

Pengaruh Penggunaan *Foaming Agent* Terhadap Kuat Tekan Bata Ringan *Cellular Lightweight Concrete*

Nur Pitriani¹, Roguard Lubis¹, Salsa Bila Dea Nugraha¹, Moh Haifan¹

Program Studi Program Profesi Insinyur, Institut Teknologi Indonesia, Jl. Raya Puspiptek, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten 15314, Indonesia

Keywords:

Lightweight Concrete, Cellular Lightweight Concrete, Foaming Agent, Compressive Strength

Correspondent Email:

nurpitriani19@gmail.com



Copyright © [JPI](#) (Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung).

Abstrak. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi *foaming agent* terhadap kuat tekan bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) serta kesesuaiannya terhadap SNI 8640:2018. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan variasi *foaming agent* 0,4 l/m³, 0,6 l/m³, dan 0,8 l/m³. Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan *compression testing machine* setelah proses curing sesuai standar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *foaming agent* 0,6 l/m³ menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 0,21 MPa, diikuti 0,8 l/m³ sebesar 0,19 MPa dan 0,4 l/m³ sebesar 0,05 MPa. Namun, seluruh nilai kuat tekan masih berada di bawah persyaratan minimum SNI sebesar 2 MPa. Rendahnya kuat tekan dipengaruhi oleh ketidakterkendalian proses pencampuran, kestabilan busa, dan keterbatasan peralatan uji. Penelitian ini menegaskan pentingnya pengendalian teknis dalam produksi bata ringan CLC.

Abstract. This study aims to analyze the effect of foaming agent variations on the compressive strength of Cellular Lightweight Concrete (CLC) blocks and their compliance with SNI 8640:2018. An experimental laboratory method was employed using foaming agent variations of 0.4 l/m³, 0.6 l/m³, and 0.8 l/m³. Compressive strength testing was conducted using a compression testing machine after standard curing. The results show that the highest compressive strength was obtained at 0.6 l/m³ with a value of 0.21 MPa, followed by 0.8 l/m³ at 0.19 MPa and 0.4 l/m³ at 0.05 MPa. However, all results did not meet the minimum requirement of 2 MPa specified by SNI. The low compressive strength was influenced by uncontrolled mixing processes, foam instability, and testing equipment limitations. These findings emphasize the importance of strict technical control in CLC block production.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang keinsinyuran telah memberikan kontribusi besar terhadap kemajuan pembangunan infrastruktur di Indonesia. Kebutuhan akan material bangunan yang efisien, kuat, dan ramah lingkungan mendorong munculnya berbagai inovasi di sektor konstruksi, salah satunya adalah penggunaan bata ringan sebagai alternatif pengganti bata konvensional. Material ini menawarkan berbagai keunggulan, seperti proses pemasangan yang lebih cepat, bobot yang ringan sehingga mengurangi beban

struktur bangunan, serta kemampuan isolasi termal yang baik, dan juga mendukung konsep *green building* karena dapat menekan penggunaan material yang berdampak negatif terhadap lingkungan dan efisiensi energi dalam jangka panjang.

Salah satu jenis bata ringan yang banyak dikembangkan saat ini adalah *Cellular Lightweight Concrete* (CLC), yang dibuat dengan mencampurkan semen, pasir, air, dan *foaming agent* sebagai bahan pembentuk pori. Inovasi ini memberikan peluang besar dalam menciptakan material konstruksi yang ekonomis sekaligus memiliki kinerja struktural

yang memadai. Namun, dalam praktiknya masih dijumpai berbagai kendala di lapangan, seperti penurunan kuat tekan dan kerusakan permukaan bata ringan akibat ketidaktepatan dalam proporsi *foaming agent*.

Kasus ini diangkat karena pada praktik di lapangan masih sering ditemukan bata ringan yang mudah rusak, lapuh, atau mengalami penurunan kuat tekan ketika terpapar air selama proses pemasangan. Kondisi ini menandakan bahwa kualitas material yang dihasilkan belum optimal dan berpotensi menurunkan mutu konstruksi secara keseluruhan, serta dapat menimbulkan kerugian ekonomi, seperti meningkatnya biaya perbaikan dan perawatan bangunan akibat kerusakan dini pada elemen dinding.

