

KAJIAN AWAL INOVASI BATAKO RINGAN DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK KAYU DAN SILIKA FUME

Jafar¹, Anggit Mas Arifudin¹, Novi Rahmayanti¹, Yulianto P. Prihatmaji², Noor Cholis Idham², Etik Mufida²

¹ Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
Email: jafar@uii.ac.id, anggit.mas@uii.ac.id, novi.rahmayanti@uii.ac.id

² Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
Email: prihatmaji@uii.ac.id, noor.idham@uii.ac.id, etik.mufida@uii.ac.id

ABSTRACT

Concrete block is one of the most popular wall materials used in Indonesia. Concrete block is preferred because it is easy to find/make and relatively inexpensive. However, concrete block has a large density, which is around 2000 kg/m³ – 2200 kg/m³. In fact, from the perspective of earthquake-resistant buildings, the use of lightweight materials is highly recommended to reduce earthquake loads. This study attempted to get the proportion of a mixture of concrete block that is classified as light concrete block, which is below or equals 1400 kg/m³ but still meets the requirements written in SNI 03-0348-1989. To reduce the density of the concrete block, in this study, sawdust was added as an additional material. Wood sawdust is a waste of wood cutting which has a light weight and abundantly not utilized. A series of laboratory tests were conducted to obtain the compressive strength, density, and water absorption of the concrete block. Based on the results of laboratory tests, the optimum proportion was obtained in the sample Variation 6B, which is 24.78 kg/cm², the density is 1556 kg/m³, and the water absorption is 12.5%. In this variation, the value of compressive strength and water absorption has complied with SNI 03-0348-1989 but the volume weight still exceeds 1400 kg/m³.

Keywords: Concrete Block, Lightweight, Sawdust, Silica Fume

LATAR BELAKANG

Penyediaan rumah menjadi salah satu bagian penting dalam majunya sebuah negara. Rumah menjadi pilar tumbuh kembangnya keluarga yang baik dari sisi kesejahteraan, kesehatan hingga aspek sosial. Kementerian Perkerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui Direktorat Jenderal Pembiayaan Perumahan memperkirakan angka kebutuhan rumah di Indonesia mencapai 30 juta unit hingga tahun 2025 atau 1,2 juta unit per tahun (Fadhilah Hasib et al., 2019).

Pembangunan rumah tinggal di Indonesia memerlukan perhatian khusus dari sisi ketahanan gempa mengingat sebagian besar wilayah Indonesia merupakan wilayah yang rawan terhadap ancaman gempa. Letak

geografis Indonesia yang berada di antara pertemuan lempeng-lempeng tektonik dunia menjadi penyebab tingginya aktivitas seismik di sekitar 2/3 wilayah Indonesia (IUDMP, 2001) yang berujung pada banyaknya kejadian gempa di Indonesia.

Dalam beberapa dekade terakhir, Indonesia telah mengalami berbagai kejadian gempa yang menyebabkan kerugian, kerusakan, bahkan korban jiwa. Menurut CFE-DMHA (2015), antara tahun 1980 sampai dengan 2015, 5 kejadian bencana yang menyebabkan korban jiwa terbanyak di Indonesia adalah Gempa dan Tsunami kemudian disusul oleh epidemic dan banjir. Dalam penelitian berbeda, yang dilakukan oleh Spence (2004), ditemukan fakta bahwa korban jiwa terbanyak dalam kejadian

gempa bumi disebabkan oleh reruntuhan bangunan. Nilai persentasenya mencapai 75%. Artinya, korban jiwa dalam kejadian gempa terbanyak diakibatkan oleh bangunan yang tidak memiliki ketahanan gempa yang rusak kemudian menimpa penghuni di dalamnya. Oleh karena itu, perhatian atas ketahanan gempa sebuah bangunan, khususnya rumah tinggal, sangat diperlukan.

