

STUDI PENGGUNAAN HIGH VOLUME FLY ASH DAN BOTTOM ASH PADA KUAT TEKAN BATA BETON RINGAN TIPE CLC

Abdullah Latip^{1,*}, Hermana Kaselle², Kushari³
^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Lightweight concrete is an alternative material for residential, high-rise, or low-rise buildings, as a substitute for bricks or partition walls. Fly Ash and Bottom Ash (FABA) are cementitious materials that can decrease the performance of concrete mixtures. This study aims to examine the effect of variations of fly ash type C and bottom ash on the strength of lightweight bricks. The variations in the range of 0%-50% of fly ash and 0-25% bottom ash for replaced cement and sand materials to obtain the optimum range of FABA replacement to produce lightweight bricks which have strength, workability, lightweight, durability, and are environmental friendly. This research is an experimental test in a laboratory with 72 cubes sizes 5x5x5 cm and testing the compressive strength of bricks at the age of 7,14, 28, and 90 days. To make lightweight bricks uses Cellular Lightweight Concrete (CLC) type and the curing process was placed the specimens at room temperature (ambient curing). The result was obtained that the strength of the lightweight brick was increased in the variation and the age of the test. The optimum compressive strength of FBC variation with fly ash content of 30% and bottom ash content of 15% at 7,14,28 and 90 days of age are 6.60 Mpa, 10.57 Mpa, 14.87 Mpa, and 15 MPa respectively. The brick strength increased by 143% from the compressive strength of the brick without using FABA.

Keywords: CLC lightweight brick, fly ash, bottom ash, compressive strength

ABSTRAK

Bata beton ringan (*Lightweight concrete*) merupakan salah satu alternatif material untuk bangunan residensial, *highrise* atau *lowrise building*, baik sebagai pengganti batu bata atau dinding partisi. *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA) merupakan bahan yang bersifat *cementitious* yang dapat memberikan kinerja yang baik pada campuran beton. Penelitian ini bertujuan meneliti pengaruh variasi *Fly Ash* tipe C dan *Bottom Ash* pada kekuatan bata ringan. Variasi yang digunakan pada rentang 0%-50% *fly ash* dan 0-25% *bottom ash* terhadap material semen dan pasir, yang selanjutnya dicari kadar optimum penggunaannya dalam menghasilkan bata ringan yang kuat, mudah dikerjakan, ringan, awet dan ramah lingkungan. Penelitian merupakan uji eksperimental di Laboratorium dengan jumlah benda uji kubus berukuran 5x5x5 cm sebanyak 72 buah dan pengujian kuat tekan bata dilakukan pada umur 7,14, 28 dan 90 hari. Metode pembuatan bata ringan menggunakan tipe CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) dan metode perawatan dengan kering udara (*ambient curing*). Dari pengujian diperoleh peningkatan kekuatan bata ringan pada variasi benda uji dan umur pengujian. Kuat tekan optimum pada variasi FBC dengan kadar fly ash 30% dan kadar bottom ash 15% pada umur 7, 14, 28 dan 90 hari berturut-turut sebesar 6,60 Mpa, 10,57 Mpa, 14,87 Mpa dan 15 Mpa. Kekuatan bata meningkat sebesar 143% dari kuat tekan bata tanpa penggunaan FABA.

Kata Kunci: Bata Ringan CLC, Fly Ash, Bottom Ash, Kuat Tekan

1. PENDAHULUAN

Bata beton ringan (*Lightweight concrete*) merupakan salah satu alternatif material pracetak untuk bangunan residensial, *highrise* atau *lowrise building*, baik sebagai pengganti batu bata atau dinding partisi. Pada umumnya berat beton ringan berkisar antara 600-1600 kg/m³ sehingga apabila digunakan pada proyek bangunan tinggi akan dapat secara signifikan mengurangi berat bangunan itu sendiri. Beton ringan umumnya dihasilkan dengan cara mengurangi agregat kasar atau menggunakan bahan material yang berbobot ringan untuk menghasilkan berat yang ringan.

Dilain pihak perkembangan industri modern yang makin pesat juga diikuti oleh permasalahan hasil buangan industry seperti *slag*, *fly ash* dan *bottom ash* yang jumlahnya cukup banyak yang jika tidak diolah kembali akan bersifat *toxic* dan dapat mencemari lingkungan. Penggunaan *High volume Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA) pada beton ringan merujuk pada *Sustainable material* dan *ecomaterial* telah banyak dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mengurangi dampak buruk limbah industri ke lingkungan.

