

PENGARUH PENAMBAHAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT PADA BATA RINGAN

Rizkyka Nur Azizah¹⁾, Fachriza Noor Abdi²⁾, Budi Haryanto³⁾

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: rizkykakiki@gmail.com

²⁾Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: fnabdi@ft.unmul.ac.id

³⁾Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: haryb7951@gmail.com

Abstrak

Batu bata merupakan material struktur dinding untuk konstruksi yang banyak digunakan, namun seiring berjalannya waktu terdapat perubahan pada batu bata konvensional antara lain yaitu bata ringan. Bata ringan digunakan karena berat jenis bata ringan lebih ringan tetapi lebih kuat dari batu bata pada umumnya sehingga membuat struktur pondasi bangunan akan menerima beban yang lebih kecil. Abu Cangkang Kelapa sawit adalah salah satu bahan material yang memiliki berat jenis yang rendah. Dengan digunakannya batu apung pada campuran, maka diharapkan dapat membawa pengaruh sebagai bahan tambah pada bata ringan.

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian terhadap masing-masing bahan penyusun campuran bata ringan dan membuat rancangan bata ringan berdasarkan metode SNI 03-6882-2014 menggunakan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan tambah dengan variasi 0%, 5%, 8%, 10% dan 15%. Pengujian bata ringan meliputi kuat tekan, kuat tarik dan permeabilitas. Total benda uji sebanyak 50 buah bata ringan dengan ukuran yang berbeda-beda menyesuaikan pengujian bata ringan, dalam perawatan selama 28 hari.

Hasil penelitian kuat tekan bata ringan pada umur 28 hari rata-rata variasi 0% menghasilkan kuat tekan 5,63 MPa, pada variasi 5% menghasilkan kuat tekan 7,02 MPa, pada variasi 8% menghasilkan kuat tekan 7,41 MPa, pada variasi 10% menghasilkan kuat tekan 7,88 MPa dan pada variasi 15% menghasilkan kuat tekan 8,21 MPa. Terjadi penambahan kekuatan pada kuat tekan sebesar 0,52%. Hasil kuat tarik belah rata-rata dari bata ringan umur 28 hari variasi 0% adalah 0,46 MPa, pada variasi 5% adalah 0,46 MPa, pada variasi 8% adalah 0,56 MPa, pada variasi 10% adalah 0,63 MPa dan pada variasi 15% adalah 0,69 MPa. Terjadi penambahan kekuatan pada kuat tarik sebesar 0,011%. Berdasarkan hasil penelitian permeabilitas didapatkan nilai tertinggi pada variasi 0% (0,236 mm/menit) dan terendah pada variasi 15% (0,154 mm/menit).

Kata Kunci: Bata Ringan, Abu Cangkang Kelapa Sawit, Kuat Tekan, Kuat Tarik, Permeabilitas

Abstract

Brick is a structural wall material for construction that is widely used, but over time there have been changes in conventional bricks, including lightweight bricks. Lightweight bricks are used because the specific gravity of lightweight bricks is lighter but stronger than bricks in general, so that the building foundation structure will receive a smaller load. Palm Shell Ash is one of the materials that has a low specific gravity. By using pumice in the mixture, it is hoped that it will have an effect as an added ingredient in lightweight bricks.

This research began by testing each component of the lightweight brick mixture and creating a lightweight brick design based on the SNI 03-6882-2014 method using palm shell ash as an added ingredient with variations of 0%, 5%, 8%, 10% and 15%. Lightweight brick testing includes compressive strength, tensile strength and permeability. A total of 50 pieces of lightweight bricks with different sizes adjusted for lightweight brick testing, were treated for 28 days.

The results of the study showed that the compressive strength of lightweight bricks at 28 days of age averaged a variation of 0% to produce a compressive strength of 5.63 MPa, with variation 5% to produce a compressive strength of 7.02 MPa, 8% to produce a compressive strength of 7.41 MPa, 10% produces a compressive strength of 7.88 MPa and at the variation of 15% produces a compressive strength of 8.21 MPa. There was an increase in compressive strength of 0.52%. The results of the average split tensile strength of light brick at aged 28 days with 0% variation is 0.46 MPa, 5% variation is 0.46 MPa, 8% variation is 0.56 MPa, 10% variation is 0.63 MPa and 15% variation is 0.69 MPa. There was an increase in tensile strength of 0.011%. Based on the results of the permeability, the highest value was obtained at the 0% variation (0.236 mm/minute) and the lowest at the 15% variation (0.154 mm/minute).

