

UJI KUAT TEKAN BATA BETON UNTUK PASANGAN DINDING DENGAN CAMPURAN LIMBAH *STYROFOAM* (*EXPANDED POLYSTYRENE*)

Ega Rismana¹, Kusno Adi Sambowo², Sittati Musalamah³

^{1,2,3}Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka Raya No. 11, DKI Jakarta, 13220, Indonesia

E-mail: egarismana@gmail.com

ABSTRAK

Berdasarkan statistik jumlah sampah di DKI Jakarta, sampah plastik berada pada peringkat ketiga setelah sampah organik dan kertas. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian dimensi, bobot isi, kuat lentur dan kuat tekan pada bata beton untuk pasangan dinding. Material utama pembuatan bata beton, yaitu semen, agregat halus dan air. Sampah *styrofoam* akan digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus dengan variasi persentase yang digunakan, yaitu 0%, 10%, 20% dan 30%. Menggunakan benda uji berbentuk balok dengan panjang 390 mm, lebar 90 mm dan tebal 100 mm. Faktor air semen 0,4. Pengujian benda uji pada umur 28 hari. Hasil pengujian dimensi pada semua variasi telah memenuhi syarat. Kuat tekan bata beton rata-rata dengan variasi campuran *styrofoam* 0%, 10%, 20% dan 30% pada umur 28 hari secara berturut-turut adalah 74,87 kg/cm², 42,28 kg/cm², 44,28 kg/cm² dan 35,45 kg/cm². Kuat lentur bata beton rata-rata dengan variasi campuran *styrofoam* 0%, 10%, 20% dan 30% pada umur 28 hari secara berturut-turut adalah 1,204 N/mm², 0,473 N/mm², 0,705 N/mm² dan 0,962 N/mm².

Kata Kunci : bata beton, kuat tekan, kuat lentur, bobot isi

ABSTRACT

Based on statistics on the amount of waste in DKI Jakarta, until plastic is in the third rank after organic waste and paper. In this study, the dimensions, bulk weight, flexural strength and compressive strength of concrete bricks for wall pairs will be tested. The main materials for making concrete bricks are cement, fine aggregate and water. Styrofoam waste will be used as a substitute for fine aggregate with variations in the percentages used, namely 0%, 10%, 20% and 30%. Using the test object in the form of a beam with a length of 390 mm, a width of 90 mm and a thickness of 100 mm. Water cement factor 0.4. Testing the test object at the age of 28 days. Dimensional test results on all variations have met the requirements. The average compressive strength of concrete bricks with variations of 0%, 10%, 20% and 30% styrofoam mixture at the age of 28 days, respectively, is 74,87 kg/cm², 42,28 kg/cm², 44,28 kg/cm² and 35,45 kg/cm². The average flexural strength of concrete bricks with variations of 0%, 10%, 20% and 30% styrofoam mixtures at the age of 28 days, respectively, is 1,204 N/mm², 0,473 N/mm², 0,705 N/mm² and 0,962 N/mm².

Keywords: concrete brick, compressive strength, flexural strength, filling weight

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk Indonesia dari tahun 2010 – 2020 sebesar 1,25%. Jumlah penduduk di provinsi DKI Jakarta pada tahun 2020 berjumlah 10.562.088 jiwa. Menjadikan DKI Jakarta berada di urutan ke- 6 dengan jumlah penduduk terbanyak per provinsi yang ada di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2021). Pertumbuhan penduduk tersebut akan berpengaruh terhadap jumlah rumah atau tempat tinggal yang menjadi kebutuhan primer manusia saat ini. Rumah atau tempat tinggal tersebut menggunakan berbagai material bangunan yang beraneka ragam untuk material lantai, dinding dan atap. Berdasarkan statistik bahan bangunan utama dinding rumah terluas di provinsi DKI Jakarta, 96,04% sudah menggunakan tembok yang material utamanya menggunakan bata sebagai pasangan dinding, 3,2% masih menggunakan kayu, 0,2% menggunakan plesteran anyaman bambu atau kawat, 0,07% menggunakan bambu atau anyaman bambu dan 0,49% menggunakan bahan material bangunan lainnya (Badan Pusat Statistik DKI Jakarta, 2020b).

