

**PENGARUH PERBANDINGAN VARIASI  
KADAR AGREGAT HALUS TERHADAP SIFAT  
MEKANIS BATA RINGAN MORTAR BUSA  
DENGAN HIGH VOLUME FLY ASH SEBAGAI  
BAHAN SUBSTITUSI SEMEN**

**Novian Dwi Ramadani; Mochamad Solikin  
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Abstrak**

Penggunaan bata ringan dalam pembangunan perumahan di Indonesia memiliki manfaat yang signifikan dalam mengurangi beban dinding pada perhitungan struktur bangunan. *Fly Ash* digunakan sebagai inovasi dalam campuran mortar karena ketersediaannya yang melimpah dan memiliki komposisi senyawa kimia yang hampir serupa dengan senyawa dalam semen. Pemanfaatan *fly ash* memiliki potensi untuk membuat industri konstruksi di masa mendatang lebih *sustainable*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai slump test dan kuat tekan bata ringan dalam teknologi mortar dengan campuran bahan inovasi High Volume Fly Ash (HVFA) dan admixture tipe foaming agents dibandingkan dengan bata ringan normal. Penelitian ini dilakukan dengan kuat tekan 2 Mpa dengan perbandingan rasio semen terhadap pasir sebesar 1:3 dan 1:5. Penelitian ini menggunakan proporsi perbandingan admixture dengan air yaitu 1:25. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan fly ash meningkatkan *workability* campuran mortar pada pengujian *slump flow test*. Kemudian pada pengujian bobot isi dan penyerapan air menunjukkan hasil bahwa semakin besar komposisi variasi campuran mortar maka nilai porositas dan resapan air pada mortar akan semakin besar. Hasil tes tekan beton yang kuat menunjukkan bahwa semakin besar komposisi variasi campuran mortar maka nilai kuat tekan semakin turun pada mortar disebabkan oleh perbandingan proposi antara semen dan pasir yang semakin besar, sehingga kekuatan ikat atau lekatan pada campuran menjadi lebih menurun.

**Kata Kunci:** Kadar Agregat, Bata Ringan, Mortar Busa, Fly Ash, HVFA.

**Abstract**

The use of lightweight bricks in housing construction in Indonesia has significant benefits in reducing wall loads in building structure calculations. Fly Ash is used as an innovation in mortar mixtures due to its abundant availability and has a chemical compound composition that is almost similar to the compounds in cement. The utilization of fly ash has the potential to make the future construction industry more sustainable. This research aims to compare the slump test value and compressive strength of lightweight bricks in mortar technology with a mixture of High Volume Fly Ash (HVFA) innovation materials and admixture type foaming agents compared to normal lightweight bricks. This study was conducted with a compressive strength of 2 Mpa with a cement to sand ratio of 1:3 and 1:5. This study used an admixture to water ratio of 1:25. The results showed that the addition of fly ash increased the workability of the mortar mixture in the slump flow test. Then in the content weight and water absorption tests showed the results that the greater the composition of the mortar mix variation, the greater the porosity and water absorption values in the mortar. The results of the strong concrete compressive test show that the greater the composition of the mortar mix variation, the lower the compressive strength value of the mortar due to the greater proportion between cement and sand, so that the bonding or bonding strength of the mixture decreases.

**Keywords:** Aggregate rate, lightweight, foam mortar, fly ash, HVFA.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara berkembang, mengalami pertumbuhan penduduk dan ekonomi yang pesat, yang mendorong perkembangan sektor konstruksi, terutama di bidang perumahan (Wahyu Hidayat R 2017). Hal ini telah meningkatkan persaingan di industri konstruksi perumahan. Seiring dengan kemajuan teknologi konstruksi, penelitian dan pengembangan mengenai bahan bangunan alternatif, khususnya bata ringan, semakin marak.

