

## Pengaruh Penyerapan Air Terhadap Mortar Busa yang Digunakan Sebagai Timbunan

A. Taufik Hidayat<sup>1</sup> Gunaedy Utumo<sup>2</sup>, Andi Marini Indriani<sup>3\*</sup>  
<sup>1,2,3\*</sup> Prodi Teknik sipil dan Perencanaan Universitas Balikpapan

\*Email: andi.marini@uniba-bpn.ac.id

### Abstract

Developments in the construction sector have encouraged the emergence of various environmentally friendly innovations, one of which is the use of fill materials in the form of foamed mortar. Foamed mortar consists of a mixture of Portland cement, sand, water, and a foam agent, producing a lightweight material with specific characteristics. This material is widely applied in non-structural buildings, particularly as a void-filling material. In this study, the primary testing material was sand sourced from the Muara Samu River, Paser Regency, East Kalimantan, which is considered interesting to analyze, especially in terms of its water absorption capacity. As a standard characteristic of foamed mortar, a higher number of pores results in higher water absorption. The water absorption test was conducted in accordance with SNI 8640-2018, which specifies a maximum allowable absorption of 25%. The specimens were tested at curing ages of 7, 14, 21, and 28 days, with a soaking duration of 24 hours for wet and dry testing, followed by drying using an oven. Each test age consisted of three specimens, molded using cylindrical molds with a height of 20 cm and a diameter of 10 cm. The research results indicate that the water absorption characteristics of foamed mortar using Muara Samu River sand decrease with increasing curing age, with absorption values of 32.7% at 7 days, 19.2% at 14 days, 19.0% at 21 days, and 16.1% at 28 days. These results indicate that Muara Samu River sand meets the required standard at the ideal curing age of 21 to 28 days.

*Keywords: Lightweight material, water absorption, pore volume*

### Abstrak

Perkembangan di bidang konstruksi mendorong lahirnya berbagai inovasi ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan material timbunan berupa mortar busa yang terdiri dari campuran semen Portland, pasir, air, dan *foam* agent yang menghasilkan material ringan dengan karakteristik khusus. Material ini banyak digunakan pada bangunan non-struktural, terutama sebagai pengisih rongga. Dengan bahan utama pengujian ini adalah pasir yang berasal dari Sungai muara samu kab.paser kalimantan timur menjadi menarik untuk dinalisa terutama untuk mengetahui daya serap air. Sebagai standar suatu mortar busa di mana semakin besar jumlah pori-pori maka semakin tinggi pula penyerapan air. Dengan metode pengujian penyerapan sesuai standar SNI 8640-2018 konstruksi penyerapan maksimal 25% dan di uji pada umur 7,14,21 dan 28 hari, dengan waktu 1x24 jam untuk uji basah dan kering perendaman dan pengeringan menggunakan oven, dengan jumlah masing-masing 3 sampel menggunakan cetakan molt ukuran tinggi 20 cm lebar lingkaran 10 cm. Hasil penelitian menunjukan karakteristik penyerapan mortar busa menggunakan pasir Sungai muara samu mengalami penurunan penyerapan air seiring bertambahnya umur mortar busa pada 7 hari 32,7%, 14 hari 19,2%, 21hari 19%, 28 hari 16,1%. Menunjukan bahwa pasir muara samu masuk dalam kategori memenuhi pada usia ideal 21 hingga 28 hari.

Kata kunci: Material ringan, penyerapan air, volume pori

## 1. Pendahuluan

Timbunan adalah komponen penting yang digunakan di hampir setiap pekerjaan konstruksi khususnya pembangunan jalan, jembatan, tanggul, dan reklamasi. Timbunan digunakan untuk mencapai elevasi yang spesifik, mendapatkan kondisi tanah dasar yang ideal, atau memberikan struktur pendukung yang kokoh. Oleh karena itu, timbunan bahan material adalah salah satu elemen yang harus dipertimbangkan agar keberlangsungan struktur yang melintang di atasnya dapat dijamin [1]. Pemilihan material harus mempertimbangkan karakteristik teknis seperti kepadatan, daya dukung, dan Kadar air agar struktur di atasnya ada kestabilan dan aman [2]. Selain itu, metode pelaksanaan dan pengendalian mutu timbunan sangat berpengaruh pada hasil akhirnya, sehingga perlu pemahaman yang mendalam pada sifat material yang digunakan, teknik pemerataan, serta pengaruh yang dapat dihasilkan [3].

