

ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN VARIASI PROPORSI AGREGAT HALUS TERHADAP SIFAT MEKANIK MORTAR BUSA *FLY ASH* PADA PENGAPLIKASIAN BATA RINGAN

Arruna Rodhi Prasetya, Mochamad Solikin

Program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Bata ringan adalah material konstruksi pada dinding yang lebih ringan dibandingkan dengan bata merah biasa dengan cara menambahkan gelembung udara pada campuran. Guna mengurangi penggunaan semen, serta meningkatkan kualitas dari bata ringan perlu dilakukan inovasi material yaitu dengan menambahkan *fly ash*. Penelitian ini meninjau mengenai penggunaan *fly ash* untuk menggantikan semen pada yang ditinjau dari kekuatan tekan mortar busa bata ringan. Penelitian dilakukan melalui eksperimen perencanaan campuran dengan perbandingan proporsi semen dan agregat halus 1:3 dan 1:5, juga penggunaan *fly ash* sebesar 20%, dengan tekan rencana 2 Mpa. Selama 14 hari, benda uji berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm digunakan untuk menguji kekuatan tekan. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* meningkatkan *nilai flow*, dibuktikan dari pengujian *flow test* pada perbandingan 1:3 dengan *fly ash* 0% nilai *flow* didapatkan 180 mm dan *fly ash* 20% nilai *flow* didapatkan 190,5 mm. Penambahan *fly ash* dapat menurunkan penyerapan air 1,48% pada perbandingan 1:3 dan 0,45% pada perbandingan 1:5. Pada penelitian ini didapatkan bahwa penambahan *fly ash* menurunkan nilai kuat tekan bata ringan mortar busa, dibuktikan dari nilai kuat tekan pada 1:3 dan *fly ash* 0% sebesar 2,63 MPa. Dengan menambah 20% *fly ash*, nilai kuat tekan diperoleh pada perbandingan 1:3 sebesar 1,00 MPa pada perbandingan 1:5 dengan 0,53 MPa. Hasil menunjukkan bahwa *fly ash* dapat menurunkan penyerapan air dan kuat tekan pada mortar busa bata ringan.

Kata kunci: Bata Ringan, Mortar Busa, Proporsi Agregat, *Fly Ash*, Kuat Tekan.

Abstract

Lightweight brick is a wall construction material that is lighter than ordinary red brick by adding air bubbles to the mixture. In order to reduce the use of cement, and improve the quality of lightweight bricks, it is necessary to innovate the material by adding fly ash. This research reviews the use of fly ash to replace cement in terms of compressive strength of lightweight brick foam mortar. The research was conducted through mix planning experiments with a ratio of cement and fine aggregate proportions of 1:3 and 1:5, as well as the use of fly ash at 20%, with a plan compressive strength of 2 Mpa. For 14 days, 15 cm x 15 cm x 15 cm specimens were used to test the compressive strength. The results showed that the addition of fly ash increased the flow value, as evidenced by the flow test at a ratio of 1:3 with 0% fly ash the flow value was 180 mm and 20% fly ash the flow value was 190.5 mm. The addition of fly ash can reduce water absorption by 1.48% at 1:3 and 0.45% at 1:5. In this study, it was found that the addition of fly ash decreased the compressive strength value of foam mortar lightweight bricks, as evidenced by the compressive strength value at 1:3 and 0% fly ash of 2.63 MPa. By adding 20% fly ash, the compressive strength value obtained in the ratio of 1:3 amounted to 1.00 MPa in

the ratio of 1:5 with 0.53 MPa. The results show that fly ash can reduce the water absorption and compressive strength of lightweight bricks

Keywords: Lightweight Brick, Foam Mortar, Aggregate Proportion, Fly Ash, Compressive Strength.