Salah satu komponen yang berperan dalam ketahanan gempa pada bangunan rumah sederhana yang perlu diperhatikan adalah dinding. Dinding pada bangunan rumah tinggal sederhana memiliki peranan yang sangat penting karena selain berfungsi sebagai pemisah ruangan, ia juga berkontribusi untuk menopang beban. Apabila dinding pada bangunan rumah sederhana dihilangkan, bangunan bisa mengalami keruntuhan (Sarwidi & Jafar, 2021).

Ada beberapa jenis material penyusun dinding yang umum digunakan saat ini, yakni bata merah, batako, bata ringan, dan *sandwich panel*. Penelitian ini fokus pada batako mengingat penggunaan batako di Indonesia sangat populer (Winarno, 2021). Inovasi batako telah banyak dilakukan. Beberapa contohnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Daulay (2021), Taufieq et al. (2021), Teguh et al. (2017), dan Winarno (2021). Penelitian ini mencoba melengkapi penelitian terdahulu yang sudah pernah dilakukan.

Batako menjadi salah satu komponen penyusun dinding karena memiliki beberapa kelebihan di antaranya adalah mudah didapatkan/dibuat; ukurannya umumnya lebih besar dibandingkan dengan bata merah sehingga membutuhkan jumlah yang lebih sedikit serta pemasangan lebih cepat; dan harganya relative terjangkau. Namun demikian, batako memiliki kekurangan yakni membutuhkan proses pengerasan yang cukup lama (28 hari) serta bobot yang relative berat. Padahal, apabila ditinjau dari aspek bangunan tahan gempa, sebisa

mungkin berat sendiri bangunan dibuat ringan mungkin agar beban gempa menjadi lebih kecil.

Di sisi lain, Indonesia memiliki tantangan dalam pemanfaatan limbah penggergajian kayu. Limbah ini tergolong limbah organik yang dapat dijumpai di industri pengrajin kayu. Selama ini, limbah kayu masih banyak menimbulkan masalah dalam penanganannya yaitu dibiarkan membusuk, ditumpuk, dan dibakar yang kesemuanya memberikan dampak negatif pada lingkungan. Namun demikian, serbuk kayu ini juga menyimpan potensi untuk dapat digunakan sebagai material penyusun batako komposit yang memiliki nilai jual dan tentunya memiliki manfaat.

Pemanfaatan serbuk kayu sebagai bahan tambah dalam pembuatan batako setidaknya memiliki 2 keunggulan. Yang pertama, pemanfaatan bahan limbah serbuk kayu ini sebagai komponen penyusun dinding membantu mengurangi potensi limbah ini dibakar atau dibiarkan membusuk di lingkungan sekitar. Artinya, batako yang dihasilkan dari pencampuran limbah serbuk kayu ini akan menjadi material yang ramah lingkungan atau Eco-Architecture (Nurmaidah & Purba, 2017). Yang kedua, penambahan serbuk kayu memungkinkan berat volume batako menjadi lebih kecil dimana ini sangat efektif untuk menurunkan beban gempa. Namun demikian, penambahan serbuk kayu ke dalam campuran batako juga dapat menurunkan kuat desaknya (Daulay, 2021). Untuk mengantisipasi penurunan kuat desak, Silica Fume ditambahkan dalam campuran batako. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini mencoba untuk mendapatkan proporsi campuran batako yang memiliki berat volume rendah namun memiliki kuat desak dan penyerapan air yang memenuhi persyaratan yang berlaku dengan penambahan serbuk kayu dan silika fume.

TINJAUAN PUSTAKA

Batako

Batako atau bata beton merupakan komponen penyusun dinding bangunan. Batako umumnya terbuat dari semen portland, agregat, dan air. Semen Portland berperan sebagai pasta pengikat setelah bereaksi dengan air. Pasta semen ini kemudian mengikat agregat dan juga mengisi rongga di dalam beton.

