

**Bobby Asukmajaya R.<sup>1)</sup>, Suhariyanto <sup>2)</sup>, Sutikno<sup>3)</sup>,  
PENGUNAAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH SEBAGAI CAMPURAN PEMBUATAN  
BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT  
CONCRETE (CLC)**

**Jurnal Qua Teknika, (2024), No(14): Hal. 55-63**

---

**PENGUNAAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH SEBAGAI CAMPURAN PEMBUATAN BATA  
RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)**

**Bobby Asukmajaya R.<sup>1)</sup>, Suhariyanto <sup>2)</sup>, Sutikno<sup>3)</sup>,  
<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang  
Jl. Sukarno Hatta, No. 9. Kota Malang  
email: <sup>1</sup>[bobbyasukma@polinema.ac.id](mailto:bobbyasukma@polinema.ac.id),  
<sup>2</sup>[suhariyanto@polinema.ac.id](mailto:suhariyanto@polinema.ac.id),  
<sup>3</sup>[sutikno@polinema.ac.id](mailto:sutikno@polinema.ac.id).**

**ABSTRAK**

FABA (Fly Ash and Bottom Ash) is a residual waste from burning coal which is widely used by industry to produce heat energy, an example is the use of FABA in PLTU (Steam Power Plant). One of the oldest PLTUs in Indonesia, namely PLTU PJB UP Paiton, has been using coal for a long time, the utilization of FABA is still quite minimal due to problems from the government in using FABA due to its entry into Hazardous and Toxic Material (B3) waste, but in 2021 through Regulation Government Number 22 of 2021 concerning the implementation of environmental protection and management is established if FABA is no longer included in B3 waste.

The process of making lightweight bricks is divided into 2, namely AAC (Autoclaved Aerated Concrete) and CLC (Cellular Lightweight Concrete). because the process is relatively simple and does not require expensive special tools. In this study CLC was chosen because it seeks to improve the quality of small industrial materials, so that the products produced meet the standards set by the government.

One way to use FABA waste is to make CLC lightweight brick mixture, because FABA material is classified as having a lighter specific gravity compared to the main material for making CLC fine aggregate at this time, namely sand. In this research, the effect of mixing FABA materials will be examined by substituting sand and cement, to obtain a mixture that is in accordance with SNI 8640: 2018 concerning Specifications for Lightweight Bricks for Wall Pairs.

The results of the research show that the substitution of cement with fly ash produces a smaller dry specific gravity and an increase in strength in mixtures B and C, then the substitution of fine sand aggregate with bottom ash results in a reduction in the CLC specific gravity value, and the compressive strength increases in mixture E, F, G, and H. The CLC lightweight brick mixture that meets the individual and average compressive strength according to SNI 8640:2018 is mixture G.

Kata kunci: CLC, Lightweight, SNI 8640:2018, Fly ash, Bottom Ash

**PENDAHULUAN**

Bata ringan merupakan salah satu material konstruksi yang banyak digunakan sebagai pengganti bata merah dalam pembuatan dinding untuk bangunan [1], [2]. Kelebihan bata ringan dibandingkan dengan bata merah adalah memiliki berat yang lebih ringan, sehingga sangat baik digunakan untuk mengurangi beban mati pada suatu konstruksi bangunan [3]. Berat jenis bata ringan antara 5,884 kN/m<sup>3</sup> sampai 15,690 kN/m<sup>3</sup>, yang dibuat dan disesuaikan dengan kebutuhan seperti kekuatan, jenis material pembentuk, admixture, jumlah semen yang digunakan.

Kebutuhan akan bata ringan yang banyak di industri menuntut untuk memberikan solusi peningkatan kekuatan bata ringan, dengan berbagai jenis material pembentuk[4]–[6]. Pada penelitian ini digunakan material yang memiliki berat isi yang lebih ringan dibandingkan pasir, dikarenakan sebagian besar material pembentuk bata ringan adalah agregat halus. Sehingga diharapkan bata ringan akan memiliki tingkat kepadatan yang lebih baik dibandingkan dengan agregat halus[7]. Selain itu untuk membuat biaya produksi bata ringan lebih murah digunakan material substitusi pengganti semen, dikarenakan semen merupakan material termahal dalam proses