Jumlah penduduk yang banyak membuat Kota Jakarta menghasilkan jumlah sampah yang banyak pula setiap harinya. Berdasarkan statistik Provinsi DKI Jakarta dalam angka, bagian sosial dan kesejahteraan rakyat yang dirilis tahun 2020 oleh Badan Pusat Statistika Provinsi DKI Jakarta, menunjukkan bahwa volume sampah yang berhasil terangkut per harinya pada tahun 2019 sebanyak 7702,07 ton sampah (Badan Pusat Statistik DKI Jakarta, 2020a). Persentase komposisi sampah di DKI Jakarta pada tahun 2016-2018 menunjukkan bahwa sampah organik berada pada urutan pertama dengan 53,75%, sampah kertas sebesar 14,92%, plastik berada pada urutan ketiga dengan 14,02%, sisanya merupakan komposisi sampah lainnya seperti kayu, kain, karet, logam, kaca, baterai dan lain sebagainya.

Berdasarkan SNI-15-2094-2000, bata merah pejal yang biasa digunakan untuk pasangan dinding merupakan bahan bangunan yang berbentuk prisma segi empat panjang, ukuran pejal atau lubang pada bata merah maksimal memiliki volume 15%. Bahan yang digunakan terbuat dari tanah liat yang dibakar pada suhu tertentu. Sedangkan menurut SNI-03-0349-1989, bata beton merupakan material bangunan berbentuk bata dengan bahan utama semen portland, air dan agregat. Dari permasalahan yang ada, lahir inovasi yang dapat dikembangkan dan diteliti lebih lanjut terkait campuran material lain untuk pembuatan bata beton yang dinilai lebih ramah lingkungan. Salah satu inovasi tersebut, yaitu bata beton dengan campuran *styrofoam* untuk pasangan dinding.

Styrofoam merupakan nama dagang dari *polystyrene* atau *poli (feniletana)* (Anugraha & Mustaza, 2010). *Styrofoam* dikenal juga sebagai *expanded polystyrene* atau yang umum dikenal oleh masyarakat, yaitu gabus putih yang biasa digunakan untuk pembungkus barang-barang elektronik. *Polystyrene* dihasilkan oleh *styrene* dengan rumus kimia $C_6H_6CH_2$ yang memiliki gugus *phenyl* atau enam cincin karbon. *Styrofoam* dibuat dari pembentukan *polystyrene* dari *styrene* yang kemudian, dihembuskan udara ke dalam *polystyrene* menggunakan *cloro fluoro carbon* atau CFC sebagai *blowing agent* (Mizwar et al., 2012). Bahan pembuatan *styrofoam* menggunakan plastik jenis *Polystyrene*.

Styrofoam berasal dari zat *polystyrene* yang dikombinasikan dengan gelembung udara sehingga menjadi mengembang dan hasilnya menjadi ringan seperti busa, *styrofoam* hanya memiliki berat volume berkisar 13 – 16 kg/m³ (Mediyanto & Rahmayanti, 2019). *Polystyrene* memiliki karakteristik menginsulasi panas, kaku, tahan air, tahan benturan, ringan dan kedap udara. Pada umumnya berwarna putih dan akan larut jika dicampur dengan larutan kimia seperti *eter*, *hidrokarbon aromatic*

Uji Kuat Tekan... (Ega/ hal. 18-25)

dan *chlorinated hydrocarbon* (Mulyati & Asrillina, 2018). Plastik sendiri merupakan jenis limbah yang sulit terurai dan jumlah limbah plastik di DKI Jakarta sebesar 14,02%. *Styrofoam* merupakan salah satu limbah plastik tersebut. Dengan mengolah *styrofoam* menjadi campuran dari pembuatan bata beton, maka upaya ini akan mengurangi dan dapat memanfaatkan kembali limbah *styrofoam* tersebut.

