

**TUGAS AKHIR**

**PEMANFAATAN *FLY ASH* DAN KAPUR ALAM  
SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN TERHADAP  
KARAKTERISTIK BATA RINGAN *CELLULAR*  
*LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)***

***UTILIZATION OF FLY ASH AND NATURAL LIME AS  
A CEMENT REPLACEMENT ON CHARACTERISTICS  
OF CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE BRICKS  
(CLC)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk  
Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية**

**Wiku Ananda Sugianto  
18511081**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2022**

## TUGAS AKHIR

### PEMANFAATAN FLY ASH DAN KAPUR ALAM SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN TERHADAP KARAKTERISTIK BATA RINGAN CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)

### *UTILIZATION OF FLY ASH AND NATURAL LIME AS A CEMENT REPLACEMENT ON CHARACTERISTICS OF CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE BRICKS (CLC)*

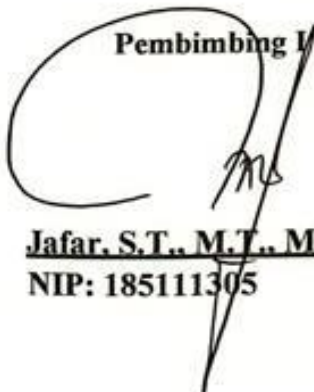
Disusun oleh:

**Wiku Ananda Sugianto**  
**18511081**


Telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil




Pembimbing I

  
**Jafar, S.T., M.T., MURP.**  
**NIP: 185111305**

Penguji I

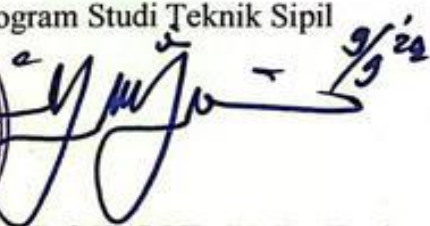
  
**Astriaana Hardawati, S.T., M.Eng.**  
**NIP: 165111301**

Penguji II

  
**Elvis Saputra, S.T., M.T.**  
**NIP: 205111302**

Mengesahkan,



  
**Yonalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)**  
**NIP: 095110101**

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Wiku Ananda Sugianto

18511081

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warrohmatullahi Wabarokaatuh*

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wata'ala Tuhan seluruh alam yang karena kehadiran dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Pemanfaatan Fly Ash dan Kapur Alam Sebagai Bahan Pengganti Semen Terhadap Karakteristik Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC)*.

Tugas Akhir ini disusun dengan tujuan sebagai syarat untuk menyelesaikan Studi Program Strata 1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Selama melaksanakan dan menyusun laporan, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak sehingga dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng) selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil,
2. Jafar, S.T., M.T., MURP. selaku dosen pembimbing,
3. Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji I,
4. Elvis Saputra, S.T., M.T. selaku dosen penguji II,
5. Bapak dan Ibu dosen pengajar yang telah mencurahkan ilmunya kepada penulis serta bapak dan ibu staff Program Studi Teknik Sipil dan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang telah membantu penulis dalam mengurus segala sesuatu terkait masa perkuliahan selama ini,
6. Bapak, Ibu, dan Mbak yang senantiasa mendukung penulis baik secara spiritual maupun finansial selama menjalani masa perkuliahan dengan semangat dan motivasi yang tak pernah putus.
7. Hardian Wibisono S., M. Firzaki Musyaffa, Azizan Dian Syafaat, Rheno Renaldy, Ilham Aji S., Ronggo Panuntun, Taufiq M Iqbal A., Afif Kemal Muzzaki, Abhinaya Fikri F., Fahmi Kunsetya L., selaku sobat KRP yang senantiasa mendukung penulis.

