

PENGARUH VARIASI UKURAN BUTIRAN AGREGAT TERHADAP KUAT TEKAN BATA RINGAN JENIS CLC

Jusuf J. S. Pah¹ (yuserpbdaniel@yahoo.co.id)
Krisogonus Sehandi² (gunsehandi@gmail.com)
Rosmiyati A. Bella³ (qazebo@yahoo.com)

ABSTRAK

Bata ringan CLC adalah bata yang memiliki berat jenis lebih ringan daripada bata pada umumnya dengan komposisi semen, pasir, air dan *foam agent*. Penelitian ini bertujuan mencari nilai kuat tekan dan berat volume bata ringan CLC menggunakan beberapa variasi ukuran butiran agregat. Variasi yang digunakan yaitu variasi A ($1,18 < d \leq 2,36$ dan $4,75 < d \leq 9,50$), variasi B ($0,60 < d \leq 1,18$ dan $2,36 < d \leq 4,75$), variasi C ($0,30 < d \leq 0,60$ dan $1,18 < d \leq 2,36$), dan variasi D ($d \leq 4,75$). Metode dalam penelitian ini yaitu pengujian laboratorium dengan membuat bata ringan CLC menggunakan pasir Takari yang telah diayak sesuai ukuran variasi yang direncanakan. Pengujian kuat tekan dan berat volume dilakukan pada bata ringan CLC berumur 7, 14, 21 dan 28 hari. Kuat tekan maksimum berasal dari variasi D sebesar 0,719 MPa, 0,753 MPa, 0,842 MPa, 0,897 MPa secara berturut-turut selama masa perawatan. Sementara berat volume maksimum juga dari variasi D selama masa perawatan secara berturut-turut sebesar 0,656 gr/cm³, 0,607 gr/cm³, 0,575 gr/cm³, 0,559 gr/cm³. Bata ringan dengan kinerja total terbaik berdasarkan perbandingan kuat tekan terhadap densitas dalam penelitian ini adalah bata ringan yang dibuat dengan menggunakan variasi B.

Kata Kunci: Bata ringan CLC; Variasi ukuran butiran agregat; Kuat tekan; Berat volume

ABSTRACT

CLC is a brick that has lighter density compared to usual brick composed by cement, sand, water and foam agent. This research aims to search compressive strength value and lightweight brick CLC density using several variations of aggregate grain size. Variations used are variation A ($1.18 < d \leq 2.36$ and $4.75 < d \leq 9.50$), variation B ($0.60 < d \leq 1.18$ and $2.36 < d \leq 4.75$), variation C ($0.30 < d \leq 0.60$ and $1.18 < d \leq 2.36$), and variation D ($d \leq 4.75$). This research used laboratory testing method by making lightweight bricks CLC using sifted Takari sand according to variation size that has been planned before. Testing towards compressive strength and density tested on lightweight bricks CLC aged 7, 14, 21 and 28 days. Maximum compressive strength made using variation D in the amount of 0.719 MPa, 0.753 MPa, 0.842 MPa, 0.897 MPa in a row during treatment period. While the maximum density also came from variation D during treatment period in a row in amount of 0.656 gr/cm³, 0.607 gr/cm³, 0.575 gr/cm³, 0.559 gr/cm³. Lightweight brick with the best quality based on the ratio of compressive strength to density in this research is a lightweight brick that made using variation B.

Keywords: *Lightweight CLC brick; Agregate size variation; Compressive strength; Density*

PENDAHULUAN

Bata ringan adalah batu bata yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan daripada bata pada umumnya. Di pasaran terdapat beberapa jenis bata ringan, salah satunya adalah *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Pada umumnya bahan penyusun bata ringan CLC sendiri adalah

¹ Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

² Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

³ Prodi Teknik Sipil, FST Undana.