Penambahan campuran *styrofoam* pada bata beton akan membuatnya menjadi lebih ringan. Hal ini disebut pula sebagai bata beton ringan. Bata beton ringan memiliki dua jenis kategori, yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) yang proses pengeringannya menggunakan oven autoklaf bertekanan tinggi. Sedangkan jenis *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) proses pengeringannya secara alami tanpa bantuan oven. Proses pembuatan bata beton ringan dari kedua jenis tersebut, yaitu dengan menambahkan gelembung udara ke dalam mortar (Oktaviani et al., 2015). Campuran *styrofoam* dalam bata beton dianggap sebagai udara yang terjebak. Penambahan campuran *styrofoam* mampu meningkatkan kekuatan tarik dibandingkan rongga udara dalam beton berongga (Sujatmiko & Nizarsyah, 2017).

Bata beton *styrofoam* yang akan dibuat dalam penelitian ini memiliki inovasi seperti material panel dinding EPS (*expanded polystyrene*). Panel dinding merupakan bahan lembaran konstruksi yang disusun dengan suatu pengikat atau rangka yang dapat membentuk sebuah dinding. Panel dinding memiliki fungsi sebagai komponen struktural maupun non struktural yang berbentuk lembaran kecil atau besar (Maryani et al., 2019). Inovasi yang dikembangkan pada bata beton *styrofoam* di dalam penelitian ini, yaitu menggunakan lapisan lembaran kalsium silikat pada sisi depan dan belakang dari bata beton *styrofoam*. penggunaan lembaran kalsium silikat dalam dinding panel beton EPS akan meningkatkan kuat tekan dibandingkan dengan yang tidak

menggunakan perkuatan lembaran kalsium silikat (Al Zakina et al., 2019). Lembaran atau papan kalsium silikat terbuat dari bahan semen *portland*, pasir kuarsa atau silika dan serat selulosa (Adi, 2015).

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan ukuran benda uji panjang 390 mm, lebar 90 mm dan tebal 100 mm yang akan dibuat dengan mencampurkan butiran limbah *styrofoam* dengan variasi campuran persentase terhadap volume pasir sebesar 0%, 10%, 20% dan 30%. Populasi dalam penelitian ini, yaitu benda uji bata beton dengan ukuran panjang 390 mm, lebar 90 mm dan tebal 100 mm menggunakan 4 variasi campuran persentase butiran limbah *styrofoam* dengan masing-masing persentase untuk pengujian kuat tekan sebanyak 5 sampel, kuat lentur 3 sampel dan bobot isi 2 sampel. Pengujian sampel pada penelitian ini berjumlah 20 sampel untuk pengujian kuat tekan, 12 sampel untuk pengujian kuat lentur dan 8 sampel untuk pengujian bobot isi. Pengujian bata beton dilakukan pada umur 28 hari. Berikut ini tabel rincian benda uji masing-masing variasi persentase.

Prosedur pengujian dimensi dan kuat tekan bata beton menggunakan acuan dari SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton Untuk Pasangan Dinding. Prosedur pengujian bobot isi dan kuat lentur bata beton menggunakan acuan dari SNI 03-2156-1991 tentang Blok Beton Ringan Bergelembung Udara (*Aerated*) dengan Proses Otoklaf.