Batako dibedakan menjadi 2 jenis yakni batako pejal dan batako berrongga. Batako pejal adalah batako yang memiliki penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya. Selain itu, batako jenis ini juga memiliki volume pejal lebih dari 75% volume bata seluruhnya. Batako berrongga adalah batako yang memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih dari 25% volume bata seluruhnya. Di Indonesia, terdapat peraturan yang mengatur tentang klasifikasi, syarat mutu, tata cara peengujian, serta syarat lulus uji batako yakni SNI 03-0349-1989. Ukuran batako yang umum dijumpai di pasaran adalah tebal 9-10 cm, tinggi 18-20 cm dan Panjang 36-40 cm.

Di dalam SNI 03-0349-1989 batako, baik pejal maupun berrongga, dikelompokkan ke dalam 4 kategori mutu yakni kelas mutu I sampai dengan IV. Syarat untuk tiap jenis batako dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Serbuk Kayu

Serbuk kayu merupakan material sisa (*waste material*) penggergajian kayu yang selama ini jarang dimanfaatkan. Serbuk kayu adalah kayu halus yang terpisah dan ukuran partikelnya cukup kecil ukurannya sekitar 0,25 mm – 2,00 mm (Purba & Lubis, 2018). Selama ini limbah kayu menimbulkan masalah dalam penanganannya yaitu dibiarkan membusuk, ditumpuk, dan dibakar yang kesemuanya memberikan dampak

negatif pada lingkungan. Namun demikian, serbuk kayu ini juga menyimpan potensi untuk dapat digunakan sebagai material penyusun batako komposit yang memiliki nilai jual dan tentunya memiliki manfaat.

Tabel 1. Syarat Fisis Batako Pejal

Syarat Fisis	Kelas Mutu			
	I	II	III	IV
Kuat Tekan rerata (kg/cm ²)	100	70	40	25
Kuat tekan per unit (kg/cm ²)	90	65	35	21
Penyerapan air rerata (%)	25	35	-	-

Tabel 2. Syarat Fisis Batako Berrongga

Syarat Fisis	Kelas Mutu			
	I	II	III	IV
Kuat Tekan rerata (kg/cm ²)	70	50	35	20
Kuat tekan per unit (kg/cm ²)	65	45	30	17
Penyerapan air rerata (%)	25	35	-	-

Di Yogyakarta, terdapat sekitar 7 ton limbah serbuk kayu yang dihasilkan dari 38 perusahaan penggergajian kayu setiap harinya (Sutopo & Amrullah, 2015). Jumlah yang melimpah ini memerlukan perhatian khusus. Penggunaan limbah serbuk kayu menjadi barang lain yang memiliki manfaat tentu dapat menjaga lingkungan sekitar dari limbah tak terpakai.

Silica Fume

Silica fume (SF) adalah bagian dari campuran mineral berupa material pozzolan halus, dimana kandungan silika di dalamnya lebih banyak. SF pada campuran beton

memiliki 2 peran yakni sebagai pengisi dan juga sebagai pozzolan yang bereaksi secara kimia (Hapsari & Safitri, 2017). SF juga dikenal sebagai mikrosilika, silika volatilisasi, dan *Silica Fume* terkondensasi atau debu silika. Karena butirannya sangat halus dan kandungan silikanya yang tinggi, SF dikenal sebagai sebagai bahan pozzolan yang sesuai dengan spesifikasi ASTM C1240 untuk digunakan sebagai bahan tambahan semen dalam mortar semen dan beton untuk meningkatkan sifat mekanik dan daya tahan (Siddique & Kunal, 2016).

Partikel SF berukuran sangat kecil. Bentuknya seperti bubuk berwarna abu-abu dengan lebih dari 95% partikel halus berukuran 1 μm . Berat jenis SF umumnya berada di kisaran 2,2 – 2,5 (lebih kecil dibandingkan dengan berat jenis semen Portland). Adapun berat volumenya ada dikisaran 130 – 430 kg/m^3 .