**Bobby Asukmajaya R.<sup>1)</sup>, Suhariyanto <sup>2)</sup>, Sutikno<sup>3)</sup>,**  
**PENGGUNAAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH SEBAGAI CAMPURAN PEMBUATAN**  
**BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT**  
**CONCRETE (CLC)**

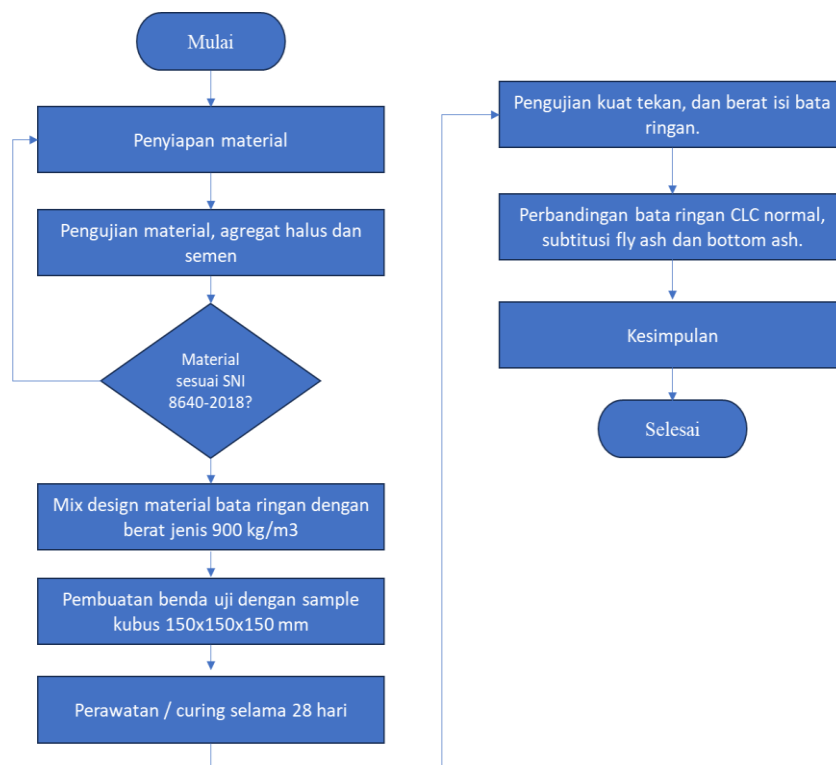
**Jurnal Qua Teknika, (2024), No(14): Hal. 55-63**

produksi bata ringan sehingga perlu sedikit disubstitusi. Selain itu penggunaan semen yang besar tidak ramah terhadap lingkungan[4], karena proses pembuatan semen itu sendiri menghasilkan karbon dioksida yang cukup besar diudara, penghematan semen akan membuat biaya produksi lebih murah, namun perlu dibuat campuran bata ringan yang menghasilkan produk yang memenuhi syarat SNI 8640-2018[8].

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan campuran bata ringan yang disubstitusi semen dengan fly ash, dan pengaruh substitusi agregat halus pasir dengan bottom ash. Pada material semen dengan fly ash dilakukan dengan substitusi sebesar 0%, 30%, 50% dan 75% untuk mendapatkan pengaruh substitusi tersebut. Pada material agregat halus pasir juga dilakukan substitusi dengan bottom ash dengan campuran 0%, 20%, 50%, 100%.

#### **METODE PENELITIAN**

Berikut adalah bagan alir penelitian substitusi fly ash dan bottom ash pada campuran normal bata ringan.



Gambar 1 . Flowchart Penelitian

#### **A. Tahap Pelaksanaan Penelitian**

Penyiapan Fly Ash.

1. Fly Ash didapatkan dari hasil pembakaran batu bara di PJB Paiton
2. Penyiapan bahan yang dilakukan dengan cara mengayak Fly Ash yang ada agar dapat lolos saringan yang ditentukan, karena pada fly ash yang ada masih ada campuran yang menggumpal.
3. Fly ash ditimbang sesuai dengan berat yang sudah ditentukan dalam mix design.

Penyiapan Bottom Ash.