Tabel 1. Sampel Benda Uji

No.	Ukuran Benda Uji	Persentase Styrofoam	Jumlah Sampel Bata Beton Umur 28 hari			Jumlah Sampel
			Pengujian Kuat Tekan	Pengujian Kuat Lentur	Pengujian Bobot Isi	
1	Balok dengan ukuran 390 mm x 90 mm x 100 mm	0%	5	3	2	10
2		10%	5	3	2	10
3		20%	5	3	2	10
4		30%	5	3	2	10
Total Sampel						40

Perencanaan proporsi campuran pada penelitian ini dibuat dengan komposisi adukan dengan perbandingan semen dan pasir, yaitu 1 : 2 yang selanjutnya dikonversikan ke dalam perbandingan volume. *Styrofoam* yang digunakan menjadi bahan tambah bata beton dengan variasi campuran 0%, 10%, 20% dan 30% terhadap volume pasir yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan faktor air semen sebesar 0,4.

Tabel 2. Proporsi Bahan Campuran Bata Beton Setiap m³

No.	Persentase Styrofoam	Komposisi Campuran Bata Beton (kg)				Berat Bata Beton (kg)
		Semen	Pasir	Styrofoam	Air	
1	0%	588,50	1313,00	0	235,4	2136,90
2	10%	588,50	1181,70	2,37	235,4	2007,97
3	20%	588,50	1050,40	4,74	235,4	1879,04
4	30%	588,50	919,10	7,11	235,4	1750,11

Tabel 3. Proporsi Bahan Campuran Bata Beton Untuk 10 Sampel

No.	Persentase Styrofoam	Komposisi Campuran Bata Beton (kg)				Jumlah Sampel
		Semen	Pasir	Styrofoam	Air	
1	0%	19,00	42,40	0,000	7,60	10
2	10%	19,00	38,16	0,077	7,60	10
3	20%	19,00	33,92	0,153	7,60	10
4	30%	19,00	29,68	0,230	7,60	10
Total		76,02	144,16	0,46	30,41	40

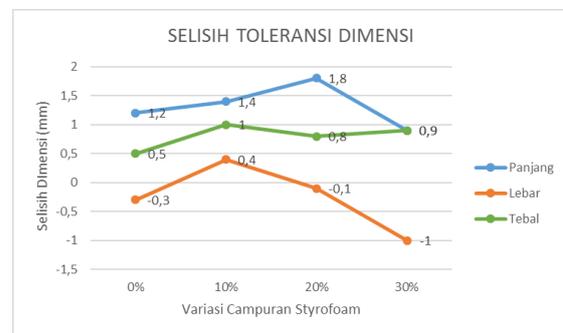
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Dimensi

Berdasarkan hasil pengujian dimensi bata beton yang telah dilakukan maka dapat diketahui bahwa selisih dimensi panjang bata beton pada variasi campuran *styrofoam* 0%, 10%, 20% dan 30% secara berturut-turut adalah 1,2 mm, 1,4mm, 1,8mm dan 0,9 mm. Selisih dimensi lebar bata beton pada persentase 0%, 10%, 20% dan 30% secara berturut-turut adalah -0,3 mm, 0,4 mm, -0,1 mm dan -1 mm. Sedangkan selisih dimensi tebal bata beton pada persentase 0%, 10%, 20% dan 30% secara berturut-

turut adalah 0,5 mm, 1 mm, 0,8 mm dan 0,9 mm.

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 diketahui bahwa syarat selisih dimensi panjang adalah +3 mm dan -5 mm, sedangkan lebar dan tebal memiliki syarat selisih dimensi sebesar ±2 mm. Maka dalam hasil pengujian dimensi bata beton dengan variasi campuran *styrofoam* 0%, 10%, 20% dan 30% telah memenuhi syarat dimensi panjang, lebar dan tebal bata beton yang telah ditetapkan pada SNI 03-0349-1989. Grafik selisih toleransi dimensi dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Selisih Toleransi Dimensi