Dengan ukuran partikel yang sangat halus, SF mampu mengisi rongga yang ada dalam beton sehingga menjadi lebih rapat. Dampaknya, kuat desak dan impermeabilitasnya meningkat. Di samping itu, SiO_2 dalam SF bereaksi dengan Ca(OH)_2 yang merupakan bahan sisa dari hasil hidrasi semen, menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH). Kalsium silikat hidrat ini sama seperti yang dihasilkan oleh hidrasi semen yang memberikan kekuatan pada beton kerasnya. Reaksi tersebut tersebar di seluruh beton termasuk pada rongga-rongga yang terdapat dalam campuran beton sehingga menambah kekuatan lekatan antara agregat dan pasta semen.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Benda Uji

Benda uji berupa batako dibuat di Pusat Inovasi Material Vulkanik Merapi (PIMVM) di bawah naungan Universitas Islam Indonesia. Batako yang dibuat merupakan batako berrongga dengan ukuran tebal x panjang x tinggi 10 x 36 x 20 cm dan persentase rongga sebesar 30% dari luas penampangnya. Terdapat total 7 variasi campuran yang dibuat dalam penelitian ini dimana masing-masing variasi memiliki perbedaan volume dalam penggunaan serbuk kayu dan juga *Silica fume*. Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah sebagai berikut (lihat Tabel 3. Proporsi untuk masing-masing variasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Spesifikasi Material yang Digunakan

Material	Spesifikasi
Semen	Semen Tiga Roda PIMVM
Pasir	Pasir Merapi
Serbuk Kayu	Serbuk penggergajian kayu jadi di wilayah Sleman
Silica Fume	Sika Fume

Setelah dibuat, benda uji tidak boleh dipindahkan sebelum mencapai usia 7 hari. Selama masa perawatan, benda uji harus diletakkan di udara ruang yang berkisar antara $24 \pm 8^\circ\text{C}$ dengan kadar kelembapan antara 25 hingga 75% selama kurang lebih 28 hari.

Pengujian

Tiga parameter penting diperiksa dalam penelitian ini, yaitu kuat tekan, berat volume, dan penyerapan air batako. Setelah

Tabel 4. Proporsi campuran batako

Variasi	Campuran	Semen Portland*	Serbuk Kayu*	Pasir*	Silica Fume**
Variasi Normal	N	1	0	8	0
Variasi 1	A	1	4	8	0
	B	1	5	8	0
	C	1	6	8	0
	D	1	7	8	0
	E	1	8	8	0
Variasi 2	A	1	4	8	2.5
	B	1	5	8	2.5
	C	1	6	8	2.5
	D	1	7	8	2.5
	E	1	8	8	2.5
Variasi 3	A	1	4	8	5.0
	B	1	5	8	5.0
	C	1	6	8	5.0
	D	1	7	8	5.0
	E	1	8	8	5.0
Variasi 4	A	1	4	8	7.5
	B	1	5	8	7.5
	C	1	6	8	7.5
	D	1	7	8	7.5
	E	1	8	8	7.5
Variasi 5	A	1	4	8	10.0
	B	1	5	8	10.0
	C	1	6	8	10.0
	D	1	7	8	10.0
	E	1	8	8	10.0
Variasi 6	A	1	4	8	12.5
	B	1	5	8	12.5
	C	1	6	8	12.5
	D	1	7	8	12.5
	E	1	8	8	12.5

* Takaran dinyatakan dalam perbandingan volume

** Takaran dinyatakan dalam persentase (%) terhadap berat semen

melewati proses perawatan selama 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, benda uji diuji secara sistematis. Uji tekan dilakukan dengan menaikkan beban secara bertahap dengan kecepatan 140 kg/cm² per menit sampai benda uji mengalami patah. Beban

maksimum pada saat runtuh dibagi luas benda uji menyatakan kuat tekan beton. Menurut SNI balok beton untuk struktur dinding (SNI 03-0349-1989): kuat tekan minimum untuk balok beton padat adalah 25 kg/cm² (Kelas mutu IV). Untuk berat

volume, agar dapat dikategorikan sebagai material ringan (*lightweight*), berat volume batako harus berada di bawah 1400 kg/m^3 .

