

Studi Eksperimental Pemanfaatan *Styrofoam* Sebagai Pengganti *Foam Agent* Untuk Berat Volume 900 kg/m^3 Pada *Cellular Lightweight Concrete*

Desriana¹⁾, Wesli²⁾

^{1, 2)} Jurusan Teknik Sipil Universitas Malikussaleh

Email: desriana242200@gmail.com¹⁾, wesli@gmail.ac.id²⁾

(Received: 10 Oktober 2023 / Revised: 27 Oktober 2023 / Accepted: 01 November 2023)

Abstrak

Cellular Lightweight Concrete dibuat dengan menambahkan gelembung udara kedalam mortar dengan menggunakan mesin khusus yang mahal, disebut *foam generator*. *Styrofoam* digunakan untuk menggantikan *foam agent*, selain karena *styrofoam* memiliki bobot yang ringan, *styrofoam* masih menjadi limbah sampah yang belum dimanfaatkan oleh masyarakat. Penelitian ini bertujuan mengetahui besarnya sifat mekanis yang diperoleh dari *Cellular Lightweight Concrete* untuk berat volume 900 kg/m^3 . Perencanaan campuran (*mix design*) dilakukan berdasarkan metode *trial and error*. Pada penelitian ini terdapat empat variasi benda uji yaitu, variasi 1 (Bata Ringan *Foam Agent*), variasi 2 (Bata Ringan *Foam Agent* + SK), variasi 3 (Bata Ringan *Styrofoam*), dan variasi 4 (Bata Ringan *Styrofoam*+ SK). Pengujian sifat mekanis dilakukan pada umur bata ringan 14 hari dengan mendapatkan hasil sifat mekanis tertinggi pada variasi 4 yaitu kuat tekan tertinggi sebesar 3,658 MPa, kuat tarik belah tertinggi sebesar 0,611 MPa, dan kuat lentur tertinggi sebesar 1,707 MPa.

Kata kunci: *Foam Agent*, *Kuat Lentur*, *Kuat Tarik Belah*, *Kuat Tekan*, *Styrofoam*

Abstract

Cellular lightweight concrete is made by adding air bubbles to the mortar using an expensive special machine, called a *foam generator*. *Styrofoam* is used to replace *foam agents*, in addition to *Styrofoam* has a light weight, *Styrofoam* is still a waste that has not been used by the community. This study aims to determine the magnitude of mechanical properties obtained from *Cellular Lightweight Concrete* for a volume weight of 900 kg/m^3 . *Mix design* is carried out based on *trialand error* methods. In this study, there are four variations of test objects, namely, variation 1 (Lightweight Brick *Foam Agent*), variation 2 (Lightweight Brick *Foam Agent* + SK), variation 3 (Lightweight *Styrofoam* Brick), and variation 4 (Lightweight *Styrofoam* Brick + SK). Mechanical properties testing was carried out at the age of lightweight brick 14 days by obtaining the highest mechanical properties results in variation 4, namely the highest compressive strength of 3.658 MPa, the highest tensile strength of 0.611 MPa, and the highest flexural strength of 1.707 MPa.

Keywords: *Foam Agent*, *Flexural Strength*, *Tensile Strength*, *Compressive Strength*, *Styrofoam*

1. Latar Belakang

Bata ringan adalah material yang menyerupai beton dan memiliki berat yang cukup ringan, halus, dan memiliki tingkat kerataan yang baik. Bata ringan diciptakan agar dapat meringankan beban struktur dari sebuah bangunan konstruksi, mempercepat pelaksanaan, serta meminimalisasi sisa material yang terjadi pada saat proses pemasangan dinding berlangsung (SNI 03-0349-1989).

Kemajuan teknologi banyak ditemukan pada alternatif bahan bangunan yang memudahkan pengerjaan, hal ini dapat juga ditemukan pada pembuatan bata ringan dengan teknologi *foam* (busa). Ada beberapa cara yang dilakukan dalam pembuatan bata ringan misalnya dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adonan semen (Trinugroho dan Murtono, 2015).