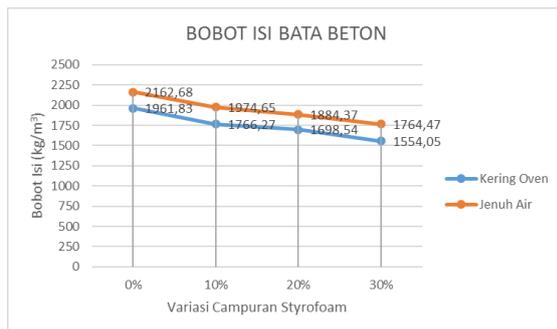
b. Bobot Isi

Berdasarkan hasil pengujian bobot isi bata beton maka dapat diketahui bahwa bobot isi bata beton dengan variasi campuran *styrofoam* 0%, 10%, 20% dan 30% dalam keadaan kering oven secara berturut-turut sebesar 1961,83 kg/m³, 1766,27 kg/m³, 1698,54 kg/m³ dan 1554,04 kg/m³. Sedangkan bobot isi dalam keadaan jenuh air pada variasi campuran *styrofoam* 0%, 10%, 20% dan 30% secara berturut-turut sebesar 2162,68 kg/m³, 1974,65 kg/m³, 1884,37 kg/m³ dan 1764,47 kg/m³. Dari hasil pengujian tersebut maka semakin besar campuran *styrofoam* yang digunakan, menjadikan bobot isi bata beton dalam keadaan kering oven maupun jenuh air akan menjadi lebih ringan.

Berdasarkan SNI 03-2156-1991 diketahui bahwa syarat bata beton ringan dengan bobot isi keadaan kering oven maksimum 800 kg/m³ sedangkan dalam keadaan jenuh air maksimum 1250 kg/m³.

Uji Kuat Tekan... (Ega/ hal. 18-25)

Maka hasil pengujian bobot isi bata beton dengan campuran variasi *styrofoam* 0%, 10%, 20% dan 30% tidak memenuhi syarat yang ditetapkan pada bobot isi keadaan kering oven maupun jenuh air. Pada pengujian ini diketahui bahwa campuran *styrofoam* dapat membuat benda uji lebih ringan dibandingkan dengan yang tidak menggunakan campuran *styrofoam*. Grafik bobot isi bata beton dapat dilihat pada gambar 2.

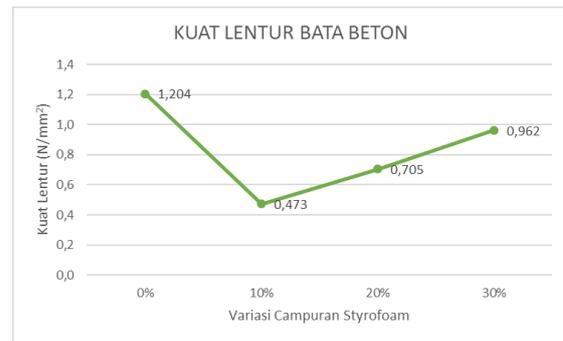


Gambar 2. Bobot Isi Rata-Rata

c. Kuat Lentur

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur bata beton maka dapat diketahui bahwa kuat lentur bata beton dengan variasi campuran *styrofoam* 0%, 10%, 20% dan 30% berturut-turut sebesar 1,204 N/mm², 0,473 N/mm², 0,705 N/mm², 0,962 N/mm². Penggunaan campuran *styrofoam* yang menghasilkan kuat lentur maksimum didapat pada persentase variasi 30% sebesar 0,962 N/mm².