Mortar busa hadir sebagai solusi alternatif karena memiliki massa jenis rendah (sekitar 800–1200 kg/m<sup>3</sup>) [4]. Dengan demikian dilakukan berbagai macam penelitian untuk menciptakan inovasi campuran dalam pembuatan mortar busa guna memperoleh hasil yang maksimal pada jenis campuran. [5]. Dengan memahami mekanisme dan faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan air pada mortar busa.

Mortar *foam concrete* adalah campuran antara semen, air, agregat halus dengan bahan tambah tertentu, termasuk untuk menciptakan gelembung gas atau udara dalam campuran semen sehingga terjadi banyak rongga udara di dalam mortar [6], oleh karena itu peneliti akan melakukan percobaan perendaman dan penengrangan menggunakan oven pada umur 7,14,21, dan 28 hari untuk mendapatkan hasil yang memenuhi standar penyerapan mortar busa [7]. Dengan bahan campuran *aggregate* halus yang digunakan berasal dari kabupaten paser desa muara samu berdasarkan hal tersebut mendapatkan hasil rumusan masalah dalam penelitian ini bagaimana pengaruh jenis *aggregate* halus dalam penyerapan pada mortar

busa [8]. Berdasarkan hasil dari penelitian sebelumnya penggunaan jenis *aggregate* sangat berpengaruh pada komposisi campuran mortar busa, penulis terdorong untuk menguji bagaimana proses penyerapan air mampu mempengaruhi karakteristik pada jenis *aggregate* halus [9].

Penelitian sebelumnya juga memanfaatkan perubahan jenis *foam*, air dan tekanan angin untuk mengetahui komponen yang paling berpengaruh pada penyerapan air [10]. Perubahan volume akibat fluktuasi kadar air. Pemilihan jenis bahan stabilisasi beserta proporsinya harus disesuaikan dengan karakteristik pasir [11]. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perbedaan terhadap sifat fisik membandingkan kinerja mortar busa menggunakan berbagai jenis *eggreat* halus guna mendapatkan hasil yang optimal dan menjadikan bahwa *aggregate* halus muara memenuhi standar penyerapan [12].

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Pengujian agregat halus

Tempat dan waktu dilaksanakan pengujian di laboratorium Universitas Balikpapan, dengan pengambilan material berasal dari Kabupaten Paser desa muara samu.

Penelitian ini diawali dengan tinjauan pustaka serta pengumpulan data sekunder yang tersedia yang terdiri dari Peta Geologi, Peta Topografi, Peta penggunaan Lahan dan juga data geoteknik yang telah tersedia di beberapa lokasi penelitian sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. SNI pengujian agregat

No	Metode	Standar
1	Berat jenis dan penyerapan air agregat halus	SNI 1970:2008
2	Kadar air agregat halus	SNI 1971:2011

3	Kadar lumpur agregat halus	SNI ASTM C117:2012
4	Berat isi volume agregat halus	SNI 03-4804-1998
5	Analisa saringan agregat halus	SNI 03-2834-2000
6	Kualitas mortar ringan	SNI 7974:2018

Untuk mendapat Metodologi suatu cara, atau langkah yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari, menganalisis data dan eksperimental yang diperoleh. Untuk penelitian suatu kasus diperlukan adanya metodologi yang berfungsi sebagai panduan kegiatan yang dilaksanakan dalam pengumpulan data-data. Penelitian ini bertujuan menguji penyerapan suatu mortar busa yang dibuat dalam ukuran tinggi 20, volume 10 dengan agregat muara samu.

Pada penelitian ini yang di analisis secara mendalam terbagi menjadi dua yaitu primer dan sekunder dengan penelitian ini pengambilan data langsung dari sumbernya.

