

Pemanfaatan dan Pengaruh *Fly Ash* Batu Bara Sebagai Substitusi Sebagian Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Bata Ringan Jenis *Cellular Lightweight Concrete* (CLC)

Rini Rahmayanti^{*1}, Fetty Febriasti Bahar², M. Nuklirullah³

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi
Jl. Jambi – Muara Bulian KM. 15, Mendalo Darat, Jambi

Submitted : 21, September, 2022;

Accepted: 30, Oktober, 2023

Abstrak

Bata ringan berdimensi seragam dan berukuran lebih besar daripada bata merah, bata ringan memiliki ketahanan sekuat beton dan bobot bata ringan juga lebih ringan daripada bata merah serta beton biasa. Proses penambahan gelembung udara ke campuran semen, air dan agregat halus akan menghasilkan bata ringan. Penambahan gelembung udara tersebut mengurangi berat bata yang dihasilkan. Bata ringan terbagi menjadi dua jenis, yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Harga bata ringan berjenis CLC lebih hemat jika dibandingkan dengan bata ringan berjenis AAC. *Fly ash* merupakan abu terbang hasil pembakaran. *Fly ash* adalah partikel halus yang bersifat *pozzolan*. Reaksi hidrasi semen dan air akan menyebabkan *fly ash* berubah bentuk dari partikel halus menjadi massa padat. Penelitian ini memiliki tujuan untuk memperoleh manfaat dan pengaruh *fly ash* batu bara sebagai substitusi sebagian semen terhadap nilai kuat tekan bata ringan berjenis CLC. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yang mensubstitusikan sebagian semen menggunakan *fly ash* batu bara. Variasi persentase substitusinya terdiri dari 0%, 20%, 30%, 40% dan 50% terhadap berat semen. Bata ringan dilakukan pengujian kuat tekan ketika umur perawatan telah mencapai 28 hari. Hasil penelitian kuat tekan bata ringan berjenis CLC memperoleh nilai kuat tekan maksimum, yaitu 8,539 MPa dengan variasi *fly ash* 30% dan memperoleh nilai kuat tekan minimum, yaitu 5,351 MPa dengan variasi *fly ash* 50%. Berdasarkan hasil penelitian, nilai persentase optimum *fly ash* batu bara sebagai substitusi sebagian semen terhadap nilai kuat tekan maksimum bata ringan berjenis CLC diperoleh pada variasi 30%.

Kata Kunci : AAC; bata ringan; CLC; *fly ash*; kuat tekan; semen

Abstract

Lightweight bricks have uniform dimensions and larger size than red bricks, the resistance lightweight bricks as strong as concrete and also lightweight bricks lighter weight than red bricks and ordinary concrete. Process adding foam agent to a composite of cement, water and also fine aggregate will produce lightweight bricks. The addition

of foam agent reduce the weight of the resulting lightweight bricks. Lightweight brick is divided into two types, Autoclaved Aerated Concrete (AAC) and Cellular Lightweight Concrete (CLC). The price of lightweight bricks of the CLC type is more economical when compared to the lightweight bricks of the AAC type. Fly ash produced from combustion. Fly ash is a fine particle which is pozzolanic. The hydration reaction of water and cement will cause fly ash change from fine particles to solid masses. This research aims to obtain the benefits and effects coal fly ash as for partial substitution of cement on compressive strength of lightweight bricks. The research method used is an experimental method that partially substitutes cement using coal fly ash. Variations in the percentage of substitution consist of 0%, 20%, 30%, 40% and 50% by weight of cement. Lightweight bricks are tested for compressive strength when the curing age has reached 28 days. The results of the research on the compressive strength of CLC-type lightweight bricks obtained the maximum compressive strength value, 8.539 MPa with a variation of 30% fly ash and obtained a minimum compressive strength value, 5.351 MPa with a variation of 50% fly ash. Based on the research results, optimum percentage value of coal fly ash as for partial substitution of cement for the maximum compressive strength value of lightweight CLC type bricks was obtained at a variation of 30%.

Keywords : AAC; lightweight bricks; CLC; fly ash; compressive strength; cement

A. PENDAHULUAN

Tjokrodinuljo (2007), beton adalah suatu bahan komposit dari beberapa material yang terdiri dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar dan air atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Beton normal yang umum digunakan dalam konstruksi bangunan memiliki berat sendiri yang besar, sehingga diperlukan inovasi untuk membuat berat sendiri bangunan menjadi lebih ringan. Perkembangan teknologi menghasilkan berbagai jenis beton yang tercipta, salah satunya beton ringan atau *lightweight concrete*. Beton ringan adalah beton dengan berat jenis yang lebih rendah dari jenis lainnya. Salah satu jenis beton ringan adalah bata ringan yang digunakan untuk proses konstruksi pembangunan rumah dan gedung bertingkat. Bata ringan terbagi menjadi dua jenis, yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC).