1. PENDAHULUAN

Salah satu negara dengan populasi yang meningkat dengan cepat adalah Indonesia. Laju pertumbuhan penduduk yang meningkat setiap tahunnya menyebabkan kebutuhan rumah, gedung, dan bangunan lainnya sebagai tempat tinggal semakin tinggi sesuai dengan kebutuhan dan keinginan dari manusia. Pembangunan tersebut berdampak pada kebutuhan material yang terus meningkat, sehingga ketersediaan material yang terbatas mendorong pelaku industri konstruksi untuk melakukan pengembangan teknologi material bangunan untuk memenuhi persyaratan pembangunan di masa mendatang.

Perkembangan dalam teknologi material yang membuat mudah digunakan, lebih murah, lebih ramah lingkungan, dan lebih tahan lama. Dinding menjadi salah satu perkembangan karena berperan sebagai bagian dari arsitektural yang melindungi bagian dalam bangunan dari panas dan hujan. Namun, jenis material ini menyumbang sekitar 30% berat struktur pada komponennya, sehingga rentan terhadap bahaya gempa, sehingga diperlukan material lain yang lebih ringan (Kaselle, 2020).

Bata ringan menjadi alternatif maupun inovasi dalam perkembangan material konstruksi. Bata ringan adalah jenis bata yang memiliki berat isi yang lebih rendah dan berukuran lebih besar dari bata merah. Dibandingkan dengan bata merah yang ukurannya lebih kecil, bata ringan tidak memerlukan siar yang tebal, sehingga menghemat perekat. Akibatnya, pembuatan bangunan menjadi lebih cepat dan lebih mudah. Jika dibandingkan dengan bata merah biasa, bata ringan memiliki kekuatan yang paling tinggi (Putra *et al.*, 2022).

Kekuatan bata ringan menjadi semakin penting ketika digunakan dalam struktur dinding bangunan. Bahan penyusun utama bata ringan adalah semen. Karena sifatnya yang tidak terbarukan, semen semakin mahal. Dalam proses produksi semen, serat semen menghasilkan satu ton emisi gas karbondioksida di udara, yang menyebabkan efek rumah kaca. (Irlan *et al.*, 2020).

Permasalahan yang disebabkan dari produksi semen dan jumlah material penyusun yang terbatas, untuk itu ada ide baru untuk menggantikan sebagian semen dengan bahan lain. Inovasi ini menggunakan sisa pembakaran batu bara dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Boiler batu bara menghasilkan abu batu bara dalam dua jenis: *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash*

(abu dasar). *Fly ash* ditangkap oleh *electrostatic precipitator* sebelum dibuang ke udara melalui cerobong asap. *Fly Ash* menyumbang 80–90% dari pembakaran batu bara. (Setiawati, 2018).

Penggunaan variasi perbandingan semen dan agregat halus menjadi faktor utama dalam perencanaan campuran. Dimana perbandingan tersebut digunakan untuk menentukan proporsi optimal dalam campuran yang memenuhi persyaratan dari bata ringan. Pada penelitian yang dilakukan Yemina *et al.*, (2023) meneliti tentang penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah pada pembuatan bata ringan. Dengan menggunakan rasio perbandingan semen dan pasir 1:3 dan penggunaan *fly ash* sebesar mendapatkan kuat tekan tinggi. Pada studi yang dilakukan oleh Wenda *et al.*, (2018) meneliti tentang penggunaan variasi campuran mortar dengan rasio 1:4, 1:5, 1:6, dan 1:7. Dimana pada perbandingan 1:5 mendapatkan kuat tekan tertinggi, serta memiliki *workability* yang baik.

Pada pembuatan bata ringan diperlukan bahan tambah yang berguna untuk mengurangi berat dari campuran. Bahan tambah tersebut yakni cairan busa (*foam agent*) yang berguna untuk menciptakan gelembung udara di dalam adukan semen, sehingga campuran memiliki banyak gelembung udara (Susilowati & Nabhan, 2021). Karena mampu menghasilkan berat campuran yang ringan, *foam agent* digunakan untuk membuat mortar busa dan bata ringan. Aplikasi *foam agent* termasuk mencampur *foam agent* dengan air dengan proporsi tertentu dengan *foam generator* atau menggunakan alat lain.

