelanjutan, tetapi juga mengkaji secara khusus bagaimana variasi kadar superplasticizer dapat menyeimbangkan antara kebutuhan rasio air-binder rendah untuk mutu tinggi dan kebutuhan

workability tinggi untuk mencapai karakteristik self-consolidating pada campuran beragregat berpori.

Oleh karena itu celah pengetahuan (*research gap*) yang ingin diisi adalah bagaimana karakteristik fisis dan mekanis dari SCC mutu tinggi yang menggunakan agregat kasar dari limbah batu bata klinker. Selain itu, mengingat peran superplasticizer yang sangat vital dalam SCC, penelitian ini juga akan mengkaji variasi kadar *superplasticizer* untuk mendapatkan komposisi yang paling optimum. Kombinasi ini diharapkan dapat menghasilkan beton SCC dengan mutu tinggi yang tidak hanya unggul secara mekanis dan workability, tetapi juga berkontribusi pada solusi ramah lingkungan dengan mereduksi limbah industri bata. Dengan demikian, penelitian berjudul "Studi Eksperimental Penggunaan Batu Bata Klinker pada Beton *Self-Consolidating Concrete* Mutu Tinggi dengan Variasi Kadar *Superplasticizer*" ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi material konstruksi yang berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Sebagaimana diuraikan pada latar belakang maka terdapat beberapa rumusan masalah yang digunakan:

1. Bagaimana karakteristik sifat fisis beton segar (meliputi *slump flow, V-funnel, dan L-box*) serta kuat tekan beton SCC mutu tinggi yang menggunakan batu bata klinker sebagai agregat kasar?
2. Bagaimana pengaruh variasi kadar *superplasticizer* (0,6%, 0,8%, dan 1,0%) terhadap sifat fisis beton segar dan kuat tekan beton SCC mutu tinggi yang menggunakan batu bata klinker sebagai agregat kasar?
3. Berapa kadar *superplasticizer* yang optimal untuk menghasilkan beton SCC mutu tinggi dengan penggunaan batu bata klinker sebagai agregat kasar yang memenuhi syarat kualitas?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah pada penelitian, adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik sifat fisis beton segar (meliputi *slump flow, V-funnel, dan L-box*) dan kuat tekan beton SCC mutu tinggi yang menggunakan batu bata klinker sebagai agregat kasar.
2. Mengetahui pengaruh variasi kadar *superplasticizer* (0,6%, 0,8%, dan 1,0%) terhadap sifat fisis beton segar dan kuat tekan beton SCC mutu tinggi yang menggunakan batu bata klinker sebagai agregat kasar.
3. Menentukan kadar *superplasticizer* yang optimal untuk menghasilkan beton SCC mutu tinggi dengan penggunaan batu bata klinker sebagai agregat kasar yang memenuhi syarat kualitas sesuai dengan standar yang berlaku.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, adapun manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang potensi penggunaan batu bata klinker sebagai agregat kasar pada beton SCC mutu tinggi, sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan akibat penumpukan limbah batu bata klinker dan mengurangi eksploitasi bahan alam untuk pembuatan beton.
2. Memberikan informasi tentang pengaruh variasi kadar superplasticizer terhadap sifat-sifat beton SCC mutu tinggi yang menggunakan batu bata klinker sebagai agregat kasar, sehingga dapat menjadi acuan dalam perancangan campuran beton SCC yang lebih efisien dan berkualitas.
3. Menyumbangkan pengetahuan baru dalam bidang teknologi beton, khususnya tentang pengembangan beton SCC yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Agar penelitian ini tidak menjadi terlalu luas dan tetap fokus, penting untuk menetapkan beberapa batasan sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Berikut adalah batasan-batasan yang ada dalam penelitian ini.

1. Material yang digunakan:
    a. Batu bata klinker yang lolos saringan no. 1/2 (12,5 mm) dan tertahan di saringan no. 16 (1,18 mm) sebagai agregat kasar.

b. *Superplasticizer* merk sika *viscocrate* 8045 p sebanyak variasi 0,6%, 0,8%, dam 1,0%.
c. Pasir alam yang lolos saringan no. 3/8 (9,5 mm) dan tertahan di saringan no 100 (0,15 mm) sebagai agregat halus yang diambil dari PT. Aceh Mufiz Jaya.
d. Semen Portland Tipe 1 merek Andalas
e. Air dari CV. Ie Puteh Kutablang
f. *Silica fume* dengan kadar 15% sebagai bahan tambah merek Sika Indonesia.

2. Metode *mix design* merujuk pada ACI 237R dan ACI 211.4R
3. Metode pengujian sifat fisis SCC berdasarkan EFNARC 2005
4. Pengujian mekanis dilakukan pada umur 7 hari dan umur 28 hari dengan diameter silinder 15 cm dan tinggi silinder 30 cm.

1.6 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode volume absolute yang mengacu kepada perancangan campuran beton menggunakan ACI 237R, ACI 211.4R dan pengujian sifat fisis SCC segar menggunakan metode EFNARC 2005 terdiri dari *Slump flow*, *V-funnel*, dan *L-shape box* yang di lakukan secara eksperimental dengan percobaan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Malikussaleh.

1.7 Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian eksperimental, penggunaan pecahan batu bata klinker sebagai agregat kasar pada beton *Self-Consolidating Concrete* (SCC) dengan variasi kadar *superplasticizer* sebesar 0,6%, 0,8%, dan 1,0% menunjukkan bahwa seluruh campuran memenuhi kriteria sifat fisis beton segar berdasarkan EFNARC 2005. Nilai *slump flow* berkisar antara 552,5–745 mm, waktu *V-funnel* sebesar 7,00–12,22 detik, rasio *L-shape box* sebesar 0,91–0,99, dan nilai *blocking step* J-ring sebesar 11,0–13,5 mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa campuran beton memiliki kemampuan alir dan kemampuan melewati hambatan yang memadai.

Pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari, diperoleh nilai sebesar 31,00–35,63 MPa untuk mutu rencana 50 MPa, 34,73–39,41 MPa untuk mutu rencana 55 MPa, serta 46,05–56,80 MPa untuk mutu rencana 60 MPa. Peningkatan kadar *superplasticizer* cenderung memperbaiki kemampuan alir beton segar, tetapi diikuti penurunan kuat tekan. Kadar *superplasticizer* sebesar 0,6% menghasilkan kuat tekan tertinggi, yaitu 56,80 MPa pada mutu rencana 60 MPa. Dengan demikian, kadar 0,6% merupakan kadar optimum di antara variasi yang diteliti. Namun, sebagian besar campuran belum mencapai kuat tekan rencana sehingga diperlukan penyempurnaan proporsi campuran untuk memperoleh kinerja beton SCC mutu tinggi yang lebih optimal.