Inovasi semakin bermunculan dalam usaha untuk mengurangi berat

beton yang dihasilkan, seperti menambahkan *fly ash* yang bersifat *pozzolan* sebagai substitusi sebagian semen. Aziz (2006), *fly ash* banyak dimanfaatkan dalam perusahaan industri, karena memiliki sifat *pozzolan* sedangkan *bottom ash* sangat sedikit pemanfaatannya dan biasa digunakan sebagai material pengisi. Sifat *pozzolan* menghasilkan kelekatan yang baik apabila dicampur kepada senyawa yang reaktif, yaitu senyawa pada semen. *Fly ash* merupakan abu terbang hasil pembakaran. *Fly ash* adalah partikel halus yang bersifat *pozzolan*. Reaksi hidrasi semen dan air akan menyebabkan *fly ash* berubah bentuk dari partikel halus menjadi massa padat. Batu bara merupakan salah satu material yang menghasilkan limbah *fly ash* dengan jumlah cukup besar. Penelitian ini memanfaatkan *fly ash* batu bara selaku substitusi sebagian semen pada pengerjaan bata ringan jenis CLC dan membuat bata ringan ini menjadi bahan yang ramah lingkungan. Persentase pemanfaatan *fly ash* yang digunakan dalam penelitian adalah 0%, 20%, 30%,

40% dan 50%. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh persentase optimum kuat tekan bata ringan, mengetahui karakteristik *fly ash* batu bara selaku substitusi sebagian semen terhadap campuran bata ringan jenis CLC dan mengetahui perbedaan nilai kuat tekan bata ringan jenis CLC untuk masing-masing variasi persentase *fly ash* batu bara sebagai substitusi sebagian semen.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Bata Ringan

Bata ringan dibentuk dengan menambahkan *foam agent* kepada campuran semen, agregat halus dan air. *Foam agent* memiliki tujuan untuk mengurangi hasil berat beton yang sudah terbentuk. Pengurangan berat terjadi karena adanya penambahan volume. Bata ringan memiliki dimensi yang lebih presisi, yaitu $60\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 7,5\text{ cm}$ 10 cm 12,5 cm untuk $p \times l \times t$ dan kerataan setiap sisi yang lebih baik daripada bata merah, sehingga akan memudahkan dan mempercepat proses pengerjaannya serta bobotnya yang ringan akan mengurangi beban bangunan. Bata ringan memiliki dua jenis, yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Bata ringan berjenis AAC, gelembung udaranya disebabkan oleh reaksi kimia dan dikeringkan menggunakan mesin *autoclave* bertekanan tinggi yang harganya cukup mahal, sedangkan bata ringan CLC gelembung udaranya menggunakan busa organik sehingga tidak terjadi reaksi kimia dan dikeringkan di bawah sinar matahari yang terik. Hal ini menyebabkan bata ringan berjenis CLC membutuhkan biaya yang lebih sedikit daripada bata ringan berjenis AAC. Kemampuan daya tahan dan bobot yang sama membuat bata ringan jenis CLC merupakan pilihan yang tepat untuk menghemat biaya yang dikeluarkan.

Tjokrodimuljo (1996), berat bata ringan adalah $600\text{ kg/m}^3 - 1800\text{ kg/m}^3$. Suryani (2015), bata ringan merupakan beton yang memiliki berat jenis lebih ringan daripada beton pada umumnya dengan berat jenis antara 2000 kg/m^3 atau lebih rendah. Hendra (2017), bata ringan CLC dapat diproduksi dengan berbagai macam jenis kepadatan kurang dari 2000 kg/m^3 yang disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya, yaitu dijelaskan sebagai berikut:

- Kepadatan rendah, yaitu $400\text{ kg/m}^3 - 600\text{ kg/m}^3$ dengan nilai kuat tekan $10\text{ kg/cm}^2 - 15\text{ kg/cm}^2$.
- Kepadatan sedang, yaitu $800\text{ kg/m}^3 - 1000\text{ kg/m}^3$ dengan nilai kuat tekan $25\text{ kg/cm}^2 - 35\text{ kg/cm}^2$.
- Kepadatan tinggi, yaitu $1200\text{ kg/m}^3 - 1800\text{ kg/m}^3$ dengan nilai kuat tekan $60\text{ kg/cm}^2 - 250\text{ kg/cm}^2$.