Banyak upaya telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya untuk meningkatkan kualitas bata ringan. Namun, masih sedikit yang membahas mengenai penggunaan *fly ash* dengan variasi perbandingan semen dan agregat halus untuk meningkatkan tingkat kualitas campuran bata ringan. Karena itu, penelitian diperlukan lebih mendalam mengenai penggunaan perbandingan proporsi semen dan pasir, serta *fly ash* untuk menggantikan semen dalam pengujian tekan yang kuat dan penyerapan air bata ringan.

Dengan mempertimbangkan latar belakang ini, peneliti ingin mengembangkan pengaruh pemakaian *fly ash* sebesar 20% sebagai pengganti semen serta penggunaan *foam agent* pada campuran bata ringan dengan perbandingan 1:3 dan 1:5 untuk semen dan agregat halus dengan pemeriksaan tekanan dan berat isi bata ringan. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini akan memungkinkan pembuatan bata ringan dengan berat jenis ringan yang memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bata ringan konvensional. Hasil ini juga akan digunakan sebagai tinjauan untuk penelitian berikutnya dan dapat dikembangkan secara luas.

2. METODE

Dalam hal ini, metode eksperimental digunakan dengan memanfaatkan penelitian sebelumnya. Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta adalah tempat penelitian dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan penelitian. Penelitian dilakukan dalam lima langkah: persiapan bahan dan alat, pemeriksaan material, perencanaan campuran dan pembuatan objek uji, dan analisis hasil dan diskusi. Untuk membuat mortar busa bata ringan, pasir, semen, dan fly ash digunakan, kualitas bahan diuji. Pada agregat halus, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan diuji sesuai dengan SNI 1970-2008, SSD sesuai dengan SNI 1970-2008, dan kandungan bahan organik diuji sesuai dengan SNI 2816-2014 dan SNI C117-2012. Selain itu, pengujian ikatan awal semen dilakukan pada *fly ash* dan semen sesuai dengan SNI 03-6827-2002.

Setelah pemeriksaan material, dilakukan perencanaan campuran mortar untuk mendapatkan proporsi yang sesuai dengan tujuan. Metode perencanaan mortar menggunakan perbandingan rasio semen dan pasir 1:3 dan 1:5, dengan kuat tekan rencana yaitu 2 Mpa. Direncanakan proporsi fly ash 20% yang digunakan, dan *foam agent* digunakan proporsi 1:25 (pebandingan antara *foam agent* dengan air). Proporsi campuran dapat dilihat pada tabel :

Tabel 1. Hasil Perencanaan Campuran Mortar Busa Bata Ringan (kg/m³)

Jenis Sampel	Komposisi Campuran per m ³				
	Semen (kg)	<i>Fly ash</i> (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	<i>Foam</i> (kg)
MB-N 1:3	229,16	-	687,47	167,5	37
MB-N 1:5	152,77	-	763,86	167,5	37
MB 1:3-FA 20%	183,33	45,83	687,47	167,5	37
MB 1:5-FA 20%	122,22	30,55	763,86	167,5	37

Pengujian tekanan kuat, benda uji terdiri dari dua belas kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm. Pada mortar segar dilakukan pengujian *flow* untuk mengetahui nilai *workability* dengan menggunakan *ring flow* (berdiameter 80 mm dan tinggi 80 mm). selanjutnya mortar busa segar dimasukkan ke dalam cetakan. Setelah cetakan dilepaskan satu hari kemudian, proses curing dilakukan. Ini dilakukan untuk menjaga suhu selama proses hidrasi semen dan mencegah keretakan. Setelah 14 hari digunakan, alat Universal Testing Machine (UTM) akan menekan benda uji berbentuk kubus sampai mencapai kuat tekan maksimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Ikatan Awal Semen