8. Ria Rahmawati selaku pendamping dan *support system* yang turut mewarnai proses pengerjaan Tugas Akhir,
9. Serta semua teman-teman penulis yang telah memiliki andil dalam proses penelitian yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

*Wassalamu'alaikum Warrohmatullahi Wabarokaatuh*

Yogyakarta, Agustus 2022

Penulis,



Wiku Ananda Sugianto

18511081

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pendahuluan	6
2.2 Penelitian Sebelumnya	6
2.3 Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya	8
2.4 Keaslian Penelitian	12
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Bata Ringan	13
3.2 Semen Portland	15
3.3 Agregat Halus	15
3.4 Air	17
3.5 Bahan Tambah ( <i>Admixrture</i> )	17
3.5.1 Abu Terbang	17
3.6 Kapur	18
3.7 <i>Foam Agent</i>	19
3.8 Kuat Tekan	19
3.9 Penyerapan Air	20
3.10 Densitas Bata Ringan	21

BAB IV LANDASAN TEORI	22
4.1 Tinjauan Umum	22
4.2 Variabel Penelitian	22
4.3 Teknik Pengumpulan Data	22
4.4 Bahan – bahan	23
4.5 Peralatan	25
4.6 Lokasi Penelitian	28
4.7 Tahapan Penelitian	28
4.7.1 Persiapan	28
4.7.2 Pemeriksaan Material	29
4.7.3 Pembuatan Benda Uji	32
4.7.4 Perawatan Benda Uji Bata Ringan	34
4.7.5 Pengujian Benda Uji Bata Ringan	34
4.7.6 Analisis data	36
4.7.7 Penyusunan Laporan	37
BAB V PEMBAHASAN	39
5.1 Pengujian Material	39
5.2 Perhitungan <i>Mix Design</i> Bata Ringan	43
5.2.1 Perhitungan Proporsi Campuran Bata Ringan	43
5.3 Pengujian Bata Ringan	47
5.3.1 Pengujian Densitas	47
5.3.2 Pengujian Kuat Tekan	49
5.3.3 Pengujian Penyerapan Air	53
BAB VI KESIMPULAN	56
6.1 Kesimpulan	56
6.2 Saran	56

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Kategori Berat Bata Ringan	14
Tabel 3. 2 Gradasi Agregat	16
Tabel 3. 3 Syarat Fisis Bata Ringan	19
Tabel 4. 1 Variasi Campuran Bata Ringan	32
Tabel 4. 2 Jumlah Sampel Bata Ringan	33
Tabel 4. 3 Variasi Campuran Bata Ringan	33
Tabel 5. 1 Berat Volume Padat Agregat Halus	39
Tabel 5. 2 Berat Volume Gembur Agregat Halus	40
Tabel 5. 3 Pengujian Modulus Halus Butir	41
Tabel 5. 4 Gradasi Agregat Halus	41
Tabel 5. 5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan	42
Tabel 5. 6 Pengujian Kandungan Lumpur (Uji Lolos Saringan No.200)	43
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Kebutuhan Material	47
Tabel 5. 8 Densitas Bata Ringan Tiap Variasi	47
Tabel 5. 9 Hasil Analisis Kuat Tekan Bata Ringan Tiap Variasi	50
Tabel 5. 10 Hasil Perhitungan Penyerapan Air Tiap Variasi	53



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Semen Padang Jenis PCC	23
Gambar 4. 2 Agregat Halus dari Sungai Progo	24
Gambar 4. 3 <i>Fly ash</i> Paiton	24
Gambar 4. 4 <i>Foam agent</i>	25
Gambar 4. 5 Kapur Alam	25
Gambar 4. 6 Cetakan Bata Ringan	26
Gambar 4. 7 <i>Mixer</i>	26
Gambar 4. 8 Saringan No. 4 (4,75 mm)	27
Gambar 4. 9 Timbangan	27
Gambar 4. 10 Oven	27
Gambar 4. 11 <i>Universal Testing Machine</i> (UTM)	28
Gambar 4. 12 Bentuk dan Dimensi Bata Ringan	34
Gambar 4. 13 Mekanisme Pembebanan Bata Ringan	35
Gambar 4. 14 Bagan Alir Penelitian	38
Gambar 5. 1 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus	42
Gambar 5. 2 Nilai Densitas ( $\text{kg/cm}^3$ )	49
Gambar 5. 3 <i>Setting Up</i> Bata Ringan Untuk Uji Tekan	50
Gambar 5. 4 Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Tekan	50
Gambar 5. 5 Nilai Kuat Tekan Bata Ringan (MPa)	53
Gambar 5. 6 Nilai Penyerapan Air	55
Gambar 5. 7 Hubungan Penyerapan Air dengan Nilai Kuat Tekan	55