Bata ringan adalah bahan bangunan yang di buat dengan teknologi modern sehingga kekuatan bata ringan lebih kuat dari bata merah atau pun batako. Bata ringan memiliki berat jenis lebih ringan dari pada bata beton pada umumnya. Berat dari bata ringan sendiri dapat diatur sesuai kebutuhan. Pada umumnya bata ringan memiliki berat jenis berkisar 600-1800 kg/m³ Salah satu material yang dapat digunakan dan memiliki bobot yang cukup ringan adalah *styrofoam* (Taufik dkk., 2017).

Penelitian ini menggunakan target berat volume 900 kg/m³ yang dapat dipakai untuk struktur ringan sehingga ingin diketahui seberapa besar sifat mekanis yang diperoleh dari bata ringan yang dengan target berat volume 900 kg/m³. Penelitian ini memanfaatkan *styrofoam* sebagai pengganti *foam agent* pada bata ringan. *Foam agent* diganti dengan *styrofoam* karena *foam agent* memiliki harga yang cukup mahal, dalam penggunaan *foam agent* sendiri juga menggunakan sebuah mesin khusus disebut *foam generator*. Selain karena *styrofoam* memiliki bobot yang ringan, *styrofoam* juga mudah didapatkan dan masih menjadi limbah sampah yang belum sepenuhnya dimanfaatkan dengan maksimal oleh masyarakat.

Penelitian ini ingin mengetahui seberapa besar sifat mekanis yang diperoleh dari bata ringan dengan menggunakan *styrofoam* sebagai pengganti *foam agent*. Dengan mengetahui besarnya sifat mekanis dari bata ringan, maka diharapkan penelitian ini dapat memberikan pengetahuan tambahan atau dijadikan referensi dalam pembuatan bata ringan dengan menggunakan *styrofoam* dan dapat disosialisasikan ke tempat produksi bata merah agar mencoba memproduksi bata ringan.

2. Metode Penelitian

2.1 Tahap Pelaksanaan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh. Tahapan pelaksanaan penelitian dimulai dari studi literatur, pengadaan material-material dan peralatan yang dibutuhkan, pemeriksaan sifat fisis material, perencanaan campuran bata ringan (*mix design*), pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pengujian berat volume, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur bata ringan, dan pengolahan data hingga kesimpulan dan saran penelitian.

Material yang dipersiapkan terdiri dari agregat halus (pasir), semen, *styrofoam*, sikament LN, sika *foam agent* dan air. Sikament LN yang digunakan pada penelitian ini adalah produk dari PT. Sika Indonesia yang digunakan untuk mempercepat pengerasan bata ringan.

Foam agent yang digunakan pada penelitian ini produk dari PT. Sika Indonesia. *Foam agent* yang belum dimasukkan ke mesin *foam generator* berbentuk bahan cair seperti diperlihatkan pada Gambar 1.a. Setelah bahan baku *foam agent* tersebut dimasukkan ke *foam generator* menghasilkan buih *foam agent* seperti diperlihatkan pada Gambar 1.b.



Gambar 1 Sika *foam agent* (a) bahan baku *foam agent* (b) buih *foam agent*

Styrofoam yang digunakan pada penelitian ini adalah *styrofoam* bekas bahan pelindung makanan atau alat-alat elektronik yang sudah dikumpulkan dari sekitaran Kota Lhokseumawe. Setelah itu *styrofoam* tersebut dihaluskan menggunakan peralatan sederhana. *Sytofoam* yang sudah dihaluskan diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 *Styrofoam* yang sudah dihaluskan

Perencanaan campuran (*mix design*) pada penelitian ini dilakukan berdasarkan metode *trial and error* dengan perbandingan berat. Berdasarkan hasil *trial and error* yang sudah dilakukan, diperoleh perbandingan semen: pasir: air masing-masing adalah 1:0,75:0,5. Kemudian dilanjutkan ke tahap perhitungan proporsi material yang digunakan. Benda uji untuk uji kuat tekan dan uji kuat tarik belah dibuat dalam cetakan silinder berukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Benda uji untuk uji kuat tarik lentur dibuat dalam cetakan balok berukuran 60 cm × 15 cm × 7,5 cm.