Pengujian ikatan awal semen dilakukan dengan alat Vicat. Bahan yang digunakan adalah campuran semen 80% dan *fly ash* 20%. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian ikatan Awal Semen

Jenis Sampel	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
Semen 100%	70 menit	45-375 menit	Memenuhi
Semen 80% + <i>fly ash</i> 20%	82 menit	45-375 menit	Memenuhi

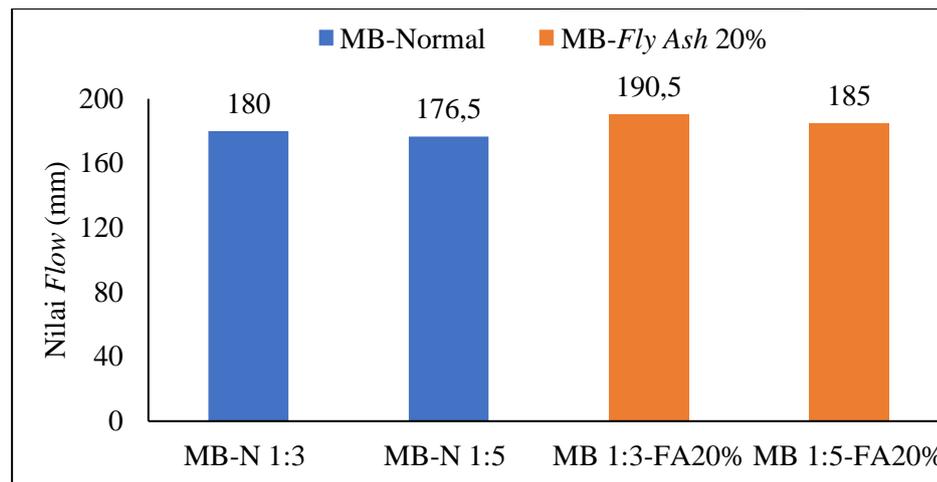
Dari hasil pengujian ikat awal semen pada tabel 2. dapat dilihat bahwa penambahan *fly ash* 20% dapat menyebabkan waktu ikat awal semen menjadi semakin lama. Hal tersebut dikarenakan senyawa pada semen bereaksi dengan air kemudian hasil reaksi tersebut bereaksi dengan senyawa yang dimiliki oleh *fly ash* yang menyebabkan rantai reaksi kimia menjadi lebih panjang selama proses hidrasi, yang mengakibatkan waktu ikatan yang lebih lama. Pernyataan yang sama dibuat oleh Rumiyanthi *et al.*, (2020) yang menyatakan bahwa penambahan *fly ash* dapat memperpanjang waktu proses ikat awal semen. Pernyataan tambahan dibuat oleh Nabiilah, (2022) yang menyatakan bahwa penambahan *fly ash* dapat membuat waktu ikat awal semen lebih lama.

3.2 Pengujian *Flow*

Pengujian aliran dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan campuran mortar busa baru yang dibuat. Pengukuran diameter akhir dilakukan selama pengujian. Nilai aliran yang direncanakan untuk penelitian ini didasarkan pada spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia (2015), dengan nilai aliran 180 ± 20 mm). Hasil pengujian aliran disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Flow*

Jenis Sampel	Nilai <i>flow</i> (mm)		
	d1	d2	rata-rata
MB-N 1:3	179	181	180
MB-N 1:5	175	178	176,5
MB 1:3-FA 20%	192	189	190,5
MB 1:5-FA 20%	184	186	185