## ABSTRAK

Bata ringan merupakan komponen non struktural penyusun dinding yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, dan foam. Menurut Bilim et al., (2009) tercatat sekitar 3 miliar ton bahan baku tiap tahunnya digunakan untuk produksi semen di seluruh dunia sehingga dibutuhkan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini hendak memberikan referensi baru tentang bata ringan ramah lingkungan yang menggunakan lebih sedikit semen. *Fly ash* merupakan salah satu material limbah yang memiliki sifat pozzolanik yang dapat menjadi pengganti semen. Untuk menghasilkan ikatan senyawa kalsium silikat hidrat (CSH) layaknya semen perlu ditambahkan kapur sehingga digunakan lah kapur alam ( $\text{CaCO}_3$ ).

Adapun campuran direncanakan dengan persentase fly ash sebanyak 10%, 20%, 30%, dan 40% sedangkan kapur alamnya sebanyak 5% untuk setiap variasi dengan total sampel sebanyak 35 benda uji berukuran 60 x 20 x 10 cm. Selanjutnya sejumlah 5 sampel bata ringan diuji tekan lalu satu sampel yang berbeda digunakan untuk uji densitas dan penyerapan air sesuai dengan SNI 8640:2018. Didapat hasil kuat tekan maksimum sebesar 2,02 MPa pada persentase fly ash 10% dan penambahan kapur 5%. Dari hasil pengujian densitas didapat nilai terbesar 889,608  $\text{kg/m}^3$  dan yang terendah 575,326  $\text{kg/m}^3$  dari variasi 1 ke variasi 5 sedangkan pada hasil uji penyerapan air yaitu sebesar 16,86% - 40,38%. Untuk campuran optimum bata ringan diperoleh pada persentase *fly ash* 10% dan kapur alam 5% .

**Kata kunci:** Bata Ringan, *Fly Ash*, Kapur Alam, Kuat Tekan, Densitas, dan Penyerapan Air

## ABSTRACT

*Light brick is a non-structural component that makes up walls made of a mixture of cement, fine aggregate, and foam. According to Bilim et al., (2009), it is recorded that around 3 billion tons of raw materials are used annually for cement production throughout the world so that more environmentally friendly alternatives are needed. This study aims to provide a new reference on environmentally friendly lightweight bricks that use less cement. Fly ash is a waste material that has pozzolanic properties which can be used as a substitute for cement. To produce a calcium silicate hydrate (CSH) compound bond like cement, lime needs to be added so that natural lime ( $\text{CaCO}_3$ ) is used.*

*The mixture is planned with the percentage of fly ash as much as 10%, 20%, 30%, and 40% while the natural lime is 5% for each variation with a total sample of 35 test objects measuring 60 x 20 x 10 cm. Furthermore, a number of 5 samples of lightweight bricks were tested for compression and then one different sample was used for density and water absorption tests in accordance with SNI 8640:2018. The maximum compressive strength was 2.02 MPa at 10% fly ash percentage and 5% lime addition. From the results of the density test, the largest value was 889.608  $\text{kg/m}^3$  and the lowest was 575.326  $\text{kg/m}^3$  from variation 1 to variation 5, while the results of the water absorption test were 16.86% - 40.38%. For the optimum mixture of lightweight bricks obtained at the percentage of fly ash 10% and 5% natural lime.*