Bata ringan memiliki berat jenis lebih rendah dibanding bata biasa, beratnya berkisar antara 600 dan 1800 kg/m<sup>3</sup>, sehingga keunggulan utamanya adalah beratnya yang lebih ringan (Taufik, Kurniawandy, and Arita 2017). Kekuatan tekan bata ringan berkisar antara 1-15 MPa. Penggunaan bata ringan membantu mengurangi beban dinding yang dianggap sebagai beban mati dalam perhitungan struktur., mengurangi berat sendiri bangunan, dan dalam perkembangan teknologi, dapat menggunakan mortar busa sebagai komponen bata ringan.

Mortar busa adalah campuran bahan yang melibatkan pasir, semen Portland, air, dan busa (foam) dengan komposisi tertentu (Susilowati and Nabhan 2021). Mortar busa biasanya digunakan untuk mengatasi penurunan dan stabilitas timbunan oprit jembatan atau di wilayah dengan tanah dasar gambut. Ini dibangun secara vertikal, sehingga tidak membutuhkan dinding penahan dan mengeras sendiri tanpa bantuan pematat.

Menurut standar Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan, struktur mortar busa diharapkan memenuhi beberapa kriteria, dan persentase pasir dan busa dapat bervariasi dalam mix design. Jika kuat tekan tidak memenuhi standar, penambahan semen diperlukan (Wulandari and Frieda 2022). Selain pasir dan busa, sifat mortar busa juga dipengaruhi oleh faktor air-semen. Penggunaan berkelanjutan bahan penyusun mortar busa akan mengurangi ketersediaannya dan meningkatkan harga. Oleh karena itu, inovasi dalam komposisi bahan utama, yaitu semen, diperlukan untuk menjaga kualitas dan lingkungan.

Produksi besar semen dengan skala industri berdampak negatif pada lingkungan. Pada tahun 2022, kapasitas produksi semen di Indonesia mencapai 113.301.480 ton/tahun. Setiap ton semen yang diproduksi menghasilkan satu ton gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>), yang berkontribusi pada pemanasan global. Untuk mengurangi penggunaan semen, industri konstruksi harus mengembangkan teknologi untuk bahan material alternatif, seperti fly ash dari limbah pembakaran batu bara. Pada tahun 2021, produksi batu bara di Indonesia mencapai 294.252.801,68 juta ton yang sebanding dengan produksi limbah fly ash (Amin & Suharto, 2017).

Fly ash dari pembakaran batu bara memiliki dua jenis, jenis F dan C yang dibedakan menurut komposisi kimianya (Saputro et al. 2022). Sesuai dengan undang-undang pemerintah, abu asap termasuk dalam kategori limbah non-B3. Mengandung berbagai oksida, seperti silika (SiO<sub>2</sub>), besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dan kalsium (CaO), serta unsur natrium, kalium, dan titanium. Akibatnya, fly ash dapat digunakan sebagai pengganti semen saat membuat mortar dan digunakan untuk inovasi campuran mortar karena ketersediaannya yang melimpah dan komposisi kimianya yang serupa dengan semen.

Penggunaan fly ash dalam industri konstruksi berpotensi meningkatkan keberlanjutan. Partikel fly ash yang kecil dapat digunakan sebagai campuran atau sebagai pengganti semen (Andriawan, Kristiawan, and Sunarmasto 2021) dan membantu mengurangi kapur bebas ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) yang dihasilkan selama hidrasi semen dan air. Untuk meningkatkan kinerja mortar busa, penggunaan fly ash sebagai pengganti semen dengan kadar minimal 50% dari binder (high volume fly ash - HVFA) diadopsi, yang dapat meningkatkan workability ultimate strength dan daya tahan mortar lebih dari mortar konvensional. Kadar fly ash yang tinggi juga membantu mengurangi ruang antara agregat.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Rommel dkk., (2020) mencatat penggunaan pasir dan semen dengan perbandingan 1:2,75, serta penggunaan *foam agent* sebesar 2%, yang menghasilkan berat isi sebesar 1825 kg/m<sup>3</sup> dan kekuatan tekan sebesar 13,24 MPa. Penelitian tambahan yang dilakukan oleh Wenda dkk., (2018) menemukan bahwa perbandingan semen dengan pasir menghasilkan kuat tekan maksimum 1:5 sebesar 11,68 MPa untuk mortar. Sifat aliran yang lebih baik dari mortar membuat proporsi 1:5 mudah dicapai.