Pembuatan benda uji pada penelitian ini terdapat 4 variasi yaitu variasi 1 adalah bata ringan dengan penggunaan *foam agent*, variasi 2 bata ringan dengan penggunaan *foam agent* + sikament LN, variasi 3 bata ringan dengan penggunaan *styrofoam*, dan variasi 4 adalah bata ringan dengan penggunaan *styrofoam* + sikament LN. Setiap variasi yang digunakan dibuat sebanyak 3 sampel. Variasi bata ringan yang digunakan diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Variasi benda uji

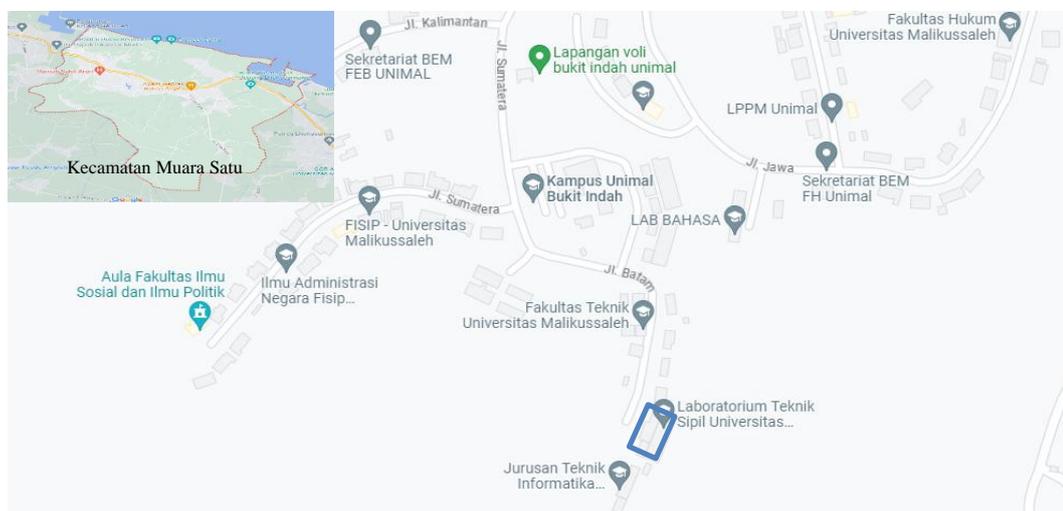
Benda Uji	Sifat Mekanis	FAS (%)	Benda Uji	
			NSK	SK
<i>Foam Agent</i>	Kuat tekan	50	3	3
	Kuat tarik belah		3	3
	Kuat lentur		3	3
<i>Styrofoam</i>	Kuat tekan	50	3	3
	Kuat tarik belah		3	3
	Kuat lentur		3	3
Jumlah	18	18		

Tabel 2 Proporsi campuran untuk bata ringan 1 m³

Kode Variasi	Semen (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	<i>Foam</i>	
				<i>Agent/Styrofoam</i> (kg)	Sikament LN (kg)
BRFA	396,476	297,357	198,238	7,929	-
BRFA+SK	396,476	297,357	168,502	7,929	1,189
BRS	396,476	297,357	198,238	7,929	-
BRS+SK	396,476	297,357	168,502	7,929	1,189

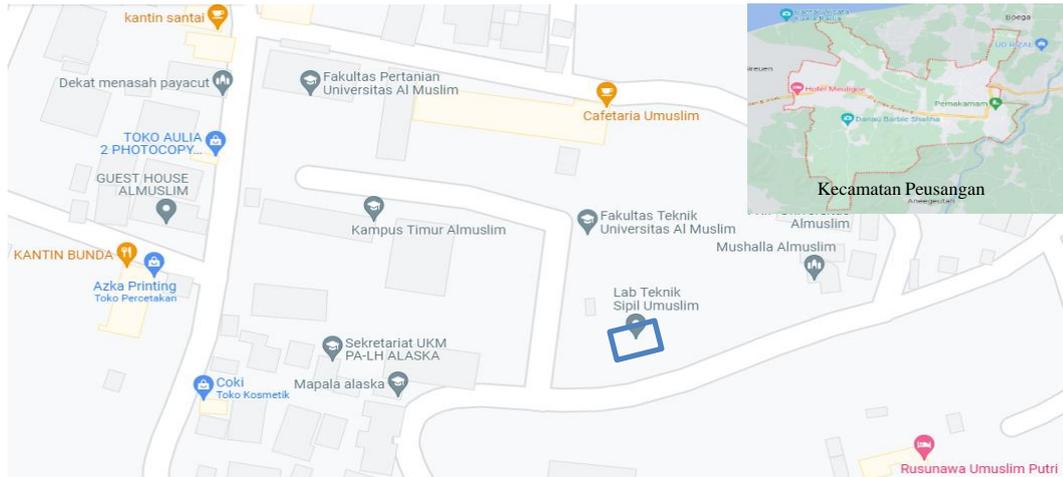
2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Malikussaleh, Kampus Bukit Indah untuk pembuatan dan pengujian benda uji *styrofoam* yang terletak di desa blang pulo, kecamatan muara satu, kota lhokseumawe.