**Keywords:** *Lightweight Bricks, Fly Ash, Natural Lime, Compressive Strength, Density, and Water Absorption*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Bidang konstruksi kini berkembang semakin pesat khususnya pada inovasi material yang semakin beragam dan hadir untuk menjawab semua permasalahan di lapangan. Salah satunya adalah inovasi material pasangan dinding, yaitu bata ringan yang mulai umum digunakan sebagai alternatif dari bata merah dan batako. Pengerjaannya yang lebih cepat, pelaksanaannya yang mudah, serta kerapian yang dihasilkan merupakan kelebihan dari bata ringan. Ukurannya yang jauh lebih besar dan beratnya yang lebih ringan merupakan alasan kenapa bata ringan dianggap lebih efisien digunakan untuk proyek konstruksi saat ini. Berat dari material pasangan dinding akan memengaruhi berat dari bangunan yang akan berimplikasi kepada besarnya beban gempa. Semakin tinggi dan semakin berat struktur bangunan maka gaya geser dasar  $V$  akan ikut meningkat pula (Faizah, 2015). Oleh karena itu, penggunaan bata ringan memang disarankan untuk gedung tingkat tinggi khususnya pada desain bangunan tahan gempa yang rentan terhadap gempa.

Ada dua jenis bata ringan yang umum dijumpai, yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Pada dasarnya dua jenis bata ringan di atas memiliki komposisi bahan yang mirip, yaitu semen, agregat halus dan *foam agent*, namun berbeda pada proses pengeringannya. Akibat adanya pori pada bata ringan lah yang mengakibatkan kenapa bata ini begitu ringan. Meskipun begitu jumlah pori pada bata ringan tidak boleh berlebihan karena justru akan menurunkan densitasnya sehingga akan ikut menurunkan kekuatannya. Menurut Tjokrodimulyo (2007), beton bisa disebut ringan apabila beratnya kurang dari  $1800 \text{ kg/m}^3$  sedangkan berat dari bata ringan sendiri berkisar antara  $600\text{-}1800 \text{ kg/m}^3$ .

Bata ringan dibuat menggunakan bahan yang mirip dengan bahan pembuatan beton dimana agregat menjadi material utama sedangkan semen menjadi bahan pengikatnya. Namun, modern ini proyek konstruksi berkembang begitu pesat sehingga permintaan semen kian meningkat hampir di seluruh belahan negara. Tercatat sekitar 3 miliar ton bahan baku tiap tahunnya digunakan untuk produksi semen di seluruh dunia (Bilim et al., 2009). Efek yang ditimbulkan dari produksi semen adalah gas emisi CO<sub>2</sub> yang secara akumulatif mengancam lingkungan, hampir 2,5% gas emisi CO<sub>2</sub> dalam skala global dilepaskan dari pusat industri semen (Çakır & Aköz, 2008).

Dari permasalahan di atas dibutuhkan bahan alternatif sebagai substitusi dari semen yang memiliki daya ikat (*pozzolanic*) terhadap agregat pada campuran bata ringan seperti bahan pozzolan. Menurut SNI 15-0302-2004, bahan yang mempunyai sifat pozzolan adalah bahan yang mengandung material silika aluminium dimana bentuknya halus. Ketika material ini bercampur dengan air, maka akan terjadi reaksi kimiawi dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen. Abu terbang adalah salah satu bahan yang tinggi kandungan silika SiO<sub>2</sub> ukurannya sangat lembut sehingga dapat digunakan sebagai *filler* sekaligus menjadi pengikat antara agregat sebagai pengganti semen. Material abu terbang merupakan partikel pozzolan sintetik hasil pembakaran industri batu bara yang banyak dimanfaatkan dalam perusahaan industri (Aziz & Ardha, 2006). Berdasarkan PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, abu terbang tergolong sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) karena mengandung oksida logam berat yang akan mengalami pelindian secara alami dan mencemari lingkungan (Legowo & Sunaryo, 2003). Pemanfaatan abu terbang merupakan langkah bijak untuk mengatasi limbah B3 yang sangat berbahaya apabila terpapar pada manusia dan tumbuhan karena tidak diolah dengan baik.