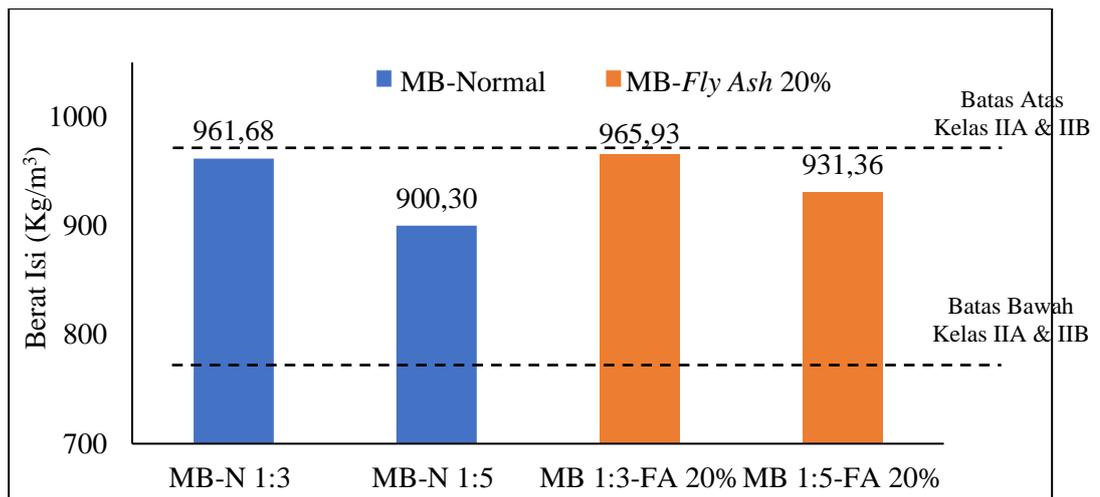
Gambar 1. Nilai Pengujian *Flow*

Menurut penelitian yang telah dilakukan, nilai *flow* yang didapatkan sudah memenuhi syarat perencanaan yaitu $180 \text{ mm} \pm 20 \text{ mm}$. Pada benda uji MB-N 1:3 lebih tinggi 1,98% jika dibandingkan benda uji MB-N 1:5. Perbedaan atau kenaikan nilai *flow* pada benda uji dikarenakan perbandingan proporsi pada semen dan pasir pada campuran, sehingga berpengaruh pada nilai *flow* yang dihasilkan.

Pada benda uji MB 1:3-FA 20% mengalami kenaikan sebesar 5,83% jika dibandingkan dengan benda uji MB-N 1:3, sedangkan benda uji MB 1:5-FA 20% mengalami kenaikan sebesar 4,82% jika dibandingkan dengan benda uji MB-N 1:5. Pemeriksaan ini menunjukkan bahwa *fly ash*, yang memiliki butiran yang lebih halus dan bulat, menghasilkan gesekan antar butir yang sangat kecil, yang membuatnya mudah dikerjakan dan memiliki *workability* yang tinggi, dapat ditambahkan ke campuran untuk meningkatkan nilai aliran. Pernyataan yang sebanding yang dibuat oleh Syafwandi *et al.*, (2022) juga menghasilkan temuan yang sebanding, yaitu meningkatnya nilai *flow* akibat dari penambahan *fly ash* pada campuran. Pernyataan lain juga dikatakan oleh Widiyanto, (2016) yang mendapatkan hasil yang serupa dengan penambahan *fly ash* dapat meningkatkan nilai *flow*.

3.3 Pengujian Berat Isi

Sebelum uji kuat tekan, sampel kubus berukuran $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ diuji berat isi mortar busa selama 14 hari. SNI 8640:2018 menetapkan persyaratan untuk bata ringan dengan berat isi $800\text{-}1000 \text{ kg/m}^3$. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian berat isi.