## 2.2. Pembuatan Busa

Variasi dalam penelitian ini terdiri atas kombinasi penggunaan *foam* agent dengan konsentrasi 2%, 4%, dan 6%, menjadikan takaran yang seimbang untuk di jadikan variasi takan yang dipilih agar dapat menyesuaikan jenis dan kekentalan *foam* agent, sehingga sesuai dengan kondisi dan hasil pengujian yang di peroleh tekanan kompresor 6 Bar di merupakan tekanan yang seimbang dan cukup menghasilkan campuran yang merata tanpa merusak struktur mortar.

Apabila dengan tekanan yang lebih rendah hanya dapat meneghasilkan gelembung yang sedikit dan tidak seragam menyebabkan pori-pori lebih tidak stabil dan jika terlalu besar bisa merusak gelembung udara pada *foam* menjadikan campura tidak merata dan

mengendap, dimana masing-masing variasi memiliki 3 sampel.

Total sampel yang digunakan adalah 48, dengan masa kuring yang sama, yaitu pada interval 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Seluruh sampel direndam dalam air bersih selama 24 jam sebelum pengujian, sesuai dengan SNI 03-6882-2002. Selanjutnya, pengujian penyerapan air dilakukan berdasarkan SNI 03-6433-2000, yaitu dengan mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu 80°C-105°C, kemudian direndam dalam air, dan penyerapan dihitung berdasarkan selisih berat sebelum dan sesudah perendaman. Dengan SNI No 8640-2018 standar penyerapan utuk timbunan 25%.

## 2.3. Metode Pencampuran

Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan diameter 10cm, tinggi 20cm untuk menguji penyerapan mortar busa. Benda uji dibaut masing-masing 3 sampel pada setiap variasi dengan total jumlah 48 sampel. Dengan Langkah kerja sebagai berikut:

### a. Pembuatan mortar

Aduk campuran bahan yang digunakan dalam pembuatan adonan untuk pengish enanm mold terdiri dari atas 5 kg semen, 3,5 kg pasir dan 2,5 liter air semen dan pasir di campur terlebih dahulu hingga merata selanjutnya air di tambahkan kedalam secara sedikit demi sedikit sambil terus di aduk hingga tertercampur merata sehingga mendapatkan hasil adukan yang tidak terlalu encer maupun terlalu kaku.

### b. Pembuatan Busa *foam* agent

Siapkan wadah untuk mencampur *foam* agent yang telah ditakar dengan 1 liter air. Nyalakan mesin kompresor hingga mencapai tekanan variasi bar yang di gunakan. Hidupkan mesin generator *foam* agent, sambungkan selang dari kompresor ke mesin generator, dan mulai proses pembentukan busa dan tuang ke dalam wadah. Timbang busa sesuai kebutuhan dengan variasi yang ditentukan.

### c. Pencampuran akhir

Campurkan adonan mortar dengan busa secara perlahan sambil diaduk hingga

homogen. Tuang campuran ke dalam cetakan yang telah diolesi oli untuk mencegah lengket.

#### d. Pengeringan Awal

Diamkan selama 1x24 jam agar material mengeras dan memudahkan proses pelepasan dari cetakan.

#### e. Perawatan (*curing*)

Lakukan proses *curing* dengan variasi waktu 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari untuk mengamati perubahan struktur fisik mortar ringan.