Beberapa penelitian terdahulu mengenai bata ringan diantaranya (1) Kaselle (2020) [1] berjudul pengaruh substitusi *fly ash* terhadap kuat tekan dan penyerapan bata beton ringan seluler diperoleh hasil

* Korespondensi penulis: Abdulla L., latip_uh03@poliupg.ac.id

penggunaan *fly ash* pada campuran bata ringan sebesar 40% diperoleh kuat tekan sebesar 8,12 Mpa dengan densitas sebesar 1,3863 gr/cm³, nilai tersebut termasuk dalam tingkat mutu bata beton pejal type 2 berdasarkan SNI 03-0349-1989. (2) Penelitian Alexander Ola dan Dolly (2018) [2] berjudul komposit bata beton ringan dari *fly ash* dan bottom ash limbah batubara pabrik minyak nabati Hasil pengujian diperoleh komposit yang terbaik A-5 (5 L *fly ash* tanpa bottom ash) dan A-7 (2,5 L *fly ash* dan 2,5 L bottom ash) dengan nilai kuat tekan rata-rata (19,06 dan 19,15 kg/cm²) dan bobot isi (1160,19 kg/m³ dan 1242,65 kg/m³) serta penyerapan air (21,96 % dan 14,96 %). Nilai kuat tekan dan penyerapan air memenuhi persyaratan bata ringan untuk untuk konstruksi pasangan dinding bangunan rumah.

Penelitian ini bertujuan mencari kadar optimum penggunaan *fly ash* tipe C dan *bottom ash* untuk pembuatan bata beton ringan dengan metode pembuatan CLC (*Cellular lightweight concrete*) yang memiliki kuat tekan, durabilitas yang tinggi serta ramah lingkungan. Variasi penggunaan *fly ash* tipe C dan *bottom ash* untuk mengganti material semen dan pasir dengan menggunakan 5 variasi yaitu 0%, 10%, 20%, 30% dan 50% untuk *fly ash* dan 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% untuk bottom ash Dinding bata ringan dipilih karena dinding merupakan material non struktural yang menyumbang kurang lebih 30% berat struktur sehingga cukup beresiko terhadap bahaya gempa. Bata ringan tipe CLC merupakan bata ringan yang paling mudah dibuat selain karena menggunakan peralatan yang sederhana juga dari segi perawatan cukup mudah karena hanya menggunakan pengeringan biasa. Jenis bata tipe CLC diperoleh dengan memasukkan gelembung-gelembung udara yang stabil kedalam beton yang tidak menyebabkan reaksi kimia pada campuran. Bata beton ringan juga mempunyai sifat mudah dicetak ataupun dipotong menjadi ukuran yang diinginkan menggunakan gergaji kayu atau gergaji mesin, hasil produksi beton ringan cenderung menghasilkan limbah yang sedikit dibanding beton biasa. Standar mutu bata beton ringan berdasarkan SNI 03-0349-1989 [3]. yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan fisis bata beton menurut SNI 03-0349-1989

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton pejal			
		I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata minimum	Kg/cm ²	100	70	40	25
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji	Kg/cm ²	90	65	35	21
Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-

Sumber: SNI 03-0349-1989

Foam Agent merupakan bahan yang ditambahkan kedalam campuran beton untuk mengurangi berat dan karakteristik beton. *Foam agent* merupakan suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air yang merupakan larutan koloid. Dengan menggunakan foam generator maka dapat dihasilkan pre foam awal yang stabil dalam kondisi basa. *Foam agent* tidak menyebabkan reaksi kimia dalam beton tetapi berfungsi sebagai pengunci agar udara tidak masuk ke dalam beton. *Foam agent* juga tidak menghasilkan emisi atau asap selama masa pakainya sehingga aman terhadap lingkungan. Diperlukan sekitar 1 liter *foam agent* untuk membuat bata ringan CLC dengan kepadatan 1200 kg/m³ (Trivedi Manoj,dkk; 2015) [4].

