

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dinding

Dinding merupakan elemen vertikal fundamental dalam konstruksi yang memiliki fungsi struktural maupun non-struktural dalam sistem bangunan. Sebagai komponen utama, dinding berperan penting sebagai penopang beban mekanis dari struktur yang berada di atasnya, sekaligus memisahkan ruang secara fungsional serta membatasi area *interior* dan *exterior* (Wahyuni et al., 2021). Dalam perkembangannya, dinding struktural secara umum diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu dinding bangunan, dinding batas, dan dinding penahan tanah (Pratama & Setiawan, 2019). Selain menahan beban, elemen ini juga memegang peranan krusial dalam aspek fisika bangunan, khususnya sebagai protektor utama penghuni dari fluktuasi faktor eksternal seperti radiasi sinar matahari, perubahan suhu, curah hujan, kelembapan, hingga terpaan angin guna menjaga kenyamanan termal di dalam ruangan (Sudarman, 2023).

Dari segi kenyamanan, kesehatan, dan keamanan fungsi dinding mencakup:

1. Berfungsi sebagai pembatas antara ruangan.
2. Memisahkan area privat dari area publik.
3. Menahan banjir, hujan, angin, cahaya, dan elemen alam lainnya.
4. Berfungsi sebagai pemisah dan penopang struktur untuk keperluan tertentu, seperti dinding pada lift atau reservoir.
5. Menahan dari gangguan suara.
6. Menahan radiasi dari sinar atau bahan tertentu, khususnya di ruang operasi, laboratorium, dan ruang radiologi.
7. Memiliki fungsi estetika dan untuk menyimpan barang berharga, seperti brankas di bank.

Dinding dalam sistem konstruksi modern memiliki peran ganda yang ditentukan berdasarkan kapasitas dukung bebannya. Sebagai elemen pemikul beban

(*load-bearing wall*), dinding harus dirancang dengan struktur yang tangguh dan solid guna menahan beban super struktur, beban mati, serta gaya horizontal yang bekerja pada bangunan (Sugihardjo, 2021). Di sisi lain, dinding juga berfungsi sebagai pembatas atau partisi non-struktural yang tidak menuntut kekokohan tinggi namun harus memiliki kekakuan yang cukup. Untuk menjaga stabilitas dan mencegah keretakan pada fungsi partisi ini, diperlukan penguatan berupa kolom praktis sebagai pengikat agar dinding tetap kaku dan stabil (Hidayat & Saputra, 2019).

Di sisi lain, dinding penahan berfungsi untuk menahan pergerakan tanah, batuan, atau air, dan dapat ditempatkan di luar maupun di dalam bangunan. Dinding berfungsi untuk membatasi ruang interior dari lingkungan luar, serta melindungi dari cahaya, angin, hujan, debu, dan faktor-faktor alam lainnya.

2.2 Bata Ringan

Bata ringan sebagai satu jenis bata berpori dengan berat jenis yang lebih rendah dibandingkan bata konvensional. Berkisar antara 600 hingga 1600 kg/m³. Kekuatan bata ringan bergantung pada campuran bahan yang digunakan (Fairuzz & Gusti R, 2018).

Di Indonesia, bata ringan pertama kali diperkenalkan di tahun 1995 di Karawang, Jawa Barat oleh PT. Hebel Indonesia. Kini, terdapat dua jenis utama bata ringan di pasaran, yaitu Autoclaved Aerated Concrete (AAC) dan *Cellular lightweight concrete (CLC)*. Diantara keduanya memiliki kesamaan konsep dasar dengan penambahan gelembung udara ke dalam mortar untuk meminimalisir berat, meskipun metode pengeringannya berbeda (Lutfi M, 2015). AAC diawali dengan pencampuran semen portland, kapur, air, pasir atau fly ash, dan aluminium. Reaksi kimia antara aluminium dan produk hidrasi semen menghasilkan gas hidrogen yang membentuk gelembung udara dalam adonan sehingga adonan mengembang. Setelah proses curing selama 45 menit, adonan dipotong menjadi sebuah bata (Pah, J. S. P, et al, 2018).

Bata ringan diproduksi secara massal di pabrik menggunakan bahan seperti pasir kuarsa, semen, kapur, gypsum, dan aluminium pasta. Material ini memiliki

ciri khas berupa bobot yang ringan, permukaan halus, dan rata. Ukuran standar bata ringan normalnya adalah 60 cm x 20 cm, dengan ketebalan antara 7 hingga 15 cm, dan berat jenis keringnya sekitar 530 kg/m³. Karena lebih ringan dibandingkan bata merah, produktivitas pekerja saat menggunakan bata ringan akan berbeda. Campuran untuk pembuatan bata ringan meliputi pasir silika, semen, kapur, sedikit gypsum, air, dan aluminium pasta. Bahan tersebut selanjutnya diproses dan dipanaskan dalam mesin autoclave pada suhu dan waktu tertentu (Goritman B, et al 2016).

2.2.1 Bata Ringan Jenis AAC

Bata ringan AAC adalah jenis bata ringan yang menggunakan reaksi kimia untuk menghasilkan gelembung udara. Mirip dengan cara adonan roti mengembang dengan bantuan ragi. Bahan-bahan utama dalam campuran bata AAC meliputi pasir kuarsa, kapur, gypsum, semen, air, dan aluminium pasta. Ketika dicampur, dalam waktu 4-6 jam adonan akan mengembang. Aluminium pasta berfungsi sebagai pengeras beton dan berkontribusi sebesar 5-8 persen dari total volume campuran (Lutfi M, 2015).