#### f. Pengujian Penyerapan Air

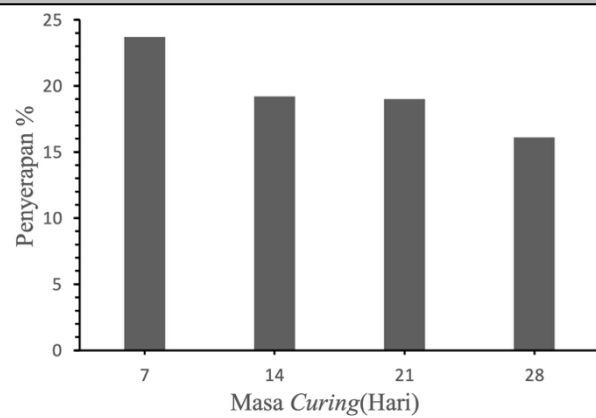
Setelah masa *curing* selesai, dengan di timbang dalam keadaan sedikit basah lalu di masukan ke dalam oven yang suhunya 105c selama 1x24 jam setelah kering merata kembali di timbang untuk mendapatkan nilai berat kering. pengujian perendaman setelah di oven dengan waktu kurun 1x24 jam untuk mendapatkan nilai penyerapan basah. Setelah masa peram selesai, di diamkan terlebih dahulu sekitar 1 atau 3 jam lalu di timbang dan masukan ke dalam oven yang suhunya 105c selama 1x24 jam setelah kering merata kembali di timbang untuk mendapatkan nilai berat kering.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Penyerapan maksimal yang sesuai SNI 8640-2018 yaitu 25%. Jika terdapat penyerapan yang lebih besar dari standar maka tidak memenuhi dengan standar nilai dapat di simpulkan berdasarkan hitungan berikut Dalam penyerapan benda uji harus di pertimbangkan untuk menjaga kestabilan penyerapan karena mortar busa memiliki pori-pori yang besar dan memungkinkan penyerapannya tinggi Daya serap air. Perhitungan daya serap air.

#### 3.1. Penyerapan Mortar Busa Variasi Form Agent 2%

Hasil pengujian penyerapan air mortar busa setelah masa curing ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik penyerapan mortar busa variasi 2% foam agent terhadap masa curing

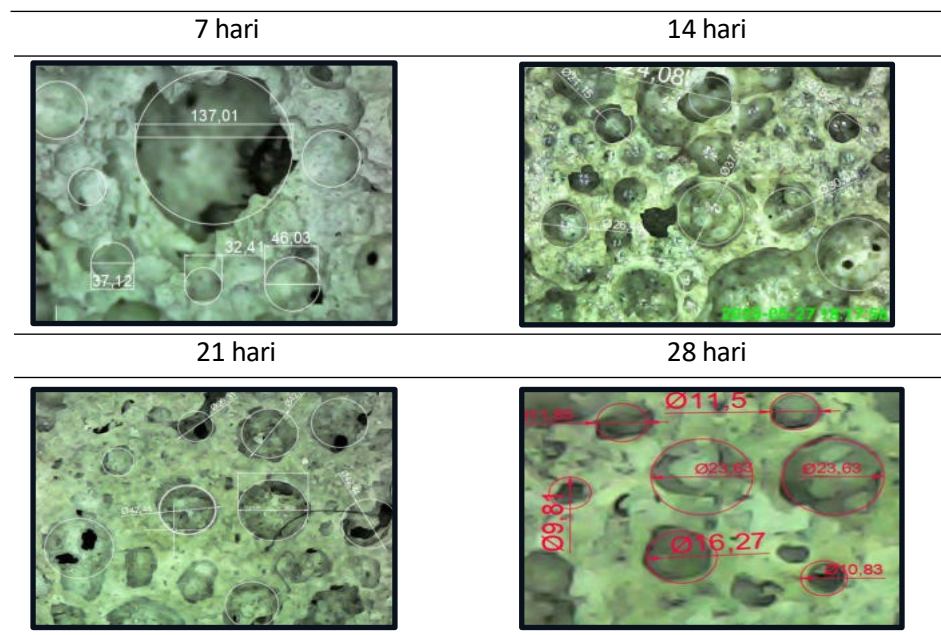
Nilai penyerapan air mortar busa menunjukkan hasil nilai penyerapan yang kurang dari 25% yang artinya memenuhi standar penyerapan mortar busa. Dari hasil 7 hari yang mencapai 23.65% setelah memasuki usia 14 hari nilai menjadi 19.19% terjadinya penurunan penyerapan. Di usai 21 hari juga mengalami penurunan menjadi 19.2% hingga usia 28 hari menjadi 16,09% yang artinya memenuhi standar. Hal ini disebabkan karakteristik pori-pori mortar busa diameternya kecil.

Diumur 7 hari diameter pori sebesar 3,2 Nanometer setelah 28 hari ukuran pori mengecil menjadi hanya 2,6 nm yang disebabkan oleh ikatan struktur yang sudah mulai stabil [13]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa semakin besar persentase *silica fume* maka semakin rendah nilai penyerapan air pada mortar. Nilai resapan maksimum yaitu sebesar 17,43% diperoleh dari sampel mortar normal dan nilai resapan minimum yaitu sebesar 11,90% diperoleh dari sampel mortar dengan campuran *silica fume* 9% yang mengalami penurunan sebesar 5,53%. Kondisi tersebut disebabkan karena butiran aggregate yang sangat kecil telah mengisi udara dalam campuran mortar dengan efisien dan mengurangi porositas.