campuran dari semen *portland*, agregat halus, air dan *foam agent*. Bata ringan CLC diproduksi dengan memasukkan *foam* pada campuran mortar beton tanpa menyebabkan reaksi kimia. *Foam agent* berfungsi untuk menstabilkan gelembung udara selama pencampuran dengan cepat. Bahan pembentuk *foam agent* dapat berupa bahan alami dan buatan (Tansajaya dan Nadia, 2008). Dalam perkembangannya, industri bata ringan CLC menghadapi tantangan bagaimana meningkatkan kuat tekan bata ringan CLC, karena kuat tekan yang dihasilkan masih sangat kecil namun tetap menjaga nilai densitas agar tetap ringan. Oleh karena itu, inovasi-inovasi baru dalam hal pembuatan bata ringan CLC terus bermunculan baik menyangkut bahan campuran maupun komposisi campuran yang digunakan dalam proses pembuatannya. Hal ini dibuktikan dengan penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya tentang bata ringan CLC. Beberapa penelitian tersebut dilakukan oleh (Hunggurami, Elia; Bunganaen, Wilhelmus; Muskanan, Richardo Y, 2014) yang melakukan penelitian eksperimental kuat tekan dan serapan air bata ringan CLC dengan tanah putih sebagai agregat. Dari hasil penelitian ini didapati bahwa penggunaan tanah putih sebagai pengganti agregat halus (pasir) dalam campuran bata ringan *cellular lightweight concrete* (CLC) mengakibatkan peningkatan kuat tekan dari bata ringan CLC dan juga nilai serapan airnya. Kemudian penelitian lain yang dilakukan oleh (Bella, Rosmiyati A; Sinlae, Astryana M; Pah, Jusuf J. S., 2016) yang meneliti pengaruh ukuran diameter pipa *outlet foam generator* terhadap kuat tekan dan serapan air bata ringan jenis CLC didapati bahwa penggunaan variasi ukuran diameter pipa yang semakin besar pada *foam generator* sebagai aliran keluarnya *foam* dalam campuran bata ringan *cellular lightweight concrete* (CLC) mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan dan peningkatan nilai serapan airnya. Penelitian-penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan bata ringan CLC dengan kualitas yang lebih baik di mana memiliki densitas yang kecil dan kuat tekan yang besar.

Salah satu pabrik pembuatan bata ringan CLC di Kota Kupang adalah PT. BriKKoe Jaya Perkasa. Dalam proses pembuatannya hanya digunakan satu saringan yaitu saringan no. 4 berukuran 4,75 mm. Penggunaan satu saringan ini berkontribusi positif terhadap berat volume karena menghasilkan bata ringan yang memiliki berat volume yang kecil namun berkontribusi negatif terhadap kuat tekan karena menghasilkan kuat tekan yang lebih kecil dibandingkan bata konvensional pada umumnya. Selain itu, dari hasil penyaringan pasir menggunakan saringan no.4 ini, terdapat agregat sisa yang tertahan. Agregat sisa yang tertahan ini biasanya dibiarkan begitu saja sehingga untuk memanfaatkan agregat sisa ini dan juga mencoba inovasi baru, penulis tertarik melakukan penelitian dengan mencoba melakukan eksperimen menggunakan dua ukuran saringan dalam pembuatan bata ringan CLC yaitu menggunakan agregat berukuran lebih besar 4,75 mm (9,5 mm), 4,75 mm dan agregat berukuran lebih kecil dari 4,75 mm (2,36 mm). Ketiga agregat ini (9.5 mm, 4,75 mm dan 2.36 mm) kemudian dipasangkan dengan ukuran butiran agregat yang lain (2,36 mm, 1,18 mm dan 0,60 mm) dengan persentase masing-masing agregat sebesar 50% dari berat total agregat. Alasan penggunaan ukuran butiran yang berbeda ini dimaksudkan agar terjadi mekanisme agregat *interlock* antar agregat yang digunakan sehingga dapat meningkatkan kuat tekan dari bata ringan CLC. Dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui komposisi ukuran butiran agregat yang tepat agar mendapatkan bata ringan CLC yang memiliki kuat tekan besar dan berat volume yang kecil.

TINJAUAN PUSTAKA

Bata Ringan

Bata ringan adalah bata yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan daripada bata pada umumnya. Keunggulan bata ringan utamanya pada berat volumenya yang kecil, sehingga apabila digunakan pada bangunan tinggi (*high rise building*) akan dapat mengurangi berat sendiri bangunan secara signifikan, yang selanjutnya berdampak pada perhitungan pondasi. Keuntungan lain dari bata ringan adalah memiliki nilai tahanan panas yang baik, memiliki tahanan suara yang baik serta tahan api. Sedangkan kelemahan bata ringan adalah nilai kuat tekannya lebih kecil dibandingkan dengan bata normal sehingga tidak dianjurkan penggunaannya sebagai elemen

struktural.. Terdapat 2 macam jenis bata ringan yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) atau juga sering disebut *AeratedLightweight Concrete* (ALC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC).