Setelah proses pengembangan selesai, adonan dipotong sesuai ukuran dan ditempatkan dalam *autoclave chamber* untuk menjalani pengeringan dan pematangan. Proses ini dilakukan dengan uap panas pada suhu antara 180°C hingga 200°C dan tekanan 1,5 hingga 1,6 Mpa. Tujuannya adalah mengeringkan dan memperkuat bata. Terhubungnya gelembung udara satu dengan yang lain menyebabkan air mudah terserap. Oleh karena itu, perlindungan dengan pelapis kedap air seperti plaster sangat penting. Proses curing dilakukan dalam *autoclave* bertekanan tinggi untuk mencapai kekuatan yang optimal. Meskipun proses ini juga mempengaruhi hidrasi semen, sehingga bata perlu dilindungi dari kelembaban (Goritman B, et al, 2016). Berbeda dengan bata CLC, produksi bata AAC memerlukan teknologi yang lebih canggih dan modal besar. Namun, memiliki kapasitas produksi tinggi mencapai 300 m² per hari (Fairuzz, Gusti R, 2018).

2.2.2 Bata Ringan Jenis CLC

Bata ringan jenis CLC adalah bata ringan yang diproduksi melalui proses curing alami. Proses pembuatan bata ringan CLC menggunakan peralatan standar serupa dengan produksi beton konvensional. Bahan-bahan yang digunakan meliputi semen, pasir, air, dan *foam agent*. Berat jenis bata ini bervariasi, dimulai dari 350 kg/m³ hingga 1.800 kg/m³. Kekuatannya bisa mencapai antara 15 hingga lebih dari 30 N/mm² (Cahyo Dwi Andi, 2016).

Bata ringan CLC dengan beton biasa memiliki karakteristik yang mirip akan kekuatannya yang terus bertambah seiring waktu. Meskipun lebih ringan dibandingkan dengan bata AAC, bata CLC tetap memberikan pengurangan berat yang signifikan dibandingkan beton konvensional. Bata ringan CLC (Cellular Lightweight Concrete) merupakan inovasi material dinding yang menawarkan efisiensi tinggi melalui struktur pori udara mikro yang tersebar merata di dalam matriks semennya. Keunggulan utama material ini terletak pada kombinasi bobotnya yang ringan dan kemampuan isolasi termal serta akustik yang superior dibandingkan bata merah konvensional maupun batako. Struktur gelembung udara dalam CLC bertindak sebagai penghambat alami terhadap perambatan panas dan gelombang suara, sehingga mampu menciptakan suhu ruangan yang lebih stabil, hemat energi pendingin ruang, serta menciptakan ruangan yang lebih kedap suara (Nugraha & Antoni, 2021).

Dari perspektif struktural dan teknis, karakteristik closed-cell (pori-pori tertutup) pada bata CLC membuatnya memiliki daya serap air yang sangat rendah (efek kapilaritas minimal) sehingga dinding menjadi lebih tahan terhadap kelembapan ekstrem dan bebas dari risiko rembesan air yang memicu tumbuhnya jamur. Selain itu, sebagai material non-combustible, bata CLC memiliki tingkat ketahanan api (fire resistance) yang tinggi, memberikan waktu evakuasi yang lebih aman saat terjadi durasi kebakaran yang panjang (Tjokrodimuljo, 2020). Di lokasi proyek, pengaplikasian bata CLC terbukti meningkatkan produktivitas pekerja karena ukurannya yang presisi karena dicetak dengan mesin modern, mudah dipotong menggunakan gergaji tangan untuk jalur pipa, serta mengurangi penggunaan semen mortar untuk plesteran. Efek domino dari bobotnya yang ringan

secara signifikan mereduksi beban mati total (dead load) bangunan, yang pada akhirnya memangkas biaya dimensi struktur kolom, balok, dan fondasi bawah (Sukandarrumidi, 2022).

2.2.3 Persyaratan Bata Ringan (SNI 8640:2018)

Menurut Badan Standardisasi Nasional (2020), kualitas bata beton sebagai bahan dinding dapat dinilai dari dua aspek utama yaitu kekuatannya saat ditekan dan kemampuannya menyerap air. Standar kualitas bata beton ini sudah ditetapkan dalam bentuk nilai numerik yang tercantum pada tabel di bawah ini.

1. Ukuran dan Toleransi

Dalam konteks standarisasi material konstruksi, spesifikasi mengenai ukuran dan dimensi bata ringan merupakan aspek krusial untuk menjamin mutu, presisi pemasangan, dan konsistensi struktural dinding bangunan. Toleransi dimensi bata ringan berupa panjang, lebar, dan telah ditetapkan menurut SNI 8640:2018 seperti dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Ukuran Umum Bata Ringan Menurut SNI 8640:2018

Ukuran (mm)			Toleransi (mm)
Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	
600 (+3/-5)	200 (+3/-5)	75	±2
-5	-5	100	±2
		125	±2
		150	±2

(Sumber: SNI 8640:2018)

2. Berat

Dalam aspek teknis material bangunan, klasifikasi berat merupakan salah satu indikator penting yang menentukan beban struktural keseluruhan dari sebuah konstruksi dinding. Kategori berat pada bata ringan seperti dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2. Berat Bata Ringan Menurut SNI 8640:2018

Bobot Isi Kering Oven (kg/m ³)	Bata Struktural IA (Terekspose Lingkungan/Outdoor)	Bata Struktural IB (Tidak Terekspose Lingkungan/Indoor)	Bata Non Struktural IIA (Terekspose Lingkungan/Outdoor)	Bata Non Struktural IIB (Tidak Terekspose Lingkungan/Indoor)
500	-	-	400–600	-