Nilai penyerapan air mortar busa menunjukkan hasil nilai penyerapan yang kurang dari 25% yang artinya memenuhi standar penyerapan mortar busa. Dari hasil 7 hari yang mencapai 23.65 % setelah

memasuki usia 14 hari nilai menjadi 19.19 % terjadinya penurunan penyerapan. Di usai 21 hari juga mengalami penurunan menjadi 19.2% hingga usia 28 hari menjadi 16,09 % yang artinya memenuhi standar. Hal ini disebabkan karakteristik pori- pori mortar busa diameternya kecil. Diumur 7 hari diameter pori sebesar 3,2 Nanometer setelah 28 hari ukuran pori mengecil menjadi hanya 2,6 nm yang disebabkan oleh ikatan struktur yang sudah mulai stabil [13], hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan

bahwa semakin besar persentase silica fume maka semakin rendah nilai penyerapan air pada mortar. Nilai resapan maksimum yaitu sebesar 17,43% diperoleh dari sampel mortar normal dan nilai resapan minimum yaitu sebesar 11,90% diperoleh dari sampel mortar dengan campuran silica fume 9% yang mengalami penurunan sebesar 5,53%. %. Kondisi tersebut disebabkan karena butiran aggregate yang sangat kecil telah mengisi udara dalam campuran mortar dengan efisien dan mengurangi porositas.



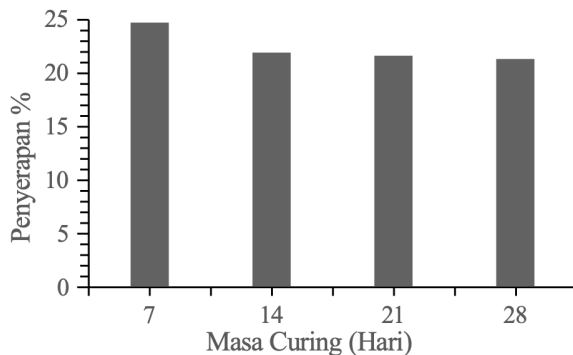
Gambar 2. pori-pori mortar busa dengan variasi hari

Gambar 2 menunjukkan perubahan pori-pori pada mortar busa dengan menggunakan kamera mikroskop untuk mengukur dan menganalisis karakteristik pori pada mortar busa menggunakan alat zoom 50x-1600x. Diatas menunjukkan hasil pori yang terjadi dalam tahap umur mortar yang mengalami perubahan dari yang besar ke kecil sehingga pengaruh penyerapan terjadi di Hasil pengamatan menunjukkan bahwa seiring bertambahnya umur mortar busa dari 7 hingga 28 hari, terjadi perubahan ukuran dan distribusi pori yang signifikan.

Pada awalnya, pori-pori berukuran besar dan belum merata akibat proses hidrasi semen yang belum sempurna. Namun, seiring waktu, reaksi hidrasi terus berlangsung dan menyebabkan pori-pori besar berangsur mengecil serta terdistribusi lebih homogen [14]. Pada umur 28 hari, pori-pori terlihat lebih kecil dan padat, menandakan struktur mortar busa menjadi semakin rapat dan kuat. Perubahan ini menunjukkan bahwa semakin lama proses perawatan, semakin baik pula kualitas mikrostruktur mortar busa, yang berpengaruh terhadap penurunan porositas

dan peningkatan kekuatan material.