Fokus utama penelitian ini adalah sifat mekanik HVFA dengan admixture mortar busa bata ringan (Consol AER). Diharapkan penelitian ini akan memberikan pedoman untuk penelitian lebih lanjut dan solusi untuk mengurangi limbah fly ash saat ini.

## 2. METODE

Penelitian ini melakukan *study literatur* dan persiapan alat dan bahan. Material yang diperlukan diambil untuk memulai persiapan bahan penelitian di PT. Solusi Bangun Beton Yogyakarta mengambil material seperti pasir, semen, dan *fly ash*. Setelah diambil, material dirawat untuk menjaga kualitasnya dengan disimpan di tempat yang aman dari hujan dan panas. Alat yang ada di laboratorium diperiksa untuk memastikan bahwa mereka dalam kondisi baik dan siap untuk digunakan.

Setelah alat dan bahan penelitian selesai, pemeriksaan material dilakukan. Untuk pasir, dilakukan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan menurut SNI 1970-2008, SNI 2816-2014, pemeriksaan kandungan bahan organik menurut SNI 2816-2014, SNI C136-2012 gradasi agregat, pemeriksaan kandungan lumpur menurut SNI C117-2012, dan SNI 2417-2008 untuk keausan.

Sementara pengujian ikatan awal semen dan fly ash dilakukan sesuai dengan SNI 03-6827-2002. Hasilnya menunjukkan bahwa waktu ikatan semen dengan proporsi 50% semen dan 50% fly ash berlangsung selama 92 menit, menunjukkan bahwa ikatan awal lebih lama daripada pengujian hanya dengan semen seutuhnya. Untuk pengujian dengan semen, waktu awal ikatan adalah 70 menit. Setelah ujian selesai, bahan siap digunakan.

Sebelum menggabungkan bahan uji, campuran yang akan digunakan dalam penelitian harus direncanakan. Ini akan memastikan bahwa campuran yang diinginkan diperoleh. Menggunakan metode perbandingan proporsi semen dan pasir 1:3 dan 1:5, campuran direncanakan dengan kuat tekan rencana 2 Mpa. Untuk campuran, proporsi perbandingan campuran dengan air adalah 1: 25. Berikut adalah proporsi

campuran:

Tabel 1. Proporsi campuran bata ringan mortar busa

Variasi Campuran	Semen (kg)	<i>Fly ash</i> (kg)	Pasir (Kg)	Air (Liter)	<i>Foam</i> (Liter)	Berat Kg/m <sup>3</sup>
MB-N 1:3	229,16	-	687,47	167,5	37	1121,13
MB-N 1:5	157,77	-	763,86	167,5	37	1121,13
MB-HVFA 50 % 1:3	114,58	114,58	687,47	167,5	37	1121,13
MB-HVFA 50 % 1:5	76,39	76,39	763,86	167,5	37	1121,13

Untuk penelitian ini, dua belas sampel dibutuhkan untuk diuji kekuatan tekan. Ukuran kubusnya dengan diameter 15 cm. Pengujian dilakukan selama 28 hari umur beton. Setelah proporsi campuran telah selesai, campuran bata ringan mortar busa dilakukan dengan bor tangan untuk mencampur semua material yang telah disiapkan. Setelah itu, bata ringan mortar busa diuji kekuatan dengan menggunakan slump flow test. Setelah diuji, beton baru dimasukkan ke dalam cetakan. Bata ringan mortar busa dibuka dari cetakan setelah 1 hari. Setelah itu, pada umur 14 hari, bata ringan mortar busa diuji untuk bobot isi.