2. Semen Portland

SNI 15-7064-2004, semen portland komposit atau *portland composite cement* (PCC) adalah bahan pengikat hidrolis yang dihasilkan dari penggilingan terak semen portland dan gipsium dengan bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut berupa terak tanur tinggi, pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% – 35% dari massa semen portland komposit.

3. Agregat Halus

SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat yang memiliki besar butir maksimum 4,76 mm yang berasal dari alam ataupun hasil olahan. SNI 03-2847-2002, agregat halus merupakan agregat yang lolos ayakan No. 4 dan tertahan pada saringan No. 200 dengan ukuran butiran adalah 0,15 mm – 5 mm.

4. Air

Air merupakan bahan paling dasar dalam pembuatan beton. Air berfungsi sebagai reaktor semen (pengaktif agar terjadi reaksi kimiawi) dan pelumas atau membasahi antar butir agregat agar pengerjaan pencampuran dapat dilakukan dengan mudah serta juga digunakan pada masa perawatan beton.

5. Foam Agent

Setiaji Husin (2008), menyebutkan *foam agent* adalah zat adiktif pembuat busa yang terbuat dari larutan pekat berbahan surfaktan yang banyak digunakan dalam industri pembuatan bata ringan. Surfaktan merupakan zat yang biasa tekonsentrasi pada muka dan mengaktifkan setiap muka. *Foam agent* memiliki dua konsistensi, yaitu berbentuk cairan (*lipid*) dan berbentuk bubuk (*powder*). Umumnya setiap industri bata ringan menggunakan *foam agent* yang cair, karena lebih mudah diperoleh, memiliki harga yang lebih ekonomis dan masa pakai yang cukup lama setelah dibuka, yaitu 12 – 16 bulan.

6. Fly Ash Batu Bara

SNI 03-6414-2002, *fly ash* batu bara adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozzolanik. Batu bara yang biasa digunakan pada PLTU sebagai bahan bakar akan menghasilkan abu terbang berbentuk partikel halus yang merupakan residu dari proses pembakaran tenaga listrik. Jcoal (2008), proses pembakaran batu bara pada unit pembangkit uap membentuk dua jenis abu, yaitu 85% – 95% abu terbang (*fly ash*) dan 5% – 15% abu dasar (*bottom ash*). Pemakaian *fly ash* selaku substitusi sebagian semen dalam campuran beton sudah dimulai sejak tahun 1930. Lauw Tjun Nji (2012), *fly ash* bersifat pozzolan dan merupakan salah satu bahan tambah

yang cukup populer yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen dalam campuran beton. Lauw Tjun Nji (2012) berdasarkan *Canadian Standard CSA A-23.5* mengklasifikasi *fly ash* menjadi tiga, yaitu sebagai berikut:

a. *Fly ash* tipe F (*low calcium*)

Fly ash tipe F mengandung kalsium oksida, $\text{CaO} < 8\%$ diperoleh dari hasil pembakaran bitumen batu bara. *Fly ash* tipe F hanya bersifat pozzolanik. Kandungan bahan *fly ash* tipe F diuraikan sebagai berikut:

- 1) Kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > 70\%$
- 2) Kadar $\text{CaO} < 8\%$
- 3) Kadar karbon, C antara 5% – 10%

b. *Fly ash* tipe C (*high calcium*)

Fly ash tipe C mengandung kalsium oksida, $\text{CaO} 8\% - 20\%$ diperoleh dari hasil pembakaran sub bitumen batu bara. *Fly ash* tipe C bersifat pozzolanik dan cementitious. Kandungan bahan *fly ash* tipe C diuraikan sebagai berikut:

- 1) Kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > 50\%$
- 2) Kadar $\text{CaO} 8\% - 20\%$
- 3) Kadar karbon, C $\pm 2\%$

c. *Fly ash* tipe N

Fly ash tipe N mempunyai kandungan yang berkadar rendah, sehingga *fly ash* tipe N jarang digunakan dalam pemanfaatan bahan pembentuk beton.