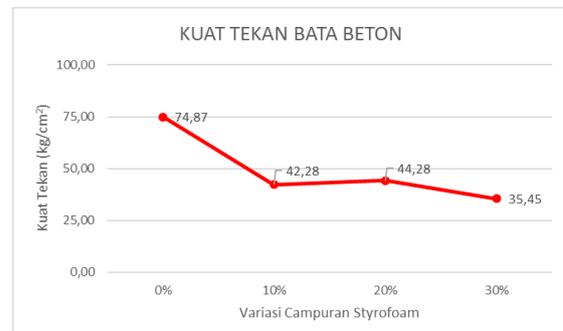
Berdasarkan SNI 03-2156-1991 diketahui bahwa syarat kuat lentur pada bata beton dalam keadaan individu sebesar 0,55 N/mm² dan dalam keadaan rata-rata sebesar 0,65 N/mm². Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur, bata beton yang menggunakan campuran *styrofoam* pada persentase 20% dan 30% telah memenuhi syarat kuat lentur rata-rata yang ditetapkan dengan hasil kuat lentur sebesar 0,705 N/mm² dan 0,962 N/mm². Bata beton dengan persentase campuran *styrofoam* 10% dengan nilai kuat lentur sebesar 0,473 N/mm² tidak memenuhi standar yang ditetapkan pada SNI 03-2156-1991.



Gambar 3. Kuat Lentur Rata-Rata

d. Kuat Tekan

Benda uji yang telah berumur 28 hari dilakukan pengujian kuat tekan bata beton dengan masing-masing variasi campuran *styrofoam* 0%, 10%, 20% dan 30% berjumlah 5 buah benda uji utuh dan total keseluruhan 20 buah benda uji. Benda uji dimasukkan dalam air rendaman selama 24 jam. Kemudian, benda uji dilakukan *capping* atau menerap permukaan bata beton menggunakan adukan semen dengan ketebalan 3 mm sehingga permukaan menjadi rata.



Gambar 4. Kuat Tekan Rata-Rata

Benda uji dilakukan pengujian kuat tekan ketika *capping* sudah berumur 2 – 3 hari. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bata beton maka dapat diketahui bahwa kuat tekan bata beton dengan variasi campuran *styrofoam* 0%, 10%, 20% dan 30% berturut-turut sebesar 74,87 kg/cm², 42,28 kg/cm², 44,28 kg/cm² dan 35,45 kg/cm². Penggunaan campuran *styrofoam* yang menghasilkan kuat tekan maksimum didapat pada persentase variasi 20% sebesar 44,28 kg/cm².

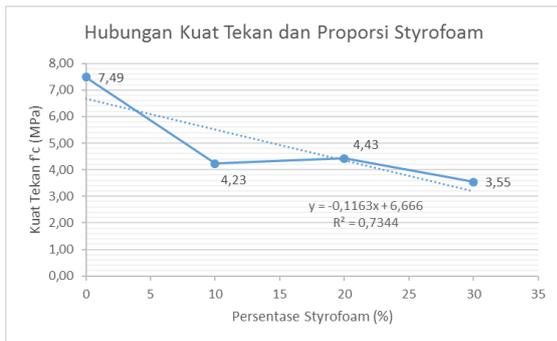
Berdasarkan SNI 03-0349-1989, mutu bata beton dengan variasi campuran styrofoam 0% adalah Mutu 2, persentase 10% dan 20% adalah Mutu 3 serta 30% adalah Mutu 4.

e. Hubungan Kuat Tekan dan Proporsi Styrofoam

Hubungan antara nilai kuat tekan dengan persentase styrofoam yang digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus ditunjukkan pada gambar 5. Dari grafik yang ditunjukkan dapat diketahui bahwa semakin besar penambahan persentase styrofoam yang digunakan sebagai bahan pengganti pasir, maka semakin kecil nilai kuat tekan yang akan dihasilkan. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,733 menunjukkan bahwa korelasi tinggi antara hubungan kuat tekan dan proporsi styrofoam. Hubungan kuat tekan dengan proporsi styrofoam sebagai bahan pengganti agregat halus dapat diketahui rumus empiris dari hasil persamaan linear yang didapat dari analisis regresi melalui program Microsoft Excel.