Setelah 14 hari, pengujian tekanan kuat dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta. Setelah semua sampel diuji dan data dikumpulkan, data dianalisis dalam bentuk tabel dan grafik. Tujuan analisis ini adalah untuk menentukan apakah inovasi yang dibuat dapat meningkatkan sifat mekanik beton yang diteliti atau tidak.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian *Slump Flow Test*

Test ini direncanakan berdasarkan Surat Edaran Menteri PUPR Nomor: 41/SE/M/2015, dengan slump flow  $180 \pm 20$  mm, digunakan untuk menguji kekuatan campuran beton segar yang dibuat.

Tabel 2. Hasil slump flow test

Variasi Campuran	Nilai <i>Slump flow</i> (mm)		
	d1	d2	Rata rata
MB-N 1:3	179	181	180
MB-N 1:5	175	178	176.5
MB-HVFA 50% 1:3	191	193	192
MB-HVFA 50% 1:5	190	187	188.5

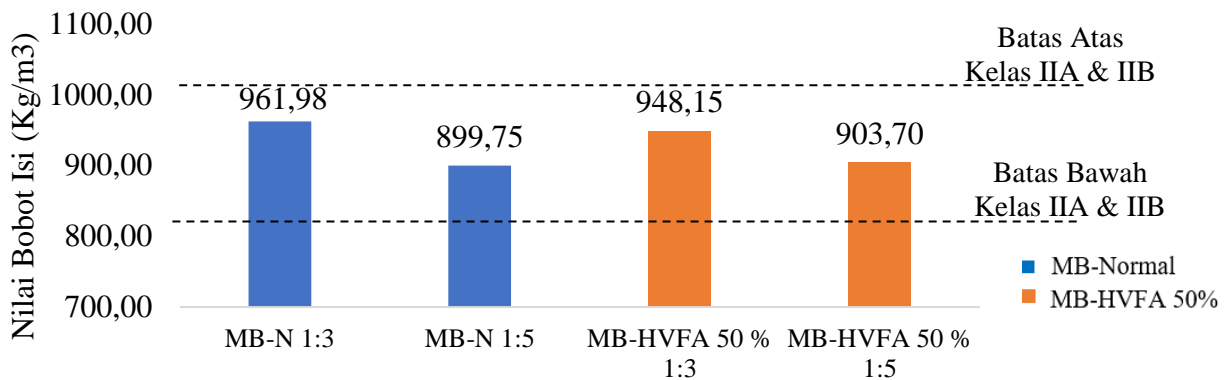
Menurut penelitian, nilai slump flow telah sesuai dengan rencana. Hasil tes slump flow bata ringan mortar MB-N 1:3, MB-N 1:5, MB-HVFA 50% 1:3, dan MB-HVFA 50% 1:5 menunjukkan

peningkatan nilai slump flow secara berurutan. Perbandingan antara semen dan pasir, serta penggunaan abu terbang bervolume tinggi sebagai pengganti semen, adalah penyebabnya. Sesuai penelitian Cheah and Ramli (2011), dengan perbandingan proporsi semen dan agregat halus pada campuran mortar menyebabkan peningkatan nilai slump flow, hal ini disebabkan oleh penggunaan proporsi agregat halus yang semakin banyak dengan menggunakan proporsi semen yang sedikit sehingga menyebabkan daya ikat pada campuran bata ringan mortar busa semakin kecil.