Selain material yang telah dijelaskan di atas terdapat alternatif lain yang dapat digunakan sebagai perekat, yaitu kapur. Kapur adalah material alami yang sudah dikenal sejak dahulu sebagai bahan perekat konstruksi bangunan sebelum ditemukannya semen. Kapur ini didapat dari proses penambangan batu gamping

untuk kemudian diolah dan digunakan. Apabila kapur bertemu dengan abu terbang yang kaya akan kandungan silika dan kemudian bereaksi dengan air maka akan terbentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H) (Haryanti & Wardhana, 2017). Hasil dari reaksi kedua bahan ini dapat menghasilkan ikatan layaknya pada campuran semen dengan air sehingga kapur dinilai layak untuk digunakan. Penelitian ini akan membahas tentang pengaruh abu terbang dan kapur sebagai pengganti semen pada bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) terhadap sifat mekaniknya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dapat dirumuskan dari latar belakang adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggantian sebagian semen dengan *fly ash* dan kapur alam terhadap karakteristik bata ringan?
2. Apakah campuran *fly ash* dan kapur alam dapat bereaksi seperti semen?
3. Berapakah komposisi optimum campuran *fly ash* dan kapur alam pada pembuatan bata ringan berdasarkan nilai kuat tekan, densitas, dan penyerapan air?
4. Apakah *fly ash* dan kapur alam efektif digunakan sebagai pengganti sebagian semen?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah.

1. Mengetahui pengaruh penggantian sebagian semen dengan *fly ash* dan kapur alam terhadap karakteristik bata ringan.
2. Mengetahui apakah campuran *fly ash* dan kapur alam dapat bereaksi seperti semen
3. Menentukan komposisi optimum dari campuran *fly ash* dan kapur alam untuk pembuatan bata ringan berdasarkan nilai kuat tekan, densitas, dan penyerapan air.
4. Mengetahui apakah *fly ash* dan kapur alam efektif digunakan sebagai pengganti sebagian semen.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah menghasilkan inovasi bata ringan ramah lingkungan yang minim menggunakan semen dan memberikan informasi yang valid tentang bahan alternatif pengganti semen.

#### 1.5 Batasan Masalah

Batasan penelitian ditujukan supaya penulis lebih terfokus pada masalah yang diteliti. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan semen PCC (*Portland Cement Composite*) merk Semen Padang.
2. *Fly ash* tipe C dari PLTU Paiton sebagai bahan pengganti dari semen dengan variasi persentase 10%, 20%, 30%, dan 40% dari total persentase semen tiap variasi.
3. Kapur alam sebagai bahan tambah pada campuran bata ringan sebanyak 5% di setiap variasinya kecuali pada variasi 1.
4. Agregat halus menggunakan pasir progo yang didapat dari sungai progo.
5. Air untuk campuran bata ringan menggunakan air dari Laboratorium Inovasi Material Vulkanis Universitas Islam Indonesia.
6. Kandungan kimia pada bahan pengganti semen yaitu *fly ash* dan kapur alam tidak diuji lab.
7. Densitas basah rencana 800-900 kg/m<sup>3</sup>
8. Benda uji berbentuk balok dengan dimensi panjang 60 cm, lebar 10 cm dan, tinggi 20 cm dengan jumlah setiap variasi sebanyak 5 buah untuk diuji tekan. Lalu, ada satu benda uji dengan ukuran yang sama disetiap variasi untuk pengujian penyerapan air dan densitas.
9. Seluruh pengujian dilakukan pada benda uji berumur 28 hari dan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
10. Macam-macam pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.
  - a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus menggunakan SNI 1970-1990.
  - b. Pengujian analisa saringan agregat halus menggunakan SNI 1968-1990.