Bata ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC)

Cellular Lightweight Concrete (CLC) adalah salah satu tipe bata beton ringan yang diproduksi dengan memasukkan butiran gelembung udara pada campuran mortar beton, di mana butiran udara tersebut harus mampu mempertahankan struktur gelembung tersebut selama periode pengerasan (*curing*) tanpa menyebabkan reaksi kimia (Ardhyansyah, 2014). Campuran dari CLC antara lain semen, pasir, air, dan *foam* khusus yang begitu mengeras menghasilkan beton ringan yang kuat dengan kandungan jutaan sel atau gelembung udara halus dengan ukuran yang konsisten dan terdistribusi secara merata. CLC memiliki densitas antara 400 kg/m^3 hingga 1800 kg/m^3 . Namun untuk pekerjaan struktur, densitas CLC yang baik untuk digunakan berkisar antara 1200 kg/m^3 hingga 1400 kg/m^3 (Tansajaya dan Nadia, 2008).

Bahan Pembentuk Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC)

Semen

Arti kata semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum (Nugraha dan Antoni, 2007).

Agregat

1. Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butiran besar dengan ukuran butiran lebih besar dari 4,75 mm. Secara umum agregat kasar sering disebut sebagai kerikil, kericak, batu pecah, atau split (Tjokrodimulyo, 2007).

2. Agregat halus

Agregat halus (pasir) adalah agregat yang berbutir halus dengan ukuran butirnya lebih kecil dari 4,75 mm. Pasir merupakan agregat halus yang proses sejarah terbentuknya berasal dari peristiwa geologi yaitu proses beku, sedimen dan metamorf (Tjokrodimulyo, 2007).

3. Agregat campuran

Menurut Tjokrodimuljo (2007), agregat campuran adalah agregat hasil pencampuran agregat halus dan agregat kasar.

Air

Air merupakan salah satu bahan terpenting dalam campuran bata ringan karena tanpa adanya air maka pengikatan reaksi kimia antara material penyusun bata ringan antara semen, pasir dan bahan tambahan (*foam agent*) tidak dapat terjadi. Dalam campuran bata ringan air memiliki peranan penting, semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air tidak hanya untuk hidrasi semen tetapi juga untuk mengubahnya menjadi pasta sehingga betonnya lecah (*workable*) (Nugraha dan Antoni, 2007).

Foam agent

Foam agent merupakan zat yang mampu memperbesar volume bata beton ringan tanpa menambah berat dari beton ringan itu sendiri. Bahan pembentuk *foam agent* dapat berupa bahan alami berupa protein dan bahan buatan berupa sintesis. *Foam agent* yang berasal dari bahan alami memiliki kepadatan 80 gram/liter dan dapat mengembang 12,5 kali. *Foam* ini relatif lebih

stabil dan memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *foam* sintesis (Tansajaya dan Nadia, 2008).

Karakteristik Bata Ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC)

Berat jenis (densitas)

Berat jenis merupakan ukuran kepadatan dari suatu material atau sering didefinisikan sebagai perbandingan antara massa (m) dengan volume (v) (Mulyono, 2004). Secara matematis densitas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Di mana :

$$\begin{aligned} \rho &= \text{Densitas (gr/cm}^3\text{)} \\ m &= \text{Massa benda uji (gr)} \\ v &= \text{Volume benda uji (cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

Kuat tekan

Kuat tekan suatu material didefinisikan sebagai kemampuan material dalam menahan beban atau gaya mekanis yang bekerja sampai terjadinya kegagalan (*failure*). Untuk mengetahui secara pasti kekuatan bata ringan, dilakukan pengujian kuat tekan. Pada mesin uji tekan, benda yang akan diuji diletakkan dan diberi beban sampai benda runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja (Mulyono, 2004). Untuk mengetahui besar dari kuat tekan bata ringan maka digunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Di mana :

$$\begin{aligned} f_c &= \text{Kuat tekan bata ringan (N/mm}^2\text{)} \\ P &= \text{Beban maksimum (N)} \\ A &= \text{Luas penampang benda uji (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