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Wardhono (2021), meneliti tentang sifat alir dan kuat tekan dengan HVFA pada beton SCC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fly ash digunakan dengan kadar 50% pada beton SCC memiliki aliran lump yang paling tinggi. Dengan demikian nilai slump pada penelitian sesuai dengan studi sebelumnya oleh Wardhono (2021). Penelitian ini menjelaskan pada penambahan *fly ash* menyebabkan nilai *workability* campuran mortar meningkat

### 3.2 Pengujian Bobot Isi

Pengujian ini dilakukan setelah proses pembuatan bata ringan mortar busa dan didiamkan selama 24 jam. Pengujian dilakukan untuk mengetahui bobot isi pada sampel variasi campuran bata ringan mortar busa sehingga dapat diteliti.

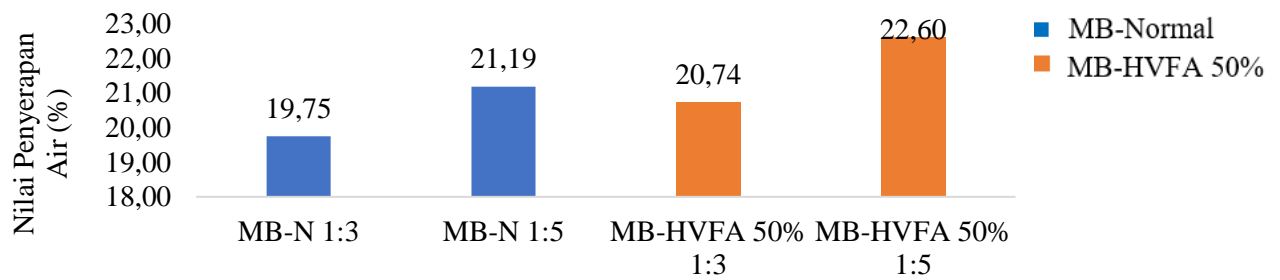


Gambar 1. Hasil Pengujian Bobot isi

Nilai rata-rata berat jenis pada variasi campuran MB-N 1:3, MB-N 1:5, MB-HVFA 50 % 1:3, dan MB-HVFA 50 % 1:5 berkisar antara 500 – 1300 kg/m<sup>3</sup>. Dan hasil nilai berat jenis pada pengujian ini dapat dinyatakan bahwa variasi campuran sudah memenuhi persyaratan Spesifikasi bata ringan untuk pasangan dinding SNI 8640:2018 untuk bata *nonstruktural* (terekspos lingkungan/outdoor).

### 3.3 Penyerapan Air (Absorption)

Proses penyerapan air didefinisikan sebagai jumlah air yang dapat diserap ke dalam beton atau mortar ketika air bersentuhan dengannya. Kemampuan air untuk bergerak melalui rongga dan di atas permukaan beton atau mortar disebut penyerapan air.



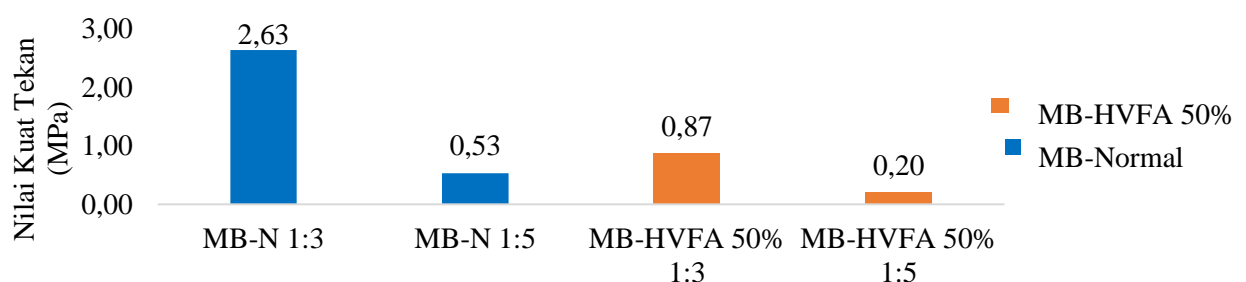
Gambar 2. Hasil Pengujian Penyerapan Air