### 3.2. Penyerapan Mortar Busa Variasi *foam agent* 4%



Gambar 3. Grafik penyerapan mortar busa variasi 4% *foam agent* terhadap masa curing

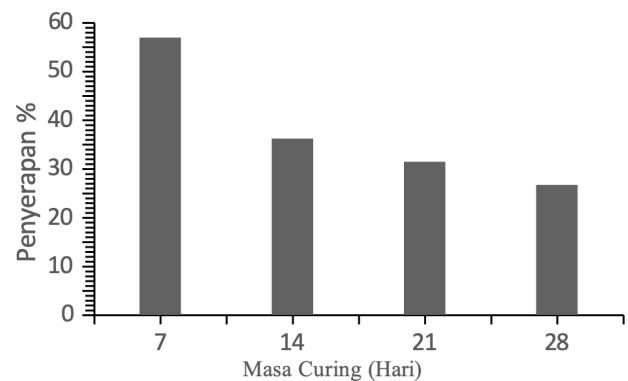
Gambar 3 menunjukkan penyerapan mortar busa masing-masing, hasil rata-rata 3 sampel uji penyerapan setiap variasi mortar busa yang telah di laksanakan berdasarkan variasi 6 bar 4% menunjukkan bahwa nilai rata-rata penyerapan mortar busa yang memenuhi standar. di mana nilai untuk umur 7 hari dengan nilai rata-rata 24.7 terbilang tinggi karena material masih muda dan belum mengeras sempurna dan struktur pori-pori masih terbuka lebar. pada umur 14 hari rata-rata menurun yaitu 21,9 akibat proses hidrasi semen yang semakin berkembang sehingga pori-pori mulai tertutup dan penyerapan air menurun meskipun dapat berkurang lagi pada umur 21 hari sampai 28 hari, nilai rata-rata mengalami penurunan, yang artinya adanya perubahan kepadatan hal ini dapat disimpulkan nilai 7, 14, 21, dan 28 hari masuk material makin padat pori-pori makin mengecil penurunan lebih stabil di umur 28 hari [15].

Terlihat pada hasil penelitian terdahulu serapan air yang paling rendah yaitu 5,62 % hal ini karena sedikitnya pori pada bata ringan karena tidak adanya campuran *foam* pada bata ringan ini. Sedangkan pada bata ringan CLC dengan Variasi *foam agent* 0,3 l/m<sup>3</sup>, 0,6 l/m<sup>3</sup>, 1,2 l/m<sup>3</sup> memiliki nilai serapan air yang semakin meningkat seiring bertambahnya variasi *foam* yang digunakan. Hal ini di sebabkan karena banyaknya pori yang ada pada bata ringan akibat adanya penggunaan *foam agent*. Besar kecilnya penyerapan

pada sampel sangat dipengaruhi oleh pori-pori atau rongga. Semakin banyak pori-pori yang terkandung dalam sampel maka akan semakin besar pula penyerapan airnya sehingga ketahanannya akan berkurang. Pengukuran daya serap air merupakan persentase perbandingan antara selisih massa basah dengan massa kering.

### 3.3. Pengujian Penyerapan Mortar Busa Tekanan 6 bar *foam agent* 6%

Gambar 4 menunjukkan hasil nilai rata-rata penyerapan air di mana penyerapan dari usia 7 hari dengan nilai 56.8% nilai tergolong sangat tinggi dan tidak memenuhi standar yang di anjurkan bahwa mortar masih berada pada tahap awal pengerasan dan proses hidrasi semen belum sempurna. Memasuki usia 14 hari dengan nilai 36,2% walaupun terjadi penurunan nilainya masih melebihi batas maksimal penyerapan. Pada umur 21 dan 28 hari 31.6% 26.8% adanya perubahan penurunan seiring bertambahnya umur mortar, nilai tersebut masih di atas standar.

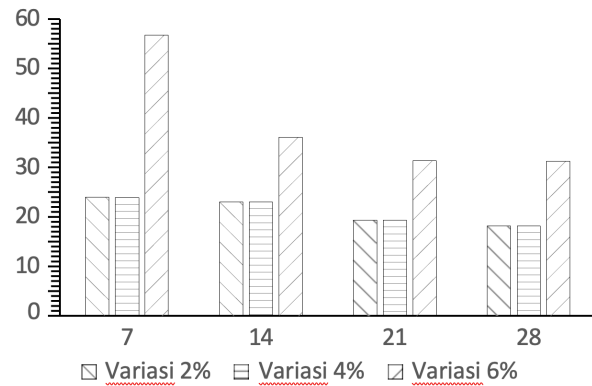


Gambar 4. Grafik penyerapan mortar busa variasi 6% *foam agent* terhadap masa curing