Mutu Bata Ringan CLC Berdasarkan Perbandingan Kuat Tekan terhadap Densitas

Ukuran butiran agregat memiliki pengaruh terhadap nilai densitas dan kuat tekan bata ringan CLC yang dihasilkan. Pengaruh ukuran butiran agregat terhadap nilai densitas bata ringan CLC yaitu semakin rendah nilai densitas yang dihasilkan dari bata ringan CLC maka semakin baik mutu bata ringan tersebut. Lalu sehubungan dengan pengaruh ukuran butiran agregat terhadap nilai kuat tekan bata ringan CLC yaitu semakin besar nilai kuat tekan yang diperoleh dari bata ringan CLC maka semakin baik mutu bata ringan tersebut. Dari hubungan antara nilai densitas dan kuat tekan yang dihasilkan dari variasi ukuran butiran agregat, dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut untuk menghitung mutu dari bata ringan CLC :

$$\text{Mutu}_{BR} = \frac{f_c}{\rho} \quad (3)$$

Di mana :

$$\begin{aligned} \text{Mutu}_{BR} &= \text{Mutu bata ringan CLC (MPa cm}^3\text{/gr)} \\ f_c &= \text{Kuat tekan bata ringan CLC (MPa)} \\ \rho &= \text{Densitas bata ringan CLC (gr/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

METODE PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini dibuat benda uji menggunakan cetakan dengan ukuran cetakan bata ringan *cellular lightweight concrete* (CLC) sebesar (P x L x T) 60 cm x 10 cm x 20 cm.

Benda Uji Penelitian

Pada penelitian ini pengujian benda uji dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Jumlah benda uji pada penelitian ini sebanyak 48 benda uji dengan rincian masing-masing 3 benda uji untuk setiap variasi ukuran butiran agregat untuk setiap jangka waktu perawatan pada pengujian kuat tekan dan berat volume dengan uraian seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

Jenis Pengujian	Kuat Tekan dan Berat Volume				Total
	7	14	21	28	
Waktu <i>Curing</i> (hari)					
Variasi A agregat $1,18 \text{ mm} < d \text{ mm} \leq 2,36 \text{ mm}$ dan $4,75 \text{ mm} < d \text{ mm} \leq 9,50 \text{ mm}$	3	3	3	3	12
Variasi B agregat $0,60 \text{ mm} < d \text{ mm} \leq 1,18 \text{ mm}$ dan $2,36 \text{ mm} < d \text{ mm} \leq 4,75 \text{ mm}$	3	3	3	3	12
Variasi C agregat $0,30 \text{ mm} < d \text{ mm} \leq 0,60 \text{ mm}$ dan $1,18 \text{ mm} < d \text{ mm} \leq 2,36 \text{ mm}$	3	3	3	3	12
Variasi D agregat $d \text{ mm} \leq 4,75 \text{ mm}$	3	3	3	3	12
Total					48

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Bahan

Hasil pemeriksaan terhadap semen

Sebelum digunakan, semen PCC terlebih dahulu diamati apakah sudah sesuai persyaratan sebagai material bahan bangunan atau tidak. Setelah diamati secara visual, semen PCC yang digunakan berwarna abu-abu dan tidak terdapat gumpalan sehingga semen dapat digunakan sebagai bahan pengujian.

Hasil pemeriksaan terhadap foam agent

Kondisi ideal *foam agent* untuk digunakan dalam pembuatan bata ringan CLC yaitu bening, tidak berlumut dan tidak berwarna. Dari hasil dari pengamatan di lapangan, kondisi *foam agent* dapat digunakan sebagai penghasil busa pada pembuatan bata ringan CLC.

Hasil pemeriksaan terhadap air

Untuk membuat bata ringan CLC digunakan air yang bersih, tidak mengandung lumpur dan minyak sesuai dengan persyaratan air bersih. Air pada Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana dan pada *Workshop* PT. BriKKoe Jaya Perkasa telah memenuhi persyaratan air bersih sehingga dapat digunakan dalam penelitian ini.

Hasil pemeriksaan terhadap agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat berupa pasir alami yang berasal dari *quarry* Takari, Kabupaten Kupang. Pemeriksaan terhadap agregat bertujuan untuk mengetahui karakteristik agregat yang digunakan. Pemeriksaan karakteristik ini meliputi berat jenis dan

penyerapan, gradasi butiran, kadar air dan kadar lumpur yang terdapat dalam agregat yang digunakan.

