

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan pembangunan infrastruktur dan gedung bertingkat di Indonesia mendorong peningkatan kebutuhan bata ringan sebagai material pengisi dinding yang efisien (Ola & Silaban, 2018). Menurut SNI 8640-2018, bata ringan didefinisikan sebagai material pasangan dinding bangunan berbahan dasar beton yang memiliki bobot isi lebih ringan dibandingkan beton normal. Berkebalikan dengan bata merah konvensional, sifat ringan ini merupakan tujuan utama dari material tersebut, dan menjadikannya pilihan prioritas pada konstruksi gedung bertingkat yang sensitif terhadap beban struktur (Eppendie & Kushartomo, 2023).

Produksi bata ringan bergantung pada dua komponen utama, yakni semen sebagai pengikat dan pasir sebagai agregat halus. Keduanya merupakan material konvensional yang ketersediaannya semakin terbatas dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Produksi semen global diketahui menyumbang lebih dari 7% emisi gas rumah kaca secara global (Miller dkk., 2021), sementara eksploitasi pasir alam menimbulkan degradasi lingkungan yang signifikan. Sebagai respons, berbagai material pengganti telah dikembangkan, di antaranya *fly ash*, *silica fume*, dan *slag* teruntuk substitusi semen (Juenger dkk., 2019), serta berbagai agregat ringan sebagai substitusi pasir (Agrawal dkk., 2021). Namun sebagian besar material tersebut merupakan produk samping industri berat yang ketersediaannya bergantung pada proses industri tertentu. *Fly ash* sebagai contoh, mulai terbatas seiring rencana penghentian pembangkit batu bara di berbagai negara dan harganya yang cenderung meningkat (Eransyah dkk., 2022). Kondisi ini mendorong eksplorasi material alternatif dari sumber yang lebih lokal dan berkelanjutan.

Indonesia merupakan salah satu produsen kelapa terbesar di dunia, dengan produksi mencapai 2836,01 ribu ton pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2026). Tingginya volume produksi tersebut menghasilkan akumulasi limbah bila tidak diproses dengan baik akan berimbas pada gangguan lingkungan (Artika dkk., 2021). Adapun, kandungan karbon pada arang tempurung kelapa menunjukkan kadar yang

lebih tinggi daripada material lain seperti sekam padi sehingga menghasilkan stabilitas struktural dan kepadatan material yang superior dibandingkan *biochar* jenis lain (Haris Javed dkk., 2022).

Di lain pihak, arang dari pembakaran biomassa telah diteliti sebagai pengganti agregat halus karena berat jenisnya yang lebih rendah dari pasir, sehingga penggunaannya secara langsung menurunkan bobot isi campuran dan selaras dengan tujuan utama bata ringan (Mahendra dkk., 2021). Pada kadar substitusi yang tepat hingga sekitar 7,5 hingga 10%, arang terbukti mampu mempertahankan kuat tekan tanpa penurunan performa yang signifikan (A. Riyanto dkk., 2025; Sihombing dkk., 2018; Parvathikumar dkk., 2025). Meskipun demikian, arang memiliki tantangan teknis yang mendasar. Struktur arang yang berpori yaitu terdiri atas mikropori, mesopori, dan makropori, berpotensi meningkatkan daya serap air campuran secara signifikan (Biessikirski dkk., 2025). Peningkatan penyerapan air ini menjadi persoalan kritis pada bata ringan karena SNI 8640-2018 membatasi nilai penyerapan air maksimum sebesar 25%. Dengan demikian, arang berpotensi menurunkan bobot isi, namun sekaligus mengancam pemenuhan standar penyerapan air apabila pori-porinya tidak diimbangi oleh material yang mampu mengisinya.