Keywords: Light Brick, Palm Shell Ash, Compressive Strength, Tensile Strength, Permeability

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi terdapat berbagai hal yang dapat dikembangkan, sebagai contoh penggunaan bahan tambah pada batu bata. Batu bata merupakan salah satu bahan bangunan yang terbuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan lain, kemudian dibakar pada suhu tinggi sampai berwarna kemerah-merahan (Sinaga dkk, 2016). Seiring berjalannya waktu terdapat perubahan pada batu bata konvensional antara lain yaitu bata ringan.

Bata ringan merupakan bata yang menggunakan campuran agregat ringan atau menggunakan agregat ringan (Wijayanti, 2012). Bata ringan digunakan karena berat jenis bata ringan lebih ringan tetapi lebih kuat dari batu bata pada umumnya sehingga membuat struktur pondasi bangunan akan menerima beban yang lebih kecil. Salah satu inovasi bidang konstruksi bata ringan yaitu digunakannya material bahan tambah agar

mendapatkan hasil bata ringan yang lebih optimum.

Material penyusun bata ringan antara lain *foam* (busa), semen, pasir dan air yang diaduk dalam *mixer* hingga rata. Bahan tambah yang diperlukan dalam campuran bata harus memiliki karakteristik berat jenis yang cukup ringan seperti batu apung, *fly ash* atau abu cangkang kelapa sawit.

Abu cangkang kelapa sawit diperoleh dari pembakaran limbah cangkang kelapa sawit yang tidak dimanfaatkan. Hasil pembakaran cangkang kelapa sawit menjadikan abu memiliki karakteristik berupa partikel yang halus dan ringan sehingga dapat sebagai pengisi rongga atau pengikat antar agregat. Limbah abu cangkang kelapa sawit menimbulkan pencemaran udara dan bila terbawa aliran air hujan dapat menimbulkan pencemaran terhadap air. Oleh sebab itu, penelitian ini memiliki beberapa manfaat yaitu menciptakan bahan

alternatif berupa bahan tambah untuk membuat bata ringan dan juga memanfaatkan limbah perkebunan kelapa sawit agar dapat mengurangi volume limbah yang harus dikelola oleh perusahaan agar tidak menimbulkan pencemaran dan memberikan dampak positif dari penggunaan abu cangkang kelapa sawit.

Limbah abu cangkang kelapa sawit memiliki unsur kimia SiO₂ yang tinggi, dengan kandungan senyawa tersebut maka abu cangkang kelapa sawit dapat dikatakan memiliki sifat pozzolan sehingga dimungkinkan menjadi bahan campuran semen tanpa mengurangi kualitas beton (Gunawan, dkk 2018). Menurut Bermansyah, dkk (2011) Pozzolan alam mengandung silika dan aluminium tinggi yang dapat meningkatkan rekatan antar partikel beton sehingga memiliki kekuatan yang cukup tinggi.

Sifat-sifat agregat berpengaruh terhadap bata ringan, agregat tambah yang digunakan dalam penelitian ini paling tidak harus memiliki sifat yang memenuhi dengan yang disyaratkan. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh abu cangkang kelapa sawit terhadap bata ringan agar mendapatkan kebermanfaatan di bidang konstruksi.

Rumusan Masalah

1. Apakah bata yang dibuat termasuk dalam karakteristik bata ringan?
2. Bagaimana pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap perubahan kuat tekan bata ringan pada umur 28 hari?
3. Bagaimana pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap perubahan kuat tarik bata ringan pada umur 28 hari?
4. Bagaimana pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap permeabilitas bata ringan pada umur 28 hari?

Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui bata yang dibuat termasuk dalam karakteristik bata ringan.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit

terhadap perubahan kuat tekan bata ringan pada umur 28 hari.

3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap perubahan kuat tarik bata ringan pada umur 28 hari.
4. Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap permeabilitas bata ringan pada umur 28 hari.