Hasil pemeriksaan terhadap agregat seperti yang ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Pemeriksaan Agregat

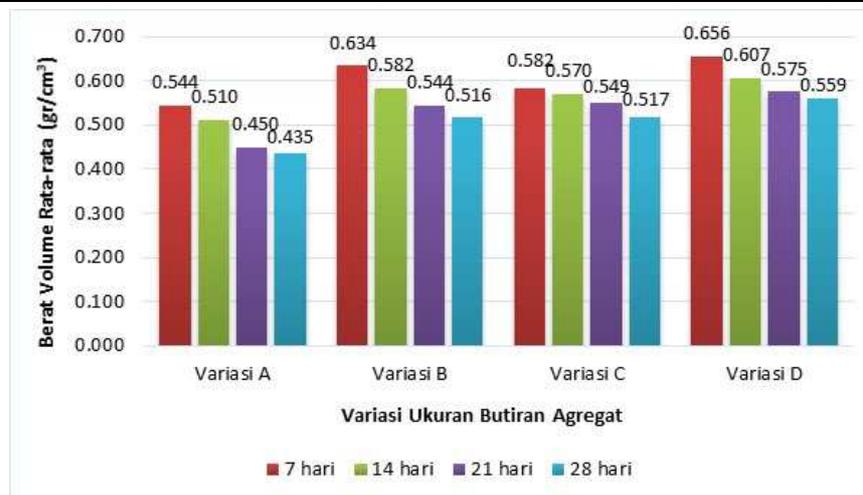
NO	Jenis Pengujian	Parameter	Syarat	Hasil pengujian variasi			
				A	B	C	D
1.	Berat Jenis dan Penyerapan	Berat Jenis (SSD)	2,5-2,7	2,68	2,69	2,67	2,58
2.	Analisis Saringan	Modulus Kehalusan Butiran	1,5-3,8	5,00	4,00	3,00	2,45
3.	Kadar Air (%)	-	-	0,88	1,40	2,25	3,17
4.	Kadar Lumpur (%)	-	≤ 5%	0,64	0,78	1,06	4,03

Berat volume bata ringan CLC dengan variasi ukuran butiran agregat

Pengujian berat volume dimaksud adalah untuk mencari nilai berat jenis (densitas) dari bata ringan CLC yang dibuat dengan menggunakan variasi ukuran butiran agregat sebagai bahan campurannya. Pengujian berat volume bata ringan CLC ini dilakukan selama masa perawatan benda uji pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil perhitungan densitasnya seperti yang ditampilkan pada tabel 3 dan gambar 1.

Tabel 3. Hasil Pengujian Densitas Rata-rata Bata Ringan CLC

No	Variasi	Ukuran Butiran Agregat (mm)	Berat Volume Rata-rata (gr/cm ³) pada Umur Perawatan (hari)			
			7	14	21	28
1	A	1,18 < d ≤ 2,36 dan 4,75 < d ≤ 9,50	0.544	0.510	0.450	0.435
2	B	0,60 < d ≤ 1,18 dan 2,36 < d ≤ 4,75	0.634	0.582	0.544	0.516
3	C	0,30 < d ≤ 0,60 dan 1,18 < d ≤ 2,36	0.582	0.570	0.549	0.517
4	D	d ≤ 4,75	0.656	0.607	0.575	0.559



Gambar 1. Grafik Densitas Bata Ringan CLC

Berdasarkan data pada tabel 3 dan gambar 1 dapat dilihat bahwa berat volume rata-rata dari bata ringan CLC untuk masing-masing variasi ukuran butiran agregat yang digunakan selalu mengalami penurunan. Penurunan ini terjadi selama umur perawatan 7, 14, 21 dan 28 hari.

Bata ringan CLC yang dibuat dengan variasi A mengalami penurunan berat volume rata-rata dengan nilai densitas tertinggi terdapat pada umur perawatan 7 hari sebesar 0,544 gr/cm³. Untuk nilai densitas terkecil sebesar 0,435 gr/cm³ terdapat pada umur perawatan 28 hari.

Penurunan nilai densitas ini juga berlaku untuk variasi B dan variasi C, di mana untuk variasi B memiliki nilai densitas tertinggi pada umur perawatan 7 hari sebesar 0,634 gr/cm³ dan nilai densitas terkecil pada umur perawatan 28 hari sebesar 0,516 gr/cm³. Begitupun untuk variasi C yang memiliki nilai densitas terbesar 0,582 gr/cm³ pada umur perawatan 7 hari dan nilai densitas terkecil sebesar 0,517 gr/cm³ pada umur perawatan 28 hari.