Kebutuhan akan material pengisi *filler* tersebut memiliki justifikasi teknis yang jelas. Material berpartikel sangat halus terbukti mampu masuk dan mengisi rongga pori pada substrat lain, meningkatkan densitas matriks sekaligus menekan porositas (Zhou dkk., 2021). Abu hasil pembakaran biomassa mendapati distribusi ukuran partikel yang sangat halus berpotensi mengisi pori-pori yang ditinggalkan oleh arang. Lebih dari itu, abu juga bereaksi pada *pozzolanik* dengan kalsium hidroksida dari hidrasi semen, membentuk gel kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang memadatkan matriks dan meningkatkan kuat tekan (Ranatunga dkk., 2023). Komposisi kimia abu dari pembakaran biomassa diketahui menyerupai *fly ash* (D. Riyanto dkk., 2018), menjadikannya kandidat substitusi semen yang menjanjikan sekaligus solusi atas keterbatasan *fly ash* konvensional. Kadar optimum penggunaannya sebagai substitusi semen bervariasi antara 5 hingga 20%

bergantung pada kondisi campuran (Ranatunga dkk., 2023; Adajar dkk., 2020; Langitan dkk., 2022).

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS, 2026), Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat produksi kelapa yang tinggi di dunia. Jumlah produksi kelapa tercatat sebesar 2,87 juta ton pada tahun 2022 dan meningkat menjadi 2,89 juta ton pada tahun 2023. Tingginya volume produksi tersebut menghasilkan akumulasi limbah tempurung kelapa yang tanpa pengelolaan yang memadai, limbah tersebut dapat memberikan dampak yang merugikan bagi lingkungan (Artika dkk., 2021). Relevansi teknis tempurung kelapa dalam penelitian ini terletak pada fakta bahwa satu siklus pembakarannya menghasilkan dua material yang dibutuhkan secara bersamaan. Arang tempurung kelapa dihasilkan pada tahap pembakaran awal sebagai substitusi agregat halus berbobot rendah, sementara abu tempurung kelapa terbentuk dari lanjutan pembakaran arang yang sama dan berfungsi sebagai *filler* pengisi pori arang sekaligus substitusi parsial semen. Dengan pendekatan ini, persoalan teknis yang ditimbulkan oleh porositas arang diharapkan dapat diatasi oleh partikel abu yang halus, sehingga performa nilai bobot isi, daya serap air, dan kuat tekan bata ringan tetap memenuhi SNI 8640-2018.

Namun, penelitian terdahulu baru mengkaji penggunaan arang dan abu tempurung kelapa secara terpisah sebagai material substitusi dalam campuran beton. Kombinasi dari kedua material tersebut sebagai pengganti agregat halus dan semen pada bata ringan CLC belum pernah diteliti hingga saat ini, penelitian yang membahas penggunaan kombinasi abu tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa pada bata ringan CLC secara terpadu masih relatif terbatas. Oleh sebab itu, penelitian ini difokuskan untuk mengkaji pengaruh kedua material tersebut terhadap karakteristik bata ringan, meliputi bobot isi, penyerapan air, dan kuat tekan, serta mengidentifikasi potensi efisiensi biaya yang dapat diperoleh melalui pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai material lokal.

1.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh penggunaan abu tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa sebagai bahan substitusi sebagian semen dan

agregat halus pada campuran bata ringan. Pemanfaatan kedua limbah tersebut diharapkan dapat menjadi salah satu inovasi dalam pengembangan material konstruksi yang lebih efektif dan bernilai guna. Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini disusun sebagai berikut,

1. Bagaimana pengaruh perubahan proporsi penggunaan abu tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa sebagai bahan substitusi terhadap karakteristik bobot isi bata ringan?
2. Bagaimana pengaruh perubahan proporsi penggunaan abu tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa sebagai bahan substitusi terhadap karakteristik penyerapan air bata ringan?
3. Bagaimana pengaruh perubahan proporsi penggunaan abu tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa sebagai bahan substitusi terhadap nilai kuat tekan bata ringan?
4. Bagaimana pengaruh perubahan proporsi abu tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa sebagai bahan substitusi terhadap efisiensi biaya produksi antara bata ringan konvensional dan bata ringan inovasi?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh dari substitusi abu dan arang tempurung kelapa pada campuran bata ringan sebagai alternatif pengganti semen dan agregat halus, dalam rangka mengembangkan inovasi pemanfaatan limbah yang efektif antara lain:

1. Mengetahui pengaruh bobot isi dari penggunaan abu dan arang tempurung kelapa pada bata ringan.
2. Mengetahui pengaruh penyerapan air dari penggunaan abu dan arang tempurung kelapa pada bata ringan.
3. Mengetahui pengaruh uji kuat tekan bata ringan dari pengaruh penambahan abu dan arang tempurung kelapa pada bata ringan.
4. Mengetahui pengaruh biaya pembuatan produksi bata ringan inovasi campuran abu dan arang tempurung kelapa dengan bata ringan konvensional.