Bobot Isi Kering Oven (kg/m ³)	Bata Struktural IA (Terekspose Lingkungan/Outdoor)	Bata Struktural IB (Tidak Terekspose Lingkungan/Indoor)	Bata Non Struktural IIA (Terekspose Lingkungan/Outdoor)	Bata Non Struktural IIB (Tidak Terekspose Lingkungan/Indoor)
700	-	600–800	600–800	-
900	800–1.000	800–1.000	800–1.000	-
1.100	1.000–1.200	1.000–1.200	1.000–1.200	-
1.300	1.200–1.400	1.200–1.400	1.200–1.400	-

(Sumber : SNI 8640 : 2018)

Berdasarkan SNI 8640:2018 menetapkan standar klasifikasi densitas untuk bata ringan dikategorikan menjadi tiga bagian sebagai berikut:

- Densitas rendah (400-600 kg/ m³)
- Densitas sedang (800-1.000 kg/ m³)
- Densitas tinggi (1.200-1.400 kg/ m³)

Rumus untuk menghitung berat volume densitas adalah sebagai berikut:

$$p = \frac{m}{v} \quad (2.1)$$

Dengan keterangan:

p = densitas (gr/cm³)

m = massa benda uji (gr)

v = volume benda uji (cm³)

3. Syarat Fisis

Syarat fisis yang harus dipenuhi pada bata ringan terdapat dalam Tabel 2.3

Tabel 2.3. Syarat Fisis Bata Ringan Menurut SNI 8640:2018

Syarat Fisis	Satuan	Bata Struktural		Bata Non Struktural	
		IA (Terekspose Lingkungan/Outdoor)	(Tidak Terekspose Lingkungan/Indoor)	IIA (Terekspose Lingkungan/Outdoor)	IIB (Tidak Terekspose Lingkungan/Indoor)
Kelas	-	IA	IB	IIA	IIB
Kuat tekan rata-rata, min	MPa	6	4	2	2
Kuat tekan individu, min	MPa	5,4	3,6	1,8	1,8
Penyerapan air, maks	% vol	25	-	25	-

Syarat Fisis	Satuan	Bata Struktural		Bata Non Struktural	
		IA (Terekspos Lingkungan/ Outdoor)	(Tidak Terekspos Lingkungan/ Indoor)	IIA (Terekspos Lingkungan/ Outdoor)	IIB (Tidak Terekspos Lingkungan/I ndoor)
Tebal, min	mm	98	98	98	73
Susut pengeringan, maks	%	0,2	0,2	0,2	0,2

(sumber : SNI 8640 : 2018)

2.3 Material Penyusun Bata Ringan

Material penyusun bata ringan merupakan komponen utama yang menentukan karakteristik fisik, mekanik, serta durabilitas produk akhir. Bata ringan tipe *Cellular lightweight concrete (CLC)* pada umumnya tersusun atas semen sebagai bahan pengikat, agregat halus berupa pasir, foam agent sebagai pembentuk rongga udara, dan air sebagai media reaksi hidrasi semen. Setiap material memiliki fungsi yang saling melengkapi sehingga proporsi campuran yang tepat akan menghasilkan bata ringan dengan densitas rendah, kuat tekan yang memadai, serta sifat isolasi termal dan akustik yang baik (Amran et al., 2015; Ramamurthy et al., 2019).

2.3.1 Semen

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis yang berfungsi menyatukan seluruh material penyusun bata ringan melalui proses hidrasi. Ketika semen dicampur dengan air, terjadi reaksi kimia yang menghasilkan senyawa kalsium silikat hidrat (Calcium Silicate Hydrate/C-S-H) sebagai penyumbang utama kekuatan serta kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) sebagai hasil samping reaksi hidrasi. Terbentuknya gel C-S-H menyebabkan campuran mengeras dan memperoleh kekuatan seiring bertambahnya umur perawatan (Neville, 2016).

Pada penelitian bata ringan umumnya digunakan semen Portland Tipe I karena memiliki karakteristik kekuatan awal yang baik, mudah diperoleh di pasaran, serta memenuhi persyaratan untuk konstruksi umum sesuai SNI 2049:2020 tentang Semen Portland. Semen Portland Tipe I juga memiliki kandungan senyawa utama berupa trikalsium silikat (C_3S), dikalsium silikat (C_2S), trikalsium aluminat

(C₃A), dan tetrakalsium aluminoferrit (C₄AF) yang berperan dalam perkembangan kekuatan beton maupun bata ringan (BSN, 2020).

Dalam penelitian ini digunakan semen Portland Tipe I merek Dynamix sebagai bahan pengikat utama pada campuran bata ringan. Penggunaan semen tersebut dipilih karena memiliki mutu yang stabil serta sesuai untuk pembuatan bata ringan tipe CLC.

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus merupakan material granular yang berfungsi sebagai pengisi (filler) dalam campuran bata ringan sekaligus membentuk kerangka utama material setelah proses pengerasan. Agregat halus yang umum digunakan adalah pasir alam yang memiliki ukuran butiran kurang dari 4,75 mm sesuai SNI ASTM C33:2018.

Kualitas agregat halus sangat mempengaruhi kuat tekan, densitas, serta daya serap air bata ringan. Pasir yang memiliki gradasi baik akan menghasilkan susunan partikel yang lebih rapat sehingga rongga antarbutir menjadi lebih sedikit. Kondisi tersebut meningkatkan kepadatan matriks semen sehingga kuat tekan menjadi lebih tinggi. Sebaliknya, agregat dengan kadar lumpur yang tinggi dapat menghambat ikatan antara pasta semen dan butiran pasir sehingga menyebabkan penurunan kekuatan material (Mindess et al., 2019).