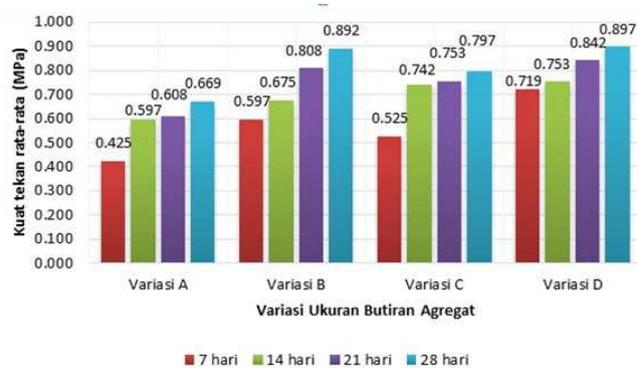
Hasil pengujian nilai densitas untuk bata ringan CLC yang menggunakan satu ukuran ayakan yaitu variasi D dengan ukuran butiran agregat $d \leq 4,75$ juga mengalami penurunan. Penurunan ini terlihat di mana nilai densitas tertinggi yaitu 0,656 gr/cm³ pada umur perawatan 7 hari dan nilai densitas terendah pada umur perawatan 28 hari sebesar 0,559 gr/cm³.

Kuat tekan bata ringan CLC dengan variasi ukuran butiran agregat

Pengujian kuat tekan bata ringan CLC dimaksud untuk mengetahui seberapa besar beban yang dapat diterima oleh bata ringan CLC yang dibuat dengan variasi ukuran butiran agregat sebagai bahan campurannya. Pengujian kuat tekan bata ringan CLC ini dilakukan selama masa perawatan benda uji pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil dari perhitungannya seperti yang ditampilkan pada tabel 4 dan gambar 2.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata Bata Ringan CLC

No	Variasi	Ukuran Butiran Agregat (mm)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa) pada Umur Perawatan (hari)			
			7	14	21	28
1	A	1,18 < d ≤ 2,36 dan 4,75 < d ≤ 9,50	0.425	0.597	0.608	0.669
2	B	0,60 < d ≤ 1,18 dan 2,36 < d ≤ 4,75	0.597	0.675	0.808	0.892
3	C	0,30 < d ≤ 0,60 dan 1,18 < d ≤ 2,36	0.525	0.742	0.753	0.797
4	D	d ≤ 4,75	0.719	0.753	0.842	0.897



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Bata Ringan CLC

Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan dalam tabel 4 dan gambar 2, nilai kuat tekan bata ringan CLC untuk masing-masing variasi ukuran butiran agregat yang digunakan selalu mengalami peningkatan. Peningkatan nilai kuat tekan ini terjadi selama umur perawatan benda uji pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari.

Kuat tekan bata ringan CLC dengan variasi ukuran butiran agregat ini semuanya memiliki nilai kuat tekan terkecil pada umur perawatan 7 hari dan memiliki nilai kuat tekan terbesar pada umur perawatan 28 hari. Hal ini berlaku untuk masing-masing variasi ukuran butiran agregat yang digunakan.

Untuk variasi A nilai kuat tekan terkecil yaitu 0,425 MPa untuk umur perawatan 7 hari dan nilai kuat tekan terbesar yaitu 0,669 MPa untuk umur perawatan 28 hari. Tren ini juga berlaku untuk variasi B dan variasi C di mana nilai kuat tekan terkecil pada umur perawatan 7 hari secara berturut-turut yaitu 0,597 MPa dan 0,525 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terbesar pada umur perawatan 28 hari secara berturut-turut yaitu 0,892 MPa dan 0,797 MPa.

Kenaikan nilai kuat tekan juga terjadi selama masa perawatan untuk bata ringan CLC yang menggunakan satu ukuran saringan yaitu variasi D. Nilai kuat tekan variasi D untuk umur perawatan 7 hari senilai 0,719 MPa dan pada umur perawatan 28 hari nilai kuat tekannya sebesar 0,897 MPa.