Rumus Empiris:

$$f'c = (-0,1163 \times \%Styrofoam) + 6,666$$



Gambar 2. Hubungan Kuat Tekan dan Proporsi Styrofoam

f. Hubungan Kuat Lentur dan Kuat Tekan

Hubungan kuat lentur dan kuat tekan berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, menetapkan nilai modulus keruntuhan lentur untuk beton

normal sebesar $0,7\sqrt{f'c}$. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa persentase campuran yang menggunakan styrofoam semakin besar maka semakin tinggi nilai kuat lentur yang dihasilkan. Hubungan antara nilai kuat lentur dengan kuat tekan ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Kuat Lentur dan Kuat Tekan

Dari grafik yang ditunjukkan dapat diketahui bahwa hasil regresi linear menyatakan semakin besar nilai kuat tekan maka semakin besar nilai kuat lentur yang dihasilkan dan sebaliknya. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,4283 menunjukkan bahwa korelasi sedang antara hubungan kuat lentur dan kuat tekan. Hubungan kuat lentur dengan kuat tekan dapat diketahui rumus empiris dari hasil persamaan linear yang didapat dari analisis regresi melalui program Microsoft Excel.

Rumus Empiris:

$$fr = (0,1181 \sqrt{f'c}) + 0,2545$$

g. Keterbatasan Penelitian

Berdasarkan pada kondisi di lapangan selama pelaksanaan penelitian bata beton dengan campuran styrofoam terdapat beberapa keterbatasan yang terjadi seiring dengan masih adanya pandemi Covid-19 yang membatasi kegiatan masyarakat di luar rumah. Adapun keterbatasan yang terjadi pada penelitian ini adalah tempat pembuatan benda uji dilakukan di rumah peneliti dengan peralatan yang kurang optimum. Pada saat pencampuran bahan-

Uji Kuat Tekan... (Ega/ hal. 18-25)

bahan dilakukan secara manual tanpa menggunakan mesin. Pemotongan papan kalsium silikat tidak menggunakan mesin sehingga sulit meratakan sisi yang telah terpotong serta hasil pemotongan kurang maksimal. Dalam keterbatasan yang terjadi, peneliti berusaha untuk melaksanakan penelitian sebaik mungkin.

SIMPULAN

Berdasarkan pelaksanaan penelitian dalam memperoleh hasil pengujian bata beton dengan variasi campuran *styrofoam* sebagai bahan pengganti agregat halus dengan persentase 0%, 10%, 20% dan 30%, maka dapat disimpulkan hasil pengujian sebagai berikut:

1. Bata beton dengan variasi campuran *styrofoam* 0%, 10%, 20% dan 30% berhasil dibuat sesuai dengan syarat dimensi panjang, lebar dan tebal pada SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.
2. Nilai bobot isi dalam keadaan kering oven dan jenuh air memiliki grafik yang terus menurun sesuai dengan pertambahan persentase campuran *styrofoam*. Bobot isi paling ringan diperoleh pada persentase 30% dengan rata-rata bobot isi keadaan kering oven sebesar 1554,04 kg/m³ dan kondisi jenuh air sebesar 1764,47 kg/m³. Penggunaan *styrofoam* sebagai bahan pengganti agregat halus dapat membuat bata beton menjadi lebih ringan.
3. Bata beton dengan variasi campuran *styrofoam* 0%, 10%, 20% dan 30% yang telah berhasil dibuat tidak termasuk dalam bata beton ringan sesuai syarat dari SNI 03-2156-1991 tentang blok beton ringan bergelembung udara (*aerated*) dengan proses otoklaf, meskipun ada penurunan bobot isi. Bobot isi yang disyaratkan dalam keadaan kering oven maksimum 800 kg/m³

dan keadaan jenuh air maksimum 1250 kg/m³.