1. Bottom Ash didapatkan dari hasil pembakaran batu bara di PJB Paiton.

**Bobby Asukmajaya R.<sup>1)</sup>, Suhariyanto <sup>2)</sup>, Sutikno<sup>3)</sup>,**  
**PENGUNAAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH SEBAGAI CAMPURAN PEMBUATAN**  
**BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT**  
**CONCRETE (CLC)**

**Jurnal Qua Teknika, (2024), No(14): Hal. 55-63**

- Bottom ash yang ada dalam bentuk Raw Bottom Ash (RBA) selanjutnya diayak sehingga ukuran partikelnya dapat lolos ayakan 5 mm, selanjutnya untuk bottom ash yang tersaring ditumbuk hingga bisa masuk pada ayakan tersebut.

Bahan yang digunakan :

- Semen
- Fly Ash
- Bottom Ash
- Air
- Foaming agent

Peralatan yang digunakan :

- Cetakan besar dalam pembuatan bata ringan (1,2 x 2,4 x 0,2 m)
- Foam generator
- Mixer
- Ayakan Pasir
- Alat Timbang

### B. Mix Design Bata Ringan

Pada penelitian ini menggunakan jenis bata ringan CLC / Cellular Lightweight Concrete dalam mix design campuran menggunakan rekomendasi dari NEOPOR SYSTEM[9], Sesuai dengan spesifikasi alat pencampur yang dimiliki oleh CV. Dwi Utama kapasitas material campuran yang dapat digunakan untuk 2 cetakan besar bata ringan ukuran 1,2 x 2,4 x 0,2 m adalah 180 kg, selanjutnya peneliti mencoba untuk membuat beberapa varian campuran sehingga didapatkan pengaruh pada masing – masing material pencampur pada bata ringan CLC ini, yaitu Pasir, Semen, Bottom Ash, dan Fly Ash.

Tabel 1 Rencana Benda Uji yang digunakan

KODE	NAMA BENDA UJI BARU	CAMPURAN								BERAT JENIS BASAH Kg/m <sup>3</sup>
		SEMEN		FLY ASH		PASIR		BOTTOM ASH		
		Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	
A	A1	80	100%	0	0%	100	100%	0	0%	900
	A2	80	100%	0	0%	100	100%	0	0%	900
	A3	80	100%	0	0%	100	100%	0	0%	900
B	B1	54	70%	26	30%	100	100%	0	0%	900
	B2	54	70%	26	30%	100	100%	0	0%	900
	B3	54	70%	26	30%	100	100%	0	0%	900
C	C1	36	50%	44	50%	100	100%	0	0%	900
	C2	36	50%	44	50%	100	100%	0	0%	900
	C3	36	50%	44	50%	100	100%	0	0%	900
D	D1	18	25%	62	75%	100	100%	0	0%	900
	D2	18	25%	62	75%	100	100%	0	0%	900
	D3	18	25%	62	75%	100	100%	0	0%	900
E	E1	80	100%	0	0%	50	50%	50	50%	900
	E2	80	100%	0	0%	50	50%	50	50%	900
	E3	80	100%	0	0%	50	50%	50	50%	900
F	F1	80	100%	0	0%	35	35%	65	65%	900
	F2	80	100%	0	0%	35	35%	65	65%	900
	F3	80	100%	0	0%	35	35%	65	65%	900
G	G1	80	100%	0	0%	25	25%	75	75%	900
	G2	80	100%	0	0%	25	25%	75	75%	900

**Bobby Asukmajaya R.<sup>1)</sup>, Suhariyanto <sup>2)</sup>, Sutikno<sup>3)</sup>,  
**PENGGUNAAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH SEBAGAI CAMPURAN PEMBUATAN  
 BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT  
 CONCRETE (CLC)****

*Jurnal Qua Teknika, (2024), No(14): Hal. 55-63*

	G3	80	100%	0	0%	25	25%	75	75%	900
<b>H</b>	H1	80	100%	0	0%	0	0%	100	100%	900
	H2	80	100%	0	0%	0	0%	100	100%	900
	H3	80	100%	0	0%	0	0%	100	100%	900
<b>I</b>	I1	80	100%	0	0%	0	0%	100	100%	600
	I2	80	100%	0	0%	0	0%	100	100%	600
	I3	80	100%	0	0%	0	0%	100	100%	600