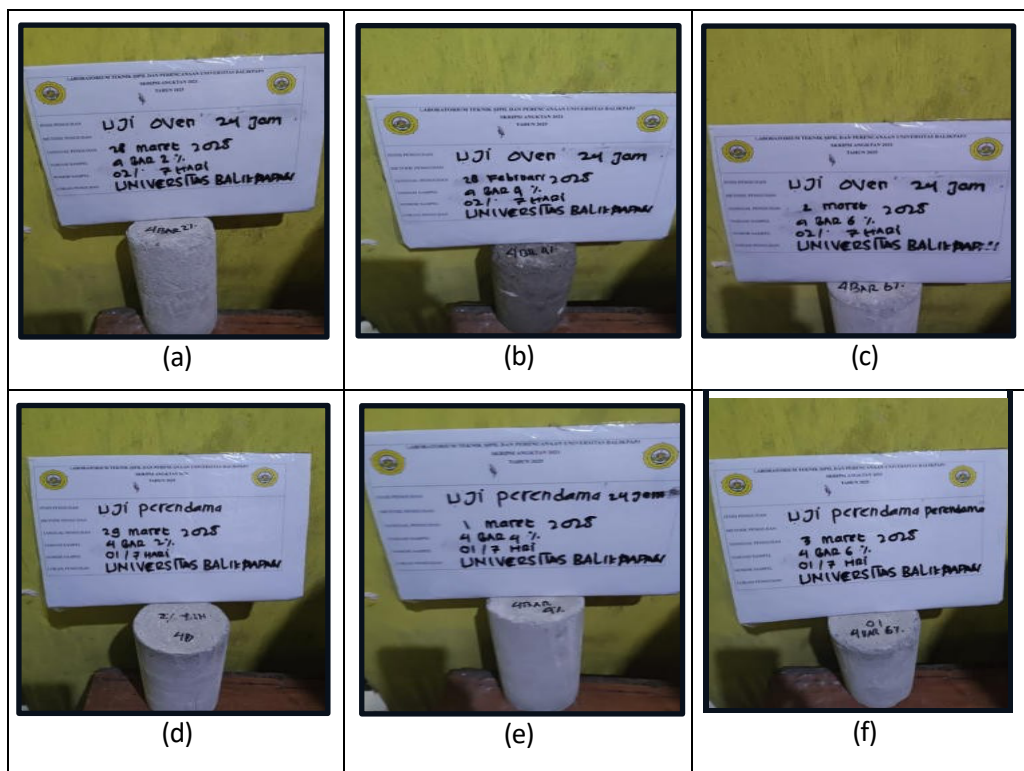
Tingginya penyerapan ini dapat juga dipengaruhi oleh rasio *foam agent* di mana peningkatan rasio menyebabkan densitas mortar menurun menjadi lebih ringan [16]. Pada penelitian terdahulu penyerapan air yang tinggi pada mortar busa umumnya terjadi akibat material penyusun yang tidak memenuhi persyaratan teknis serta pembentukan berlebihan akibat suhu selama proses penyampuran dan pengerasan.

### 3.4. Hasil Perubahan Terhadap Persentase Foam Agent Variasi 6 bar

Gambar 5 menunjukkan nilai keseluruhan penyerapan variasi 2%, 4%, dan 6% foam agent. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai penyerapan mortar busa mengalami penurunan seiring bertambahnya umur sampel pada hari ke 7, 14, 21, 28 dapat di pengaruhi juga tekanan bar yang bervariasi dan foam agent penurunan ini berkaitan dengan hidrasi semakin sempurna.