Permasalahan ini menunjukkan bahwa kontrol terhadap mutu bahan serta ketepatan proporsi campuran dalam proses pembuatan bata ringan masih menjadi tantangan yang perlu diperhatikan secara serius. Ketidaktepatan dalam pengaturan kadar *foaming agent* dapat memengaruhi struktur pori bata ringan yang berdampak langsung pada kepadatan dan kuat tekan material. Oleh karena itu, analisis terhadap pengaruh penggunaan *foaming agent* terhadap kuat tekan bata ringan menjadi penting untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memiliki mutu yang sesuai standar.

Kasus penurunan kuat tekan pada bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) menimbulkan pertanyaan mengenai penyebab utama rendahnya mutu material serta sejauh mana penerapan standar keinsinyuran telah dilakukan dalam proses produksi dan pengawasan mutu. Fokus utama dalam studi kasus ini adalah mengevaluasi pengaruh penggunaan *foaming agent* terhadap kuat tekan bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Menganalisis pengaruh penggunaan *foaming agent* terhadap kuat tekan bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) sebagai studi kasus keinsinyuran yang mencakup aspek teknis, etika, profesionalisme, serta keselamatan dan lingkungan (K3L) dalam penerapan teknologi material konstruksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Studi Kasus dalam Keinsinyuran

Studi kasus dalam keinsinyuran merupakan pendekatan sistematis yang digunakan untuk

menganalisis fenomena nyata pada proyek teknik dengan mempertimbangkan aspek teknis, etika, keselamatan kerja, serta dampak lingkungan. Pendekatan ini memungkinkan insinyur untuk memahami hubungan antara teori dan praktik, sekaligus mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan atau kegagalan suatu proyek (Aulia *et al.*, 2021). Dalam konteks keinsinyuran sipil, studi kasus sering kali difokuskan pada evaluasi kinerja material konstruksi, metode pelaksanaan, dan efektivitas inovasi teknologi yang diterapkan di lapangan.

Menurut Sari dan Nugroho (2022), pendekatan studi kasus juga memungkinkan penerapan metode ilmiah pada situasi nyata. Dalam penelitian teknik sipil, misalnya, studi kasus digunakan untuk menguji material alternatif atau inovasi bahan bangunan seperti *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) yang bertujuan meningkatkan efisiensi konstruksi dan keberlanjutan lingkungan. Kajian ini tidak hanya mengamati hasil pengujian, tetapi juga menganalisis proses desain eksperimen, pelaksanaan, dan interpretasi data dengan mempertimbangkan standar nasional seperti SNI 8640:2018.

Dalam konteks penelitian mengenai bata ringan CLC, studi kasus difokuskan pada analisis pengaruh variasi *foaming agent* terhadap kuat tekan material. Penelitian ini mencerminkan penerapan pendekatan keinsinyuran yang terintegrasi antara teori material konstruksi, eksperimen laboratorium, serta interpretasi hasil berbasis standar teknis. Sebagaimana ditegaskan oleh Aditya dan Prasetyo (2023), studi kasus semacam ini berperan penting untuk mendukung pengembangan inovasi material konstruksi yang efisien dan berkelanjutan di Indonesia.

Melalui penerapan metode studi kasus, peneliti dapat menelusuri hubungan sebab-akibat antara variabel yang diuji dengan fenomena yang diamati. Misalnya, dalam uji kuat tekan bata ringan, perubahan volume *foaming agent* menjadi variabel bebas yang diduga memengaruhi struktur pori dan kepadatan material (Mahendra *et al.*, 2022). Dengan demikian, studi kasus ini bukan hanya bersifat deskriptif, tetapi juga eksperimental, yang bertujuan mengidentifikasi parameter optimum bagi peningkatan performa material bangunan.

Pendekatan studi kasus juga memfasilitasi proses pembelajaran berbasis bukti (*evidence-based engineering*) yang menjadi dasar penting bagi pengambilan keputusan dalam praktik keinsinyuran modern (Hidayat & Taufik, 2021). Melalui hasil penelitian eksperimental seperti ini, dapat disusun rekomendasi teknis untuk pengembangan teknologi konstruksi ramah lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan pembangunan nasional

Bata Ringan dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC)

Bata ringan merupakan material konstruksi modern yang dikembangkan untuk menggantikan bata konvensional dengan keunggulan utama berupa berat jenis yang rendah, kemudahan pemasangan, dan efisiensi energi (Wahyudi *et al.*, 2023). Menurut SNI 03-3449-2002, beton ringan dikategorikan sebagai beton dengan berat isi tidak melebihi 1850 kg/m³, yang dihasilkan dengan menambahkan udara ke dalam campuran mortar. Tujuan utamanya adalah mengurangi beban mati struktur tanpa mengorbankan kekuatan tekan yang dibutuhkan untuk aplikasi nonstruktural.