Gambar 3 Peta lokasi pengujian bata ringan di Unimal

Kemudian untuk pembuatan benda uji menggunakan *foam agent* dilakukan di laboratorium jurusan teknik sipil, fakultas teknik, universitas almuslim, yang berada di bireuen. peta lokasi laboratorium teknik sipil universitas almuslim.



Gambar 4 Peta lokasi pembuatan benda uji di Universitas Almuslim

2.3 Berat Volume

Berat volume adalah pengukuran berat setiap volume benda. Semakin tinggi berat volume suatu benda maka semakin berat pula berat setiap volumenya. Semakin besar hasil berat volume suatu benda, maka semakin rendah juga porositasnya (Hunggurami dkk., 2014). Mekanisme untuk menghitung besarnya berat volume digunakan persamaan berikut.

$$BV = \frac{W}{V} \quad (1)$$

Keterangan:

- BV = Berat volume benda uji (kg/m^3)
- W = Berat benda uji (kg)
- V = Volume benda uji (m^3)

2.4 Kuat Tekan

Menurut (SNI 1974-2011) perhitungan kuat tekan dapat diperoleh dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata. Kuat tekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

- $f'c$ = Kuat tekan (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- A = Luas penampang benda uji (mm^2)

2.5 Kuat Tarik Belah

Menurut (SNI 2491-2014) kekuatan tarik belah pada umumnya lebih besar dari kekuatan tarik langsung dan lebih rendah dari kekuatan lentur (*modulus of rupture*). Kekuatan tarik belah digunakan dalam mendesain elemen struktur beton untuk mengevaluasi ketahanan geser beton dan untuk menentukan panjang

penyaluran dari tulangan. Kuat tarik belah dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3)$$

Keterangan:

- f_{ct} = Kuat tarik belah (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- L = Panjang silinder (mm)
- D = Diameter silinder (mm)
- π = Phi

2.6 Kuat Lentur

Menurut (SNI 03-4154-1996) kuat lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Kuat lentur adalah kemampuan benda uji berupa balok untuk menahan gaya-gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan kepadanya sampai benda uji tepat mulai runtuh. Kuat lentur dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$F_{lt} = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (4)$$

Keterangan:

- f_{lt} = Kuat lentur bata ringan (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- L = Panjang bentang antara kedua balok tumpuan (mm)
- b = Lebar balok pada penampang runtuh (mm)
- d = Tinggi balok pada penampang runtuh (mm)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Pengujian kuat tekan bata ringan untuk variasi *foam agent*, variasi bata ringan *foam agent* + sikament LN, variasi bata ringan *styrofoam*, dan bata ringan *styrofoam* + sikament LN dan *styrofoam* diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pengujian kuat tekan bata ringan

Nama Benda Uji	Sampel	Beban Tekan (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
BRFA	1	13,8	1,998	2,109
	2	15,5	2,244	
	3	14,4	2,085	
BRFA + SK	1	14,5	2,099	2,157
	2	14,7	2,128	
	3	15,5	2,244	
BRS	1	17,0	2,461	2,514
	2	16,9	2,446	
	3	18,2	2,635	
BRS + SK	1	24,7	3,576	3,658
	2	28,2	4,082	
	3	22,9	3,315	

Pengujian variasi normal (*foam agent*), variasi *foam agent* + sikament LN, variasi bata ringan *styrofoam*, dan bata ringan *styrofoam* + sikament LN dihitung dengan persamaan 3 yang diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengujian kuat tarik belah bata ringan