Pada penelitian ini digunakan pasir alam yang telah melalui pengujian gradasi, kadar lumpur, kadar organik, dan berat jenis untuk memastikan material memenuhi persyaratan sebelum digunakan sebagai bahan penyusun bata ringan.

2.3.3 Foam Agent

Foam agent merupakan bahan tambahan yang digunakan untuk menghasilkan gelembung udara stabil pada campuran bata ringan tipe *Cellular lightweight concrete (CLC)*. Gelembung udara tersebut membentuk struktur sel tertutup (closed-cell structure) yang menyebabkan berat jenis bata menjadi lebih rendah dibandingkan beton normal.

Foam agent bekerja dengan cara menghasilkan busa melalui proses pencampuran menggunakan foam generator atau pengadukan mekanis. Busa

kemudian dicampurkan ke dalam mortar sehingga terbentuk rongga udara yang tersebar merata. Distribusi gelembung udara yang homogen sangat menentukan kualitas bata ringan karena mempengaruhi densitas, kuat tekan, serta kemampuan isolasi panas dan suara (Narayanan & Ramamurthy, 2018).

Semakin banyak volume busa yang ditambahkan, densitas bata ringan akan semakin rendah. Akan tetapi, penambahan foam agent secara berlebihan dapat menyebabkan meningkatnya jumlah pori sehingga kuat tekan material menurun. Oleh karena itu, proporsi foam agent harus dirancang secara optimum agar diperoleh keseimbangan antara bobot ringan dan kekuatan mekanis bata ringan (Hilal et al., 2016). Dalam penelitian ini foam agent digunakan sebagai pembentuk pori pada bata ringan tipe CLC sehingga dihasilkan material yang ringan namun tetap memenuhi persyaratan mutu sesuai SNI 8640:2018.

2.3.4 Air

Air merupakan komponen penting dalam campuran bata ringan karena berfungsi sebagai media berlangsungnya reaksi hidrasi semen. Selain itu, air memberikan kemudahan dalam proses pencampuran sehingga seluruh material dapat tercampur secara homogen. Jumlah air yang digunakan harus sesuai dengan kebutuhan karena kelebihan air dapat meningkatkan porositas, sedangkan kekurangan air menyebabkan proses hidrasi tidak berlangsung sempurna (Neville, 2016).

Air yang digunakan dalam campuran beton maupun bata ringan harus memenuhi persyaratan kualitas sebagaimana diatur dalam SNI 7974:2013, yaitu bebas dari minyak, garam, asam, bahan organik, maupun zat lain yang dapat mengganggu proses hidrasi semen. Air bersih yang layak diminum pada umumnya memenuhi syarat sebagai air pencampur beton (BSN, 2013).

Selain digunakan pada proses pencampuran, air juga berperan penting selama proses curing. Ketersediaan air selama masa perawatan memungkinkan reaksi hidrasi berlangsung secara berkelanjutan sehingga pembentukan gel C-S-H menjadi lebih sempurna dan kuat tekan bata ringan meningkat seiring bertambahnya umur benda uji (Mindess et al., 2019).

Dalam penelitian ini digunakan air bersih yang memenuhi persyaratan SNI sebagai bahan pencampur dan media curing pada seluruh variasi benda uji.

2.3.5 Limbah Batang Jagung

Jagung memegang peran penting sebagai salah satu bahan pangan utama yang penting di Indonesia. Selain sebagai pengganti beras, jagung juga bisa diolah menjadi tepung dan berbagai makanan ringan. Menurut data dari Direktorat Jenderal Tanaman Pangan (Dirtjen TP) Kementerian Pertanian, selama lima tahun kebelakang produksi jagung di Indonesia mengalami peningkatan rata-rata sebesar 12,49 persen setiap tahunnya (Kementerian Pertanian, 2023). Produksi jagung tahun 2018 mencapai angka yang cukup tinggi sekitar 30 juta ton pipilan kering. Diakibatkan dari peningkatan luas panen yang rata-rata tumbuh 11,06 persen per tahun dan peningkatan produktivitas sebesar 1,42 persen per tahun (Faiz et al, 2023).

Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian dan BPS Provinsi Jawa Tengah (2021), Jawa Tengah memiliki luas panen jagung sebesar 614,3 ribu hektar dengan produksi jagung mencapai 3,18 juta ton pada tahun 2021. Hal ini menjadikan Jawa Tengah sebagai salah satu wilayah yang memproduksi jagung tertinggi di Indonesia. Dari total produksi jagung tersebut, sekitar 30 persen dari berat jagung merupakan limbah yang terdiri dari bagian tanaman seperti daun, tongkol, kulit, dan batang. Saat ini, petani umumnya batang jagung belum dimanfaatkan secara maksimal, sering kali hanya digunakan sebagai pakan ternak atau dibakar. Pembakaran ini berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, seperti polusi dan emisi gas rumah kaca.

Pentingnya untuk memikirkan kembali pemanfaatan limbah jagung terutama batangnya dapat membuka peluang baru. Misalnya, batang jagung dapat diolah menjadi kompos, bahan baku pembuatan produk kerajinan, atau bahkan sebagai bahan baku biogas. Dengan memanfaatkan limbah tersebut secara lebih optimal, tidak hanya akan mengurangi limbah yang terbuang, tetapi juga dapat memberikan tambahan nilai ekonomi bagi petani dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