Jenis bata ringan dibagi menjadi dua, yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). AAC diproduksi melalui proses kimia menggunakan serbuk aluminium yang menghasilkan gelembung gas dalam adonan, sementara CLC dibuat melalui pencampuran busa (*foam agent*) tanpa reaksi kimia (Kariyanto & Wijaya, 2017). Kelebihan CLC terletak pada proses produksi yang lebih sederhana, tidak memerlukan autoclave, dan dapat dikeringkan secara alami di udara terbuka.

CLC menjadi fokus utama dalam penelitian karena memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam proyek konstruksi berkelanjutan. Material ini dapat dibuat dari bahan lokal seperti pasir, semen, air, dan *foaming agent*, yang menjadikannya ekonomis serta mudah diaplikasikan di lapangan (Putra *et al.*, 2022). Menurut Eban dan Simatupang (2018), kepadatan CLC dapat diatur dalam kisaran 400- 1800 kg/m³, dengan kekuatan tekan bervariasi antara 1,5-30 MPa, tergantung pada proporsi campuran dan jenis busa yang digunakan.



Gambar 1. Bata Ringan

Bata ringan adalah jenis bata beton yang memiliki densitas lebih rendah dibandingkan dengan beton konvensional. Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-3449-2002, beton ringan didefinisikan sebagai beton yang menggunakan agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan, dengan batas maksimum berat isi beton tidak melebihi 1850 kg/m³.

Pembuatan bata ringan jenis *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) dilakukan melalui beberapa tahapan utama yang meliputi persiapan material, proses pembuatan foam, pencampuran adonan, hingga pencetakan. CLC dipilih karena proses produksinya tidak memerlukan *autoclave*, mudah diaplikasikan di lapangan, serta dapat menggunakan bahan lokal seperti pasir, semen, air, dan *foaming agent*.

Karakteristik Material dan Parameter Fisis

Sifat fisis CLC mencakup densitas, kuat tekan, penyerapan air, dan ketahanan terhadap beban tekan. Menurut penelitian Suryani dan Munasir (2015), peningkatan jumlah *foaming agent* cenderung menurunkan berat jenis dan kekuatan tekan. Namun, dalam batas tertentu, penambahan *foaming agent* justru dapat meningkatkan homogenitas campuran apabila proses pengadukan dilakukan secara merata. Faktor lain seperti perbandingan air-semen (*w/c ratio*) juga berperan penting terhadap performa akhir bata ringan.

Penelitian terbaru oleh Pratama *et al.* (2023) menunjukkan bahwa variasi komposisi semen dan pasir dapat mempengaruhi kekuatan tekan secara signifikan. Campuran dengan rasio semen lebih tinggi menghasilkan pori yang lebih rapat dan distribusi busa lebih seragam. Sementara itu, penggunaan pasir halus meningkatkan ikatan antarpartikel yang mendukung kekuatan mekanik. Oleh karena

itu, keseimbangan antara kehalusan agregat dan kestabilan busa menjadi kunci keberhasilan produksi CLC yang berkualitas tinggi.

Faktor lain yang tidak kalah penting adalah metode curing. Dalam proses pembuatan CLC, curing alami lebih sering digunakan dibandingkan dengan autoclaved curing. Menurut Rini *et al.* (2022), curing alami pada suhu ruang menghasilkan kekuatan tekan yang lebih rendah tetapi memiliki keunggulan dari sisi efisiensi energi dan biaya produksi. Kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembapan udara juga mempengaruhi hasil akhir proses hidrasi semen.

Foaming agent

Foaming agent adalah bahan aditif yang berfungsi menciptakan busa stabil dalam campuran mortar untuk menghasilkan pori-pori udara (Solikin & Parmono, 2018). Busa ini akan mengurangi berat jenis material tetapi juga dapat melemahkan ikatan antarpartikel semen jika digunakan dalam jumlah berlebih. Menurut Taufik dan Arita (2017), variasi kadar busa dari 0,3% hingga 1,5% berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan, di mana kadar optimal umumnya berada di sekitar 0,6-0,9%.

Penelitian terbaru oleh Prayitno dan Sulistia (2021) juga menegaskan bahwa peningkatan *foaming agent* hingga titik tertentu dapat meningkatkan kekuatan tekan karena distribusi pori menjadi lebih homogen. Namun, setelah melewati batas optimum, busa yang terlalu banyak akan menyebabkan pori-pori saling berhubungan dan melemahkan struktur internal. Oleh karena itu, kontrol proporsi dan stabilitas busa sangat penting dalam proses produksi CLC.

Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan (K3L)

Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan bagian tak terpisahkan dari etika keinsinyuran. Dalam kegiatan penelitian dan produksi material konstruksi seperti CLC, risiko kecelakaan dan paparan bahan kimia harus diminimalkan melalui penerapan prosedur K3L yang ketat. Menurut Handoko dan Riyanto (2021), penerapan K3L yang baik tidak hanya melindungi pekerja, tetapi juga meningkatkan efisiensi kerja dan kualitas hasil penelitian.

Penerapan K3L dimulai sejak tahap persiapan eksperimen. Semua alat uji seperti compression testing machine harus diperiksa kelayakannya sebelum digunakan untuk memastikan tidak terjadi kegagalan alat yang dapat membahayakan operator. Selain itu, penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti sarung tangan, masker, dan kacamata wajib diterapkan selama proses pencampuran semen dan *foaming agent*, karena bahan ini dapat menyebabkan iritasi kulit atau saluran pernapasan (Kementerian Ketenagakerjaan RI, 2020).

Dalam laboratorium teknik sipil, pengelolaan limbah juga menjadi bagian penting dari sistem K3L. Sisa adonan beton, air bekas pencucian alat, dan residu kimia dari bahan aditif harus dibuang sesuai prosedur agar tidak mencemari lingkungan (Lubis *et al.*, 2022). Penggunaan wadah tertutup dan sistem drainase khusus untuk limbah cair sangat dianjurkan untuk menjaga kebersihan lingkungan laboratorium. Aspek lingkungan dari penelitian bata ringan juga mencakup upaya pengurangan emisi karbon dan penggunaan material lokal. Menurut Fathurrahman *et al.* (2023), produksi CLC memiliki jejak karbon yang lebih rendah dibandingkan beton konvensional karena tidak memerlukan proses autoclaving yang boros energi. Selain itu, bahan baku seperti pasir dan semen dapat diperoleh secara lokal, sehingga mengurangi emisi transportasi.

Selain K3, aspek “L” atau lingkungan menekankan pentingnya keberlanjutan. Penggunaan material ringan yang dapat didaur ulang dan efisien energi sejalan dengan konsep green construction (Susanto & Dewi, 2021). Implementasi prinsip ini dalam penelitian bukan hanya menunjukkan kepatuhan terhadap regulasi, tetapi juga mencerminkan komitmen insinyur terhadap pembangunan berkelanjutan. K3L juga memiliki dimensi moral, karena setiap insinyur bertanggung jawab untuk memastikan keselamatan semua pihak yang terlibat dalam proses kerja. Hal ini ditegaskan dalam Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2014 tentang Keinsinyuran, yang menyebutkan bahwa setiap insinyur wajib menjunjung tinggi keselamatan, keamanan, dan kesejahteraan publik dalam praktik profesinya.

3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang diimplementasikan adalah penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen ini mengacu pada metode di mana peneliti secara sengaja menciptakan atau memanipulasi suatu peristiwa atau kondisi tertentu untuk mengeksplorasi hubungan sebab-akibat (*causal effect*) antara dua variabel. Dalam penelitian ini, peneliti berusaha menimbulkan perubahan dengan sengaja sambil mengendalikan atau menyingkirkan variabel-variabel lain yang mungkin mengganggu, untuk memastikan bahwa hanya variabel yang diuji yang mempengaruhi hasil. Maka dari itu metode penelitian yang digunakan menggunakan eksperimen untuk uji kuat tekan bata ringan dengan penambahan variasi *foaming agent*.

Penelitian ini mengadopsi metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen, yang dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan perlengkapan yang disesuaikan untuk memperoleh data mengenai kuat tekan. Penelitian ini direncanakan akan dilaksanakan pada periode bulan Mei hingga Juni dan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah yang terletak di Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar. Variabel bebas yang ada pada penelitian ini adalah persentase *Foaming Agent*, sedangkan variabel terkait yang ada pada penelitian ini adalah kuat tekan bata ringan.