Nama Benda Uji	Sampel	Beban Maksimum (KN)	Kuat tarik belah (MPa)	Kuat tarik belah rata-rata (MPa)
BRFA	1	10,50	0,334	0,383
	2	13,00	0,414	
	3	12,60	0,401	
BRFA + SK	1	12,50	0,398	0,401
	2	12,00	0,382	
	3	13,30	0,424	
BRS	1	17,00	0,541	0,540
	2	15,10	0,481	
	3	18,80	0,599	
BRS + SK	1	17,90	0,570	0,611
	2	18,80	0,599	
	3	20,90	0,666	

Pengujian kuat lentur bata ringan untuk variasi normal (*foam agent*), variasi *foam agent* + sikament LN, variasi bata ringan *styrofoam*, dan bata ringan *styrofoam* + sikament LN dihitung dengan persamaan 4 yang diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil pengujian kuat lentur bata ringan

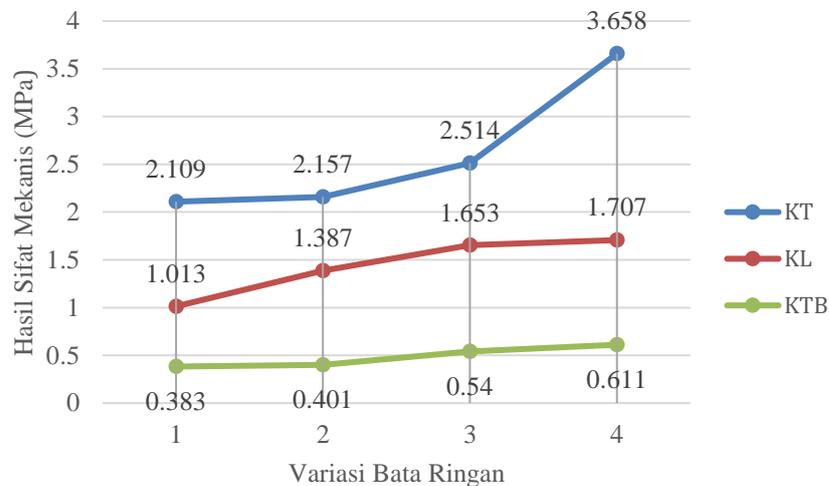
Nama Benda Uji	Sampel	Beban Maksimum (KN)	Kuat lentur (MPa)	Kuat lentur rata-rata (MPa)
BRFA	1	1,40	1,120	1,013
	2	1,10	0,880	
	3	1,30	1,040	
BRFA + SK	1	1,70	1,360	1,387
	2	1,70	1,360	
	3	1,80	1,440	
BRS	1	2,20	1,760	1,653
	2	2,00	1,600	
	3	2,00	1,600	
BRS + SK	1	2,20	1,760	1,707
	2	2,40	1,920	
	3	1,80	1,440	

Hasil rekapitulasi data sifat mekanis bata ringan untuk semua variasi menghasilkan rata-rata sifat mekanis yang diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Rekapitulasi data sifat mekanis bata ringan

Indikator	BRFA (MPa)	BRFA + SK (MPa)	BRS (MPa)	BRS + SK (MPa)
KT Rata-rata	2,109	2,157	2,514	3,658
KTB Rata-rata	0,383	0,401	0,540	0,611
KL Rata-rata	1,013	1,387	1,653	1,707

Hasil rekapitulasi sifat mekanis bata ringan yang diperoleh dibuat dalam bentuk grafik agar lebih terlihat kenaikan dan penurunan sifat mekanis yang terjadi pada setiap variasinya, diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 5 Grafik rekapitulasi rata-rata hasil sifat mekanis bata ringan

3.2 Pembahasan

Uji kuat tekan variasi 1 ini diperoleh hasil beban maksimum masing-masing sebesar 13,8 KN, 15,5 KN, 14,4 KN. Sehingga dengan menggunakan persamaan (2) menghasilkan kuat tekan masing-masing 1,998 MPa, 2,244 MPa, 2,085 MPa, dan rata-rata kuat tekan sebesar 2,109 MPa. Untuk uji kuat tekan variasi 2 ini diperoleh hasil beban maksimum masing-masing sebesar 14,5 KN, 14,7 KN, 15,5 KN. Sehingga menghasilkan kuat tekan masing-masing 2,099 MPa, 2,128 MPa, 2,244 MPa, dan rata-rata kuat tekan sebesar 2,157 MPa.