Fly ash dan Bottom Ash yang digunakan adalah hasil sampingan dari pembakaran batubara PT Makassar Tene. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Kaselle (2021) [5] diperoleh karakteristik fisik *Fly ash* dan Bottom ash dari PT Makassar Tene dengan melakukan pengujian metode XRF (X-Ray Fluoresence) oksida. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimia Bottom Ash dan Fly Ash Makassar Tene

Parameter	Komposisi Kimia (%)											
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	MnO	BaO	SrO	ZrO ₂	Nb ₂ O ₅	In ₂ O ₃
Fly Ash	47,58	30,23	12,95	6,42	0,94	0,88	0,519	0,172	0,164	0,0048	0,0297	0,0081
Bottom Ash	27,84	56,3	11,2	-	1,6	0,821	1,41	-	0,427	0,301	0,0072	0,0178

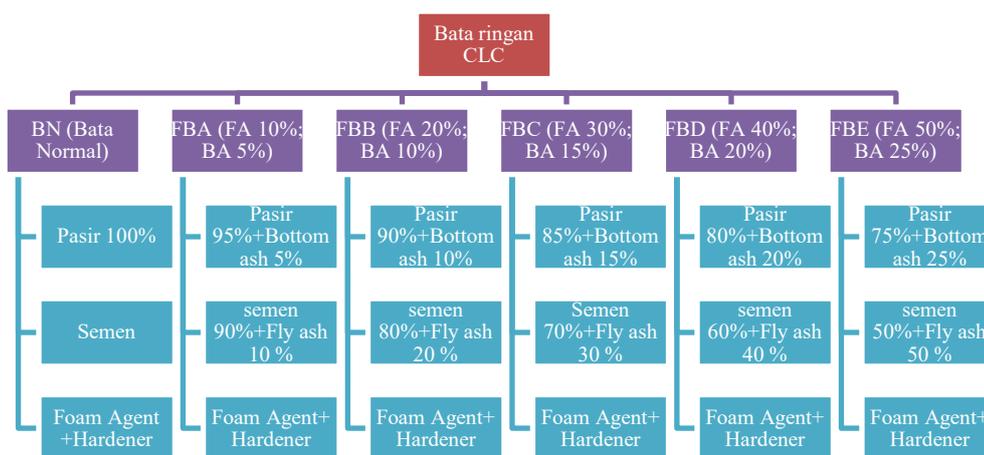
Dari Tabel 2 diperoleh kadar (SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃) *Fly ash* sebesar 84,23% sehingga dapat disimpulkan bahwa *fly ash* PT Makassar Tene merupakan High Calcium Fly Ash Tipe C dengan jumlah

kandungan ($\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$) minimum 50% dan kadar $\text{CaO} > 10\%$. *Fly ash* ini biasanya dihasilkan dari proses pembakaran lignite atau subbituminous coal (ASTM C618-12).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat ekperimental, semua proses penyiapan, pembuatan dan pengujian benda uji dilakukan di Lab Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang. Tahapan penelitian ini meliputi tahap persiapan, uji pendahuluan, pembuatan, perawatan dan pengujian benda uji. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus berupa pasir halus dari Sungai Bili-bili, *fly ash* dan *bottom ash* dari PT Makassar Tene, foam agent (*Texapone*) dan Hardener (Maxx 210).

Penelitian ini menggunakan benda uji berupa kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi campuran. Pengujian kuat tekan akan dilakukan pada umur 7, 14, 28 dan 90 hari Rancangan campuran diperlihatkan pada Gambar 1 dan Tabel 3 menunjukkan jumlah sampel yang digunakan.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Tabel 3. Jumlah Benda Uji

Deskripsi	BN	FBA	FBB	FBC	FBD	FBE
Uji tekan umur 7 Hari (buah)	3	3	3	3	3	3
Uji tekan umur 14 Hari (buah)	3	3	3	3	3	3
Uji tekan umur 28 Hari (buah)	3	3	3	3	3	3
Uji tekan umur 90 hari (buah)	3	3	3	3	3	3
Total sampel						72