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dalam beberapa tahapan diantaranya persiapan dan penyediaan bahan, pemeriksaan bahan, dan uji kuat tekan. Tahapan pengujian benda uji untuk mengetahui kuat tekannya dilakukan sesuai prosedur yang ada di SNI, yaitu memotong benda uji menjadi kubus dengan ukuran 10x10x10 cm, merendam benda uji dalam air selama 24 jam $\pm$ 30 menit, mengukur panjang dan lebar benda uji sampai ketelitian 1 mm, serta melakukan uji tekan dengan mesin penekan hidrolis hingga benda uji hancur secara bertahap dengan kecepatan pembebanan sekitar 0,1 mPa/detik. Nilai rata-rata kekuatan tekan adalah hasil bagi dari jumlah seluruh nilainya dibagi dengan jumlah benda uji.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Bata ringan adalah jenis bata beton yang memiliki densitas lebih rendah dibandingkan

dengan beton konvensional. Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-3449-2002, beton ringan didefinisikan sebagai beton yang menggunakan agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan, dengan batas maksimum berat isi beton tidak melebihi 1850 kg/m³. Mengacu pada SNI 03-0349-1989, jenis-jenis bata beton dibagi menjadi:

1. Mutu I: Bata beton ini dirancang untuk konstruksi yang memikul beban dan tidak terlindung dari elemen cuaca, seperti struktur yang berada di luar atap.
2. Mutu II: Bata beton ini juga memikul beban tetapi khusus digunakan dalam konstruksi yang terlindung dari cuaca eksternal, seperti di bawah atap.
3. Mutu III: Bata beton ini digunakan tanpa beban tambahan, di tempat yang terlindung, dan tidak memerlukan plester.
4. Mutu IV: Batako ini digunakan untuk konstruksi yang tidak menanggung beban, termasuk dinding penyekat dan aplikasi sejenis lainnya. yang terlindung dari cuaca luar.

Pembuatan bata ringan jenis Cellular Lightweight Concrete (CLC) dilakukan melalui beberapa tahapan utama yang meliputi persiapan material, proses pembuatan foam, pencampuran adonan, hingga pencetakan. CLC dipilih karena proses produksinya tidak memerlukan autoclave, mudah diaplikasikan di lapangan, serta dapat menggunakan bahan lokal seperti pasir, semen, air, dan *foaming agent*.

Tahapan pertama adalah persiapan agregat halus, yaitu pasir yang digunakan sebagai komponen utama dalam campuran. Pasir terlebih dahulu melalui proses pencucian untuk menghilangkan pengotor seperti lumpur dan debu yang dapat memengaruhi kualitas pori dan kekuatan bata ringan. Pencucian dilakukan dengan meletakkan pasir di atas saringan No. 200 kemudian dialiri air hingga kotoran hilang sepenuhnya dan air keluar dalam keadaan jernih. Setelah proses pencucian selesai, pasir dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari hingga mencapai kondisi kering permukaan.



Gambar 2. Pencucian Pasir



Gambar 3. Pengeringan Pasir

Tahap berikutnya adalah pembuatan bekisting bata ringan CLC. Bekisting dibuat menggunakan material tripleks setebal 7 mm dengan pengaku balok berukuran 60 cm × 20 cm × 10 cm. Sambungan antarbagian menggunakan baut sehingga terbentuk cetakan dengan ukuran akhir 60 × 10 × 20 cm. Ukuran ini dipilih untuk memperoleh dimensi bata ringan yang seragam dan sesuai kebutuhan pengujian laboratorium.

Material penyusun CLC kemudian dipersiapkan sesuai kebutuhan untuk satu unit bata, yaitu pasir, semen *portland*, air, *foaming agent*, *stronger*, dan *plastisizer*. Pasir berfungsi sebagai agregat halus utama, semen berperan sebagai binder, sedangkan *foaming agent* menghasilkan gelembung udara yang menciptakan rongga mikro di dalam material. *Stronger* dan *plastisizer* digunakan untuk meningkatkan *workability* campuran serta membantu stabilitas busa agar pori yang terbentuk lebih seragam.

Seluruh bahan tersebut kemudian dicampur sesuai proporsi yang telah ditentukan dalam desain campuran. *Foaming agent* diaktifkan untuk menghasilkan busa stabil, kemudian dicampurkan ke dalam mortar sehingga terbentuk struktur material berbuisa dengan densitas rendah sesuai karakteristik CLC. Setelah adonan homogen, campuran dituangkan ke dalam cetakan dan dibiarkan mengering secara alami di udara terbuka.

Penelitian ini dilaksanakan pada Mei-Juni 2024 di Laboratorium Mekanika Bahan, Universitas Negeri Makassar, dengan tujuan

menganalisis pengaruh variasi *foaming agent* terhadap kekuatan bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Selama proses pengujian, peneliti menemukan adanya variasi hasil kuat tekan yang cukup signifikan antara masing-masing variasi *foaming agent*, yang menunjukkan bahwa penggunaan bahan tambahan tersebut berpengaruh terhadap sifat mekanik bata ringan.