Fly ash pada penelitian ini digunakan sebagai substitusi sebagian semen portland komposit. Berdasarkan SNI 15-7064-2004, semen portland komposit merupakan suatu bahan yang akan digunakan untuk keperluan konstruksi umum memiliki syarat kandungan SO_3 maksimum 4%. Mira dan Imaduddin (2018), meninjau karakteristik *fly ash* dan semen portland komposit dari sifat kimia. Sifat kimia semen portland

komposit dan *fly ash* memiliki komposisi kimia yang sama dan disajikan pada tabel 1.

Fly ash digunakan sebagai bahan penyusun beton berdasarkan beberapa hal sebagai berikut:

- Secara teknis, terdapat manfaat dari karakteristik *fly ash*.
- Secara lingkungan, mengurangi penumpukan limbah batu bara.
- Secara ekonomi, menghasilkan beton yang ekonomis.

Tabel 1. Sifat kimia semen portland komposit dan *fly ash*

Bahan Penyusun	(%) <i>Fly Ash</i>	(%) Semen Portland Komposit
Kalsium Oksida, CaO	1 – 12	60 – 65
Silika Oksida, SiO ₂	20 – 60	17 – 25
Aluminium Oksida, Al ₂ O ₃	5 – 35	3 – 8
Besi Oksida, Fe ₂ O ₃	10 – 40	0,5 – 6
Magnesium Oksida, MgO	0 – 5	0,5 – 4
Sulfur, SO ₃	0 – 4	1 – 2
Alkali, Na ₂ O + K ₂ O	0 – 7	0,5 – 1

(Sumber : Mira dan Imaduddin, 2018)

C. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif dengan pengumpulan data dan analisis diuraikan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Proses pembuatan bata ringan CLC dilakukan di Pabrik Bata Ringan BATACON, Jambi. Proses pengujian bahan dan kuat tekan dilakukan di Laboratorium UPTD Balai Pengujian Provinsi Jambi.

Alat yang digunakan pada penelitian adalah satu set saringan, timbangan, wadah, sekop, gelas ukur, cetakan beton, bor pengaduk cat, *foam generator*, *compression testing machine* dan peralatan yang diperlukan lainnya. Bahan yang diperlukan pada penelitian adalah agregat halus yang diperoleh dari sungai lingkungan penelitian, semen portland komposit merk Tiga Roda, air yang diperoleh dari PDAM lingkungan penelitian, *foam agent* pada pabrik bata ringan BATACON dan *fly ash* tipe C yang diperoleh dari PT. DSSP Power Sumsel.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung oleh peneliti melalui pengujian agregat halus berupa analisis saringan, berat jenis dan penyerapan, kadar air dan kadar lumpur, pengujian *fly ash*, pengujian secara visual terhadap semen, air dan *foam agent* serta pengujian kuat tekan bata ringan CLC. Data sekunder diperoleh dari sumber referensi seperti buku, jurnal dan standar yang relevan.

2. Proses Pembuatan Benda Uji

Benda uji bata ringan CLC dibuat berukuran 15 cm × 15 cm × 15 cm dengan *mix design* mengacu pada penelitian terdahulu dan rekomendasi dari pabrik bata ringan. Proses pembuatan benda uji dilakukan secara manual dengan mencampurkan pasir, *fly ash* batu bara ke dalam wadah, adukan diaduk hingga merata dan tambahkan air, kemudian busa yang dihasilkan oleh *foam agent* pada *foam generator* dengan tekanan 8 bit ditambahkan ke adukan. Adukan diaduk kembali hingga merata dan campuran yang sudah selesai tercampur ditimbang berat keringnya, setelahnya tuang ke dalam cetakan yang terbuat dari kayu dan

disimpan di suhu ruang sewaktu 24 jam, lalu benda uji dilepas dari cetakan dan dirawat selama 28 hari yang kemudian dilaksanakan pengujian kuat tekan.

3. Analisis Data

Analisis dilakukan terhadap data yang diperoleh, dengan rincian sebagai berikut:

a. Analisis hasil pengujian agregat halus

- 1) Analisis saringan, parameter yang diukur adalah gradasi butiran dan modulus kehalusan agregat halus, sesuai standar SNI 03-2834-2000 dan ASTM C-33.
- 2) Berat jenis dan penyerapan, parameter yang diukur adalah nilai berat jenis dan penyerapan, mengacu pada standar SNI 03-1970-1990.
- 3) Kadar air, parameter yang diukur adalah persentase kadar air dalam agregat halus, sesuai

standar SNI 03-1971-2011.

- 4) Kadar lumpur, parameter yang diukur adalah persentase kadar lumpur dalam agregat halus, sesuai standar SNI S-04-1989-F.

b. Analisis hasil pengujian *fly ash*

Pengujian analisis saringan pada *fly ash* memiliki parameter yang diukur berupa butiran yang lolos saringan No. 200.