- c. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus menggunakan SNI 4804-1998.
- d. Pengujian butiran lolos ayakan no. 200 (uji kandungan lumpur dalam pasir) menggunakan SNI 4142-1996.
- e. Pengujian bata ringan dalam penelitian ini adalah kuat tekan, densitas, dan penyerapan air berdasarkan SNI 03-0349-1989 dan SNI 8640:2018.





## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pendahuluan**

Dalam suatu penelitian diperlukan teori-teori dasar yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Untuk menunjang keilmiahan penelitian diperlukan tinjauan pustaka yang berisi beberapa penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan dengan topik yang akan diteliti. Oleh karena itu, dengan adanya tinjauan pustaka diharapkan memperoleh informasi mengenai metode maupun langkah-langkah pengerjaan dan informasi lainnya yang bermanfaat untuk penelitian.

#### **2.2 Penelitian Sebelumnya**

Pada penelitian sebelumnya sudah pernah ada yang membahas tentang bata ringan jenis CLC dengan bahan alternatif abu terbang sebagai pengganti sebagian semen. Adapun penjelasan lebih lanjutnya dari penelitian yang disinggung di atas adalah sebagai berikut:

1. Erlangga dan Teguh (2014)

Penelitian yang membahas tentang Pengujian Karakteristik Material Pada Inovasi Bata Ringan untuk Bangunan Tahan Gempa ini memfokuskan pada komposisi optimum agar menghasilkan nilai kuat tekan dan densitas yang paling baik sesuai persyaratan SNI 03-0349-1989. Adapun bahan sebagai komposisi bata ringan yang direncanakan antara lain, adalah semen, pasir, lumpur, gypsum, kapur dan aluminium pasta.

Pada penelitian ini digunakan benda uji berukuran 15 x 15 x 15 cm, 40 x 10 x 10 cm sedangkan untuk tipe yang lebih tebal berukuran 60 x 10 x 20 cm, 60 x 9 x 20 cm, and 60 x 8 x 20 cm. Setelah benda uji berumur 28 hari maka, selanjutnya dilakukan pengujian dan didapat hasil bahwa komposisi optimum adalah semen 30%, lumpur 15%, pasir 35%, kapur 10%, gypsum 10%, dan aluminium pasta 0,1% dengan nilai kuat tekan sebesar 2,765 MPa.

Diketahui pula bahwa ketebalan dari benda uji tidak memengaruhi nilai kuat tekan bata ringan.

2. Bella, Pah, dan Ratu (2017)

Penelitian yang berjudul Perbandingan Persentase Penambahan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Bata Ringan Jenis CLC ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan, densitas, dan serapan pada bata ringan dengan *fly ash* sebagai pengganti dari semen. Variasi *fly ash* yang direncanakan, yaitu mulai dari 10% sampai dengan 90% dengan penambahan 10% di setiap benda uji yang berbeda. Pada pengujian ini digunakan sampel berumur 7, 21, dan 28 hari untuk uji tekan dengan dimensi 60 x 20 x 7,5 cm dan bata berumur 28 hari dengan dimensi 15 x 15 x 15 cm untuk uji serapan air.

Dari eksperimen yang dilakukan didapatkan hasil nilai kuat tekan maksimum pada variasi *fly ash* 10% sebesar 0,633 MPa, 0,781 MPa, dan 0,819 MPa dengan densitas sebesar 750,741 kg/m<sup>3</sup>, 664,444 kg/m<sup>3</sup>, 588,519 kg/m<sup>3</sup> secara berurutan pada bata berumur 7, 21, dan 28 hari serta serapan air sebesar 26,256% pada usia 28 hari. Sedangkan untuk nilai kuat tekan minimumnya pada variasi *fly ash* 40% berturut-turut sebesar 0,485 MPa, 0,633 MPa, dan 0,670 MPa dengan densitas sebesar 585,556 kg/m<sup>3</sup>, 566,296 kg/m<sup>3</sup>, 549,259 kg/m<sup>3</sup> serta serapan air sebesar 38,184%. Seiring dengan lama umur perawatan nilai kuat tekan bata ikut meningkat namun, pada variasi *fly ash* dengan rentang 50% sampai 90% bata ringan mengalami kegagalan/pecah sehingga disarankan persentase maksimum *fly ash* hanya sampai 40% saja.