1.4 Manfaat

Melalui penelitian mengenai penggunaan abu tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa sebagai material substitusi sebagian semen dan agregat halus pada bata ringan, diharapkan dapat diperoleh inovasi dalam pemanfaatan limbah sebagai bahan konstruksi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Berdasarkan hal tersebut, manfaat penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Memberikan kontribusi ilmiah dan memperkaya literatur mengenai pemanfaatan limbah organik yaitu abu tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa dalam inovasi teknologi bata ringan,
2. Menjadi referensi akademis bagi peneliti lain yang ingin berinovasi penelitian sejalan,
3. Memberikan alternatif inovasi material bata ringan dengan memanfaatkan potensi limbah lokal,
4. Mengurangi akumulasi limbah tempurung kelapa dari industri pengolahan kelapa atau pasar tradisional dengan mengubah material sisa yang tidak bernilai menjadi bahan substitusi parsial semen dan pasir.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memastikan penelitian tetap berfokus pada tujuan yang telah ditetapkan, diperlukan pembatasan terhadap ruang lingkup penelitian. Adapun batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Material yang dipakai sebagai bahan pengikat merupakan semen yang berjenis *Portland Composite Cement (PCC)* merk semen gresik, dan bahan pengembang yang digunakan adalah *foam agent* merk *Ztabiler Chemical Concrete GF 1420* dengan kadar pencampuran *foam* banding air pencampur *foam* yaitu 1:40,
2. Material substitusi berupa limbah tempurung kelapa yang dibakar sehingga telah berupa abu dan arang tempurung kelapa, dengan proses pembakaran konvensional yaitu dibakar di dalam tong,
3. Standar pembuatan benda uji berstandarkan pada penelitian terdahulu melalui jurnal dan studi terdahulu,
4. Standar pengujian benda uji mengacu pada standar SNI 8640-2018 tentang Spesifikasi Bata Ringan untuk Pasangan Dinding, parameter pengujian benda uji

dibatasi hanya pada uji kuat tekan, uji bobot isi, dan uji penyerapan air, sedangkan untuk uji susut material tidak dilakukan sebab adanya keterbatasan alat dan fasilitas untuk skala Laboratorium Bahan Bangunan Sekolah Vokasi,

5. Analisis biaya yang dilakukan hanya menghitung perbandingan biaya produksi skala per meter persegi antara bata ringan inovasi dan bata ringan konvensional.

1.6 Ruang Lingkup

Pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini dibatasi pada beberapa ruang lingkup utama yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Penggunaan bahan dasar bata ringan berupa semen PCC, pasir, air, dan *foam agent*, dengan material substitusi berupa arang tempurung kelapa sebagai pengganti pasir serta abu tempurung kelapa sebagai pengganti semen,
2. Pembuatan benda uji dan seluruh pengujian terhadap sifat fisik maupun mekanis bata ringan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Fakultas Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro,
3. Pembuatan benda uji terdiri dari 1 variasi kontrol dan 4 variasi inovasi dengan persentase campuran arang dan abu tempurung kelapa.
4. Pengujian sifat fisik dan mekanis produk yang meliputi pengujian bobot isi, pengujian daya serap air, serta pengujian kuat tekan pada umur bata ringan 14 hari,
5. Analisis kelayakan mutu produk berdasarkan standar SNI 8640-2018 serta analisis komparasi biaya dengan sumber *web* MAS PETRUK Kota Semarang Tahun 2025 untuk mengetahui nilai ekonomis bata ringan inovasi dibandingkan konvensional.