Analisis data digunakan untuk mengevaluasi karakteristik bahan yang digunakan dalam pembuatan bata ringan CLC. Selanjutnya, hasil analisis digunakan dalam proses *mix design* untuk mengatur proporsi bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan bata ringan CLC.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keseluruhan hasil pengujian pada bahan pembentuk bata ringan CLC diuraikan pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

Pengujian	Satuan	Hasil Penelitian	Nilai Standar	Metode
Analisis Saringan				
1. Zona gradasi	–	Zona IV	Zona I – IV	SNI 03-2834-2000
2. Modulus kehalusan	–	1,91	1,5 – 3,8	SII 0052-80
Berat Jenis dan Penyerapan				
1. Berat jenis curah kering	–	2,52	> 2,5	SNI 03-1970-1990
2. Berat jenis jenuh kering	–	2,58	> 2,5	
3. Berat jenis semu	–	2,67	> 2,5	
4. Penyerapan air	%	2,25	< 5	
Kadar Air	%	2,04	2 – 8	SNI 03-1971-2011
Kadar Lumpur	%	4,1	< 5	SNI S-04-1989-F

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian bahan pembentuk bata ringan lainnya

Pengujian	Hasil Penelitian
Semen	: Semen berbutir halus dan tidak menggumpal
Air	: Air bersih dan jernih, bebas dari asam, alkali, oli, garam, lumpur, bahan organik, minyak, benda terapung dan bahan lain yang akan merusak
<i>Foam agent</i>	: <i>Foam agent</i> bersih dan terbebas dari kotoran, kemudian setelah <i>foam</i> terbentuk, <i>foam</i> memiliki konsistensi bentuk yang masih dalam mengembang
<i>Fly ash</i>	: <i>Fly ash</i> berbutir halus, lolos 100% saringan No. 200, butiran yang tidak menggumpal

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 2 agregat halus telah memenuhi syarat sebagai bahan campuran bata ringan CLC karena semua hasil penelitian masuk ke dalam nilai standar, sehingga agregat halus layak digunakan sebagai bahan pembentuk bata ringan CLC. Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 3 dengan pengamatan secara visual, semen, air, *foam agent* dan *fly ash* layak digunakan sebagai bahan pembentuk bata ringan CLC karena semua bahan berkualitas baik. Partikel *fly ash* yang halus memiliki luas permukaan yang besar, sehingga memungkinkan reaksi kimia lebih intens dengan bahan lain dan menjadikan interaksi *fly ash* lebih efisien dengan produk hidrasi semen, sehingga pemanfaatan *fly ash* akan meningkatkan daya rekat, kekuatan dan ketahanan beton terhadap tekanan dan kimia lingkungan.

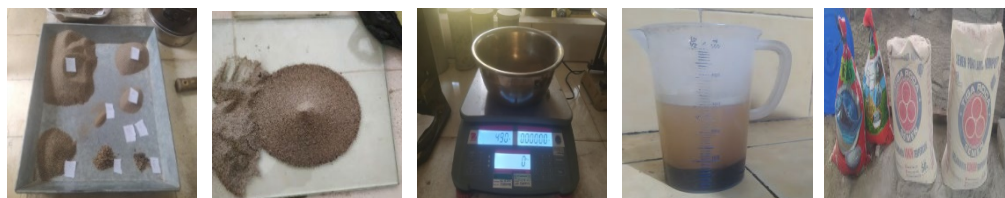
Pengujian *fly ash* terhadap sifat kimia tidak dilakukan, sehingga mengacu

pada penelitian terdahulu yang sudah melakukan pengujian sifat kimia *fly ash* terhadap semen. Beberapa penelitian tersebut diuraikan pada tabel 4.

Berdasarkan tabel 4 pengujian sifat kimia *fly ash* yang dilakukan telah memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SNI 15-7064-2004, yaitu suatu bahan yang akan digunakan untuk keperluan konstruksi umum memiliki syarat kandungan SO₃ maksimum 4%. Kandungan oksida memiliki dampak yang signifikan pada karakteristik *fly ash*, yaitu berkontribusi pada aktivitas pozzolanik, sifat penting dalam penguatan material seperti beton. Kesimpulan yang diperoleh dalam pengujian *fly ash* secara visual dan sifat kimia yang mengacu pada penelitian terdahulu adalah pemanfaatan dan pengaruh *fly ash* batu bara sebagai substitusi sebagian semen dapat digunakan.