3. Haryanti dan Wardhana (2017)

Penelitian dengan judul Pengaruh Komposisi Campuran Pasir Silika dan Kapur Tohor Pada Bata Ringan Berbahan Limbah Abu Terbang Batubara bertujuan untuk mengetahui komposisi terbaik dengan meninjau densitas dan nilai kuat tekannya. Pada penelitian ini benda uji berbentuk kubus dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 5 komposisi dengan masing-masing komposisi berjumlah 5 benda uji.

Dari pengujian ini didapatkan hasil bahwa uji densitas dan kuat tekan bata ringan memenuhi syarat SNI 03-0349-1989 dan SNI 03-3449-1994. Komposisi optimum dari bata ringan dengan densitas rerata sebesar 853 kg/m<sup>3</sup> sedangkan untuk nilai kuat tekan reratanya mencapai 25,58 kg/cm<sup>2</sup> (2,56 MPa). Adapun komposisinya adalah abu terbang (28,57%), semen PCC (42,86%), pasir silika (28,57%) dan tanpa kapur tohor. Campuran kapur tohor dan pasir silika terbukti berpengaruh pada densitas dan nilai tekan pada bata ringan secara signifikan.

4. Jusi, Maizir, Ilham, Saily (2021)

Penelitian dengan judul Pengaruh Penambahan Kapur Tohor Terhadap Sifat Mekanis Bata Ringan, membahas tentang penggunaan kapur sebagai pengganti sebagian semen. Adapun untuk pengujiannya sendiri adalah pengujian kuat tekan bebas menggunakan Unconfined Compression Strength (UCS) dengan variasi campuran yang digunakan sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% dari volume semen keseluruhan. Pengujian dilakukan pada benda uji yang berumur 28 hari untuk semua jenis sampel.

Hasil yang didapatkan dari pengujian kuat tekan bebas metode UCS dengan variasi kapur 5%, 10%, 15%, dan 20% secara berurutan sebesar 0.96 Mpa, 0,81 MPa, 0,43 Mpa, dan 0,32 MPa. Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa variasi yang menghasilkan nilai kuat tekan paling baik pada variasi kapur 5%.

### 2.3 Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya

Adapun persamaan dan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan. Rincian mengenai penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Rincian Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya

Peneliti	Erlangga dan Teguh (2014)	Bella, Pah, dan Ratu (2017)	Haryanti dan Wardhana (2017)	Jusi, Maizir, Ilham, Saily (2021)	Wiku Ananda Sugianto (2022)
Judul	Pengujian Karakteristik Material Pada Inovasi Bata Ringan untuk Bangunan Tahan Gempa	Perbandingan Persentase Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Bata Ringan Jenis CLC	Komposisi Campuran Pasir Silika dan Kapur Tohor Pada Bata Ringan Berbahan Limbah Abu Terbang	Pengaruh Penambahan Kapur Tohor Terhadap Sifat Mekanis Bata Ringan	Pemanfaatan <i>fly ash</i> dan kapur alam sebagai bahan pengganti semen terhadap karakteristik bata ringan <i>Cellular Lightweight Concrete (CLC)</i>
Tujuan	Membuat bata ringan untuk bangunan tahan gempa dengan alternatif bahan inovasi yang tetap memperhatikan kekuatannya.	Untuk mengetahui pengaruh penggunaan <i>fly ash</i> sebagai pengganti semen terhadap nilai kuat tekan, densitas dan serapan pada bata ringan	Untuk mengetahui nilai kuat tekan, berat volume, tingkat absorpsi dan porositas bata ringan dengan campuran abu terbang, pasir silika, dan kapur tohor.	Untuk mengetahui nilai kuat tekan bata ringan akibat pengaruh penambahan kapur tohor.	Untuk mengetahui karakteristik bata ringan CLC dengan menambahkan <i>fly ash</i> dan kapur alam sebagai bahan pengganti semen.
Parameter	Berat volume, nilai kuat tekan, kuat lentur, penyerapan air, kepadatan.	Pengaruh <i>fly ash</i> sebagai pengganti dari semen terhadap kuat tekan, densitas, dan serapan pada bata ringan.	Berat volume dan nilai kuat tekannya.	Nilai kuat tekan	Nilai kuat tekan, densitas, dan tingkat penyerapan air.

