

Penggunaan Abu Batu Gamping Sebagai Bahan Pembuatan Bata Ringan

Dian S. Tondok ^{*1}, Rio Mastor ^{*2}, Hermana Kaselle ^{*3} Frans Phengkarso ^{*4}

^{*1,2} Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
serindian96@gmail.com, riomastor@gmail.com

^{*3,4} Dosen Prodi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia

ABSTRAK

Bata ringan dituntut menjadi pengganti batu bata merah konvensional karena beratnya yang ringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu batu gamping dengan variasi 0 %, 10 %, 15 % dan 20 % dan *foam agent* 40% terhadap bata ringan. Pengujian bata ringan meliputi berat jenis, penyerapan, dan kuat tekan bata ringan. Benda uji berukuran 20 x 10 x 5 cm sebanyak 36 benda uji. Hasil uji nilai berat jenis variasi abu batu gamping 0% ,10%, 15%, 20% berturut-turut 1103,333 kg/m³, 1160 kg/m³, 1200 kg/m³, 1226,667 kg/m³ termasuk beton ringan kelas V berdasarkan ASTM C-495, dan hasil uji kuat tekan pada 28 hari berturut-turut 0,583 MPa, 0,667 MPa, 0,917 MPa, 1 MPa, maka kadar optimum adalah 20% yakni sebesar 1 Mpa termasuk beton ringan kelas V, serta penyerapan air berturut-turut sebesar 17,228%, 16,103%, 15,839%, 15,782% memenuhi penyerapan maksimum 25 %.

Kata Kunci : bata ringan CLC, abu batu gamping, berat jenis, penyerapan

ABSTRACT

Light brick is required to be a substitute for conventional red bricks because of their light weight. This study aims to determine the effect of the use of limestone ash with variations of 0%, 10%, 15% and 20% and 40% foam agent against light brick. Light brick testing includes specific gravity, absorption, and light brick compressive strength. Test specimens measuring 20 x 10 x 5 cm were 36 specimens. Test results of the specific gravity value of variations in limestone ash 0%, 10%, 15%, 20% respectively 1103,333 kg / m³, 1160 kg / m³, 1200 kg / m³, 1226,667 kg / m³ including lightweight concrete class V based on ASTM C-495, and the results of the compressive strength test on 28 days in a row 0.583 MPa, 0.667 MPa, 0.917 MPa, 1 MPa, the optimum level is 20% which is 1 Mpa including light class V concrete, and successive water absorption according to 17,228%, 16,103%, 15,839%, 15,782% fulfilling the maximum absorption of 25%.

Keywords: CLC light brick, limestone ash, specific gravity, absorption

1. PENDAHULUAN

Bata ringan merupakan contoh salah satu inovasi baru dalam bidang konstruksi. Bata ringan merupakan material baru yang saat ini sudah mulai digunakan dalam proyek konstruksi berskala menengah hingga besar. Dalam proyek, bata ringan mulai digunakan orang untuk menggantikan peran batako dan bata merah yang biasa digunakan untuk pekerjaan dinding.

Penggunaan bata ringan di Sulawesi Selatan sudah sangat berkembang. Hal ini terlihat dari banyaknya peminat yang membangun menggunakan bata ringan. Bata ini memiliki sifat cukup kuat, kedap air, tahan panas, awet (*durable*), lebih ringan, dan memiliki tingkat kerataan permukaan yang baik. Dalam pembuatannya, bata ringan ada dua cara/metode yaitu : AAC (*Autoclaved aerated concrete*) /ALC (*Aerated Light-weight concrete*) dan CLC (*Cellular Light-weight concrete*) [1]. Perbedaan metode pembuatan bata ringan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan metode pembuatan bata ringan

No	Jenis	Bahan pengembang	Proses curing
1	AAC/ALC	Aluminium pasta	Oven
2	CLC	Foaming agent	Cahaya matahari/suhu ruangan

Pada penelitian ini menggunakan bata ringan jenis CLC (*cellular lighewight concrete*) yaitu dengan bahan pengembang *Foaming Agent* 40 % dan proses *Curing* suhu ruangan dikarenakan ketersediaan alat dan bahan yang mudah di peroleh.

Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan abu batu gamping terhadap berat jenis dan penyerapan bata ringan tipe CLC dengan *Foaming Agent* 40% dan pengaruh variasi penambahan abu batu gamping terhadap nilai kuat tekan pada bata ringan tipe CLC dengan *Foaming Agent* 40%.

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut: Semen yang digunakan adalah semen tipe PCC (*Portland Composite Cement*) produk dari PT. Semen Tonasa Tbk; Abu batu gamping yang digunakan adalah hasil dari *stone crusher* PT. Nindya Karya, kabupaten Enrekang dengan ukuran tertahan saringan nomor 16 (1,18 mm) ; Agregat halus yang digunakan yaitu pasir dari kecamatan bili-bili, Kabupaten Gowa ; Presentase variasi campuran abu batu gamping adalah 0%, 10%, 15%, 20% dari komposisi pasir yang direncanakan ;

Penggunaan Abu Batu Gamping Sebagai Bahan Pembuatan Baja Ringan

Presentase *Foaming Agent* 40% dari volume benda uji ; Metode pencampuran bata ringan yang digunakan yaitu tipe CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) ; Benda uji yang diteliti berupa bata ukuran 20 x 10 x 5 cm dengan jumlah benda uji sebanyak 36 buah ; Pengujian yang dilakukan berupa uji kuat tekan, berat jenis dan absorpsi (penyerapan) ; Umur pengujian 3,7,dan 28 hari.

1.1. Bahan Pembuat Bata Ringan [2]:

Semen Portland

Semen merupakan bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif. Adhesif adalah gaya Tarik menarik antar molekul yang tidak sejenis, dan kohesif adalah gaya tarik menarik antara molekul yang sejenis. Kedua sifat ini memiliki fungsi sebagai pengikat.

Agregat halus (Pasir Bili-Bili)

Pasir yang digunakan dalam pembuatan bata ringan adalah pasir yang lolos yang diameternya lebih kecil dari 5 mm. Kegunaan pasir adalah untuk mencegah keretakan pada bata apabila sudah mengering.

Abu Batu Gamping

Abu batu merupakan bahan hasil sampingan dalam industri penghancuran batu dengan mesin *stone crusher* yang jumlahnya tidak sedikit. Batu gamping adalah batuan fosfat yang sebagian besar tersusun oleh mineral kalsium karbonat (CaCO_3). Bahan tambang ini biasa digunakan untuk bahan baku terutama dalam pembuatan semen abu/ *Portland*.

Air

Persyaratan air yang digunakan dalam campuran bata adalah air tidak mengandung lumpur, minyak, benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual ; air tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter ; dan air tidak mengandung garam yang dapat larut dan dapat merusak batako (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.

Foaming Agent

Foaming Agent adalah senyawa kimia yang digunakan untuk mengembangkan adonan mortar pada proses pembuatan bata ringan. Pada saat dicampur dengan kalsium hidroksida yang ada di dalam pasir dan air akan beraksi sehingga membentuk hidrogen. Gas hidrogen ini membentuk gelembung-gelembung udara di dalam campuran bata.

1.2. Penelitian Terdahulu

Penelitian pada studi eksperimental kuat tekan dan serapan air bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* dengan tanah putih sebagai agregat menghasilkan kuat tekan bata ringan pada umur 7 hari 1,111 Mpa pada substitusi 50% tanah putih, pada umur 14 hari kuat tekan 1,667 Mpa pada substitusi 50 dan 100% tanah putih dan serapan bata ringan 17,678% untuk normal, 16,645% untuk bata ringan dengan substitusi 50% tanah putih dan 20,267% pada substitusi 100% tanah putih [3].