Gambar 5. Nilai keseluruhan penyerapan variasi 2%,4%, dan 6% foam agent



Gambar 6. Sampel uji perendaman dan oven (a) uji oven 24 jam 4 bar 2% (b) uji oven 4 bar 4%, (c) uji oven 24 jam 4 bar 6% (d) uji perendaman 24 jam 4 bar 2%, (e) uji perendaman 24 jam 4 bar 4%, (f) uji perendaman 4 bar 6%

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan kadar foam agent sangat berperan dalam menghasilkan mortar busa yang layak digunakan sebagai material timbunan penggunaan foam anget pada kisaran 2%-4% bukti mampu menghasilkan mortar busa dengan penyerapan air masih memenuhi standar SNI 8640-2018

(<25%), serta densitas yang cukup stabil ,sehingga material tetap memiliki kestabilan dan ketahanan yang baik dalam penggunaannya . sebaliknya peningkatan kadar foam agent hingga 6% menyebabkan terbentuknya rongga udara yang berlebihan yang berdpak pada tingginya penyerapan dan kestabilan mortar oleh karna itu hasil penelitian ini dapat di dimanfaatkan sebagai

pertimbangan untuk perencanaan maupun pelaksana konstruksi menentukan komposisi mortar busa yang optimal agar di perolah material timbunan yang ringan namun tetap aman dan tahan terhadap pengaruh lingkungan yang kurang bagus untuk dijadikan bahan

## 5. Saran

Penggunaan foam agent disarankan pada kisaran 2%-4% karena variasi terbukti memenuhi standar penyerapan air (<25%) serta menghasilkan struktur mortar busa yang lebih rapat, padat, dan stabil. Sebaliknya penggunaan *foam agent* 6% sebaiknya dihindari kususunya untuk struktural ,karena dapat meningkatkan pororsitas menurunkan densitas dan mengurangi ketahanan terhadap kelembapan. Selain pemilihan rasio *foam agent* optimalisasi metode pencampuran juga perlu di perhatikan. Campuran yang merata berperan penting dalam mengendalikan distribusi gelembung udara dan kombinasi pencampuran yang optimal dan curing yang tetap berpotensi menurunkan penyerapan air serta meningkatkan kualitas mortar busa secara keseluruhan.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] M. R. Fasya, Zaenudin and M. M. Efe, "Implementasi Sistem Peringatan Dini Kebakaran Rumah Berbasis Internet of Things (IoT)," *Journal of Computer Science and Information Technology (JCSIT)*, pp. 369 - 378, 2024.
- [2] A. Anggarani, Muqorobin and T. F. Efendi, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Dan Pemadam Api Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Riset Teknik Komputer*, pp. 97-111, 2024.
- [3] H. Isyanto, D. Almada and . H. Fahmiansyah, "Perancangan IoT Deteksi Dini Kebakaran dengan," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, pp. 105 - 120, 2020.
- [4] J. Mulyono, D. and E. Apriaskar, "Simulasi Alarm Kebakaran Menggunakan Sensor Mq-2, Falme Sensor," *Jurnal Ilmiah Elektronika dan Komputer*, vol. 14, pp. 16 - 25, 2021.
- [5] F. Ramadah , P. D. Wibawa and A. Rizal , "Sistem Deteksi Api Menggunakan," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 9, pp. 226-231, 2022.
- [6] R. R. Prayogi, A. Hariyani, T. B. Askarina and R. Amelia, "FlameAlert: Sistem Deteksi Api Berbasis CCTV menggunakan Metode," *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Matematika*, vol. 2, pp. 16-21 , 2023.
- [7] B. Satria, "IoT Monitoring Suhu dan Kelembaban Udara dengan Node MCU ESP8266," *Jurnal Teknik Informatika*, 2022.
- [8] W. A. Sasana and F. Lestari, "Evaluasi Perencanaan Sistem Proteksi Kebakaran Pada Tahap Desain Geddung Admin Di PT.J," *Jurnal Cahaya Mandalika*, pp. 765-782, 2023.
- [9] Y. Surya Kristama and I. Ratna Widiasari, "Alat Pendeteksi Kebakaran Dini Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 6, pp. 1599 - 1606, 2022.
- [10] Ihsan, *Prototype Pengangkut Sampah Padat Di Pintu Air*, Politeknik Negeri Jakarta, 2020.
- [11] Okpatrioka, "Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam," *DHARMA ACARIYA NUSANTARA : Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, vol. 1, pp. 86-100 , 2023.
- [12] M. F. Gunardi, "Implementasi Augmentasi Citra pada Suatu Dataset," *Institut Teknologi Bandung*, 2023.