Dengan masing – masing air dan foam agent untuk 1 m3 adonan yang dibuat adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Campuran tambahan yang digunakan

No.	Material	Satuan	Jumlah
1	Air pada mortar	Kg	120
2	Air pada foam	Kg	50
3	Foam Agent	Liter	630

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan benda uji basah adalah dengan cara mencampurkan bahan menjadi satu hingga didapatkan berat basah campuran dengan berat 900 Kg/m3. Selanjutnya setelah proses pengecoran selesai, benda uji dilakukan perawatan / curing selama 28 hari, setelah 28 hari benda uji dilakukan 2 pengujian utama yaitu pengujian bobot isi dan uji tekan penampang, berikut adalah hasil dari pengujian yang telah dilakukan.

#### A. Hasil Pengujian Berat Benda Uji Bata Ringan

Hasil pengujian berat bata ringan digunakan sebagai parameter yang membedakan antara benda uji dalam kondisi awal pengecoran / mortar segar dan pengujian ketika benda uji dalam kondisi kering selama 28 hari, berikut adalah hasil yang dapat ditampilkan :

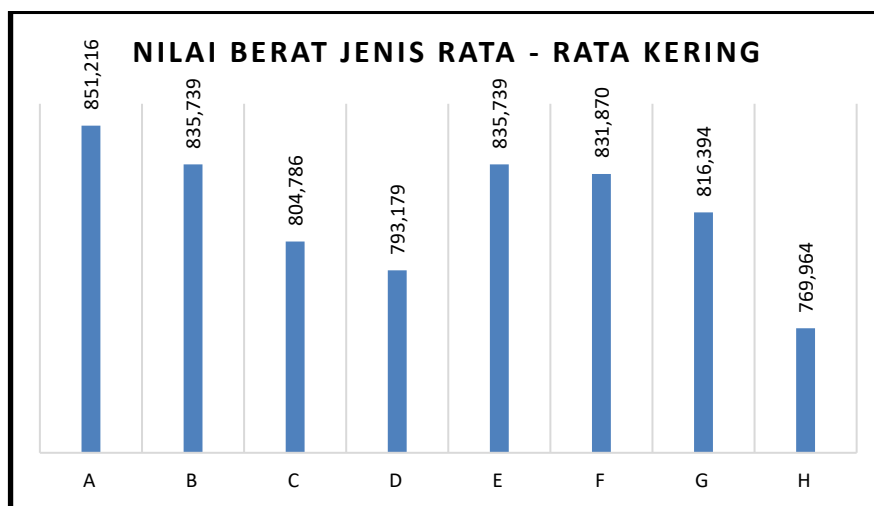
Tabel 3. Nilai berat jenis rata – rata kering

KODE	NAMA BENDA UJI BARU	BERAT JENIS BASAH	BERAT BENDA UJI 15x15x15 cm (28 hari)	BERAT JENIS KERING	BERAT JENIS RATA - RATA KERING - kg/m3
		Kg/m3	Kg	Kg/m3	
<b>A</b>	A1	900	7,5	870,56	851,22
	A2	900	7,2	835,74	
	A3	900	7,3	847,35	
<b>B</b>	B1	900	7,6	882,17	835,74
	B2	900	6,8	789,31	
	B3	900	7,2	835,74	
<b>C</b>	C1	900	6,9	800,92	804,79
	C2	900	7	812,52	
	C3	900	6,9	800,92	
<b>D</b>	D1	900	7	812,52	793,18
	D2	900	6,9	800,92	
	D3	900	6,6	766,09	
<b>E</b>	E1	900	7	812,52	835,74
	E2	900	7,3	847,35	
	E3	900	7,3	847,35	
<b>F</b>	F1	900	7	812,52	831,87
	F2	900	7,5	870,56	

**Bobby Asukmajaya R.<sup>1)</sup>, Suhariyanto <sup>2)</sup>, Sutikno<sup>3)</sup>,**  
**PENGUNAAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH SEBAGAI CAMPURAN PEMBUATAN**  
**BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT**  
**CONCRETE (CLC)**