Nilai rata-rata kuat tekan bata ringan dengan variasi *foaming agent* 0,6 l/m³ lebih tinggi dibandingkan variasi 0,4 l/m³ dan 0,8 l/m³. Adapun nilai kuat tekan rata-rata yang diperoleh adalah 0,05 MPa pada variasi 0,4 l/m³, 0,21 MPa pada variasi 0,6 l/m³, dan 0,19 MPa pada variasi 0,8 l/m³. Meskipun demikian, seluruh hasil pengujian belum memenuhi persyaratan kuat tekan minimum 2 MPa sesuai standar SNI 8640:2018.

Selain variasi komposisi bahan, ditemukan adanya faktor teknis dan prosedural yang memengaruhi hasil pengujian, seperti proses pengadukan yang belum terkendali sepenuhnya sehingga menghasilkan ukuran gelembung udara yang tidak seragam, serta alat uji tekan yang tidak memiliki indikator kecepatan penekanan 1 kN/detik sesuai SNI. Temuan ini menunjukkan bahwa perbedaan hasil uji bukan hanya disebabkan oleh variasi komposisi bahan, tetapi juga dipengaruhi oleh aspek teknis, profesionalisme pengujian, dan kepatuhan terhadap standar.

Rangkaian kegiatan dimulai dengan pencucian dan pengeringan pasir untuk menghilangkan lumpur dan partikel halus yang dapat mengganggu ikatan semen. Selanjutnya, dilakukan pembuatan bekisting dan persiapan material utama, yaitu semen, pasir, air, serta *foaming agent* dengan tiga variasi konsentrasi: 0,4 l/m³, 0,6 l/m³, dan 0,8 l/m³.

Pada tahap pencampuran, bahan diaduk menggunakan mixer bor listrik dengan durasi tertentu hingga membentuk adonan homogen. Proses ini memiliki potensi bahaya K3L, terutama dari risiko listrik, cipratan bahan kimia, dan beban angkat berat, sehingga memerlukan penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti sarung tangan, masker, dan kacamata pelindung.

Setelah proses pencetakan, benda uji didiamkan selama 24 jam sebelum dilepaskan dari cetakan, lalu dilakukan proses curing air selama 24 jam ± 30 menit sesuai SNI

8640:2018. Setelah itu, dilakukan pengujian kuat tekan menggunakan compression testing machine (CTM).

Selama proses pengujian, peneliti menemukan adanya variasi hasil kuat tekan yang cukup signifikan antara masing-masing variasi *foaming agent*. Nilai rata-rata kuat tekan bata ringan 0,6 l/m³ lebih tinggi dibandingkan 0,4 dan 0,8 l/m³. Meskipun demikian, seluruh hasil pengujian belum memenuhi persyaratan kuat tekan minimum 2 MPa sesuai standar SNI.

PEMBAHASAN

Kuat Tekan Bata Ringan CLC dengan Variasi *Foaming Agent*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi penggunaan *foaming agent* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Berdasarkan Gambar 4.27, kuat tekan rata-rata bata ringan dengan variasi *foaming agent* 0,6 l/m³ dan 0,8 l/m³ mengalami peningkatan yang cukup besar dibandingkan benda uji kontrol pada variasi 0,4 l/m³. Peningkatan kuat tekan pada variasi 0,6 l/m³ mencapai tiga kali lipat atau meningkat sebesar 300%, sedangkan pada variasi 0,8 l/m³ meningkat sebesar 2,71 kali atau 271%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *foaming agent* hingga batas tertentu mampu meningkatkan kinerja mekanik bata ringan, dengan variasi 0,6 l/m³ menghasilkan kuat tekan tertinggi.

Temuan ini sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa kuat tekan beton foam dipengaruhi oleh jumlah dan proporsi *foaming agent* yang digunakan. Namun demikian, kecenderungan hasil penelitian ini tidak sepenuhnya mengikuti teori umum yang menyatakan bahwa semakin banyak *foaming agent* akan semakin menurunkan kuat tekan. Pada penelitian ini, kuat tekan pada variasi *foaming agent* 0,4 l/m³ justru lebih rendah dibandingkan variasi 0,6 l/m³ dan 0,8 l/m³. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada variasi tertentu, distribusi pori yang lebih stabil dan homogen dapat meningkatkan kekuatan tekan meskipun jumlah busa bertambah.