Hasil pengujian studi eksperimental bata ringan *foam agent* dengan variasi pemakaian air adalah sifat fisis dan mekanis bata beton ringan dipengaruhi oleh variasi pemakaian air optimum [4].

Pada tinjauan kuat tekan bata ringan menggunakan bahan tambah *foaming agent* menghasilkan kuat tekan pada umur bata 7 hari yaitu 0,49 Mpa, 0,23 Mpa pada umur 14 hari, dan 0,67 Mpa pada umur 28 hari [5].

Pembuatan bata ringan berbahan dasar limbah pengolahan emas tradisional di Propinsi NTB dengan hasil kuat tekan 7,83 kg/cm² dengan perbandingan bahan mentah dan semen 1 : 3 [6].

Kajian sifat mekanik bata ringan dari limbah potong batu marmer diperkuat serat tandan kosong kelapa sawit menghasilkan uji kompresi pada spesimen B4 dengan kuat tekan 4,11 Mpa dan kuat tarik tidak langsung pada spesimen C1 34,61 Mpa [7].

Komposit bata ringan dari *fly ash* dan *bottom ash* limbah batu bara pabrik minyak nabati menghasilkan kuat tekan pada komposit A5 dan A7 masing-masing adalah 19,06 dan 19,15 kg/cm², dan penyerapan air untuk masing-masing komposit yaitu 21,96 dan 14,95% [8].

Karakteristik batu bata tanpa pembakaran terbuat dari abu sekam padi dan serbuk batu tabas menghasilkan kuat tekan batu bata tanpa pembakaran yaitu 22,90 kg/cm², resapan air terkecil 44,03% [9].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan UKI Paulus Makassar. Bagan alir penelitian disajikan pada Gambar 1.



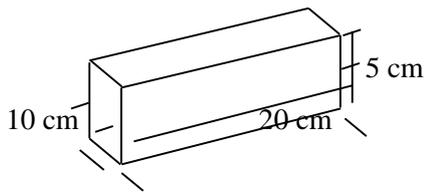
Gambar 1. Bagan alir penelitian

2.1. Perencanaan Campuran Bata Ringan

Pada penelitian ini, penulis membuat penelitian dengan mengacu kepada hasil penelitian Kausal Kishore, seorang *material engineers* yang berasal dari Jepang. Perbandingan Semen : Pasir yang digunakan berkisar 1 : 1,5 hingga 1 : 2,2 dengan FAS bervariasi berkisar 0,3-0,55. Penelitian ini menggunakan, perbandingan semen : pasir yaitu 1 : 2 dengan FAS sebesar 0,35 dan abu batu disubstitusikan terhadap pasir serta penggunaan *Foaming Agent* sebanyak 40% dari volume benda uji.

2.2. Pembuatan Benda Uji

Pada Penelitian ini menggunakan benda uji bata dengan ukuran panjang 20 cm lebar 10 cm dan tinggi 5 cm.



Gambar 2. Model benda uji

Pembuatan benda uji terdiri dari 4 (empat) variasi campuran, dan 1 (satu) dari komposisi campuran tersebut digunakan sebagai perbandingan antara variasi yang ada yaitu:

Tabel 2. Komposisi campuran bata ringan

Variasi	Semen	Pasir	Abu Batu
0%	1	2	0
10%	1	1,8	0,2
15%	1	1,7	0,3
20%	1	1,6	0,4

Adapun proses pembuatan bata ringan adalah Pencampuran semen Portland, pasir, dan abu batu gamping sesuai dengan komposisi campuran rencana; penambahan air sesuai dengan perencanaan ke dalam campuran semen, pasir, abu batu gamping tersebut ; penambahan *Foaming Agent* dan mencampurkan hingga membentuk adonan yang merata ; menambah adonan yang tersebut ke dalam cetakan bata ringan yang sudah dilapisi oli pada dinding bagian dalamnya ; melakukan pencetakan ketempat yang terhindar dari sinar matahari. Setelah berumur 24 jam cetakan sudah boleh dibuka dan bata ditandai menggunakan spidol kemudian ditimbang dan dibiarkan kering udara/ suhu ruangan .