*Jurnal Qua Teknika, (2024), No(14): Hal. 55-63*

	F3	900	7	812,52	
<b>G</b>	G1	900	6,9	800,92	816,39
	G2	900	7,3	847,35	
	G3	900	6,9	800,92	
<b>H</b>	H1	900	6,7	777,70	769,96
	H2	900	6,6	766,09	
	H3	900	6,6	766,09	
<b>I</b>	I1	600			
	I2	600			
	I3	600			



Gambar 1 Grafik perbandingan nilai berat jenis rata – rata kering

Dari grafik diatas dapat dilihat terjadi penurunan berat jenis kering seiring penambahan besar substitusi semen dengan fly ash, yang terlihat dari benda uji A (Normal) ke benda uji D. Sementara pada substitusi agregat halus pasir dengan bottom ash juga terjadi penurunan berat jenis, dimulai dari berat jenis benda uji A 851,21 Kg/m<sup>3</sup> yang turun hingga 769,96. Sehingga dapat ditarik kesimpulan jika substitusi semen dengan fly ash, serta substitusi pasir dengan bottom ash dapat mengurangi berat jenis kering bata ringan diumur 28 hari, tentunya ini positif dikarenakan semakin kecil berat jenis bata ringan akan semakin menguntungkan struktur yang memikulnya.

### B. Kuat Tekan Bata Ringan

Kuat tekan bata ringan CLC dilakukan setelah proses perawatan selama 28 hari, benda uji tekan yang dibuat dengan dimensi 15x15x15 cm. Bata ringan CLC sesuai dengan SNI 8640 – 2018[8] adalah proses penambahan buih udara dalam bentuk busa yang dibuat dengan mesin pembuat busa / foam generator kemudian dicampurkan jadi satu dalam bak pengaduk untuk mencampurkan. Kuat tekan yang disyaratkan rata – rata harus memiliki nilai minimal 6 MPa untuk bata struktural outdoor, 4 MPa untuk bata struktural yang digunakan untuk indoor, 2 MPa untuk bata non struktural. Kuat tekan individu harus minimal 5,4 MPa untuk bata struktural outdoor, 3,6 MPa untuk bata struktural indoor dan 1,8 MPa untuk bata non struktural. Jadi untuk penelitian ini direncanakan untuk minimal nonstruktural dengan kuat rata-rata 2 MPa dan 1,8 MPa untuk kuat tekan individunya. Berikut adalah hasil kuat tekan bata ringan CLC yang telah di uji tekan :

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tekan bata ringan CLC

**Bobby Asukmajaya R.<sup>1)</sup>, Suhariyanto <sup>2)</sup>, Sutikno<sup>3)</sup>,  
**PENGGUNAAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH SEBAGAI CAMPURAN PEMBUATAN  
 BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT  
 CONCRETE (CLC)****

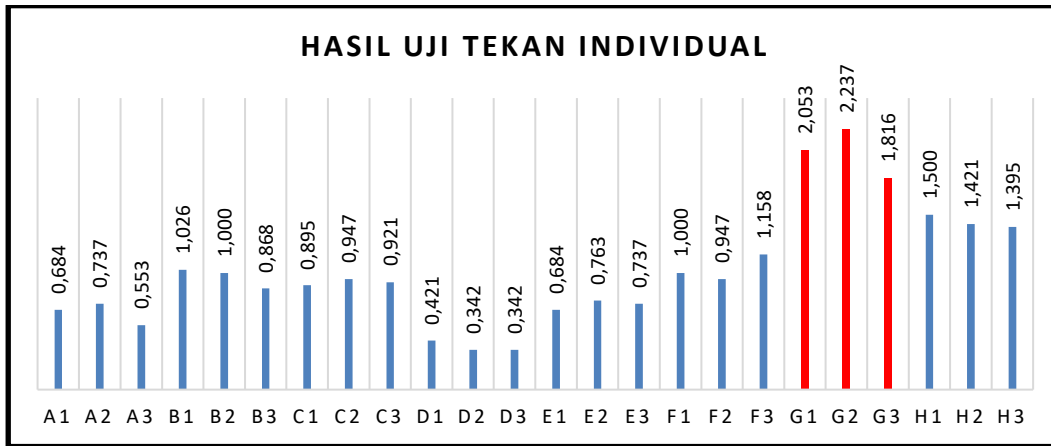
*Jurnal Qua Teknika, (2024), No(14): Hal. 55-63*