Di lain sisi pemanfaatan limbah batang jagung (*corn stalk*) dalam sektor industri konstruksi modern kini berkembang pesat sebagai salah satu pilar utama dalam kampanye pembangunan berkelanjutan dan arsitektur hijau. Batang jagung secara struktural memiliki anatomi unik yang terdiri dari serat selulosa padat berdensitas tinggi pada bagian kulit luar dan jaringan empulur yang sangat berongga di bagian dalam, sehingga memberikan karakteristik mekanis sekaligus sifat isolatif yang sangat potensial untuk diaplikasikan ke berbagai komponen bangunan. Dalam industri manufaktur bahan bangunan, cacahan serat batang jagung yang dikombinasikan dengan perekat resin organik maupun sintetik banyak diproses menjadi papan partikel, *fiberboard*, dan panel dinding struktural penyekat ruangan sebagai substitusi kayu lapis konvensional yang ketersediaannya kian menipis. Karakteristik rongga udara makro pada empulurnya juga dimanfaatkan sebagai bahan baku utama panel insulasi termal dan akustik, yang secara signifikan mampu menghambat laju konduktivitas panas matahari ke dalam ruangan serta meredam gelombang suara antar-ruang demi meningkatkan efisiensi energi bangunan dalam meminimalkan penggunaan perangkat pendingin udara (Sudarisman, 2023).

Sementara itu, dalam ranah rekayasa teknologi beton dan mortar, limbah pertanian ini diintegrasikan melalui dua metode utama, di mana metode pertama adalah pemanfaatan serat alamnya sebagai bahan tambah komposit untuk meningkatkan kuat tarik belah, ketahanan lentur, serta daktilitas beton guna meminimalkan risiko retak rambut akibat susut hidrolis. Metode kedua melibatkan pemanfaatan abu batang jagung hasil kalsinasi terkontrol sebagai material pozzolanic alternatif yang kaya akan silika reaktif untuk mensubstitusi sebagian porsi semen Portland, sehingga mampu meningkatkan densitas matriks semen melalui reaksi hidrasi sekunder sekaligus mereduksi emisi gas rumah kaca dari produksi semen global (Tjokrodinuljo, 2020).

Lebih jauh lagi, dalam pembuatan bata ringan, baik sistem CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) maupun batako alternatif, substitusi agregat menggunakan agregat kasar ringan berbasis limbah batang jagung terbukti mampu menurunkan berat jenis material dinding secara drastis tanpa menurunkan kekuatan tekan secara

ekstrem. Pengurangan berat jenis material dinding ini memberikan efek domino yang menguntungkan pada struktur makro bangunan, karena secara linear mengurangi beban mati total yang harus dipikul oleh struktur atas. Efek penurunan beban mati tersebut pada akhirnya memungkinkan dilakukannya optimasi dimensi sengkang, kolom, balok, hingga pemangkasan biaya konstruksi fondasi bawah, sekaligus menciptakan struktur bangunan yang jauh lebih adaptif dan aman terhadap risiko kegagalan struktural akibat gaya inersia gempa bumi (Sukandarrumidi, 2022).

Namun, meskipun potensi pemanfaatan batang jagung cukup besar, implementasinya masih menghadapi beberapa kendala. Menurut (Amin, 2016), kurangnya pengetahuan dan teknologi di kalangan petani mengenai pengolahan limbah jagung menjadi salah satu faktor penghambat. Oleh karena itu, diperlukan upaya edukasi dan pelatihan untuk meningkatkan pemahaman petani tentang cara-cara memanfaatkan limbah ini secara efektif. Kandungan zat kimia batang jagung dan tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4. Kandungan Zat Kimia Batang Jagung dan Tongkol Jagung

Zat Kimia	Batang Jagung	Tongkol Jagung
Selulosa	30% - 50%	32,3- 45,6%
Hemiselulosa	15% - 35%	39,8%
Lignin	13% - 30%	6,7-13,9%
Air	9% - 11%	-

Sumber: Diadaptasi dari [Boufi & Chaker, 2016] dan [Sudarisman, 2023]

2.4 Densitas Bata Ringan

Densitas merupakan salah satu sifat fisik penting pada bata ringan yang menunjukkan perbandingan antara massa suatu benda terhadap volumenya. Nilai densitas digunakan untuk mengetahui tingkat kerapatan material dan menjadi indikator kualitas bata ringan karena berpengaruh terhadap berat sendiri, kuat tekan, daya serap air, serta kemampuan isolasi termal dan akustik. Semakin kecil nilai densitas, maka bata ringan akan memiliki bobot yang lebih ringan. Namun, penurunan densitas yang terlalu besar akibat meningkatnya jumlah pori dapat menyebabkan penurunan kuat tekan sehingga diperlukan komposisi campuran yang optimum (Hilal et al., 2016).

Pada bata ringan tipe *Cellular lightweight concrete (CLC)*, densitas dipengaruhi oleh jumlah gelembung udara yang terbentuk dari penggunaan foam agent. Gelembung udara tersebut membentuk rongga-rongga halus yang tersebar di dalam matriks mortar sehingga berat jenis bata menjadi lebih rendah dibandingkan beton normal. Distribusi pori yang merata akan menghasilkan bata ringan dengan densitas rendah namun tetap memiliki kekuatan mekanis yang memadai (Narayanan & Ramamurthy, 2018).

Selain penggunaan foam agent, densitas bata ringan juga dipengaruhi oleh jenis dan proporsi material penyusun, seperti semen, agregat halus, air, serta bahan tambah. Pada penelitian ini, penambahan abu batang jagung sebagai bahan pozzolan diperkirakan dapat meningkatkan kepadatan matriks melalui reaksi pozzolanik sehingga membantu mempertahankan densitas yang sesuai. Di sisi lain, penambahan serat batang jagung berpotensi meningkatkan volume rongga apabila penyebarannya kurang homogen, sehingga dapat menyebabkan penurunan densitas bata ringan. Oleh karena itu, keseimbangan penggunaan abu dan serat batang jagung menjadi faktor penting dalam menghasilkan bata ringan yang ringan namun tetap memenuhi persyaratan mutu.