2.3. Pengujian Bata Ringan

Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah proses perawatan dengan masa pemeliharaan 3, 7, dan 28 hari [10].

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dengan $f'c$ = Kuat tekan (N/mm^2) ; P = Beban tekan (N) ; A = luas bidang permukaan (mm^2)

Pengujian Berat Jenis Bata Ringan

Pengujian berat jenis dilakukan terhadap benda uji pada umur 3, 7, dan 28 hari yang dinyatakan dengan perbandingan antara massa benda uji dan volumenya [10]. Berat jenis dinyatakan dalam kg/m^3 dan dilambangkan dengan ρ (*rho*). Untuk menghitung besarnya berat jenis digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

Dengan ρ = Berat jenis (kg/m^3) ; m = massa (kg) ; V = volume (m^3)

Pengujian Absorpsi Bata Ringan

Pengujian absorpsi dilakukan terhadap benda uji pada umur 28 hari .

Penyerapan bata ringan dapat dihitung dengan rumus :

$$Ab = \frac{B_{SSD} - B_k}{B_k} \times 100 \quad (3)$$

Dengan Ab = Absorpsi/Penyerapan (%) ; B_{SSD} = Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (kg) ; B_k = Berat benda uji dalam keadaan kering (kg).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Agregat

Adapun Pemeriksaan Analisa Saringan, Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan, Pemeriksaan Berat Volume, Pemeriksaan Kadar Lumpur, Pemeriksaan Zat organik dan Pemeriksaan Kadar Air untuk agregat halus serta Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan, Pemeriksaan Kadar Air untuk abu batu.

Tabel 3. Hasil rekapitulasi pemeriksaan karakteristik agregat halus

No	Karakteristik	Hasil	Interval ASTM	Keterangan
1	Kadar Air	3,310 %	3,00% - 5,00%	Memenuhi
2	Berat Volume Padat	1,671 Kg/l	1,40 - 1,90 Kg/l	Memenuhi
3	Berat Volume Gembur	1,536 Kg/l	1,40 - 1,90 Kg/l	Memenuhi
4	Berat Jenis SSD	2,598 Kg/l	1,60 - 3,20 Kg/l	Memenuhi
5	Absorpsi (Penyerapan)	2,992 %	0,20% - 2,00%	Tidak Memenuhi
6	Kadar Lumpur	1,020	0,2% - 6%	Memenuhi
7	Kadar Zat Organik	1	<3	Memenuhi
8	Modulus Kehalusan	2,868	2,20 - 3,10	Memenuhi

Tabel 4. Hasil rekapitulasi pemeriksaan karakteristik abu batu

No	Karakteristik	Hasil	Interval ASTM	Keterangan
1	Kadar Air	1,937%	0,5% - 2%	Memenuhi
2	Berat Jenis SSD	2,459K g/l	1,6 – 3,2 Kg/l	Memenuhi
3	Penyerapan	2,725 %	0,2 - 2 %	Tidak Memenuhi

Dari tabel 3 dan 4, hasil pemeriksaan karakteristik agregat di atas dapat disimpulkan bahwa agregat memenuhi syarat sebagai bahan pembentuk bata.

3.2. Mix Design Bata Ringan

Mix design dapat didefinisikan sebagai proses merancang dan memilih bahan yang cocok dan menentukan proporsi relatif dengan tujuan memproduksi bata ringan. Hasil perhitungan mix design untuk 1 benda uji diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan *mix design* bata ringan

Material	Variasi			
	0%	20%	25%	30%
Semen	0,396 kg	0,396 kg	0,396 kg	0,396 kg
Agregat Halus	1,078 kg	0,970 kg	0,916 kg	0,862 kg
Abu Batu	0 kg	0,108 kg	0,162 kg	0,216 kg
Air	139 ml	139 ml	139 ml	139 ml
Foam Agent	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL

3.3. Pengujian Berat Jenis Bata Ringan

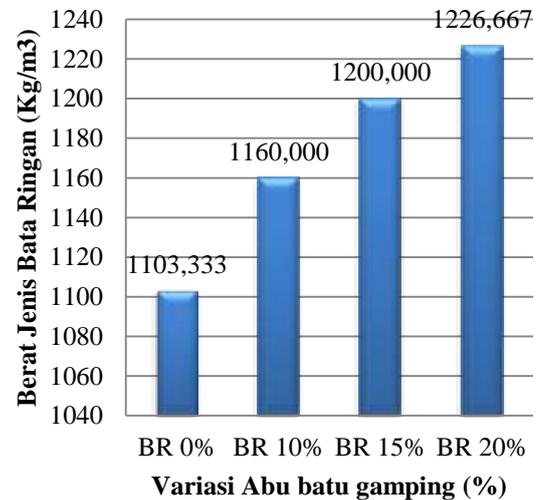
Berat jenis bata ringan adalah perbandingan antara berat benda uji bata ringan dengan volume benda uji yang dinyatakan dalam kg/m^3 . Hasil pengujian berat jenis bata ringan diperlihatkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil berat jenis rata-rata

Kode benda uji	Berat jenis rata-rata (kg/m^3)
BR 0%	1103,333
BR 10%	1160
BR 15%	1200
BR 20%	1226,667

Berat jenis bata ringan 0% lebih kecil dari berat jenis bata ringan variasi abu batu gamping 10%, 15% dan

20%. jika dilihat pada variasi bata ringan, makin tinggi kadar abu batu gamping pada bata ringan maka akan mempunyai ikatan yang baik dengan agregat lainnya sehingga berat jenis menjadi besar. Nilai berat jenis bata ringan yang didapatkan berkisar $1130 \text{ kg/m}^3 - 1226,667 \text{ kg/m}^3$. Hasil pengujian berat jenis dapat dilihat pada Gambar 3.



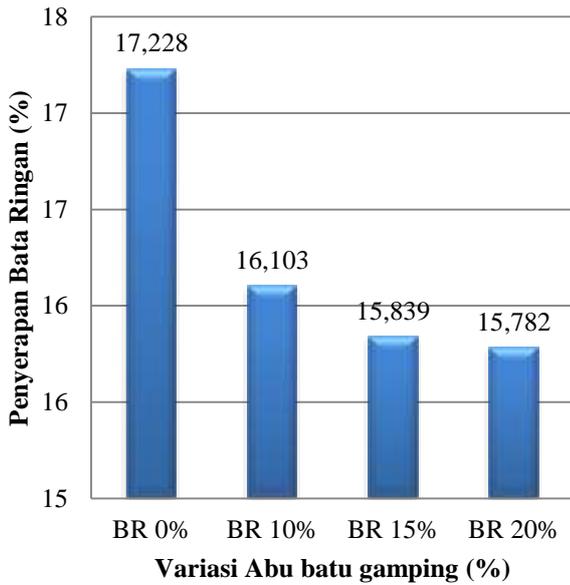
Gambar 3. Hasil pengujian berat jenis

3.4. Pengujian Absorpsi (Penyerapan) Bata Ringan

Absorpsi (Penyerapan) bata adalah persentase kandungan air dalam bata yang masuk melalui pori-pori bata. Pengujian penyerapan bata dilakukan pada umur 28 hari. Hasil pengujian penyerapan bata ringan ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil penyerapan rata-rata

Kode benda uji	Penyerapan rata-rata
BR 0%	17,228
BR 10%	16,103
BR 15%	15,839
BR 20%	15,782



Gambar 4. Hasil pengujian penyerapan

Berdasarkan grafik presentase penyerapan, dapat disimpulkan bahwa presentase penyerapan bata ringan 0% lebih besar dibandingkan variasi bata ringan lainnya dengan penyerapan minimum pada bata ringan 20 % (15,782%), dapat dilihat bahwa semakin besar variasi penambahan abu batu gamping menyebabkan penyerapan bata ringan semakin menurun. Hal ini terjadi karena kandungan abu batu gamping dalam campuran bata ringan mengalami ikatan yang baik sehingga bata tidak mudah menyerap air. Nilai penyerapan bata ringan yang didapatkan berkisar 15,782 % – 17,228 %, dengan demikian bata ringan ini memenuhi dan penyerapan bata ringan yaitu dibawah 25 %.