Uji kuat tekan variasi 3 ini diperoleh hasil beban maksimum masing-masing sebesar 17 KN, 16,9 KN, 18,2 KN. Sehingga dengan menggunakan persamaan (2) menghasilkan kuat tekan masing-masing 2,461 MPa, 2,446 MPa, 2,635 MPa, dan rata-rata kuat tekan sebesar 2,514 MPa. Untuk uji kuat tekan variasi 4 ini diperoleh hasil beban maksimum masing-masing sebesar 24,7 KN, 28,2 KN, 22,9 KN. Sehingga menghasilkan kuat tekan masing-masing 3,576 MPa, 4,082 MPa, 3,315 MPa, dan rata-rata kuat tekan sebesar 3,658 MPa.

Uji kuat tarik belah variasi 1 diperoleh beban maksimum masing-masing sebesar 10,5 KN, 13 KN, 12,6 KN sehingga dengan menggunakan persamaan (3) kuat tarik belah 0,334 MPa, 0,414 MPa, 0,401 MPa dengan rata-rata 0,383 MPa. Uji kuat tarik belah variasi 2 diperoleh beban maksimum masing-masing sebesar 12,5 KN, 12 KN, 13,3 KN sehingga menghasilkan kuat tarik belah 0,398 MPa, 0,382 MPa, 0,424 MPa dengan rata-rata 0,401 MPa.

Uji kuat tarik belah variasi 3 diperoleh beban maksimum masing-masing sebesar 17 KN, 15,1 KN, 18,8 KN sehingga dengan menggunakan persamaan (3) kuat tarik belah 0,541 MPa, 0,481 MPa, 0,599 MPa dengan rata-rata 0,540 MPa. Uji kuat tarik belah variasi 4 diperoleh beban maksimum masing-masing sebesar 17,9 KN, 18,8 KN, 20,9 KN sehingga menghasilkan kuat tarik belah 0,570 MPa, 0,599 MPa, 0,666 MPa dengan rata-rata 0,611 MPa.

Pada pengujian kuat lentur variasi 1 untuk uji mekanis kuat lenturnya menghasilkan beban maksimum masing-masing sebesar 1,4 KN, 1,1 KN, 1,3 KN

sehingga dengan menggunakan persamaan (4) menghasilkan kuat lentur masing-masing sebesar 1,12 MPa, 0,88 MPa, 1,04 MPa dan rata-rata sebesar 1,013 MPa. Pada pengujian kuat lentur variasi 2 untuk uji mekanis kuat lenturnya menghasilkan beban maksimum masing-masing sebesar 1,7 KN, 1,7 KN, 1,8 KN sehingga menghasilkan kuat lentur masing-masing sebesar 1,36 MPa, 1,36 MPa, 1,44 MPa dan rata-rata sebesar 1,387 MPa.

Pada pengujian kuat lentur variasi 3 untuk uji mekanis kuat lenturnya menghasilkan beban maksimum masing-masing sebesar 2,2 KN, 2,0 KN, 2,0 KN sehingga dengan menggunakan persamaan (4) menghasilkan kuat lentur masing-masing sebesar 1,76 MPa, 1,6 MPa, 1,6 MPa dan rata-rata sebesar 1,653 MPa. Pada pengujian kuat lentur variasi 4 menghasilkan beban maksimum masing-masing sebesar 2,2 KN, 2,4 KN, 1,8 KN sehingga menghasilkan kuat lentur masing-masing sebesar 1,76 MPa, 1,92 MPa, 1,44 MPa dan rata-rata sebesar 1,707 MPa.