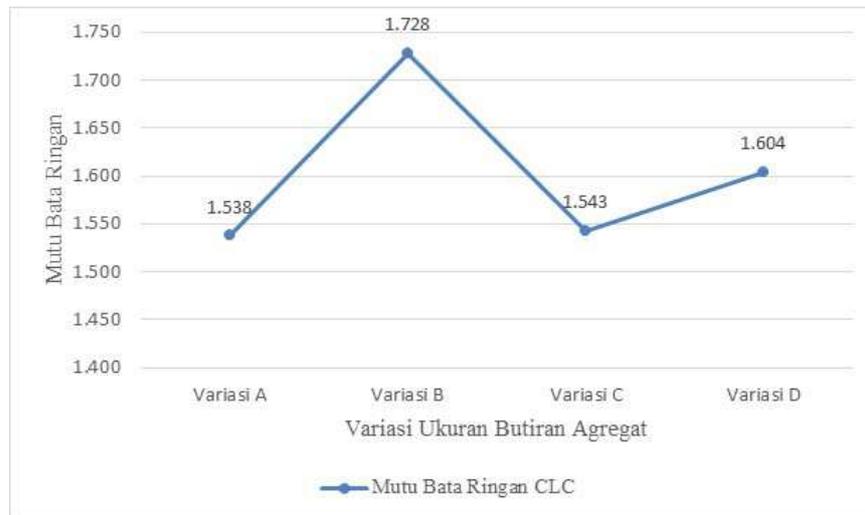
Pengaruh variasi ukuran butiran agregat terhadap mutu bata ringan CLC berdasarkan perbandingan kuat tekan terhadap densitas

Dalam penelitian ini diketahui bahwa variasi ukuran butiran yang digunakan berkontribusi positif pada nilai bata ringan CLC yang dihasilkan, tetapi berkontribusi negatif pada nilai kuat tekan bata ringan CLC tersebut. Hal ini membuat perlunya analisis lanjutan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran butiran agregat tersebut berkontribusi terhadap mutu dari bata ringan CLC. Setelah diketahui mutunya lalu dibandingkan untuk mengetahui variasi ukuran butiran agregat mana yang memiliki mutu terbaik berdasarkan perbandingan kuat tekan terhadap densitas, di mana memiliki nilai densitas yang kecil dan nilai kuat tekan yang besar.

Untuk mengetahui pengaruh dari variasi ukuran butiran agregat terhadap mutu bata ringan CLC, maka hasil penelitian yang diperoleh yaitu densitas dan kuat tekan akan ditampilkan pada tabel 6 berikut. Hal ini untuk memudahkan menganalisis nilai dari mutu bata ringan CLC yang dihitung menggunakan persamaan 3. Pada tabel 5 ini hanya akan ditampilkan hasil dari pengujian densitas dan kuat tekan bata ringan CLC untuk umur perawatan 28 hari.

Tabel 5. Pengaruh variasi ukuran butiran agregat halus terhadap kinerja bata ringan CLC

No	Variasi	Ukuran Butiran Agregat (mm)	Berat Volume (gr/cm ³) Umur Perawatan 28 Hari	Kuat Tekan (MPa) Umur Perawatan 28 hari	Mutu Bata Ringan (MPa cm ³ /gr)
1.	A	1,18 < d ≤ 2,36 dan 4,75 < d ≤ 9,50	0.435	0.669	1,537
2.	B	0,60 < d ≤ 1,18 dan 2,36 < d ≤ 4,75	0.516	0.892	1,728
3.	C	0,30 < d ≤ 0,60 dan 1,18 < d ≤ 2,36	0.517	0.797	1,542
4.	D	d ≤ 4,75	0.559	0.897	1,604



Gambar 3. Grafik Mutu Bata Ringan CLC dengan Variasi Ukuran Butiran Agregat

Dilihat dari tabel 5 dan gambar 3 di atas, dapat diketahui besaran nilai mutu dari bata ringan CLC yang dihasilkan pada umur perawatan 28 hari. Nilai mutu dari yang terkecil yaitu variasi A (1,537 MPa cm³/gr), diikuti variasi C (1,542 MPa cm³/gr), kemudian variasi D yang menggunakan satu ukuran saringan (1,604 MPa cm³/gr), dan variasi dengan nilai mutu terbesar berdasarkan perbandingan kuat tekan terhadap densitas yaitu variasi B (1,728 MPa cm³/gr).