3.5. Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

Prosedur pengujian dilaksanakan benda uji diletakkan pada mesin tekan secara sentris. Tekan Kekuatan dapat didefinisikan sebagai ketahanan maksimum diukur dari benda uji bata untuk beban aksial. Pengujian kuat tekan bata dapat dilihat pada Gambar 5.

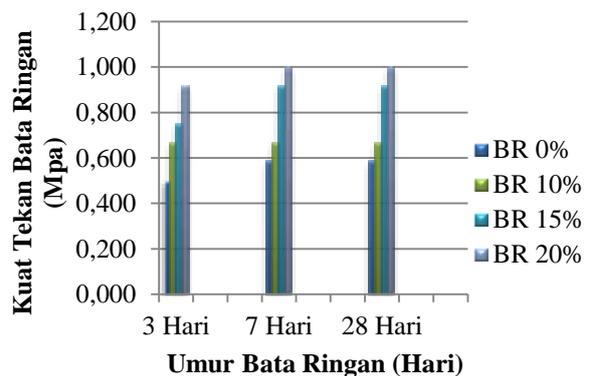


Gambar 5. Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

Hasil pengujian dari masing – masing komposisi benda uji pada umur 3, 7, dan 28 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil kuat tekan rata-rata

Variasi	Kuat tekan rata-rata (MPa)		
	3 hari	7 hari	28 hari
BR 0%	0,500	0,583	0,583
BR 10%	0,667	0,667	0,667
BR 15%	0,750	0,917	0,917
BR 20%	0,917	1,000	1,000



Gambar 6. Hasil pengujian kuat tekan

Berdasarkan grafik kuat tekan beton, diperoleh bata ringan dengan kuat tekan tertinggi yaitu BP 20% pada 28 hari (1 Mpa). Jika kuat tekan variasi bata ringan dibandingkan dengan bata ringan 0% maka persentase kenaikan kuat tekan di umur 3 hari pada

variasi abu batu gamping 10% (33,333%), 15% (50%), 20 (83,33%), di umur 7 hari pada variasi abu batu gamping 10% (14,286%), 15% (57,143%), 20% (71,429%), dan di umur 28 hari pada variasi abu batu gamping 10% (14,286%), 15% (57,143%), 20% (71,429%). Nilai kuat tekan variasi bata ringan ditiap waktu pengujian memiliki nilai yang hampir sama. Hal ini mengindikasikan kekuatan variasi bata ringan tidak dipengaruhi oleh umur bata.

Dari hasil uji nilai kuat tekan maksimum pada kadar abu batu gamping 20%, yaitu 1 Mpa memiliki selisih 28,571% dengan nilai kuat tekan yang disyaratkan yaitu 1,4 Mpa.

Dari hasil uji nilai berat jenis variasi abu batu gamping 0%, 10%, 15%, 20% berturut-turut 1103,333 kg/m³, 1160 kg/m³, 1200 kg/m³, 1226,667 kg/m³, tidak memenuhi standar berat jenis bata ringan yaitu 300-800 kg/m³ berdasarkan ASTM C-796.

Dari hasil uji nilai Absorpsi/ Penyerapan variasi abu batu gamping 0%, 10%, 15%, 20% berturut-turut 17,228%, 16,103%, 15,839%, 15,782% memenuhi standar penyerapan bata ringan yaitu maksimal 25%.