Penelitian dimulai dengan uji pendahuluan untuk menguji karakteristik fisik dari agregat yang digunakan, dilanjutkan dengan *trial mix* dengan metode *trial* dan *error* untuk mengetahui komposisi yang tepat dalam campuran serta jumlah *foam* (busa) yang dimasukkan dalam campuran. Setelah diperoleh komposisi yang baik dari segi kekuatan dan *workability* yang baik dilanjutkan dengan pembuatan sampel benda uji berupa kubus berukuran 5x5x5 cm dengan persentase jumlah *fly ash* dan *bottom ash* sesuai dengan yang telah ditetapkan pada rancangan penelitian. Setelah bata ringan dicetak dan didiamkan selama 1x24 jam, dilanjutkan dengan pembukaan cetakan dan perawatan benda uji dengan metode *ambient curing* (curing suhu ruang) dengan terlebih dahulu membungkus benda uji dengan plastik wrap untuk selanjutnya diuji pada umur 7, 14, 28 dan 90 hari.

Proses pengujian bata ringan dilakukan dengan pengujian kuat tekan kubus berdasarkan ACI C 109 dilaksanakan pada umur beton 7, 14, 28 dan 90 hari. Menurut ASTM C 109 [6], nilai kuat tekan diperoleh dengan melakukan pengujian kuat tekan dengan alat *Compression Testing Machine* pada benda uji kubus berukuran 5x5x5 cm. Besarnya kuat tekan dihitung dengan persamaan:

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- f_c = Kuat tekan (N/mm²)
- P = Beban maksimum (N)
- A = Luas penampang benda uji (mm²)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan melakukan pemeriksaan terhadap agregat yang akan digunakan. Hasil pemeriksaan agregat pasir dan *bottom ash* ditunjukkan pada Tabel 4. Pengujian berat jenis *fly ash* dan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian	Spesifikasi	Pasir	Bottom Ash	Keterangan
Kadar Lumpur	0.2 - 6.0%	0,229		Memenuhi
Kadar Organik	< No.3	No.1		Memenuhi
Kadar Air	3.0 - 5.0%	0,105	0,423	Lebih Rendah
Berat Jenis	1.6 - 3.2			
Modulus Kehalusan	2.2 - 3.1	2,81	2,46	Memenuhi
Analisa Saringan		Agak Halus	Agak Halus	

Tabel 5. Pengujian Berat Jenis Fly Ash

No Sampel	Berat Fly Ash (gr)	V1 (ml)	V2 (ml)	Berat jenis
1	64	0,5	23,2	2,82
2	64	0,8	23	2,88
			Rata-Rata	2,85

Mix Design

Penentuan campuran dilakukan dengan metode *trial* dan *error* sampai diperoleh komposisi yang tepat. Adapun Mix design bata ringan untuk semua variasi campuran ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi Campuran Bata Ringan

Bahan	NCL (kg)	FBA (Kg)	FBC (Kg)	FBD (Kg)	FBE (Kg)
Air (kg)	8,21	7,98	8,11	7,98	8,48
Semen (kg)	19,5	14,58	11,34	9,72	8,1
Pasir (kg)	42,45	36,11	32,31	30,4	28,49
Accelerator (gr)	42,7	1,62	4,86	6,48	8,1
Texapon (gr)	896	1,89	5,69	7,6	9,46
Busa setelah mixer (ltr)	34,28	38,3	38,3	38,3	38,3

Kuat Tekan Bata Ringan

Pengujian kuat tekan bata dengan sampel kubus berukuran 5 x 5 x5 cm pada umur 7, 14, 28 dan 90 hari dilakukan dengan mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*) pada Gambar 2 dengan kapasitas 10 ton. Sampel benda uji sebanyak 3 buah tiap variasi pengujian. Hasil nilai kuat tekan ditunjukkan pada Tabel 7 dan Gambar 2.

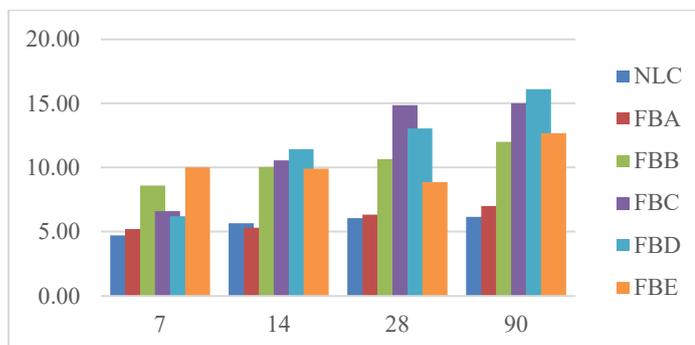


Gambar 2. Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

Tabel 7. Nilai Kuat Tekan Rata-rata

Umur	NLC	FBA	FBB	FBC	FBD	FBE
7	4.70	5.20	8.60	6.60	6.20	10.00
14	5.67	5.30	10.03	10.57	11.43	9.90
28	6.07	6.33	10.67	14.87	13.03	8.87
90	6.17	7.00	12.00	15.00	16.10	12.67