LANDASAN TEORI

Batu Bata

Batu bata merupakan suatu unsur bangunan yang diperuntukkan untuk pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan - bahan lain, dibakar sampai matang sehingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Namun seiring berjalannya zaman banyaknya inovasi-inovasi dalam perkembangan batu bata, maka batu bata terbagi dalam beberapa jenis, berikut jnis-jenis batu bata antara lain bata merah, batako, bata kapur putih, bata ringan, bataton, bata roster dan *paving block*

Bata Ringan

Bata ringan merupakan hasil inovasi dan pengembangan dari bata merah konvensional. Karena bata merah konvensional dimensinya kecil, membuat pengerjaan dan penggunaannya dalam dunia konstruksi memerlukan waktu yang lama dan membuatnya menjadi tidak ekonomis (Suryanita, 2020).

Bobot berat bata ringan memiliki keunggulan yaitu, semakin ringan bobot maka berdampak signifikan pada proyek gedung bertingkat dan mampu mengurangi beban pada pondasi bila daerah mempunyai kondisi tanah lunak (Oktavianita, 2014). Bata ringan secara umum terbagi menjadi 2 macam jenis yaitu Autoclaved Aerated Concrete (AAC) dan Cellular Lightweight Concrete (CLC)

Berdasarkan densitasnya bata ringan dapat diklasifikasikan atas 3 (tiga) kelas. Kelas A memiliki densitas dengan kisaran 1200 kg/m³ – 1800 kg/m³, kelas A digunakan untuk struktur utama. Kelas B memiliki densitas 800 kg/m³ – 1000 kg/m³, kelas B digunakan bukan untuk

memikul beban struktur. Kelas C memiliki densitas 400 kg/m³ – 600 kg/m³, kelas C digunakan untuk menjaga panas pada bata ringan atau konduktivitas termal (Mustapure dan Eramma, 2014).

Jenis Bata Ringan

Bata ringan terdiri dari dua jenis yaitu Autoclaved Aerated Concrete (AAC) dan Cellular Lightweight Concrete (CLC). Perbedaannya terletak pada produksi atau proses pengerjaan bata ringan AAC maupun CLC. Pada proses produksi bata ringan AAC terjadi pembentukan gelembung udara yang menyebabkan alumunium pasta mengembang dengan melibatkan reaksi kimia. Material penyusun bata ringan AAC yaitu pasir silika berukuran mikro yang mengharuskan pasir silika digiling hingga berukuran mikro, saat pengeringan AAC menggunakan tabung bertekanan tinggi atau disebut tabung autoklaf. Sedangkan bata ringan CLC diproses oleh gelembung udara terpisah menggunakan foam agent sebagai material yang dapat menghasilkan busa organik dan dilakukan proses pengeringan (curing) secara alami tanpa adanya campuran reaksi kimia (Bella dkk, 2017).

Persyaratan Fisis dan Klasifikasi Bata Ringan

Menurut Bella dkk (2017), syarat-syarat fisis bata ringan mengacu pada syarat fisis bata konvensional. Berdasarkan hal tersebut maka digunakan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding sebagai syarat yang digunakan untuk bata ringan. Syarat fisis kelayakan bata pejal yang harus dipenuhi berdasarkan SNI 03-0349-1989 yang digunakan sebagai acuan bata ringan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat-syarat Fisis Beton Pejal (SNI 03-0349-1989)

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlobang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan bruto* rata-rata min.	Kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji min.	Kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17

Mutu bata beton pejal maupun berlubang dibedakan menjadi empat tingkatan mutu

berdasarkan SNI 03-0349-1989 yaitu mutu I, II, III dan IV.

Material Penyusun Bata Ringan

Material penyusun bata ringan terdiri dari semen, agregat halus, air dan *foaming agent*. Untuk mendapatkan bata ringan yang sesuai dengan mutu yang diinginkan, pemilihan material penyusun bata ringan harus sesuai dengan kriteria yang telah disyaratkan. Oleh karena itu perlu diketahui sifat dan karakteristik dari masing-masing material, agar dapat menentukan komposisi campuran dan pada saat pelaksanaan tidak terjadi kesalahan dalam penggunaan material bata ringan, sehingga dapat menghasilkan bata ringan dengan kekuatan karakteristik yang optimum. Material penyusun bata ringan bata ringan antara lain *semen portland*, agregat halus, air dan *foam agent*.