KODE	NAMA BENDA UJI BARU	BERAT JENIS KG/M3	HASIL UJI TEKAN (KG/CM2)	HASIL UJI TEKAN (MPa)	RATA-RATA (KG/CM2)	RATA-RATA (MPa)	MEMENUHI SYARAT SNI >2 MPa	BERAT BENDA UJI
A	A1	900	6,84	0,684	6,6	0,658	Tidak Memenuhi	6,9
	A2	900	7,37	0,737				7
	A3	900	5,53	0,553				6,9
B	B1	900	10,26	1,026	9,6	0,965	Tidak Memenuhi	7,6
	B2	900	10	1				6,8
	B3	900	8,68	0,868				7,2
C	C1	900	8,95	0,895	9,2	0,921	Tidak Memenuhi	7,5
	C2	900	9,47	0,947				7,2
	C3	900	9,21	0,921				7,3
D	D1	900	4,21	0,421	3,7	0,368	Tidak Memenuhi	7
	D2	900	3,42	0,342				6,9
	D3	900	3,42	0,342				6,6
E	E1	900	6,84	0,684	7,3	0,728	Tidak Memenuhi	7
	E2	900	7,63	0,763				7,5
	E3	900	7,37	0,737				7
F	F1	900	10	1	10,4	1,035	Tidak Memenuhi	7
	F2	900	9,47	0,947				7,3
	F3	900	11,58	1,158				7,3
G	G1	900	20,53	2,053	20,4	2,035	Memenuhi	6,9
	G2	900	22,37	2,237				7,3
	G3	900	18,16	1,816				6,9
H	H1	900	15	1,5	14,4	1,439	Tidak Memenuhi	6,7
	H2	900	14,21	1,421				6,6
	H3	900	13,95	1,395				6,6
I	I1	600	TIDAK LAYAK	TIDAK LAYAK	0,0	0,000	Tidak Memenuhi	
	I2	600						
	I3	600						

Sesuai dengan hasil pada tabel. didapatkan hasil uji tekan yang memenuhi adalah pada campuran G, dimana dalam campuran itu terdiri dari 100% Semen, 0% Fly Ash, untuk sebagai material pengikat dan 25% Pasir, dan 75% Bottom ash sebagai agregat halus. Hal ini dapat terjadi dikarenakan berat jenis bottom ash yang lebih kecil dibandingkan dengan pasir akan membuat volume bottom ash yang dapat dimasukkan dengan berat yang sama akan lebih banyak, sehingga rongga didalam bata ringan lebih sedikit, foam yang membentuk rongga banyak dikurangi karena diisi oleh bottom ash yang ringan. Benda uji I tidak layak untuk diuji dikarenakan selama 28 hari dalam kondisi yang masih lembek, dan tidak dapat diuji. Hal ini dikarenakan dengan campuran fly ash yang terlalu besar proses pengeringan bata ringan sangat lama, sebaiknya perlu ditambahkan campuran additive untuk mempercepat proses pengeringan bata ringan dengan fly ash yang banyak[10].