Perbedaan nilai kuat tekan antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya juga dapat disebabkan oleh perbedaan jenis *foaming agent*

dan persentase *foaming* yang digunakan. *Foaming agent* yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis spectafoam edema, sedangkan penelitian terdahulu umumnya menggunakan *foaming agent* jenis ADT. Perbedaan karakteristik busa yang dihasilkan berpengaruh terhadap ukuran dan kestabilan pori, yang selanjutnya memengaruhi kepadatan dan kuat tekan bata ringan.

Hubungan antara berat 1 liter campuran basah dan kuat tekan rata-rata menunjukkan bahwa campuran dengan berat yang lebih rendah cenderung menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi. Berdasarkan Tabel 4.5, variasi *foaming agent* 0,6 l/m³ memiliki berat campuran basah paling rendah dan menghasilkan kuat tekan tertinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa variasi tersebut mampu menghasilkan struktur pori yang lebih efektif dalam menyeimbangkan antara keringanan material dan kekuatan tekan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *foaming agent* dengan variasi 0,6 l/m³ merupakan jumlah optimum dalam campuran bata ringan CLC karena mampu memberikan kuat tekan paling tinggi dibandingkan variasi lainnya. Temuan ini menegaskan pentingnya pengendalian proporsi *foaming agent* dalam produksi bata ringan untuk memperoleh kinerja mekanik yang optimal tanpa mengorbankan sifat ringan material.

Persyaratan (SNI 8640 : 2018)

Berdasarkan SNI 8640 : 2018 kuat tekan untuk bata nonstruktural terekpos lingkungan baik untuk outdoor dan indoor sebesar 2 MPa. Tabel 4.5 menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata yang didapatkan tidak memenuhi persyaratan karena nilainya lebih kecil dari 2 MPa yaitu 0,05 MPa, 0,21 MPa dan 0,19 MPa.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi kuat tekan yaitu peralatan yang ada tidak memberikan data kecepatan terhadap kuat tekan karena menurut SNI kecepatan kuat tekan itu sebesar 1 kN/detik. Selanjutnya proses pengadukan *foaming* dengan alat mixer belum dikontrol dengan sempurna. Hal ini dapat menyebabkan beragamnya gelembung busa (pori) yang terjadi dalam pencampuran bata ringan, sehingga mempengaruhi kuat tekan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama terkait pengaruh variasi *foaming agent* terhadap kuat tekan bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC).