Bahan Tambah

Menurut Mulyono (2004), bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan dalam campuran bata pada saat pencampuran *admixture*. Bahan tambah sebagai material selain air, semen, dan agregat yang dicampurkan dalam adonan lalu ditambahkan pada saat sebelum atau selama pencampuran berlangsung, pengertian ini didefinisikan dalam *Standard Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregation* (ASTM C125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19). Fungsi bahan tambah adalah untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari bata, contohnya untuk memudahkan dalam proses pengerjaannya pembuatan, sebagai penghematan energi.

Abu Cangkang Kelapa Sawit

Limbah abu boiler cangkang kelapa sawit sebagai bahan tambah bata ringan merupakan pilihan yang tepat karena limbah mudah didapatkan khususnya di Kalimantan penghasil kelapa sawit terbesar di Indonesia. Kandungan kimia yaitu silika yang tinggi dapat meningkatkan kuat tekan bata dan menjadikan kualitas bata lebih optimum merupakan faktor penting sebagai bahan tambah, namun harus memenuhi persyaratan perhitungan dalam memperoleh adukan atau *mix design* yang sesuai (Opirina dkk, 2016).

Berdasarkan berat jenis abu cangkang kelapa sawit termasuk ringan, dengan kandungan *silica*,

kalsium dan alumina dalam limbah abu pembakaran cangkang kelapa sawit (Leslie, 2013). SiO₂ dalam kandungan kimia abu merupakan senyawa terbesar dibandingkan kandungan yang lain, sehingga abu cangkang kelapa sawit dapat difungsikan sebagai bahan pengikat (Prianti dkk, 2015).

Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

Pengujian kuat tekan adalah kemampuan bata ringan untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Besarnya kuat tekan dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum pada saat benda uji hancur dengan luas penampang benda uji mengacu pada SNI 03-6825-2002. Untuk menghitung kekuatan pada bata digunakan Persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$\delta m = P_{maks}/A \quad (Mpa=N/mm^2)$$

Keterangan:

- δm = Kuat tekan mortar (Mpa),
 P_{maks} = Gaya tekan maksimum (N),
 A = Luas penampang benda uji (mm²).

Pengujian Kuat Tarik Bata Ringan

Pengujian ini digunakan agar mengetahui evaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari bata yang menggunakan agregat ringan. Nilai kuat tekan dan tarik bahan bata tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan kekuatan tekan banyak disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Pendekatan yang baik untuk menghitung kekuatan tarik bata (f_{ct}) digunakan rumus $0,10 f_c < f_{ct} < 0,20 f_c$. Kuat tarik bahan bata yang tepat sulit untuk diukur, karena masalah penjepitan pada mesin (ASTM C-78).

$$f_{ct} = \frac{2P}{pLD}$$

Keterangan:

- f_{ct} = Kuat tarik belah (N/m²),
 P = Beban pada waktu belah (N),
 L = Panjang benda uji silinder (m),
 D = Diameter benda uji silinder (m).

Pengujian Permeabilitas Bata Ringan

Tujuan melakukan pengujian laju permeabilitas adalah untuk mengetahui atau menentukan kadar air yang lolos dalam permukaan bata ringan dengan satuan mm/am. Metode pengujiannya berdasarkan pada ASTM C 1701 dengan rumus.

$$I = \frac{K X M}{(D X D) X T}$$

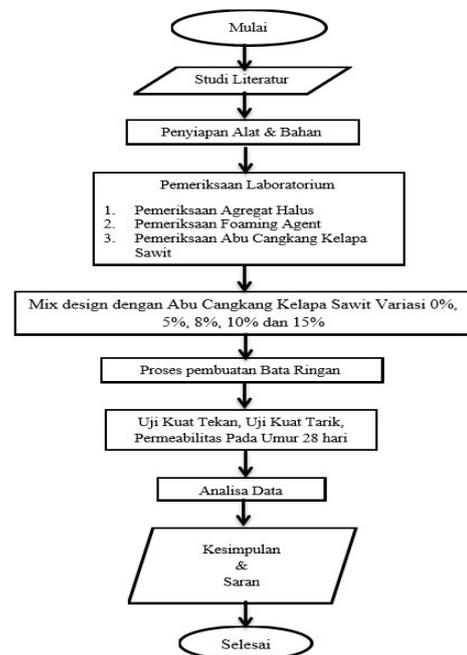
Keterangan:

- I = kecepatan infiltrasi (mm/jam)
 M = massa air (kg)
 D = diameter ring (mm)
 T = waktu yang tercatat selama test (detik)
 K = konstanta (4583666000)

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian sebagai berikut.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu mengacu pada penelitian terdahulu, dengan membuat benda uji yang memanfaatkan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan tambah. Pada penelitian ini menggunakan metode rancangan yang mengacu pada SNI 03-6882-2014 mengenai uji mortar pada pasang dinding. Pengujian pada masing-masing benda uji dapat dilakukan setelah melaksanakan pembuatan benda uji sesuai umur yang telah ditetapkan dan melakukan perawatan sesuai dengan standar.

Pembuatan Bata Ringan

Berikut adalah tahapan-tahapan dalam proses pembuatan bata ringan:

1. Menimbang dan mempersiapkan bahan-bahan untuk pembuatan bata ringan yaitu, semen *portland*, pasir, abu cangkang kelapa sawit, *foam* dan air dengan berat yang telah ditentukan dalam perencanaan campuran bata ringan.
2. Mempersiapkan cetakan mortar dan silinder serta peralatan lain yang dibutuhkan.
3. Mencampurkan semen *portland*, air, pasir, *foam* dan abu cangkang kelapa sawit dengan komposisi yang telah direncanakan dalam keadaan kering. Langkah ini dilakukan agar pencampuran antara bahan-bahan tersebut dapat lebih komposit, sehingga diharapkan hasil yang diperoleh akan maksimal.
4. Memasukan air yang dibutuhkan dan kemudian diaduk.
5. Ketika masih dalam proses pengadukan, sisa air dimasukkan perlahan hingga airnya habis dan dalam jangka waktu kurang dari 3 menit.
6. Setelah proses pengadukan selesai, tuangkan adonan kedalam cetakan paralon yang telah disesuaikan ukuran untuk bata ringan.
7. Pada saat 28 hari, bata dikeluarkan dari cetakan.
8. Perawatan bata dilakukan selama 28 hari tanpa perawatan.

HASIL DAN ANALISIS

Hasil dan Analisa Agregat Halus

Pada penelitian ini menggunakan pasir alam Mahakam. Agregat halus dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian gradasi butiran, kadar air, berat jenis dan penyerapan air dan kadar lumpur, adapun hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Agregat Halus Pasir Mahakam

Jenis Pengujian	Agregat Halus (Pasir Mahakam)
Analisis Ayakan (Gradasi)	Zona IV
Modulus halus butir	2,55
Kadar Air (%)	11,1

Berat jenis (<i>SSD</i>) (gr/cm ³)	2,67
Penyerapan (%)	1,42
Kadar Lumpur (%)	1,6

Hasil Uji Bobot Isi Bata Ringan

Tabel 2 Hasil Pengujian Densitas Bata Ringan

Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit (%)	Rata-rata (gr/cm ³)
0	1,22
5	1,24
8	1,29
10	1,32
15	1,35

Berdasarkan hasil sampel bobot isi sesuai dengan yang direncanakan yaitu 1200 kg/m³ dengan volume uji 125 cm³ yang menghasilkan bobot rencana 120 gr/cm³. Sehingga hasil analisis seluruh variasi memenuhi persyaratan bobot isi yang telah ditetapkan.

Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

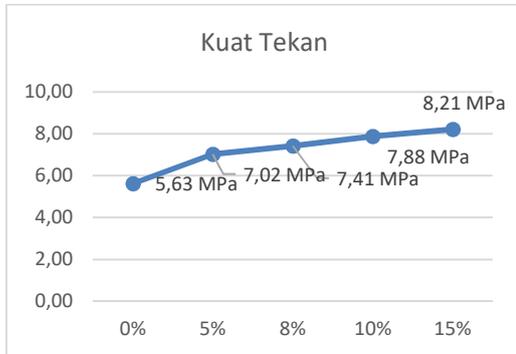
Setiap pengujian digunakan 6 buah sampel bata ringan dengan ukuran tinggi 5 cm, lebar 5 cm, dan panjang 5 cm, maka mendapatkan hasil berikut,