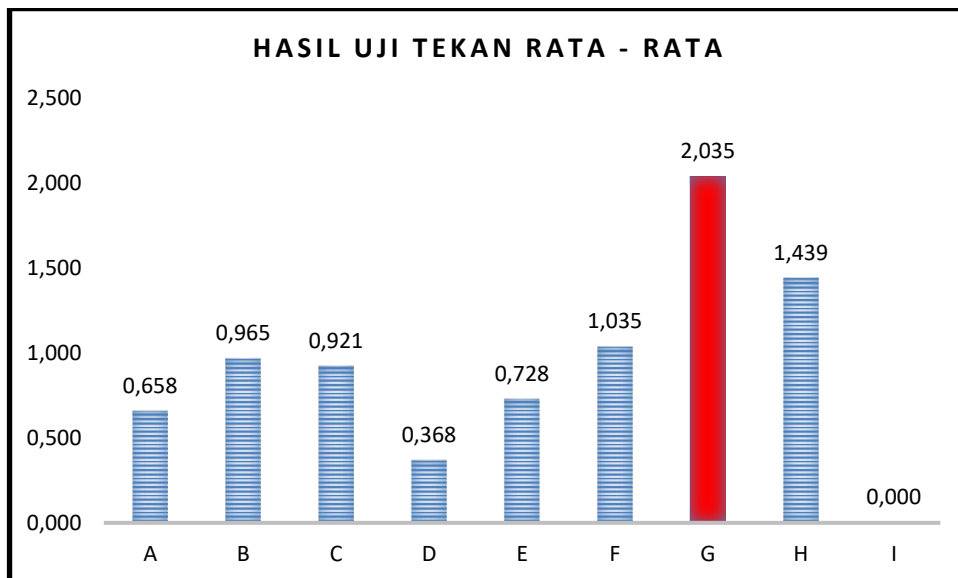
**Bobby Asukmajaya R.<sup>1)</sup>, Suhariyanto <sup>2)</sup>, Sutikno<sup>3)</sup>,**  
**PENGUNAAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH SEBAGAI CAMPURAN PEMBUATAN**  
**BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT**  
**CONCRETE (CLC)**

*Jurnal Qua Teknika, (2024), No(14): Hal. 55-63*



Gambar 2 Hasil nilai uji tekan individu masing – masing benda uji bata ringan.

Dari gambar diatas didapatkan nilai kuat tekan yang lebih besar dari 1,8 MPa yang disyaratkan di SNI 8640-2018 terdapat pada campuran G1,G2,dan G3. 3 benda uji yang ditinjau dari campuran seluruhnya memenuhi lebih dari 1,8 MPa sebagai campuran individu.



Gambar 3 Hasil uji tekan rata – rata masing – masing campuran benda uji bata ringan.

Dari gambar diatas dapat dilihat jika nilai kuat tekan rata – rata yang memenuhi sesuai SNI 8640-2018 adalah pada campuran G yaitu lebih besar dari 2 MPa, jika dilihat efek substitusi semen dengan fly ash yang dapat dilihat dari campuran A (bata ringan normal) hingga D, efek penambahan fly ash meningkat pada campuran B dan C, namun terjadi penurunan dibandingkan dengan campuran normal (A) pada campuran D, dari hal ini dapat ditarik kesimpulan nilai kuat tekan optimal untuk substitusi semen didapatkan pada campuran



**Bobby Asukmajaya R.<sup>1)</sup>, Suhariyanto <sup>2)</sup>, Sutikno<sup>3)</sup>,  
PENGUNAAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH SEBAGAI CAMPURAN PEMBUATAN  
BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT  
CONCRETE (CLC)**

**Jurnal Qua Teknika, (2024), No(14): Hal. 55-63**

---

B yaitu substitusi 30% semen dengan fly ash. Pada campuran E,F,G dan H menggambarkan substitusi agregat halus pasir dengan bottom ash, hasilnya didapatkan efek substitusi dapat menaikkan kuat tekan bata ringan hingga pada campuran H, dan didapatkan nilai terbesar pada campuran G, sehingga dapat ditarik kesimpulan substitusi 75% agregat halus pasir dengan bottom ash dapat memberikan kenaikan kuat tekan 300%, hal ini dikarenakan dengan berat jenis bata ringan segar yang sama, bottom ash yang memiliki berat jenis lebih ringan dari pada pasir memberikan rongga foam yang lebih sedikit dibandingkan dengan yang penuh dengan agregat halus pasir.