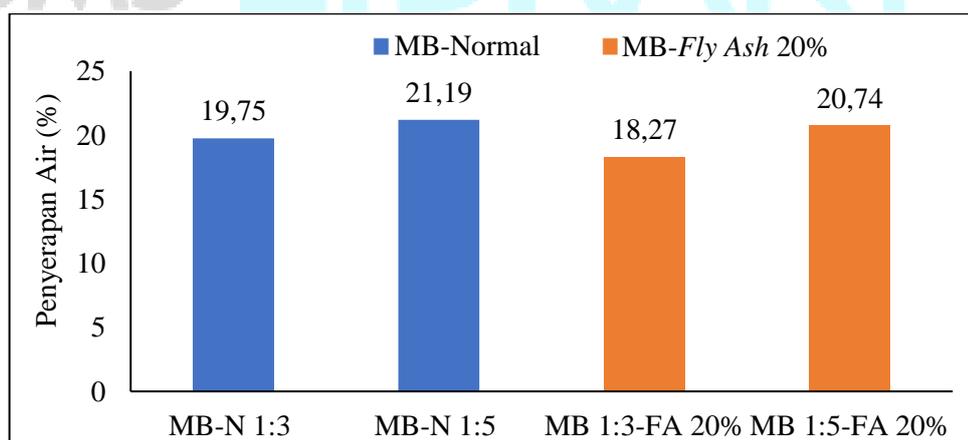


Gambar 2. Hasil Pengujian Berat Isi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat benda uji MB-N 1:3 lebih berat 6,81% jika dibandingkan dengan dengan benda uji MB-N 1:5. Berat isi pada MB 1:3-FA 20% mengalami kenaikan 0,44% jika dibandingkan MB-N 1:3, sedangkan pada MB 1:5-FA 20% mengalami kenaikan 3,45% jika dibandingkan dengan benda uji MB-N 1:5. Berat isi kering oven pada setiap benda uji sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada SNI 8640:2018 yaitu 800-1000 kg/m³, sehingga termasuk dalam golongan bata nonstruktural kelas IIA dan IIB.

3.4 Pengujian Penyerapan Air

Sebelum uji kuat tekan, sampel kubus berukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm digunakan untuk menguji penyerapan air pada bata ringan. SNI 8640:2018 menetapkan bahwa bata ringan harus memiliki nilai penyerapan air <25%. Hasil pengujian penyerapan air disajikan pada Tabel 5.



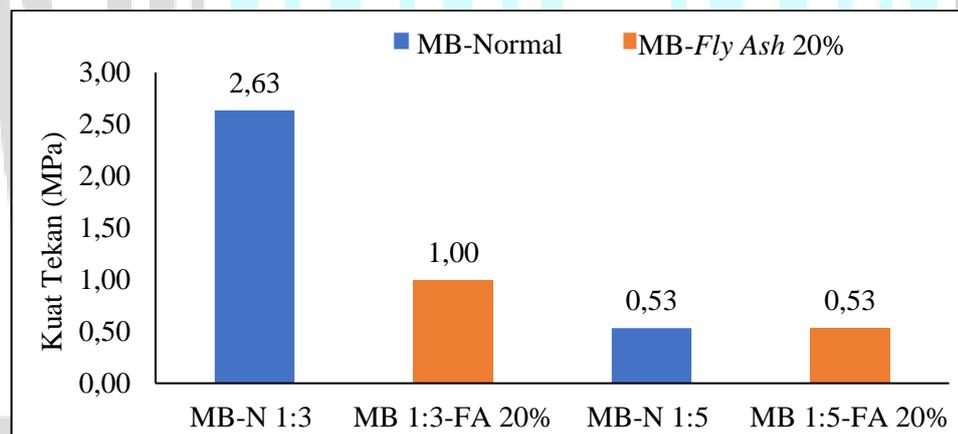
Gambar 3. Hasil Pengujian Penyerapan Air

Hasil tes menunjukkan bahwa nilai penyerapan air sudah Hasil tes menunjukkan bahwa nilai penyerapan air sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada SNI 8640:2018 yaitu <25%. Penyerapan air MB 1:3-FA 20% mengalami penurunan sebesar 1,48% dibandingkan dengan

MB-N 1:3, sedangkan pada MB 1:5-FA 20% mengalami penurunan sebesar 0,45% dibandingkan dengan MB-N 1:5. Dimungkinkan untuk meningkatkan penyerapan air pada benda uji mortar busa bata ringan dengan menambah *fly ash* 20%. Ini karena *fly ash* memiliki ukuran yang sangat kecil dan butiran halus yang memungkinkannya mengisi rongga di campuran. Pada penelitian Maharani, (2016) mendapatkan hasil penurunan nilai penyerapan air dengan penambahan *fly ash*. Hasil serupa juga didapatkan dari penelitian Kaselle, (2020) yang mendapatkan penurunan nilai penyerapan air pada penambahan *fly ash* kadar 40%.