Pada Tabel 7 diperoleh nilai kuat tekan pada setiap variasi benda uji memenuhi kuat tekan rencana dan terjadi kenaikan pada setiap umur pengujian. Kuat tekan beton meningkat signifikan pada penambahan jumlah FABA dalam campuran bata. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan *fly ash* dan *bottom ash* berpengaruh positif pada kekuatan bata ringan. Namun seiring penambahan jumlah *bottom ash* dalam campuran berakibat pada *workabilitas* yang rendah, hal ini disebabkan karena *bottom ash* cenderung menarik air sehingga air dalam campuran menjadi berkurang dan bata ringan menjadi lebih rapuh sehingga dirasa perlu penggunaan *admixture* untuk memperbaiki *workabilitas* campuran.



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Bata Ringan Umur 7, 14, 28 dan 90 Hari

Dari gambar 3 terlihat peningkatan nilai kuat tekan pada setiap variasi dan umur pengujian. Nilai optimum peningkatan kekuatan tekan beton pada variasi FBC dengan kadar *fly ash* sebesar 30% dan *bottom ash* sebesar 15% sebesar 15 Mpa pada umur 90 hari. Kekuatan beton ini meningkat sebesar 143% dari kuat tekan bata ringan tanpa penambahan FABA di umur yang sama. Nilai kuat tekan divariasi lebih dari 30% FA tidak diambil walaupun nilai kuat tekan lebih tinggi dikarenakan berat dari bata ringan yang makin besar dengan penambahan *fly ash* dan *bottom ash* melampaui yang dipersyaratkan. Nilai optimum kuat tekan yang diperoleh ini memenuhi mutu bata ringan kelas I menurut SNI 03-0349-1989.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diperoleh kesimpulan bahwa hasil pengujian bata ringan tipe CLC dengan menggunakan variasi FABA mengalami peningkatan dari umur 7, 14, 28 dan 90 hari pada

semua variasi. Kadar optimum diperoleh pada penggunaan *fly ash* sebesar 30% dan *bottom ash* sebesar 15% dengan kuat tekan di umur 90 hari sebesar 15 Mpa sehingga mutu bata yang dihasilkan ini dapat dikategorikan sebagai mutu bata kelas 1 berdasarkan SNI 03-0349-1989.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya diucapkan kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang sebagai pemberi hibah dana penelitian dasar unggulan perguruan tinggi dan PT. Makassar Tene sebagai mitra untuk bahan *fly ash* dan *bottom ash*, serta kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kaselle, Hermana, “Pengaruh Substitusi Fly Ash terhadap kuat tekan dan penyerapan bata beton ringan seluler”, Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2020, hal.135-139, November 2020.
- [2] Ola, A.Luher dan Doly Prima, “Komposit Bata Beton Ringan Dari *Fly Ash* Dan *Bottom Ash* Limbah Batu Bara Pabrik Minyak Nabati”, Jurnal Riset dan Teknologi Industri, hal47-55, 2008.
- [3] BSN, SNI 03-0349-1989, “Bata Beton untuk Pasangan Dinding”, BSN, 1989
- [4] Trivedi Manoj. S., Patel Harsh. M., Chauhan Rit in.K., Prof. Jigar Zala, “An Experimental Work On Cellular Light Weight Concrete”., International Journal of Advance Engineering and Research Development (IJAERD), Volume 2, e-ISSN:2348-4470, print-ISSN: 2348-6406, pp 313-319, Issue-03 March 2015.
- [5] Kaselle,H, Septian Ruga, Siti Aliyah Zhafirah A., “Karakteristik Mortar Geopolimer Berbahan Dasar *Fly Ash* dan *Bottom Ash*”, Prosiding 5th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2021, hal. 66-71 , November 2021
- [6] ASTM C 109.