## SIMPULAN

Setelah pengujian bata ringan CLC dengan substitusi Fly Ash dan Bottom Ash telah selesai dilaksanakan didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Mix design yang digunakan dalam campuran CLC bata ringan dengan campuran FABA digunakan porsi 180 Kg berat per adonan, yang terdiri dari 100 kg agregat halus dan 80 kg semen. Selanjutnya dicampurkan dengan Foam agent, air sehingga membentuk campuran basah dengan berat jenis 900 kg/m<sup>3</sup>.
2. Bata ringan dengan substitusi fly ash memberikan pengaruh kenaikan kuat tekan pada campuran B dan C, namun terjadi penurunan dibandingkan dengan campuran normal (A) pada campuran D, dari hal ini dapat ditarik kesimpulan nilai kuat tekan optimal untuk substitusi semen didapatkan pada campuran B yaitu substitusi 30% semen dengan fly ash.
3. Bata ringan dengan substitusi bottom ash terdapat pada campuran E,F,G dan H, hasilnya didapatkan efek substitusi dapat menaikkan kuat tekan bata ringan hingga pada campuran H, dan didapatkan nilai terbesar pada campuran G, sehingga dapat ditarik kesimpulan substitusi 75% agregat halus pasir dengan bottom ash dapat memberikan kenaikan kuat tekan 300%, hal ini dikarenakan dengan berat jenis bata ringan segar yang sama, bottom ash yang memiliki berat jenis lebih ringan dari pada pasir memberikan rongga foam yang lebih sedikit dibandingkan dengan yang penuh dengan agregat halus pasir. Pada campuran G juga memenuhi syarat nilai kuat tekan rata – rata minimum dan individual, nilai kuat tekan rata – rata sebesar 2,035 MPa dan nilai individualnya masing – masing adalah 2,05, 2,23, dan 1,82 MPa.

## REFERENSI

- [1] B. Sujatmiko, S. Zuraidah, W. Abiarto Nugroho, and E. Rizsa Putra Atmajaya, “Penggunaan Pasir Silika sebagai Substitusi Agregat Halus Untuk Meningkatkan Performance Bata Ringan,” *J. Rekayasa Teknik Sipil Univ. Madura*, vol. 3, no. 2, pp. 5–12, 2018.
- [2] A. Sutrisno and S. Widodo, “Embuatan Bata Ringan Menggunakan Limbah Penggergajian Batu Andesit,” *Pros. Semin. Nas. 2013 Menuju Masy. Madani dan Lestari campuran*, pp. 405–412, 2013.
- [3] B. Goritman, R. Irwangsa, and J. H. Kusuma, “Studi Kasus Perbandingan Berbagai Bata Ringan dari Segi Material, Biaya, dan Produktivitas,” *Pratama Tek. Sipil*, no. Clc, pp. 1–8, 2012, [Online]. Available: <http://studentjournal.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/389>.
- [4] X. Liu, C. Ni, K. Meng, L. Zhang, D. Liu, and L. Sun, “Strengthening mechanism of lightweight cellular concrete filled with fly ash,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 251, p. 118954, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.118954.
- [5] S. Anandaraj *et al.*, “Experimental investigation on sugarcane bagasse fiber reinforced concrete using bottom ash as sand replacement,” *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.03.469.
- [6] N. Nakararoj *et al.*, “Effects of High-Volume bottom ash on Strength, Shrinkage, and creep of High-Strength recycled concrete aggregate,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 356, p. 129233, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2022.129233.



**Bobby Asukmajaya R.<sup>1)</sup>, Suhariyanto <sup>2)</sup>, Sutikno<sup>3)</sup>,**  
**PENGUNAAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH SEBAGAI CAMPURAN PEMBUATAN**  
**BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT**  
**CONCRETE (CLC)**

**Jurnal Qua Teknika, (2024), No(14): Hal. 55-63**

---

- [7] A. V. Sulistio, S. Wahjudi, and D. Hardjito, "Pada Mortar Hvfa," pp. 1–8, 2015.
- [8] "SNI 8640-2018 03054DSP.pdf." .
- [9] B. A. R. R. and Sugiharti, "Pengaruh Substitusi Pasir Ngantang Dengan Pasir Silika Tuban Terhadap Kuat Tekan Bata Ringan Dengan Menggunakan Proses Cellular Lightweight Concrete (Clc)," *J. Qua Tek.*, vol. 12, no. 01, pp. 98–105, 2022, doi: 10.35457/quateknika.v12i01.2040.
- [10] K. Ramamurthy, E. K. Kunhanandan Nambiar, and G. Indu Siva Ranjani, "A classification of studies on properties of foam concrete," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 31, no. 6, pp. 388–396, 2009, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2009.04.006.