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa dari salah satu variasi ukuran butiran agregat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi B ($0,60 < d \leq 1,18$ dan $2,36 < d \leq 4,75$) memiliki mutu terbaik berdasarkan perbandingan kuat tekan terhadap densitas jika dibandingkan dengan variasi ukuran butiran agregat lain yang digunakan dalam penelitian ini termasuk variasi D ($d \leq 4,75$) yang menggunakan satu saringan dalam proses produksi bata ringan CLC. Hal ini berarti ukuran butiran agregat dari variasi B dapat dianjurkan untuk sebagai campuran dalam pembuatan bata ringan CLC di mana dapat menghasilkan bata ringan CLC dengan mutu yang lebih baik karena memiliki nilai densitas yang kecil dan nilai kuat tekan yang besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa hasil pengujian, maka penulis menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan bata ringan CLC yang dibuat menggunakan beberapa variasi ukuran butiran agregat selalu mengalami peningkatan selama masa perawatan 7, 14, 21 dan 28 hari untuk masing-masing variasi.
2. Nilai berat volume bata ringan CLC yang dibuat menggunakan beberapa variasi ukuran butiran agregat selalu mengalami penurunan selama masa perawatan 7, 14, 21 dan 28 hari untuk masing-masing variasi.
3. Penggunaan variasi ukuran butiran agregat yang menggunakan 2 pasang saringan dalam penelitian ini yaitu variasi A, variasi B dan variasi C memiliki kinerja yang positif. Hal ini menyangkut keringanan bata yang dihasilkan karena memiliki nilai densitas yang lebih kecil daripada bata ringan yang hanya menggunakan satu ukuran saringan.
4. Penggunaan variasi ukuran butiran agregat yang menggunakan 2 pasang saringan dalam penelitian ini berkontribusi negatif terhadap kinerja bata ringan CLC. Hal ini menyangkut kuat tekannya karena nilai kuat tekan yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih kecil daripada bata ringan yang hanya menggunakan satu ukuran saringan.
5. Perhitungan nilai mutu bata ringan CLC berdasarkan perbandingan kuat tekan terhadap densitas pada umur perawatan 28 hari didapat variasi dengan mutu terbaik dari yang terbesar

secara berturut-turut yaitu variasi B sebesar 1,728 MPa cm³/gr, variasi D sebesar 1,604 MPa cm³/gr, variasi C sebesar 1,542 MPa cm³/gr, dan variasi A sebesar 1,537 MPa cm³/gr. Dengan demikian variasi B merupakan variasi yang memiliki nilai mutu terbaik dalam penelitian ini.

SARAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh, ada beberapa hal yang penulis sarankan yaitu:

1. Disarankan agar menggunakan variasi B dalam campuran pembuatan bata ringan CLC apabila ingin menghasilkan bata ringan CLC dengan mutu terbaik.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan dengan menggunakan variasi ukuran butiran agregat yang berbeda dengan komposisi campuran yang lebih beragam untuk mencari bata ringan dengan nilai kuat tekan besar dan densitas yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhyansyah, M. 2014. Studi Pembuatan Bata Ringan CLC (Cellular Lightweight Concrete) dengan Kadar Fly Ash Batu Bara Sebagai Substitusi Parsial Semen. Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Riau : Pekanbaru
- Bella, Rosmiyati A; Sinlae, Astryana M; Pah, Jusuf J. S. (2016). Pengaruh Ukuran Diameter Pipa Outlet Foam Generator terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air Bata Ringan Jenis CLC. *Jurnal Teknik Sipil* , 5 (2), 163-174.
- Hunggurami, Elia; Bunganaen, Wilhelmus; Muskanan, Richardo Y. (2014). Studi Eksperimental Kuat Tekan dan Serapan Air Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete dengan Tanah Putih sebagai Agregat. *Jurnal Teknik Sipil* , 3 (2), 125-136.
- Mulyono, Tri. 2004. Teknologi Beton. Yogyakarta : Penerbit Andi
- Nugraha, P dan Antoni. 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta : Penerbit Andi
- Tansajaya, A dan Nadia, K. 2008. Studi Pembuatan Cellular Lightweight Concrete (CLC) dengan Menggunakan Beberapa Foam Agent. Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Kristen Petra, Surabaya
- Tjokrodimulyo, K. 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta : Penerbit Nafiri