4. Kuat lentur optimum didapat pada bata beton dengan campuran *styrofoam* pada variasi persentase 30% dengan rata-rata kuat lentur sebesar 0,962 N/mm² dan sesuai dengan syarat kuat lentur rata-rata pada SNI 03-2156-1991 tentang blok beton ringan bergelembung udara (*aerated*) dengan proses otoklaf.
5. Kuat tekan optimum didapat pada bata beton dengan campuran *styrofoam* pada variasi persentase 20% dengan rata-rata kuat tekan sebesar 44,28 kg/cm² dan termasuk ke dalam Mutu 3 pada SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, P. (2015). Upaya Pengendalian Persediaan Bahan Baku Pasir Silika Menggunakan Metode. *Jurnal GEMA AKTUALITA*, 4(1), 17–22.
- Al Zakina, B. L., Saputra, A., & Awaludin, A. (2019). Kuat Tekan Vertikal Dinding Panel Beton Expanded Polystyrene dengan Perkuatan Papan Kalsium Silikat dan Penyambung Geser Baut. *Semesta Teknika*, 22(2), 168–175.
<https://doi.org/10.18196/st.222248>
- Anugraha, R. B., & Mustaza, S. (2010). Beton Ringan dari Campuran Styrofoam dan Serbuk Gergaji dengan Semen Portland 250, 300 dan 350 kg/m³. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 8(2), 57.
<https://doi.org/10.12962/j12345678.v8i2.2722>
- Badan Pusat Statistik. (2021, January 21). *Hasil Sensus Penduduk Indonesia 2020*. 1–12. <https://www.bps.go.id>
- Badan Pusat Statistik DKI Jakarta. (2020a, April). *Provinsi DKI Jakarta Dalam*

- Angka 2020*. <https://jakarta.bps.go.id>
- Badan Pusat Statistik DKI Jakarta. (2020b, December). *Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi DKI Jakarta 2020*. <https://jakarta.bps.go.id>
- Badan Standarisasi Nasional. (1989). SNI 03-0349-1989 : Bata Beton Untuk Pasangan Dinding. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (1991). SNI 03-2156-1991 : Blok Beton Ringan Bergelembung Udara (Aerated) Dengan Proses Otoklaf.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). SNI 15-2094-2000 : Bata Merah Pejal Untuk Pasangan Dinding. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 03-2847-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Maryani, D., Saputra, A., & Triwiyono, A. (2019). Kuat Tekan Panel Dinding Beton Ringan Expanded Polystyrene Dengan Lapis Luar Papan Kalsium Silikat. *Teknisia*, XXIV(1), 1–10. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol24.iss1.art1>
- Mediyanto, D. A., & Rahmayanti, N. (2019). Pengaruh Penambahan SikaFume Pada Formulasi Campuran Batako Styrofoam Terhadap Berat Volume , Penyerapan Air dan Kuat Tekan. *Civil Engineering and Environmental Symposium*, 1–6.
- Mizwar, A., Agustini, E., Samudra, G., & Auliannoor, M. (2012). Pemanfaatan Lumpur Marmer, Limbah Styrofoam dan Abu Layang Batubara untuk Pembuatan Bata Beton Berlubang. *Jurnal INTEKNA, Tahun XII(1)*, 10–16.
- Mulyati, & Asrillina, R. (2018). Pengaruh Penggunaan Styrofoam Sebagai Pengganti Pasir Dan Zat Additive Sikament Terhadap Kuat Tekan Bata Beton Ringan. *Jurnal Momentum*, 20(2), 110–116. <https://doi.org/10.21063/JM.2018.V20.2.110-116>
- Oktaviani, P., Abrar, A., & Fadli, W. (2015). Studi Eksperimental Pembuatan Batu Bata Ringan Dengan Memakai Additive Foam Agent. *Prosiding 2nd Andalas Civil Engineering National Conference*, 139–145.
- Sujatmiko, B., & Nizarsyah, F. (2017). Analisis Pemanfaatan Bahan Limbah Pada Campuran Batako Ditinjau Terhadap Kekuatan dan Biaya. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Dr Soetomo*, 13–20. <https://ejournal.unitomo.ac.id>