Tabel 4. Sifat kimia *fly ash* terhadap semen portland komposit

Penelitian Terdahulu	Hasil Pengujian
Yulizar Yusuf dkk, (2020)	Kandungan SO ₃ diperoleh 1,48%, 1,63%, 1,74%, 1,84%, 1,91%, 1,95%, 2,06%, 2,07%, 2,46% dan 2,92%
Roni Ade Wijaya dkk, (2021)	Kandungan SO ₃ pada <i>fly ash</i> diperoleh 0,81%. Kandungan SO ₃ pada semen yang sudah dicampur <i>fly ash</i> diperoleh 1,91%, 1,93%, 1,95%, 2,00% dan 2,01%
Pd 14-2018-B	Kandungan SO ₃ diperoleh 0,93%



Gambar 1. Pengujian bahan pembentuk bata ringan CLC

Perencanaan campuran bata ringan CLC (*mix design*) mengacu pada penelitian terdahulu dan rekomendasi dari pabrik bata ringan, dengan *mix design* yang digunakan diuraikan pada tabel 5.

Pengujian kuat tekan bata ringan CLC dilakukan saat bata ringan CLC berumur 28 hari setelah dicetak. Hasil pengujian kuat tekan bata ringan CLC diuraikan pada tabel 6.

Tabel 5. *Mix design* penelitian

Variasi (%)	Fly Ash (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Air (L)	Foam Agent (L)	Air Pembentuk Foam (L)
0	0,0	10,2	20,3	6,3	0,1	0,8
20	2,1	8,1	20,3	6,3	0,1	0,8
30	3,1	7,1	20,3	6,3	0,1	0,8
40	4,1	6,1	20,3	6,3	0,1	0,8
50	5,1	5,1	20,3	6,3	0,1	0,8
100	10,2	0,0	20,3	6,3	0,1	0,8



Gambar 2. Pembuatan bata ringan CLC

Berdasarkan tabel 6, nilai rata – rata berat jenis bata ringan CLC mengalami penurunan pada setiap penambahan persentase *fly ash*, sehingga dapat disimpulkan penggunaan *fly ash* selaku substitusi sebagian semen mengurangi berat bata ringan yang dihasilkan. Bata ringan CLC pada penelitian ini memiliki berat jenis diatas 1000 kg/m³ dan dibawah 2000 kg/m³, sehingga bata

ringan CLC hasil penelitian ini termasuk pada bata ringan yang memiliki kepadatan tinggi. Nilai kuat tekan bata ringan CLC yang diperoleh mencapai kuat tekan yang direncanakan, yaitu melebihi 1,4 MPa. Grafik nilai kuat tekan pada setiap persentase penambahan *fly ash* sebagai substitusi sebagian semen ditampilkan pada gambar 4.

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan bata ringan

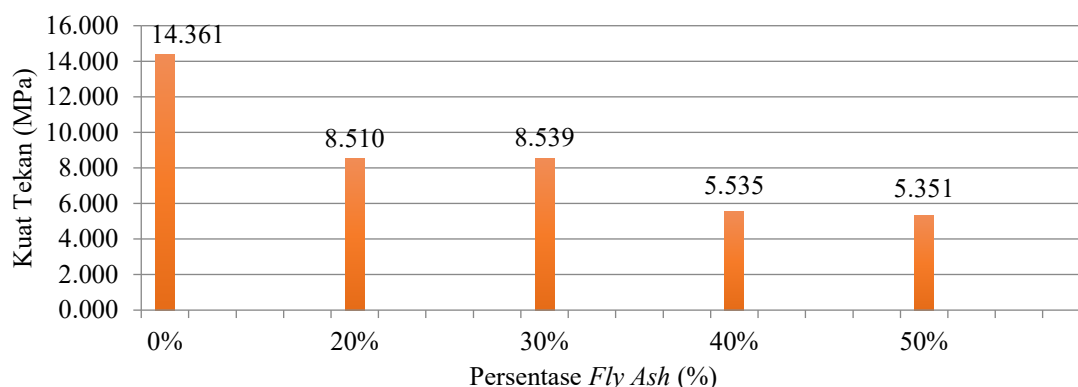
Variasi Fly Ash	Berat Bata Ringan (kg)	Rata - Rata Berat Bata Ringan (kg)	Berat Jenis Bata Ringan (kg/m ³)	Rata - Rata Berat Jenis Bata Ringan (kg/m ³)	Kuat Tekan			Rata - Rata Kuat Tekan	
					kN	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²	MPa
0%	6,526	6,499	1933,630	1925,630	231,167	104,765	10,274	146,436	14,361
	6,471		1917,333		360,305	163,290	16,014		
	6,496		1924,741		359,213	162,795	15,965		
	6,503		1926,815		341,781	154,895	15,190		
20%	6,089	6,178	1804,148	1830,519	189,437	85,853	8,419	86,781	8,510
	6,148		1821,630		184,515	83,622	8,201		
	6,292		1864,296		194,864	88,312	8,661		
	6,183		1832,000		197,120	89,335	8,761		
30%	6,210	6,144	1840,000	1820,370	189,304	85,793	8,414	87,075	8,539
	6,176		1829,926		208,419	94,455	9,263		
	6,095		1805,926		175,001	79,310	7,778		
	6,094		1805,630		195,811	88,742	8,703		