Tabel 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit (%)	Rata-rata (MPa)
0%	5,63
5%	7,02
8%	7,41
10%	7,88
15%	8,21

Berdasarkan data yang diperoleh, pada umur 28 dengan variasi 15% menghasilkan rata-rata kuat tekan mencapai 8,21 MPa, kemudian perlahan menurun pada variasi 10% dengan hasil rata-rata kuat tekan 7,88 MPa, dilanjutkan menurun secara berturut-turut pada variasi 8% dengan hasil rata-rata kuat tekan 7,41 MPa dan pada variasi 5% dengan rata-rata nilai kuat tekan 7,02 MPa, terus menurun hingga variasi 0%, sehingga variasi 0% mendapatkan kuat tekan terendah dengan rata-

rata kuat tekan hanya mencapai 5,63 MPa. Hasil kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan

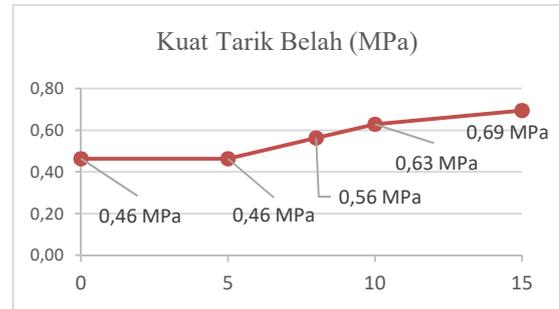
Berdasarkan **Gambar 4.2** dapat dilihat hasil pengujian dari kuat tekan abu cangkang kelapa sawit dapat mempengaruhi kuat tekan, dimana semakin persentase bertambah maka akan meningkatkan hasil uji kuat tekan. Hal ini karena abu cangkang sawit menambah kekuatan semen dan mengisi rongga-rongga yang kosong pada bata ringan, maka menjadikan hasil kuat tekan naik terus menerus.

Pengujian Kuat Tarik Belah Bata Ringan

Pada pengujian kuat tarik belah bata ringan, dilakukan pada umur 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban pada sisi bata yang diletakkan mendatar pada mesin uji. Pengujian ini menggunakan metode SNI 03-2491-2012. Hasil pengujian kuat tarik belah beton ringan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 2.

Tabel 4 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit (%)	Hasil Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
0	0,46
5	0,46
8	0,56
10	0,63
15	0,69



Gambar 2 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah bata ringan dapat dilihat pada sampel penambahan abu cangkang kelapa sawit variasi 15% mempunyai hasil kuat tarik belah tertinggi yaitu sebesar 0,69 Mpa dan memperoleh penurunan pada sampel variasi 10% dengan nilai rata-rata sebesar 0,63 MPa, dan dilanjutkan menurun pada variasi 8% dengan nilai rata-rata sebesar 0,56 MPa, sedangkan pada sampel bata dengan variasi 0% dan 5% mendapatkan nilai terendah sebesar 0,46 MPa. Pada hasil pengujian kuat tarik belah, didapatkan hasil kuat tarik belah terus menerus mengalami peningkatan seiring penambahan persentase abu cangkang kelapa sawit. Bertambahnya kandungan abu cangkang sawit mempengaruhi kepadatan bata ringan.

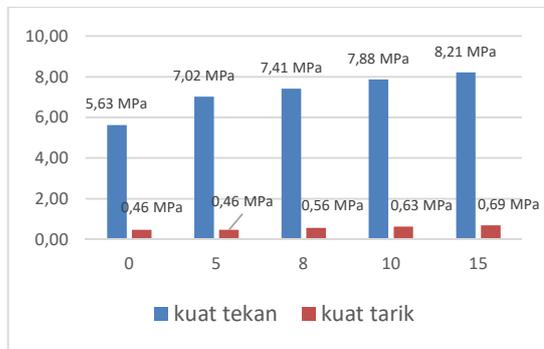
Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah pada Bata Ringan

Hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah bata ringan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Bata Ringan

Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit (%)	Hasil Pengujian		Kuat Tarik Belah Banding Kuat Tekan
	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	
0	5,63	0,46	0,08
5	7,02	0,46	0,06
8	7,41	0,56	0,07
10	7,88	0,63	0,07
15	8,21	0,69	0,08