PEMBAHASAN

Kuat Tekan Batako Rongga

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, diketahui bahwa nilai kuat tekan batako cenderung semakin meningkat seiring bertambahnya proporsi Silica Fume. Hal ini menunjukkan, pada proporsi serbuk kayu yang sama, semakin banyak proporsi Silica Fume maka akan semakin tinggi Kuat Tekan Batako yang dihasilkan. Kuat Tekan tertinggi yaitu pada Variasi 6A dengan Silica Fume 12,5% yang memiliki nilai Kuat Tekan sebesar $34,42 \text{ kg/cm}^2$. Nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI karena sudah lebih dari 25 kg/cm^2 . Adapun nilai kuat tekan terendah diperoleh dari Variasi 1E dengan Silica Fume 0% yang memiliki nilai Kuat Tekan sebesar $1,74 \text{ kg/cm}^2$. Semakin banyak proporsi Serbuk Kayu maka Kuat Tekan batako cenderung menurun. Hasil kuat desak untuk semua campuran akan lebih jelas dilihat pada Gambar 1.

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa semakin banyak proporsi Serbuk Kayu maka Kuat Tekan batako cenderung menurun. Grafik campuran E yaitu dengan proporsi Serbuk Kayu terbanyak (8 takaran), terletak paling bawah yang berarti menghasilkan Kuat Tekan paling rendah. Sedangkan grafik campuran A yaitu dengan proporsi Serbuk Kayu paling sedikit (4 takaran), terletak paling atas yang berarti menghasilkan Kuat Tekan paling tinggi

Berat Volume Batako

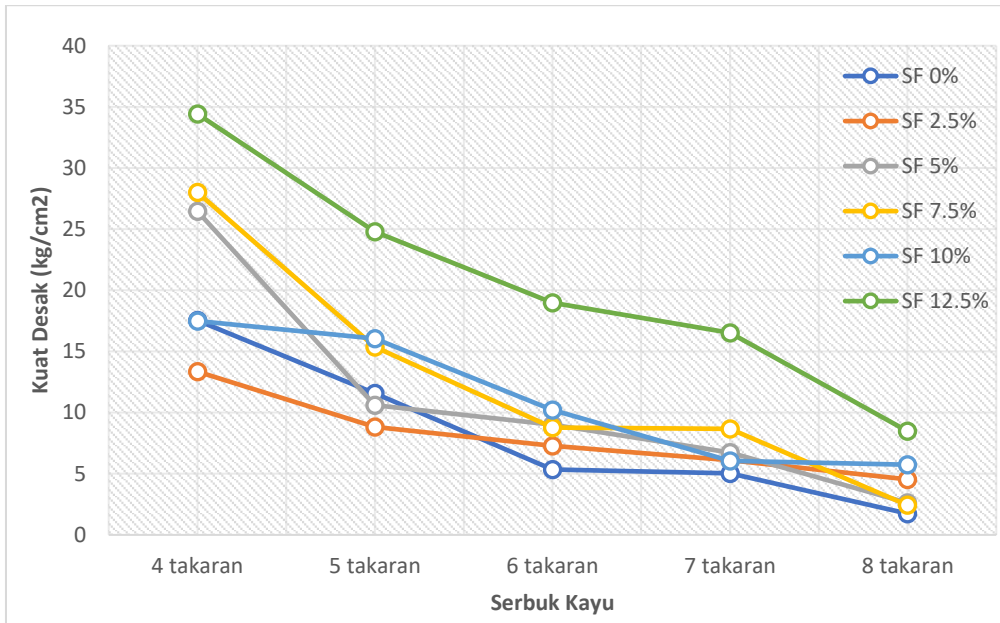
Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa semakin bertambah takaran Serbuk Kayu maka nilai Berat Volume semakin kecil, dengan kata lain batako semakin ringan bobotnya. Penambahan proporsi Silica Fume ternyata tidak berpengaruh signifikan terhadap Berat Volume batako.