Bata ringan konvensional khususnya tipe CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) seperti merek BRH Block, SUMACON Bata Ringan memiliki kuat tekan 2,5 MPa, Berat jenis normal 700-800 kg/m³, dan penyerapan 15-20%.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan nilai kuat tekan dan berat jenis tidak mencapai yang direncanakan, yakni : adanya kekeliruan dan kurang telitian dalam melakukan proses pelaksanaan campuran ; pengujian kuat tekan 28 hari yang hari sebelumnya telah direndam untuk pengujian penyerapan ; dan pemilihan *foam agent* dan pembentuk *foam agent* dengan modifikasi alat bor.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian dengan variasi abu batu 0%, 10%, 15%, dan 20% diperoleh berat jenis berturut-turut sebesar 1103,333 kg/m³, 1160 kg/m³, 1200 kg/m³ dan 1226,667kg/m³. Pengujian absorpsi/ penyerapan dengan variasi abu batu diperoleh nilai berturut-turut 17,228%, 16,103%, 15,839%, dan 15,782%. Penggunaan abu batu menyebabkan berat jenis bata ringan meningkat, sedangkan penyerapannya menurun karena kandungan abu batu memiliki ikatan yang baik dalam campuran bata ringan sehingga tidak mudah menyerap air.

Pada pengujian bata ringan dengan variasi abu batu 0%, 10%, 15%, dan 20% diperoleh nilai kuat tekan pada 28 hari berturut-turut 0,583 MPa, 0,667 MPa, 0,917 MPa, 1 MPa, sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan bata ringan terbesar adalah pada penambahan 20% abu batu sebesar 1 Mpa.

Penggunaan Abu Batu Gamping Sebagai Bahan Pembuatan Baja Ringan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Bata ringan - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas." [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Bata_ringan. [Accessed: 10-Dec-2019].
- [2] "Cara Membuat Bata Ringan (Hebel) sendiri di rumah dengan skala Industri Kecil - Ayo Pelajari Caranya." [Online]. Available: <https://pelajaricaranya.blogspot.com/2017/08/cara-membuat-bata-ringan-hebel-sendiri.html>. [Accessed: 10-Dec-2019].
- [3] E. Hunggurami, W. Bunganaen, and R. Y. Muskanan, "Studi Eksperimental Kuat Tekan Dan Serapan Air Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete Dengan Tanah Putih Sebagai Agregat," no. 2, p. 12, 2014.
- [4] R. Hardianto, E. Sutandar, and A. Supriyadi, "Studi Eksperimental Pembuatan Bata Ringan Foam Agent (Busa) Dengan Variasi Pemakaian Air," p. 10.
- [5] D. Arita, A. Kurniawandy, and H. Taufik, "Tinjauan Kuat Tekan Bata Ringan Menggunakan Bahan Tambah," vol. 4, p. 10, 2017.
- [6] D. S. B. Prasetya, S. Priyambodo, and S. Ahzan, "Pembuatan Bata Ringan Berbahan Dasar Limbah Pengolahan Emas Tradisional Di Propinsi NTB," *Jurnal. Kependidikan. Fisika*, vol. 4, no. 2, p. 92, Dec. 2016.
- [7] N. Fitriadi and M. H. Fatahillah, "Kajian Sifat Mekanik Bata Ringan Dari Limbah Potong Batu Marmer Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit," vol. 04, p. 12, 2017.
- [8] A. L. Ola, D. P. Silaban, and D. P. Silaban, "Komposit Bata Beton Ringan Dari Fly Ash dan Bottom Ash Limbah Batubara Pabrik Minyak Nabati," *j.res.technol.ind.*, vol. 12, no. 1, pp. 47-55, Jun. 2018.
- [9] I. K. Sudarsana, I. A. M. Budiwati, and Y. A. Wijaya, "Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Terbuat Dari Abu Sekam Padi Dan Serbuk Batu Tabas," vol. 15, no. 1, p. 9, 2011.
- [10] ASTM International, *Annual book of ASTM standards. Section 13, Section 13.*. West Conshohocken, Pa.: ASTM International, 2010.