Berdasarkan Tabel 5 syarat perbandingan kuat tarik belah bata ringan terhadap kuat tekan bata ringan yaitu $0,10f_c < f_{ct} < 0,20f_c$ dan hasil perbandingan kuat tarik dengan kuat tekan bata ringan tidak sesuai dengan ketentuan perbandingan kuat tarik belah bata ringan terhadap kuat tekan bata ringan. Saat pengujian berlangsung hasil kuat tarik tidak sesuai dengan ketentuan syarat mulai dari bata ringan dengan variasi 0%, 5%, 8%, 10% dan 15%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa bertambahnya abu cangkang kelapa sawit tidak dapat memenuhi syarat dikarenakan sifat abu yang homogen dari sisi serat kurang akibat dibakar sangat panas dan jika dilihat secara fisik abu cangkang kelapa sawit seperti pasir.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Kuat Tekan dengan Kuat Tarik Bata Ringan

Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa semakin besar nilai kuat tekan maka semakin besar pula nilai kuat tarik, maka hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah memiliki hubungan yang berbanding lurus.

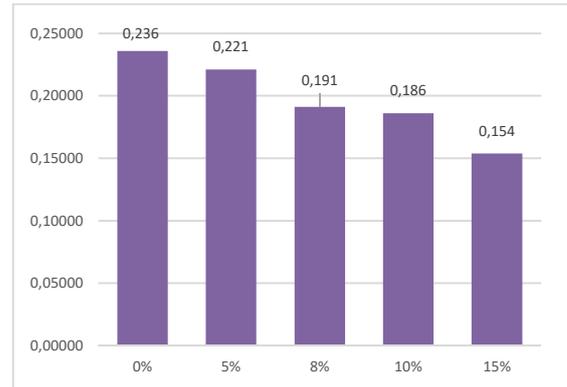
Pengujian Permeabilitas

Hasil pengujian permeabilitas pada bata ringan dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Hasil Pengujian Permeabilitas

Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit	Massa air (kg)	Waktu (detik)	Nilai Permeabilitas (mm/menit)
0	0,5	1800	0,236
5	0,5	1920	0,221
8	0,5	2220	0,191
10	0,5	2280	0,186
15	0,5	2760	0,154

Berdasarkan pengujian permeabilitas yang dilakukan memperoleh nilai rata-rata pada bata ringan variasi 0% mendapatkan nilai tertinggi yaitu sebesar 0,236 mm/menit, dan mulai perlahan menurun dapat dilihat pada Gambar 4, sehingga mendapatkan nilai rata-rata terendah pada variasi 15% dengan nilai 0,154 mm/menit.



Gambar 4 Grafik Hasil Pengujian Permeabilitas

Berdasarkan pada Gambar 4 grafik yang didapatkan mengalami penurunan setiap penambahan abu cangkang kelapa sawit dan waktu dalam pengujian semakin lama. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi bahan tambah maka semakin turun hasil pengujian.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Bata yang dibuat dalam penelitian telah termasuk dalam karakteristik bata ringan. Hal ini dapat dilihat dari kualitas bata ringan yang dihasilkan berdasarkan rancangan campuran mendapatkan hasil yang sesuai dalam karakteristik bata ringan mulai dari berat jenis hingga uji fisik kuat tekan sesuai dalam SNI 03-0349-1989.
 - Bata ringan yang dibuat memiliki berat isi pada variasi 0% sebesar 1,22 gr, pada variasi 5% sebesar 1,24 gr, pada variasi 8% sebesar 1,29 gr, pada variasi 10% 1,32 gr dan pada variasi 15% memiliki berat isi sebesar 1,35 gr, hasil tersebut telah masuk dalam berat jenis bata ringan yaitu sebesar 400 – 1800 kg/m³ dengan direncanakan

berat jenis bata ringan sebesar 1200 kg/m³ dengan volume uji 125 cm³, maka menghasilkan bobot rencana sebesar 120 gr/cm³.