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan bata ringan (Lanjutan)

Variasi <i>Fly Ash</i>	Berat Bata Ringan (kg)	Rata - Rata Berat Bata Ringan (kg)	Berat Jenis Bata Ringan (kg/m ³)	Rata - Rata Berat Jenis Bata Ringan (kg/m ³)	Kuat Tekan			Rata - Rata Kuat Tekan	
					kN	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²	MPa
40%	5,903	5,894	1749,037	1746,222	98,728	44,744	4,388	56,436	5,535
	5,940		1760,000		140,812	63,816	6,258		
	5,863		1737,185		118,360	53,641	5,260		
	5,868		1738,667		140,210	63,543	6,232		
50%	5,960	6,018	1765,926	1783,111	125,225	56,752	5,566	54,563	5,351
	5,988		1774,222		112,107	50,807	4,983		
	6,041		1789,926		120,100	54,429	5,338		
	6,083		1802,370		124,149	56,264	5,518		



Gambar 3. Pengujian kuat tekan bata ringan CLC



Gambar 4. Grafik kuat tekan bata ringan

Berdasarkan nilai kuat tekan yang sudah diperoleh, nilai kuat tekan bata ringan CLC pada variasi 0% *fly ash* sebagai substitusi sebagian semen memperoleh nilai yang lebih tinggi dari nilai kuat tekan bata ringan CLC pada variasi 20%, 30%, 40% dan 50% *fly ash* sebagai substitusi sebagian semen. Variasi persentase *fly ash* menyebabkan nilai kuat tekan bata ringan CLC mengalami penurunan. Nilai kuat tekan bata ringan CLC pada variasi *fly ash* 0%, 20%, 30%, 40% dan 50% secara berturut

– turut adalah 14,361 MPa; 8,510 MPa; 8,539 MPa; 5,535 MPa dan 5,351 MPa. Berdasarkan hasil nilai kuat tekan bisa dilihat terjadi optimal pada persentase 30%. Nilai kuat tekan yang diperoleh masih masuk ke dalam nilai kuat tekan bata ringan pada umumnya yang disebutkan oleh Narmadi (2020), yaitu nilai kuat tekan bata ringan adalah 1,5 MPa – 15 MPa. Penggunaan persentase *fly ash* yang tepat sebagai substitusi sebagian semen akan meningkatkan nilai kuat tekan bata ringan CLC.

Kenaikan nilai kuat tekan didukung dari penelitian yang telah dilakukan oleh Karijanto dkk (2016), yaitu penambahan *fly ash* sebagai substitusi sebagian semen pada bata ringan CLC memperoleh nilai kuat tekan maksimum pada persentase 30%, yaitu 6,7 MPa. Persentase 0% diperoleh 6,1 MPa, 10% diperoleh 6,2 MPa, 20% diperoleh 6,3 MPa, 40% diperoleh 6,2 MPa dan 50% diperoleh 5,8 MPa dan oleh Rosmiyati (2017) memperoleh nilai kuat tekan untuk persentase 0% adalah 0,893 MPa, 10% diperoleh 0,819 MPa, 20% diperoleh 0,781 MPa, 30% diperoleh 0,707 MPa dan 40% diperoleh 0,670 MPa. Perbedaan nilai kuat tekan yang diperoleh pada setiap penelitian disebabkan dari perbedaan kandungan bahan penyusun yang digunakan, seperti tipe dan jenis semen, agregat halus, *foam agent*, air dan *fly ash* yang digunakan, *mix design* yang digunakan dan proses pembuatan bata ringan.

E. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis yang telah dikerjakan mengenai pemanfaatan dan pengaruh *fly ash* batu bara sebagai substitusi sebagian semen terhadap nilai kuat tekan bata ringan jenis *cellular lightweight concrete* (CLC), diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Karakteristik *fly ash* secara kimia memiliki kandungan SO_3 yang berada pada nilai 0,81% – 2,92% dan telah memenuhi syarat SNI 15-7064-2004, yaitu suatu bahan yang akan digunakan untuk keperluan konstruksi umum memiliki syarat kandungan SO_3 maksimum 4%.
- Nilai kuat tekan bata ringan berjenis CLC tanpa penambahan *fly ash* batu bara sebagai substitusi sebagian semen memperoleh nilai yang lebih tinggi dari nilai kuat tekan bata ringan CLC penambahan *fly ash* batu

bara sebagai substitusi sebagian semen. Variasi penambahan *fly ash* menyebabkan nilai kuat tekan bata ringan CLC menurun dari variasi *fly ash* 0%. Nilai kuat tekan yang diperoleh pada variasi *fly ash* 0%, 20%, 30%, 40% dan 50% secara berturut – turut adalah 14,361 MPa; 8,510 MPa; 8,539 MPa; 5,535 MPa dan 5,351 MPa. Hasil nilai kuat tekan bisa dilihat terjadi optimal pada persentase 30%. Walaupun terjadi perbedaan dalam hal penurunan nilai kuat tekan, nilai kuat tekan yang diperoleh masih masuk ke dalam nilai kuat tekan bata ringan pada umumnya yang disebutkan oleh Narmadi (2020), yaitu nilai kuat tekan bata ringan adalah 1,5 MPa – 15 MPa penggunaan persentase *fly ash* yang tepat selaku substitusi sebagian semen akan meningkatkan nilai kuat tekan bata ringan CLC.

DAFTAR PUSTAKA

- Bella, A. R., Pah, J. J. S., & Ratu, A. G. (2017). Perbandingan Persentase Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Bata Ringan Jenis CLC. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 199-204.
- Haryanti, N. H. (2015). Kuat Tekan Bata Ringan dengan Bahan Campuran Abu Terbang PLTU Asam-Asam Kalimantan Selatan. *Jurnal Fisika FLUX*, 12(1), 20-30.
<http://dx.doi.org/10.20527/flux.v12i1.1302>
- Setiawati, M., & Imaduddin, M. (2018). Fly Ash sebagai Bahan Pengganti Semen pada Beton. *Bearing : Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, 5(4), 295-302.
<https://doi.org/10.32502/jbearing.1681201854>

- Kariyanto, M. A., Wijaya, A. R., & Sugiharto, H. (2016). Pengaruh Penambahan Fly Ash terhadap Kuat Tekan dan Tarik Perekat Bata Ringan. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 2(2), 1-8.
- Kaselle, Hermana. (2020). Pengaruh Substitusi Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Bata Beton Ringan Seluler (Cellular Lightweight Concrete). *Jurnal Bidang Ilmu Teknik Sipil dan Keairan, Transportasi dan Mitigasi Bencana Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar*. 5(4).
- Muhardi. (2016). Karakteristik Abu Terbang dan Abu Dasar dalam Geoteknik. *Jurnal Ilmiah APTEK (Aplikasi Teknologi)*, 8(2), 18-27.
<https://doi.org/10.30606/aptk.v8i2.848>
- Mulyono, T. (2013). *Teknologi Beton Edisi II*. Andi. Yogyakarta.
- Pedoman Pd 14-2018-B Tentang Penggunaan Abu Terbang dalam Campuran Beton Sedikit Semen Portland. Jakarta: Bina Marga
- Yusuf Y., Savitri, V. F., & Aziz, H. (2020). Pengaruh Penggunaan Fly Ash dari Berbagai Sumber terhadap Sifat Kimia dan Sifat Fisika pada Semen Tipe I (OPC). *Jurnal Riset Kimia*, 11(2), 61-71.
<https://doi.org/10.25077/jrk.v11i2.350>
- Wijaya, R. A., Astuti, Y., & Wijayanti, S. (2021). Pemanfaatan Fly Ash Limbah Pembakaran Batu Bara Sebagai Zat Mineral Tambahan (Additive) Terhadap Perbaikan Kualitas dan Kuat Tekan Semen. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 27(1), 2021, 127 – 134.
<https://doi.org/10.14710/mkts.v27i1.31558>



© 2023 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)