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan nilai sifat mekanis baik itu kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur. Peningkatan hasil sifat mekanis terjadi di setiap variasinya. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Tethool dan Birawaputra, 2023) mengatakan bahwa semakin sedikit *styrofoam* yang digunakan maka semakin tinggi berat volume bata ringan tipe *Cellular Lighthweight Conctere*. Sehingga hasil sifat mekanis bata ringan juga semakin meningkat. Sehingga dapat diambil kesimpulan nilai sifat mekanis tertinggi terdapat pada variasi 4 yaitu pembuatan bata ringan dengan memanfaatkan *styrofoam* sebagai pengganti *foam agent* dengan penambahan sikament LN sebanyak 0,3% dari berat semen.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah diperoleh dapat diambil kesimpulan bahwa bata ringan yang memiliki sifat mekanis tertinggi terdapat pada variasi 4 yaitu bata ringan dengan menggunakan *styrofoam* dengan penambahan sikament LN sebesar 0,3% dari berat semen. Nilai kuat tekan rata-rata, kuat tarik belah rata-rata, kuat lentur rata-rata berturut-turut adalah 3,658 MPa, 0,611 MPa, 1,707 MPa. Akan tetapi hasil kuat tekan rata-rata yang diperoleh dari penelitian ini belum memenuhi persyaratan sesuai (SNI 15-2094-2000, SNI 03-0349-1989,) tentang bata merah dan bata beton untuk pasangan dinding yang persyaratannya minimal 5 MPa.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan saran yang dapat diperoleh adalah apabila ingin mendapatkan sifat mekanis lebih tinggi bisa ditambahkan bahan lain yang bisa meningkatkan hasil uji mekanis, seperti penggunaan serabut kelapa atau dengan menggunakan zat *additive* lainnya dan untuk penelitian selanjutnya penggunaan *styrofoam* bisa dibuat lebih bervariasi sehingga mendapatkan persentase yang cocok dalam pembuatan bata ringan sehingga nantinya bisa menghitung penurunan biaya produksi bata ringan tersebut.

Daftar Kepustakaan

- Anugraha, R.B., Mustaza, S., 2010. Beton ringan dari campuran Styrofoam dan serbuk gergaji dengan semen Portland 250, 300 dan 350 kg/m³. *J. Apl. Tek. Sipil* 8, 57–66.
- Hakim, A.W., 2022. Analisis Pengaruh Bahan Tambah Styrofoam Terhadap Kuat Tekan, Tarik Dan Lentur Pada Dinding Precast (PhD Thesis). Universitas Medan Area.
- Herman Fithra, Sisca Olivia, Deassy Siska, Analysis Reducing Slum Settlement by Road Improvement (A Case Study: Jawa Lama Village Village, Lhokseumawe, Aceh-Indonesia), *Aceh International Journal of Science and Technology*, pp 20-28
- Hunggurami, E., Bunganaen, W., Muskanan, R.Y., 2014. Studi Eksperimental Kuat Tekan dan Serapan Air Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete dengan Tanah Putih sebagai Agregat. *J. Tek. Sipil* 3, 125–136.
- Husin, A.A., Agustiningtyas, R.S., 2008. Pengaruh penambahan foam agent terhadap kualitas bata beton. *J. Permukim.* 3, 196–207.
- Irawan, D., Cakrawala, M., 2015. Pemanfaatan Limbah Styrofoam Dalam Pembuatan Material Dinding Bangunan. *Widya Tek.* 23.
- Marwan, M., 2021. Penggunaan Styrofoam Sebagai Material Dinding Ruangan Ringan, Kuat Dan Hemat Energi Listrik.
- Mulyati, M., Asrillina, R., 2018. Pengaruh Penggunaan Styrofoam sebagai Pengganti Pasir dan Zat Additive Sikament Terhadap Kuat Tekan Bata Beton Ringan. *J. Momentum ISSN 1693-752X* 20, 110–116.
- Nasional, Badan Standardisasi, 2014. Standar Nasional Indonesia Semen Portland Komposit SNI 7064-2014.
- Nasional, Badan Standardisasi, 2014. SNI 2491-2014: Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder. *Jkt. Badan Stand. Nas.* 17.
- Nasional, B.S., 2011. SNI 1974: 2011 Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. *Badan Stand. Nas. Jkt.*
- Nasional, B.S., 2002. SNI 03-2847-2002: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. *Bdg. Badan Standardisasi Nas.*
- Nasional, B.S., 1996. Metode Pengujian Kuat Lentur Beton Dengan Balok Uji Sederhana Yang Dibebeani Terpusat Langsung. SNI 03-4154-1996. Jakarta: Departamen Pekerjaan Umum.
- Nasional, B.S., 1991. SNI 15-2530-1991 Metode Pengujian Kehalusan Semen Portland. *Jkt. Badan Stand. Nas*
- Nasional, B.S., 1991. SNI 15-2531-1991 Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland. *Jkt. Badan Stand. Nas.*
- Nasional, Badan Standar, 1990. Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1970-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Jkt. BSN.*
- Nasional, Badan Standardisasi, 1990. Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1968-1990 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar dan Agregat Halus. *Jkt. Dewan Stand. Nas.*
- Nasional, Badan Standardisasi, 1990. SNI 03-1971-1990, Metode Pengujian Kadar Air Agregat. *Jkt. ID BSN.*