Berat Volume terbesar yaitu pada Campuran A (4 takaran) dengan Silica Fume 7,5% yang memiliki nilai Berat Volume sebesar 1578 kg/m^3 . Sedangkan Berat Volume terkecil yaitu pada Campuran E (8 takaran) dengan Silica Fume 2,5% yang memiliki nilai Berat Volume sebesar 1020 kg/m^3 . Nilai tersebut menunjukkan batako tersebut termasuk material ringan dengan nilai Berat Volume lebih kecil dari 1400 kg/m^3 . Hasil Berat Volume untuk setiap proporsi Silica Fume akan lebih jelas dilihat pada Gambar 2.

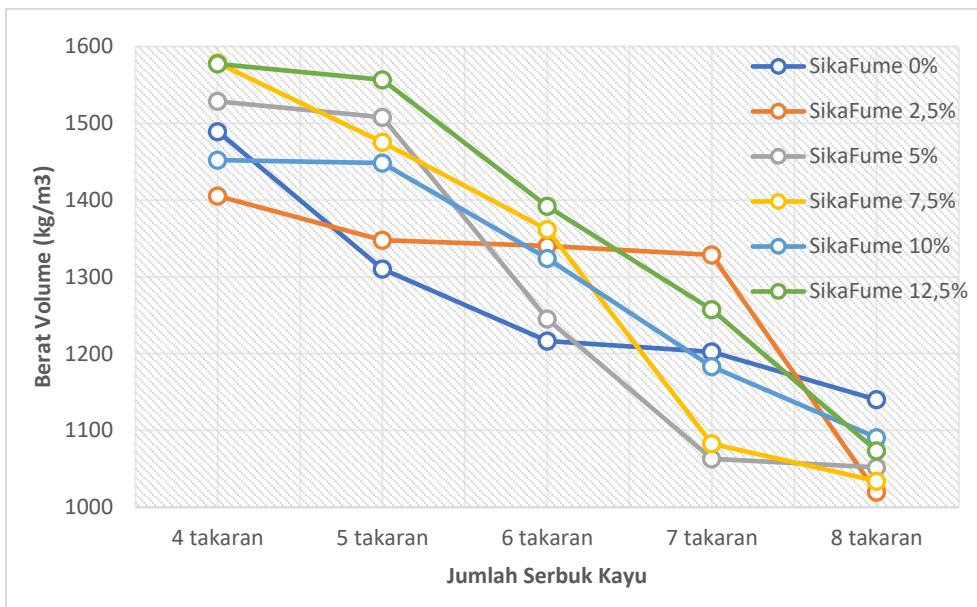
Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi proporsi Serbuk Kayu maka semakin rendah Berat Volume atau dengan kata lain semakin ringan batakonya. Grafik campuran E yaitu dengan proporsi Serbuk Kayu terbanyak (8 takaran), terletak paling bawah yang berarti memiliki Berat Volume paling kecil. Sedangkan grafik campuran A yaitu dengan proporsi Serbuk Kayu paling sedikit (4 takaran), terletak paling atas yang berarti memiliki nilai Berat Volume paling besar