Pengujian densitas dilakukan dengan mengukur massa benda uji menggunakan timbangan digital dan volume benda uji berdasarkan dimensi aktualnya. Nilai densitas kemudian dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.2)$$

Keterangan:

ρ = densitas (kg/m³)

m = massa benda uji (kg)

V = volume benda uji (m³)

Semakin besar nilai densitas menunjukkan bahwa struktur bata lebih padat dan umumnya memiliki kuat tekan yang lebih tinggi. Sebaliknya, densitas yang terlalu rendah menunjukkan jumlah rongga udara yang lebih banyak sehingga dapat menurunkan kekuatan material meskipun meningkatkan sifat ringan dan kemampuan isolasi panas maupun suara (Neville, 2016).

Menurut SNI 8640:2018 tentang Spesifikasi Bata Ringan untuk Pasangan Dinding, bata ringan umumnya memiliki densitas kering berkisar antara 400–800 kg/m³, bergantung pada kelas dan tujuan penggunaannya. Nilai densitas tersebut menjadi salah satu parameter penting dalam mengevaluasi mutu bata ringan bersama dengan kuat tekan dan daya serap air.

2.5 Daya Serap Air

Daya serap air yaitu rasio jumlah serapan air melalui berat bahan dalam keadaan kering. Nilai daya serap air diungkapkan dengan bentuk persentase yang dihitung berdasarkan selisih antara massa basah dan massa kering (Standardisasi Nasional Indonesia, 2011). Rumus yang digunakan menghitung presentasi daya serap air yaitu:

$$WA = \frac{w2 - w1}{w1} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dengan keterangan:

WA = daya serap air (%)

w1 = Berat kering sampel setelah dioven 24 jam.

w2 = Berat sampel setelah direndem 24 jam.

Pentingnya pengujian daya serap air pada material bangunan berkaitan erat dengan parameter durabilitas, stabilitas dimensi, dan kualitas mekanis jangka panjang dari material tersebut. Daya serap air yang terlalu tinggi berpotensi memicu degradasi struktural, karena akumulasi air di dalam pori-pori material dapat mempercepat proses pelapukan, memicu keretakan akibat siklus basah-kering, serta menciptakan lingkungan yang lembap bagi pertumbuhan jamur (Kurniawan & Setiawan, 2020). Dalam konteks pemanfaatan biomaterial seperti serat batang jagung, pengendalian daya serap air menjadi sangat krusial mengingat sifat alami serat tanaman yang hidrofilik atau mudah menyerap air. Jika penetrasi air ke dalam matriks bata ringan tidak dibatasi, air dapat melemahkan ikatan antarmuka (interfacial bonding) antara serat dan semen, yang pada akhirnya menurunkan kuat tekan dan meningkatkan risiko pembusukan serat di dalam material (Putra dkk., 2019). Oleh karena itu, pengukuran daya serap air menjadi indikator penentu untuk memastikan bahwa

inovasi material struktural tetap memenuhi standar kelayakan fisik dan aman digunakan pada elemen konstruksi bangunan

2.6 Kuat Tekan

Kuat tekan bata ringan merupakan kemampuan bata dalam menahan beban tekan sebelum rusak atau hancur. Kuat tekan merupakan satu dari beberapa sifat mekanik yang paling berpengaruh dalam menilai kualitas bata ringan yang biasa digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan dinding tanpa beban (Tjokrodinuljo, 2020).

Batu bata ringan memiliki sifat unik karena strukturnya yang berpori sehingga lebih ringan dibandingkan batu bata konvensional. Batu bata ini ringan namun harus mempunyai kuat tekan yang cukup untuk menopang berat bangunan (Nugraha & Antoni, 2021). Berikut beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan bata ringan:

1. Kepadatan Bahan
2. Komposisi
3. Ukuran dan distribusi pori
4. Proses Pembuatan
5. Penggunaan bahan tambahan

Kuat tekan bata ringan biasanya diuji berdasarkan standar nasional dan internasional seperti SNI 03-0349-1989 dan ASTM C67. Cara menghitung kekuatan suatu benda dapat dilihat pada rumus berikut:

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (2.4)$$

Dengan Keterangan:

f_c = Kuat tekan (MPa)

P = Beban uji maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm)

2.7 Sifat Akustik

Kinerja Akustik suatu material memiliki peran penting dalam desain bangunan, terutama dalam menciptakan lingkungan yang nyaman dan bebas dari gangguan suara. Tujuan utama dari kinerja akustik yang baik adalah untuk memastikan pendengaran yang optimal dengan suara yang jernih dan murni (Setyawati & Legoh, 2016).

Dalam upaya meningkatkan nilai koefisien serap bunyi, terdapat berbagai jenis material pendukung yang dapat diintegrasikan berdasarkan karakteristik fisisnya. Material pabrikan yang umum digunakan meliputi material berpori seperti poliuretan (*acoustic foam*), material berserat seperti *rockwool* dan *glasswool*, serta panel berlubang (*perforated panels*). Selain itu, teknologi material hijau juga mendorong pemanfaatan serat alam (*biomaterial*) yang memiliki rongga kapiler alami, seperti serat sabut kelapa, ampas tebu, serat jerami, pelepah pisang, hingga serat bambu (Berardi & Iannace, 2015).