- Nasional, B.S.N., 1998. SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat. Jkt. Badan Stand. Nas. Indones.
- Neville, A.M., Brooks, J.J., 1987. Concrete technology. Longman Scientific & Technical England.
- Oemiati, N., Jonizar, J., Meyrian, A.T., 2022. Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Campuran Pembuatan Bata Ringan. Bear. J. Penelit. Dan Kaji. Tek. Sipil 7, 107–113.
- Oktaviani, P., Abrar, A., Fadli, W., 2015. Studi Eksperimental Pembuatan Batu Bata Ringan Dengan Memakai Additive Foam Agent, in: Prosiding 2nd Andalas Civil Engineering National Conference. pp. 139–145.
- Pah, J.J., Tulle, P.M., Bella, R.A., Sina, D.A., 2022. Hubungan Faktor Air-Semen Dan Faktor Air-Foam Terhadap Kuat Tekan Dan Berat Volume Bata Ringan Clc. J. Tek. Sipil 11, 119–132.
- Rismana, E., 2021. Uji Kuat Tekan Bata Beton Untuk Pasangan Dinding Dengan Campuran Limbah Styrofoam (Phd Thesis). Universitas Negeri Jakarta.
- Rismana, E., Sambowo, K.A., Musalamah, S., 2022. Uji Kuat Tekan Bata Beton Untuk Pasangan Dinding Dengan Campuran Limbah Styrofoam (Expanded Polystyrene). Menara J. Tek. Sipil 17, 18–25.
- Setiawan, A., 2019. Study Eksperimen Pengaruh Campuran Sika Ln Dalam Meningkatkan Kuat Tekan Bata Beton Ringan. Rang Tek. J. 2.
- Subagiono, Y., Maizir, H., Suryanita, R., 2020. Perilaku Mekanik Bata Ringan dengan Penambahan Silica Fume. Pekanbaru J. Rekayasa Sipil.
- Sujatmiko, B., Zuraidah, S., Mahendra, R., 2018. Pemanfaatan Limbah Styrofoam Untuk Bahan Bata Ringan Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah.
- Susanti, E., Guterres, J., 2022a. Penggunaan Styrofoam Sebagai Pengganti Sebagian Pasir Untuk Bata Ringan. J. Tek. Sipil 3, 370–375.
- Swan, C.L.G., Sian, B., 2014. Penelitian Beton Ringan Non-Struktural Dengan Agregat Styrofoam Bekas. Res. Rep.-Eng. Sci. 1.
- Taufik, H., Kurniawandy, A., Arita, D., 2017. Tinjauan Kuat Tekan Bata Ringan Menggunakan Bahan Tambah Foaming Agent. J. Saintis 17, 52–62.
- Tethool, Y.C.V., Birawaputra, I., 2023. Karakteristik Bata Ringan Dengan Menggunakan Campuran Limbah Styrofoam Dan Serabut Kelapa. Musamus J. Civ. Eng. 5, 44–50.
- Trinugroho, S., Murtono, A., 2015. Pemanfaatan Foam Agent dan Material Lokal dalam Pembuatan Bata Ringan.
- Wesli, 2015. Metodologi Penelitian. PeNA, Banda Aceh.
- Zuraidah, S., Sujatmiko, B., 2019. Pemanfaatan Limbah Strapping Band Dan Styrofoam Dengan Menggunakan Pasir Mojokerto Untuk Bata Ringan. Narotama J. Tek. Sipil NJTS 3, 41–58.