- b) Uji fisik kuat tekan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton pasangan dinding. Hasil dari uji kuat tekan menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata setiap variabel memenuhi standar baku mutu, pada variabel 0% memiliki nilai kuat tekan 57,35 kg/cm³ masuk dalam mutu III diperuntukan untuk di bawah atap. Pada variasi 5% memiliki kuat tekan 71,51 kg/cm³ masuk dalam mutu II diperuntukan untuk di bawah atap dan digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat dan permukaan dinding dari bata tersebut tidak perlu dipelster. Pada variasi 8% memiliki nilai kuat tekan 75,56 kg/cm³, pada variasi 10% memiliki nilai kuat tekan 80,28 kg/cm³ dan variasi 15% memiliki nilai kuat tekan 83,66 kg/cm³, ketiga variasi ini masuk dalam kategori mutu II diperuntukan untuk dibawah atap yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar.
2. Pengaruh abu cangkang kelapa sawit pada bata ringan sebagai bahan tambah meningkatkan kuat tekan. Hal ini dikarenakan abu cangkang kelapa sawit mengisi rongga-rongga udara dan meningkatkan kekuatan semen pada bata ringan. Hasil kuat tekan rata-rata dari bata ringan umur 28 hari variasi 0% adalah 5,63 MPa, pada variasi 5% hasil kuat tekan rata-rata adalah 7,02 MPa, pada variasi 8% hasil kuat tekan adalah 7,41 MPa, pada variasi 10% hasil kuat tekan rata-rata adalah 7,88 MPa dan pada variasi 15% hasil kuat tekan rata-rata 8,21 MPa.
3. Pengaruh bahan tambah abu cangkang kelapa sawit dapat meningkatkan kuat tarik bata ringan. Dibandingkan dengan variasi 0% tanpa bahan tambah abu cangkang kelapa sawit maka, variasi 5%, 8%, 10%, dan 15% tambahan abu cangkang kelapa sawit dari volume bata ringan meningkatkan nilai kuat tarik belah bata ringan. Hasil kuat tarik belah rata-rata dari bata ringan umur 28 hari variasi

0% adalah 0,46 MPa, pada variasi 5% adalah 0,46 MPa, pada variasi 8% adalah 0,56 MPa, pada variasi 10% adalah 0,63 MPa dan pada variasi 15% adalah 0,69 MPa.

4. Hasil uji permeabilitas pada masing-masing variasi abu cangkang kelapa sawit pada bata ringan mendapatkan nilai rata-rata waktu semakin lama setiap penambahan abu cangkang kelapa sawit. Pengaruh abu cangkang kelapa sawit pada pengujian permeabilitas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak bahan tambah maka menjadikan benda uji tidak memiliki rongga-rongga atau padat. Kepadatan yang tinggi menyebabkan air sulit untuk keluar maka dari itu memerlukan waktu yang cukup lama dalam menembus ruang-ruang padat dalam benda uji.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bella, R. A., Pah, J. J. S., & Ratu, A. G. (2017). Perbandingan Persentase Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Bata Ringan Jenis CLC.
2. BSN, 1989. SNI 03-0349-1989 Bata Beton Untuk Pasangan Dinding. BSN, Jakarta.
3. Leslie, 2013. Pengaruh Penggunaan Bahan Tambahan (Accelerator Admixture) Kapur dan Pengaruh Curing pada Pembuatan Bata Beton Ringan sebagai Alternatif Pengganti Bata Merah. Jurnal Teknik Sipil USU, Vol. 2.
4. Mulyono, Tri. 2004. Teknologi Beton. Andi, Yogyakarta.
5. Mustapure, N & Eramma, H. 2014. Experimental Investigation on Cellular Lightweight Concrete Blocks for Varying Grades of Density. International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science.
6. Oktavianita, Y. 2014. Perbandingan Kuat Tekan dan Tegangan-Regangan Bata Beton Ringan dengan Penambahan Mineral alami Zeolit Alam Bergradasi Tertentu Dengan dan Tanpa Perawatan Khusus. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

7. Opirina, L., Aulia, T. B., & Afifuddin, M. 2016. Terhadap Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi. 2(1), 59–70.
8. Prianti, E., Malino, M. B., & Lapanporo, B. P. 2015. Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Hasil Pembakaran Limbah Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Parsial Pasir pada Pembuatan Beton Positron 5(1) 26-29, <https://doi.org/10.26418/positron.v5i1.9744>.
9. SNI 03-6825-2002. Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil.
10. Suryanita, R., 2020. Perilaku Mekanik Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete dengan Penambahan Silica Fume. Riau: Ur Press Pekanbaru.