Di antara berbagai pilihan biomaterial tersebut, batang jagung (*corn stalk*) dipilih sebagai bahan pengisi atau substitusi utama karena memiliki keunikan struktural berupa kulit luar yang kaya serat lignoselulosa dan bagian dalam berupa empulur (*pith*) yang sangat porus. Kombinasi anatomi ini memberikan keuntungan ganda: struktur empulur bertindak sebagai ruang udara mikro yang menangkap getaran, sementara bagian kulitnya menciptakan jalur labirin berliku (*tortuosity*). Secara teknis-akustik, ketika gelombang suara masuk ke dalam struktur ini, gelombang dipaksa melewati jalur labirin dan bergesekan dengan dinding pori selulosa. Proses ini memicu redaman viskos (*viscous damping*), di mana energi mekanik suara didegradasi secara efektif menjadi energi panas (Putra dkk., 2019). Untuk membuktikan efektivitas kinerja tersebut, maka perlu pengujian akustik.

Pengujian akustik pada bata ringan dilakukan dengan menyusun bata ringan membentuk sebuah ruang, di mana setiap sisi terdiri dari satu lapis bata ringan. Setelah bata ringan tersusun dan merekat dengan sempurna, ruangan kemudian ditutup menggunakan papan triplex setebal 3 cm. Selanjutnya, sumber bunyi dinyalakan dengan frekuensi yang bervariasi dari 125 Hz hingga 4000 Hz, diulang secara bergantian. *Sound level meter* digunakan untuk mengumpulkan data

intensitas suara dan dicatat sebelum dan sesudah melewati sampel (Rindu & Sabilya, 2024).

Koefisien serap bunyi (α) yang diukur dari hasil uji ini adalah ukuran seberapa baik sebuah material menyerap suara yang menghantam permukaannya. Dapat diketahui melalui rumus. Rumus perhitungan untuk koefisien serap bunyi sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{\ln I_0 - \ln I}{x} \quad (2.5)$$

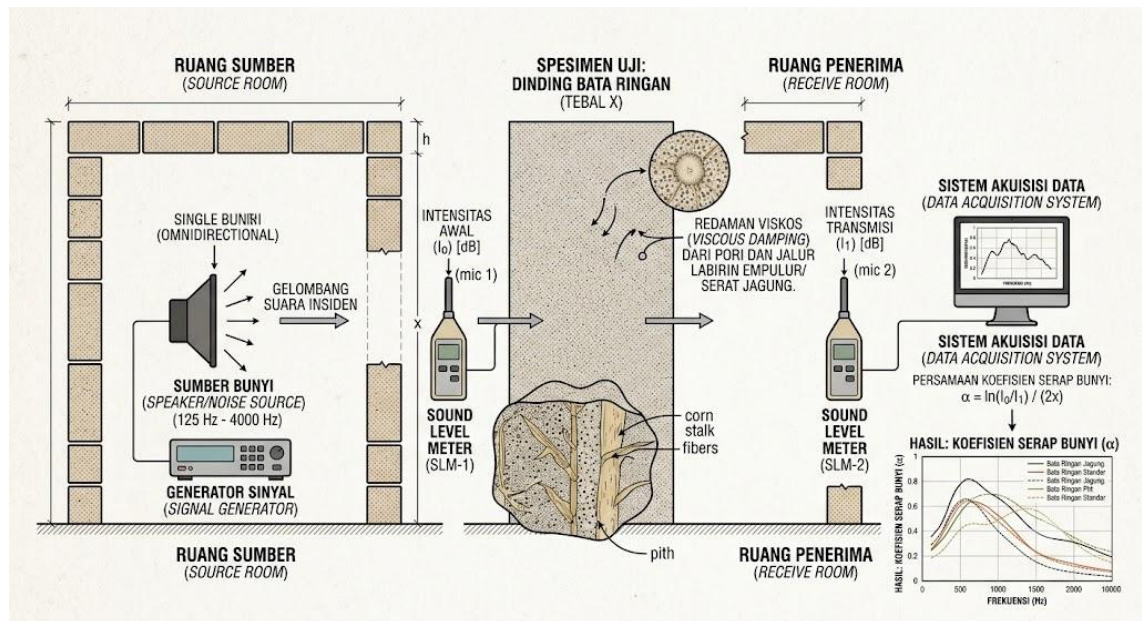
Dengan keterangan:

I_0 = Intensitas bunyi sebelum melewati medium penyerap (dB)

I = Intensitas bunyi setelah melewati medium penyerap (dB)

x = Ketebalan medium penyerap (cm)

α = Koefisien serapan bunyi



Gambar 2.1. Skema Pengujian Koefisien Serap Bunyi Dinding Bata Ringan Menggunakan Serat Jagung

(Sumber: Ilustrasi dihasilkan oleh Gemini Image Generator, 2026)