Dari penelitian yang dilakukan, mortar sampel MB-N 1:3 dengan penyerapan rata-rata 19,75 %, MB-N 1:5 dengan penyerapan rata-rata 21,19 %, MB-HVFA 50 % 1:3 dengan penyerapan rata-rata 20,74 %, dan MB-HVFA 50% 1:5 memiliki nilai penyerapan 22,61 %, dimana dari data penelitian yang didapatkan nilai rata-rata penyerapan memiliki nilai < 25 %. Dengan demikian penyerapan pada penelitian sudah memenuhi persyaratan fisis penyerapan pada bata ringan sesuai dengan Spesifikasi bata ringan untuk pasangan dinding menurut SNI 8640:2018.

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wenda, Zuraidah, and Hastono (2018), mengenai variasi komposisi campuran mortar yang memiliki komparasi 1:4, 1:5, 1:6, dan 1:7 dengan menggunakan 2 tipe produk semen berbeda yaitu semen Gresik dan semen Holcim, hasil penelitian tersebut menunjukkan dengan menggunakan semen Gresik dengan komposisi variasi campuran mortar 1:4 mendapatkan nilai resapan 0,9 %, campuran mortar 1:5 mendapatkan nilai resapan 0,94 %, campuran mortar 1:6 mendapatkan nilai resapan 1,72 %, dan campuran mortar 1:7 mendapatkan nilai resapan sebesar 1,77 %, sedangkan dengan menggunakan semen Holcim dengan komposisi variasi campuran 1:4 mendapatkan nilai resapan 0,54 %, campuran mortar 1:5 mendapatkan nilai resapan 0,84 %, campuran mortar 1:6 mendapatkan nilai resapan 0,88 %, dan campuran mortar 1:7 mendapatkan nilai resapan 0,96 %. Studi ini mengikuti penelitian yang dilakukan oleh Wenda, Zuraidah, and Hastono (2018), dibuktikan dengan semakin besar komposisi variasi campuran mortar maka nilai porositas dan resapan air pada mortar akan semakin besar.

### 3.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kekuatan tekan dilakukan pada bata ringan mortar busa setelah 14 hari digunakan. Pengujian dilakukan dengan mesin UTM. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan kualitas sampel dan metode untuk mengukur perubahan dalam hasil sampel.



### Gambar 3. Hasil Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa sampel bata ringan mortar busa MB-N 1:3 memiliki kuat tekan rencana lebih dari 2 Mpa.. Pada sampel beton MB-N 1:5, MB-HVFA 50 % 1:3, dan MB-HVFA 50 % 1:5 terjadi penurunan kuat tekan. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan Wenda, Zuraidah, and Hastono (2018), mengenai variasi komposisi mortar campuran perbandingan 1:4, 1:5, 1:6, dan 1:7 dengan menggunakan 2 tipe produk semen berbeda yaitu semen gresik dan semen holcim, hasil penelitian tersebut menunjukkan dengan menggunakan semen gresik dengan komposisi yang berbeda, campuran mortar 1:4 memiliki kekuatan tekan 9.75 MPa, campuran mortar 1:5 memiliki kekuatan tekan 8.87 MPa, campuran mortar 1:6 memiliki kekuatan tekan 5.1 MPa, dan campuran mortar 1:7 memiliki kekuatan tekan 3.85 MPa. Penggunaan semen Holcim dengan komposisi variasi campuran 1:4 mendapatkan nilai kuat tekan 9.54 MPa, campuran mortar 1:5 mendapatkan nilai kuat tekan 10.19 MPa, campuran mortar 1:6 mendapatkan nilai 5.71 MPa, dan 1:7 mendapatkan nilai 2.55 MPa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tekan menurun seiring dengan komposisi variasi campuran mortar. Oleh karena itu, nilai kuat tekan dalam penelitian ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wenda, Zuraidah, and Hastono (2018). Menurut penelitian ini, peningkatan perbandingan proposi antara semen dan pasir menyebabkan kekuatan ikat atau lekatan pada campuran menurun, yang mengakibatkan penurunan kuat tekan pada mortar.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Berikut adalah beberapa kesimpulan yang dapat dibuat dari penelitian yang dilakukan:

- a. Pengaruh menggunakan campuran bahan inovasi HVFA sebagai substitusi semen dengan proporsi 50 % pada bata ringan mortar busa variasi agregat halus 1:3 dan 1:5 dapat menurunkan nilai slump test yang lebih rendah dibandingkan bata ringan mortar busa normal dengan variasi agregat halus 1:3 dan 1:5.
- b. Pada pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa dengan menggunakan campuran bahan inovasi high volume fly ash sebagai substitusi semen dengan proporsi 50 % mengakibatkan nilai kuat tekan bata ringan mortar busa menjadi menurun.

### 4.2 Saran

Berikut diambil dari penelitian ini sebagai pertimbangan dan perbaikan untuk penelitian yang akan datang:

- a. Pada pembuatan busa disarankan menggunakan mesin foam generator agar cairan foam agent dapat mengembang secara maksimal.

- b. Untuk memaksimalkan manfaat busa pada campuran, pengetahuan lebih lanjut diperlukan tentang spesifikasi dan karakteristik busa yang dibuat.
- c. Dalam proses perencanaan mix design perlu diperhatikan penggunaan perbandingan antara semen dan agregat halus untuk mendapatkan kuat tekan rencana
- d. Perlu dilakukan penelitian kembali dengan material lainnya sehingga informasi mengenai material bata ringan mortar busa menjadi lebih luas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, Muhammad, and Suharto. 2017. "Pembuatan Semen Geopolimer Ramah Lingkungan Berbahan Baku Mineral Basal Guna Menuju Lampung Sejahtera." *Jurnal Kelitbangan* 5(1): 30–45.
- Andriawan, Valentino Rio, Stefanus A Kristiawan, and Sunarmasto. 2021. "Pengaruh Volume Agregat Halus Terhadap Sifat Segar Dan Kuat Tekan Pada High Volume Fly Ash Concrete (HVFAC)." *e-journal Matriks Teknik Sipil*: 305–12.
- Cheah, Chee Ban, and Mahyuddin Ramli. 2011. "The Implementation of Wood Waste Ash as a Partial Cement Replacement Material in the Production of Structural Grade Concrete and Mortar: An Overview." *Resources, Conservation and Recycling* 55(7): 669–85.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.02.002>.
- Saputro, Yayan Adi et al. 2022. "Menentukan Proporsi Campuran Mortar Yang Tepat Dengan Pemanfaatan Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash Ditinjau Dari Kuat Tekan." *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil* 5(2): 222.
- Susilowati, Anni, and Fawwaz Nabhan. 2021. "Pengaruh Variasi Faktor Air Semen Terhadap Mortar Busa." *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering* 1(2): 9–15.
- Taufik, Hendra, Alex Kurniawandy, and Deri Arita. 2017. "Tinjauan Kuat Tekan Bata Ringan Menggunakan Bahan Tambah Foaming Agent." *Jurnal Saintis* 17(April): 52–62.
- Wahyu Hidayat R. 2017. *Perencanaan Pembangunan Daerah*.
- Wardhono, Arie. 2021. "Flowability and Strength Properties of High Volume of Fly Ash Material on Self-Compacting Concrete." *Journal of Physics: Conference Series* 1747(1): 0–5.
- Wenda, Kantius, Safrin Zuridah, and Budi Hastono. 2018. "Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan." *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil* 1(1): 8–13.
- Wulandari, Annisa, and Frieda Frieda. 2022. "Pengaruh Variasi Fas Dan Kadar Semen Pada Kuat Tekan Mortar Dan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai Kahayan Di Kota Palangka Raya." *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil* 4(2): 80.