Penyerapan Air atau Porositas

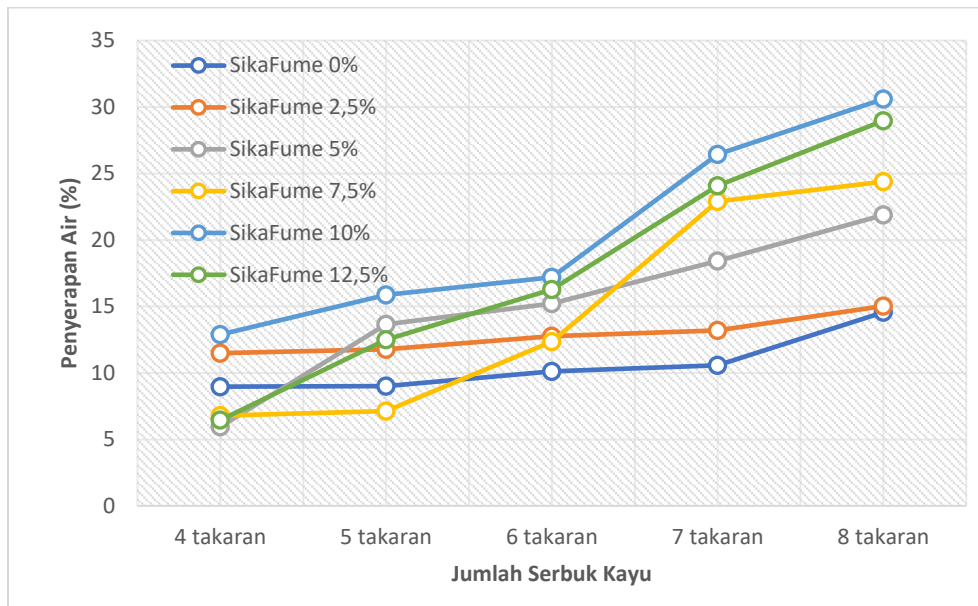
Berdasarkan hasil pemeriksaan penyerapan air atau porositas batakodapat diketahui bahwa semakin tinggi takaran serbuk kayu maka nilai porositas batako semakin meningkat. Penambahan proporsi Silica Fume ternyata berpengaruh terhadap Porositas Batako, dengan bertambahnya proporsi Silica Fume maka Porositas akan cenderung berkurang. Porositas terbesar terdapat pada Campuran E (8 takaran) dengan Silica Fume 10 % yakni sebesar 30,61%. Sedangkan Porositas terkecil terdapat pada Campuran A (4 takaran) dengan Silica Fume 5 % yakni sebesar 5,96 %. Berdasarkan SNI 03-0349-1989, nilai penyerapan air sampel batako rongga maksimum adalah 25 – 35 %. Penyerapan air batako campuran Serbuk Kayu untuk masing – masing campuran telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan untuk batako. Nilai Penyerapan Air untuk setiap proporsi Silica Fume akan lebih jelas dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Kuat Tekan Batako untuk semua Campuran



Gambar 2. Berat Volume Batako untuk setiap proporsi Silica Fume



Gambar 3. Penyerapan Air Batako untuk setiap proporsi Silica Fume

Dari Gambar 3 di atas dapat kita lihat, bahwa semakin banyak proporsi Serbuk Kayu maka semakin besar nilai Penyerapan Air batako. Grafik campuran A yaitu dengan proporsi Serbuk Kayu paling sedikit (4 takaran), terletak paling bawah yang berarti memiliki nilai Penyerapan Air paling kecil. Sedangkan grafik campuran E yaitu dengan proporsi Serbuk Kayu paling banyak (8 takaran), terletak paling atas yang berarti memiliki nilai Penyerapan Air paling besar.

Hasil uji penyerapan air atau porositas batako menunjukkan hasil bahwa semakin bertambah takaran serbuk kayu maka nilai porositas batako semakin besar. Di sisi lain, penambahan proporsi silica fume juga berpengaruh terhadap porositas batako. Bertambahnya proporsi Silica Fume menyebabkan nilai porositas cenderung menurun. Porositas terbesar adalah 30,61%, sedangkan Porositas terkecil sebesar 5,96%. Berdasarkan SNI 03-0349-1989, nilai penyerapan air sampel batako biasa maksimum adalah 25–35 %. Penyerapan air batako campuran Serbuk Kayu untuk

masing–masing campuran telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan untuk batako.