2.8 Penelitian Terdahulu (Literature Review)

Tabel 2.5. Literature review

No.	Sumber	Variabel	Hasil	Pengujian	Bahan Tambahan	Kekurangan
1	Deora, Murza, dan Oktora (2022)	Serat batang jagung, kuat tekan, kuat lentur, dan serapan air	Variasi 1,5% serat batang jagung menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 56,27 kg/cm ² dan kuat lentur tertinggi sebesar 40,5 kg/cm ² . Nilai kuat lentur dan serapan air memenuhi persyaratan SNI, sedangkan kuat tekan belum memenuhi standar SNI.	Uji kuat tekan, uji kuat lentur, dan uji serapan air	Serat batang jagung (0%; 0,3%; 0,9%; 1,5%)	Penelitian hanya memanfaatkan serat batang jagung dan belum mengombinasikannya dengan abu batang jagung untuk meningkatkan sifat mekanik dan akustik material.
2	Ismawan dan Dian (2025)	Abu batang jagung, serbuk bekicot, kuat tekan, berat jenis, dan daya serap air	Kombinasi 7% abu batang jagung + 0,3% serbuk bekicot memberikan hasil terbaik dengan peningkatan kuat tekan sebesar 10,8%, penurunan berat jenis sebesar 2,8%, dan penurunan daya serap air sebesar 10,91%.	Uji kuat tekan, uji berat jenis, dan uji daya serap air	Abu batang jagung (7%) dan serbuk bekicot (0,3%; 0,6%; 0,9%)	Penelitian belum mengkaji kombinasi abu batang jagung dengan serat batang jagung serta belum mengevaluasi kinerja akustik material.
3	Perdana dan Tio (2019)	Abu batang jagung, kuat tekan, dan modulus elastisitas	Variasi 8% abu batang jagung menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 20,8 MPa dan modulus elastisitas sebesar 21.656,14 MPa.	Uji kuat tekan dan uji modulus elastisitas	Abu batang jagung (2%; 4%; 6%; 8%; 10%)	Penelitian hanya mengevaluasi sifat mekanik sehingga belum mengkaji pengaruh abu batang jagung terhadap kinerja akustik maupun penggunaan serat batang jagung.
4	M. Dzaky Handayani (2020)	Abu batang jagung manis, nilai slump, kuat tekan, dan kuat lentur	Variasi 7% abu batang jagung manis menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 45,38 MPa dan kuat lentur sebesar 4,67 MPa. Penambahan di atas 7% menyebabkan nilai slump menurun.	Uji slump, uji kuat tekan, dan uji kuat lentur	Abu batang jagung manis (0%; 3%; 5%; 7%; 9%)	Penelitian belum mengkaji sifat akustik material dan belum mengombinasikan abu batang jagung dengan serat batang jagung.
5	Rindu Sabilya (2024)	Pelepah salak, batang singkong, densitas, kuat tekan, dan	Variasi 5% pelepah salak + 1% batang singkong menghasilkan densitas sebesar 1.256 kg/m ³ , kuat tekan sebesar 8,199 MPa, dan koefisien serap suara sebesar 0,715 pada	Uji densitas, uji kuat tekan, dan uji koefisien serap suara	Pelepah salak (5–10%) dan batang singkong (1–3%)	Penelitian menggunakan limbah pertanian yang berbeda sehingga belum diketahui pengaruh kombinasi abu dan serat batang jagung terhadap

No.	Sumber	Variabel	Hasil	Pengujian	Bahan Tambahan	Kekurangan
		koefisien serap suara	frekuensi 1000 Hz. Hasil penelitian memenuhi persyaratan SNI 8640:2018.			kuat tekan dan kinerja akustik bata ringan.
6	Ramadhan, F. dkk. (2021)	Abu fasa padat batang jagung, kuat tekan, dan porositas	Substitusi abu fasa padat batang jagung sebesar 10–25% meningkatkan kuat tekan hingga 16,3% serta menurunkan porositas material dibandingkan sampel kontrol.	Uji kuat tekan dan uji porositas	Abu fasa padat batang jagung (10–25%)	Penelitian belum mengombinasikan abu batang jagung dengan serat batang jagung serta belum mengevaluasi kinerja akustik material.
7	Lestari, Ayu dkk. (2022)	Serat empulur batang jagung, bobot, koefisien serap bunyi, dan berat jenis	Penambahan serat empulur batang jagung sebesar 1–3% menurunkan berat jenis hingga 14,7% dan meningkatkan koefisien serap bunyi hingga 22%, namun menyebabkan penurunan kuat tekan material.	Uji bobot, uji koefisien serap bunyi, dan uji berat jenis	Serat empulur (pith) batang jagung (1–3%)	Penelitian belum mengombinasikan serat empulur dengan abu batang jagung sehingga belum diketahui pengaruh kombinasi keduanya terhadap kuat tekan dan kinerja akustik material.

Penelitian mengenai pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan tambah maupun substitusi pada material konstruksi telah banyak dilakukan. Deora, Murza, dan Oktora (2022) menunjukkan bahwa penambahan serat batang jagung hingga 1,5% menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 56,27 kg/cm² dan kuat lentur 40,5 kg/cm². Nilai serapan air telah memenuhi persyaratan SNI, namun kuat tekan masih belum memenuhi standar bata ringan struktural. Lestari dkk. (2022) juga melaporkan bahwa penambahan serat empulur batang jagung sebesar 1–3% mampu menurunkan berat jenis hingga 14,7% dan meningkatkan koefisien serap bunyi hingga 22%, meskipun menyebabkan penurunan kuat tekan.

Penelitian mengenai abu batang jagung menunjukkan hasil yang berbeda. Perdana dan Tio (2019) memperoleh hasil optimum pada kadar abu 8%, dengan kuat tekan 20,8 MPa dan modulus elastisitas 21.656,14 MPa. M. Dzaky Handayani (2020) melaporkan bahwa kadar abu batang jagung manis 7% menghasilkan kuat tekan 45,38 MPa dan kuat lentur 4,67 MPa, meskipun nilai slump menurun pada kadar yang lebih tinggi. Sementara itu, Ramadhan dkk. (2021) menunjukkan bahwa substitusi abu fasa padat batang jagung sebesar 10–25% mampu meningkatkan kuat tekan hingga 16,3% serta menurunkan porositas material.

Berdasarkan penelitian terdahulu, serat batang jagung lebih efektif meningkatkan sifat akustik dan menurunkan berat jenis, tetapi cenderung menurunkan kuat tekan pada kadar tinggi. Sebaliknya, abu batang jagung berperan dalam meningkatkan kuat tekan dan memperbaiki mikrostruktur material. Oleh karena itu, penelitian ini mengombinasikan abu dan serat batang jagung pada bata ringan tipe Cellular Lightweight Concrete (CLC) untuk memperoleh keseimbangan antara kuat tekan dan kinerja akustik.