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) dengan variasi *foaming agent* 0,4 l/m³, 0,6 l/m³, dan 0,8 l/m³ masing-masing sebesar 0,05 MPa, 0,21 MPa, dan 0,19 MPa, yang seluruhnya masih berada jauh di bawah persyaratan kuat tekan minimum SNI 8640:2018 sebesar 2 MPa.
2. Variasi *foaming agent* 0,6 l/m³ menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi dalam penelitian ini, namun capaian tersebut tetap tidak memenuhi standar mutu yang dipersyaratkan sehingga belum layak digunakan sebagai elemen dinding struktural sesuai ketentuan SNI.
3. Rendahnya kuat tekan bata ringan CLC tidak hanya disebabkan oleh variasi *foaming agent*, tetapi juga dipengaruhi oleh ketidakterkendalian proses produksi, terutama distribusi busa yang tidak stabil selama pencampuran.
4. Fluktuasi berat 1 liter campuran basah (876 g, 810 g, dan 860 g) mengindikasikan bahwa struktur pori yang terbentuk tidak seragam akibat kestabilan *foaming agent* yang tidak terkontrol.
5. Prosedur pencampuran yang tidak konsisten, seperti durasi dan kecepatan pengadukan *foaming agent* yang tidak dikendalikan, berkontribusi terhadap ketidakseragaman ukuran dan jumlah gelembung udara dalam campuran.
6. Desain campuran (*mix design*) belum optimal, khususnya dalam pengendalian densitas campuran basah, rasio air, dan kestabilan busa yang tidak dikaji sebelum proses pencetakan.
7. Lemahnya pengawasan mutu ditunjukkan oleh tidak diterapkannya pemeriksaan visual kestabilan busa, tidak adanya standar waktu istirahat campuran (*resting time*), serta tidak dilakukannya kalibrasi alat uji tekan sesuai ketentuan SNI.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, R., & Prasetyo, D. (2023). Analisis kuat tekan bata ringan berbasis CLC menggunakan variasi *foaming agent*. *Jurnal Rekayasa Sipil Indonesia*, 12(2), 115–123.
<https://doi.org/10./jrsl.v12i2.115>
- Aulia, D., Putri, H., & Nugroho, T. (2021). Penerapan metode studi kasus dalam penelitian teknik sipil. *Jurnal Keinsinyuran dan Teknologi*, 8(1), 22–31.
- Eban, P., & Simatupang, F. (2018). Pengaruh variasi densitas terhadap kuat tekan bata ringan CLC. *Jurnal Material Bangunan*, 5(3), 45–53.
- Fadhilah, A., & Yusuf, M. (2021). Etika keinsinyuran dalam konteks pembangunan berkelanjutan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik*, 4(2), 120–129.
- Fathurrahman, H., Lestari, S., & Andriani, D. (2023). Evaluasi dampak lingkungan material ringan pada konstruksi hijau. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 11(1), 77–86.
- Handoko, B., & Riyanto, A. (2021). Penerapan K3L di laboratorium teknik sipil universitas X. *Jurnal Keselamatan Kerja Indonesia*, 9(3), 88–96.
- Herlina, D., & Wicaksono, M. (2023). Tanggung jawab sosial insinyur dalam penerapan teknologi konstruksi baru. *Jurnal Etika dan Profesi Teknik*, 7(2), 144–153.
- Irawan, S., & Susanto, R. (2020). Pendekatan studi kasus untuk pengembangan kompetensi insinyur muda. *Jurnal Pendidikan Teknik*, 6(1), 55–63.
- Kariyanto, D., & Wijaya, H. (2017). Karakteristik bata ringan CLC dan AAC dalam aplikasi bangunan bertingkat. *Jurnal Konstruksi*, 4(1), 1–10.
- Lubis, M., Arif, P., & Hidayat, A. (2022). Manajemen limbah laboratorium bahan bangunan. *Jurnal Teknologi Sipil*, 10(2), 99–108.

- Mahendra, F., Suryani, N., & Ramadhan, D. (2022). Analisis hubungan antara porositas dan kuat tekan beton ringan CLC. *Jurnal Rekayasa Konstruksi*, 9(4), 201–210.
- Nugraha, E., & Wibisono, R. (2022). Integritas ilmiah dalam penelitian teknik sipil. *Jurnal Etika Sains dan Teknologi*, 6(2), 33–42.
- PII. (2020). Kode Etik Insinyur Indonesia. Persatuan Insinyur Indonesia.
- Prasetya, Y., & Aditama, R. (2021). Kolaborasi multidisiplin dalam keinsinyuran modern. *Jurnal Inovasi Teknik*, 8(3), 101–110.
- Putra, I., Mulyono, T., & Raka, G. (2022). Optimasi campuran bata ringan berbasis CLC untuk efisiensi energi konstruksi. *Jurnal Teknologi Bangunan*, 12(2), 45–56.
- Rahardjo, S. (2022). Profesionalisme insinyur dalam era digitalisasi konstruksi. *Jurnal Manajemen Proyek Indonesia*, 7(1), 56–67.
- Rahman, A., Fikri, L., & Yulianto, R. (2021). Dampak penggunaan material ringan terhadap efisiensi energi bangunan. *Jurnal Rekayasa Energi*, 8(2), 88–97.
- Rini, K., Santoso, D., & Prabowo, T. (2022). Pengaruh metode curing terhadap kuat tekan CLC. *Jurnal Bahan Bangunan Indonesia*, 11(3), 122–132.
- Santoso, A., Wulandari, M., & Pramono, D. (2021). Penerapan etika dan tanggung jawab sosial dalam proyek keinsinyuran sipil. *Jurnal Profesi Insinyur*, 5(1), 71–80.
- Sari, D., & Nugroho, F. (2022). Penerapan metode studi kasus dalam pengembangan teknologi beton ringan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 10(1), 15–25.
- Susanto, E., & Dewi, P. (2021). Implementasi green construction dalam penelitian material bangunan ringan. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 9(2), 66–75.
- Wijaya, B., & Arifin, N. (2023). Peningkatan kompetensi insinyur melalui pembelajaran berkelanjutan. *Jurnal Pendidikan Profesi Teknik*, 8(1), 12–22.
- Yuliani, D., Ananda, F., & Putri, H. (2021). Profesionalisme insinyur terhadap dampak sosial pembangunan. *Jurnal Sosial Teknik*, 3(4), 199–210.