KESIMPULAN

Pengujian laboratorium yang telah dilakukan menunjukkan hasil yang bervariasi untuk beragam proporsi campuran. Hasil yang paling mendekati tujuan penelitian, yakni mendapatkan komposisi batako yang memiliki nilai kuat desak dan penyerapan air sesuai SNI 03-0348-1989 namun memiliki berat volume rendah (di bawah 1400 kg/m^3), dijumpai pada Variasi 6B. Nilai kuat desak dan penyerapan air yang didapatkan berturut-turut adalah 24.78 kg/cm^2 dan 12.5%. Namun demikian, berat volume variasi ini adalah 1556 kg/m^3 dimana nilai ini masih melebihi berat volume yang diinginkan. Oleh karena itu, pada penelitian yang akan datang akan dibuat batako dengan proporsi yang berbeda. Proporsi semen dan serbuk kayu akan ditingkatkan sedangkan proporsi pasir akan diturunkan untuk mendapatkan komposisi batako yang ringan dan memenuhi persyaratan SNI 03-0348-1989.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas pendanaan yang diberikan pada program Flagship Prioritas Riset Nasional untuk Perguruan Tinggi tahun anggaran 2021 dengan Nomor: 001/DirDPPM/70/DPPM/FLAGSHIP - KEMDIKBUDRISTEK/IX/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- CFE-DMHA. (2015). *Indonesia Disaster Management Reference Book*. Author. https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/idn_bkgd_disaster-mgmt-hdbk_2015.pdf
- Daulay, A. H. (2021). *UJI MEKANIK BATAKO DENGAN PENAMBAHAN SERBUK GERGAJI KAYU JATI (TECTONA GRANDIST)*. 2, 153–158.
- Fadhilah Hasib, F., Firrizqi, A., & Afiqoh, L. (2019). Risk Management of Non-bank Home Ownership Financing. *KnE Social Sciences*, 3(13), 158. <https://doi.org/10.18502/kss.v3i13.4203>
- Hapsari, S. P., & Safitri, E. (2017). Kajian Pengaruh Variasi Komposisi Silica e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL Fume Terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri. *E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 1449–1456.
- IUDMP. (2001). *Increasing the Safety of Indonesian Cities from Earthquake Disaster Threat*. Asian Disaster Preparedness Center.
- Nurmaidah, N., & Purba, R. E. S. (2017). Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Substitusi Campuran Bata Ringan Kedap Suara. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 40–46. <https://doi.org/10.30811/portal.v9i2.620>
- Purba, R. E. S., & Lubis, K. (2018). Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Substitusi Campuran Bata Ringan Kedap Suara. *Buletin Utama Teknik*, 13(2), 98–102. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i2.1679>
- Sarwidi, & Jafar. (2021). Equivalency of the diagonal shear strength of plastered and non-plastered lightweight brick walls to the strength of red brick walls. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 933(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/933/1/012033>
- Siddique, R., & Kunal. (2016). 7 - Utilization of industrial by-products and natural ashes in mortar and concrete: Development of sustainable construction materials (K. A. Harries & B. B. T.-N. and V. C. M. Sharma (eds.); pp. 159–204). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100038-0.00007-X>
- Spence, R. (2004). Earthquake protection: the need for legislation to strengthen high-risk buildings. *13th World Conference on Earthquake Engineering, 2002*.
- Sutopo, T. W., & Amrullah, A. H. (2015). PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU SEBAGAI PRODUK KERAJINAN DAN ASESORIS INTERIOR DENGAN TEKNIK COR DAN PRESS DI DESA PANGGUNG HARJO, BANTUL, YOGYAKARTA. *Bantul Yogyakarta Jurusan Kriya, Institut Seni Indonesia: Yogyakarta*.
- Taufieq, N. A. S., Ahmad, I. A., & Lopa, A. T. (2021). *Karakteristik Batako Menggunakan Pozolan Organik Dalam Menciptakan Green Material*. 2083–2090.
- Teguh, M., Suharyatma, Makrup, L., Purnomo, D. A., & Satria, S. P. (2017). Karakter Batako-Kait sebagai Alternatif Dinding Pasangan. *Prosiding Seminar Nasional Seri 7, November*, 112–117.
- Winarno, S. (2021). Preliminary Study on

Hand-cast Lightweight Concrete Block
using Raw Rice Husk as Aggregate.
IOP Conference Series: Earth and

Environmental Science, 933(1),
012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/933/1/012005>