3.5 Pengujian Kuat Tekan

Uji Kuat tekan bata ringan dilakukan pada 14 hari sebelum uji dilakukan terhadap benda uji kubus berukuran 150 mm x 150 mm. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan alat uji *Universal Testing Machine*. Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan bata ringan.



Gambar 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Menurut Gambar 1, benda uji MB-N 1:3 menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 2,63 MPa pada 14 hari. Benda uji MB-N 1:5 menghasilkan kuat tekan terendah sebesar 0,53 MPa, dan MB1:5-FA 20% menghasilkan penurunan kuat tekan sebesar 79,84% dari MB-N 1:3. Perbandingan komposisi pasir dan semen yang digunakan dalam campuran adalah penyebab rendahnya hasil kuat tekan. Proporsi penggunaan pasir yang tinggi menyebabkan kemampuan semen dalam mengikat atau merekatkan bahan penyusun campuran menjadi kurang maksimal karena semen yang digunakan semakin berkurang, sehingga ikatan tidak sempurna, menurunkan kuat tekan mortar busa.

Fly ash pada campuran mortar busa kurang memberikan dampak positif pada nilai tekan yang kuat pada MB 1:3-FA 20% mengalami penurunan sebesar 61,97% dari MB-N 1:3. Sedangkan pada benda uji MB 1:5-FA 20% mendapatkan nilai kuat tekan yang sama dengan MB-N 1:5. Hasil penelitian yang serupa Maharani *et al.*, (2016) ditunjukkan bahwa penggunaan *fly ash*

kurang berdampak baik pada kuat tekan *fly ash* kadar 15 dan 30% yang dihasilkan dengan menggunakan *foam* sebesar 50% yang hanya mengalami sedikit peningkatan. Penelitian lain dilakukan oleh Syafwandi *et al.*, (2022) mendapatkan hasil tekanan yang lebih rendah pada 14 hari. Pernyataan lain oleh Yemima *et al.*, (2023) penggunaan *fly ash* dalam jumlah besar tidak berfungsi sebagai bahan untuk membatu proses pengikatan antar material sehingga tidak dapat meningkatkan kualitas bata ringan.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Penggunaan *fly ash* 20% dapat memperpanjang atau memperlambat waktu ikatan semen jika dibandingkan waktu ikatan semen tanpa bahan tambahan. Dengan adanya penambahan *fly ash* 20% pada campuran mortar busa bata ringan memberikan dampak baik nilai *flow* yaitu nilai *flow* yang didapatkan semakin besar, serta dapat mengurangi nilai penyerapan air pada campuran mortar busa bata ringan dimana pengujian tersebut memenuhi spesifikasi SNI 8640:2018.

Komposisi campuran mortar busa bata ringan yang optimal yaitu pada sampel MB-N 1:3 yaitu 2,63 MPa. Sedangkan pada penambahan *fly ash* 20% tidak dapat meningkatkan kualitas bata ringan, karena kurang memberikan dampak positif pada kuat tekan yaitu sampel MB1:3-FA 20% sebesar 1,00 Mpa, MB1:5-FA 20% sebesar 0,53 Mpa.

4.2 Saran

Sebagai upaya pengembangan penelitian semakin lebih baik, terdapat beberapa rekomendasi untuk penelitian, serta rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut sebagai berikut :

1. Diperlukan literasi terkait spesifikasi, sifat, dan karakteristik dari mortar busa dan bata ringan untuk meminimalkan kesalahan.
2. Saat material akan digunakan dalam pembuatan benda uji, perawatan dan pengawasan lebih lanjut diperlukan.
3. Proses pengujian harus diawasi secara menyeluruh karena akan mempengaruhi hasilnya.
4. Lakukan campuran eksperimen terlebih dahulu untuk mengetahui sifat material penyusun dan mortar busa segar yang dibuat.

PERSANTUNAN

Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta karena telah membantu dalam proses penelitian ini dari awal hingga akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Irlan, A. O., Kurniawati, G., & Sofyan, M. (2020). Tinjauan Karakteristik Bahan Penyusun Beton Berpori dengan Penggunaan Fly Ash dan Superplasticizer untuk Perkerasan Jalan Ramah Lingkungan. *9*(2), 244–256.
- Kaselle, H. (2020). Pengaruh Substitusi Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Penyerapan Bata Beton Ringan Seluler. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian ...*, *1*(1), 135–139.
- Kementrian PUPR. (2015). Perencanaan Teknis Timbunan Material Ringan Mortar-Busa untuk Konstruksi Jalan.
- Maharani, Habsya, C., & Rahmawati, A. (2016). Pengaruh Penambahan Fly Ash dan Volume Foam Terhadap Kuat Tekan, Daya Serap Air, dan Berat Jenis Beton Ringan Foam dengan Perbandingan 1PC:PS. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education 2.2*, 1–17.
- Maharani, R. P., Nazarudin, N., & Bahar, F. F. (2022). Pengaruh Variasi Penambahan Fly Ash Batu Bara Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Bata Ringan. *Jurnal KOMPOSITS*, *3*(2), 20–25.
- Nabilah, M. (2022). Analisis Pengaruh Penggunaan Variasi Fly Ash Terhadap Karakteristik Beton Dengan Penambahan Kapur Tohor. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2022 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 116–123.
- Putra, R. S., Suryanita, R., & Maizir, H. (2022). Analisis Kuat Tekan Dan Workability Bata Ringan Cellular. *02*(01), 34–46.
- Rumiyanti, L., Wulandari, S., Damayanti, T., Sembiring, S., & Warsito, W. (2020). Optimization Of Using Baturaja Fly Ash As A Portland Composite Cement (PCC) Additive. *Journal of Physics: Conference Series*, *1572*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1572/1/012047>
- Setiawati, M. (2018). *Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton*. 1–8.
- SNI 03-6827-2002. (2002). Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 6827.
- SNI 2460-2014. (2014). Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozolan Alam Mentah atau yang Telah Dikalsinasi untuk Digunakan dalam Beton. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 16.
- SNI 8640-2018. (2018). Spesifikasi Bata Ringan Untuk Pasangan Dinding. Badan Standardisasi Nasional Indonesia
- Susilowati, A., & Nabhan, F. (2021). Pengaruh Variasi Faktor Air Semen Terhadap Mortar Busa. *1*(2), 9–15.
- Syafwandi, A. I., Izza, A., Munthe, A. T., & Sumarno, A. (2022). Influence of Ceramic Waste as Sand Substitution Material and Fly Ash as Cement Substitution Material Against Strength Test Foam Concrete. *3*(1), 35–45.
- Wenda, K., Zuridah, S., Hastono, B., Sipil, T., Teknik, F., Sipil, T., Teknik, F., Sipil, T., & Teknik, F. (2018). Pengaruh variasi komposisi campuran mortar terhadap kuat tekan. *1*, 8–13.
- Widianto, A. K., & Wiranegara, Jerry Laksmana Hardjito, D. (2016). Pengaruh Konsistensi Fly Ash Terhadap Sifa - Sifat Mortar HVFA. 1–8.
- Yemima, A. G. M. P., Abdi, F. N., & Haryanto, B. (2023). Pemanfaatan Limbah Fly Ash Untuk Bahan Tambah Pembuatan Batu Bata Ringan. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, *7*, 56–61