Lanjutan Tabel 2.1

Peneliti	Erlangga dan Teguh (2014)	Bella, Pah, dan Ratu (2017)	Haryanti dan Wardhana (2017)	Jusi, Maizir, Ilham, Saily (2021)	Wiku Ananda Sugianto (2022)
Bahan Tambah	Kapur, gipsum, tanah liat kering, dan alumunium pasta.	<i>Fly ash</i> dari PLTU Bolok Kupang.	abu terbang, pasir silika, dan kapur tohor.	Kapur tohor.	<i>Fly ash</i> dan kapur alam
Metode	Membuat bata ringan dengan persentase semen sebanyak 30%, sementara kapur, gipsum dan tanah liat kering bervariasi antara 5-15% sedangkan untuk pasirnya berkisar antara 35-45% dan rasio air semen sebanyak 1. Untuk alumunium pastanya sebanyak 0,1-0,3 dari berat total semen.	Bata ringan dibuat dengan komposisi mengacu pada SOP PT. Brikcoe Jaya Perkasa. Komposisi yang digunakan adalah 360 kg pasir, 280 kg semen, 180 liter air dan 1 liter foam agent yang dicampur dengan air sebanyak 40 liter. Kemudian <i>fly ash</i> ditambahkan ke tiap variasi campuran dengan kenaikan 10% sampai 90%.	Membuat bata ringan dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 5 buah dari total 5 variasi. Pembuatan benda uji dilakukan dengan metode eksperimen dengan mempertimbangkan penelitian sebelumnya yaitu, Pelaihari (2007) dan Cruz (2012).	Membuat bata ringan dengan mensubstitusi sebagian semen dengan kapur tohor. Adapun variasi kapur tohor yang digunakan berkisar antara 5-20% dengan kenaikan sebesar 5%.	Pembuatan bata ringan dilakukan secara eksperimental dengan menambahkan <i>fly ash</i> 10-40% dengan kenaikan 10% dan kapur alam sebanyak 5% di setiap variasinya. Benda uji yang dibuat berukuran 10 cm x 20 cm x 60 cm untuk setiap variasinya.
Hasil	Didapat hasil bahwa komposisi optimum adalah semen 30%, lumpur 15%, pasir 35%, kapur 10%,	Hasil nilai kuat tekan maksimum pada variasi <i>fly ash</i> 10% sebesar 0,819 MPa dengan densitas sebesar,	Didapat komposisi optimum adalah abu terbang (28,57%), semen PCC (42,86%), pasir silika (28,57%)	Hasil yang didapatkan dari pengujian kuat tekan bebas metode UCS dengan variasi kapur 5%, 10%, 15%,	

Lanjutan Tabel 2.1

Peneliti	Erlangga dan Teguh (2014)	Bella, Pah, dan Ratu (2017)	Haryanti dan Wardhana (2017)	Jusi, Maizir, Ilham, Saily (2021)	Wiku Ananda Sugianto (2022)
	<p>gypsum 10%, dan aluminium pasta 0,1% dengan nilai kuat tekan sebesar 2,765 MPa. Penggunaan kapur bakar/tohor menghasilkan nilai kuat tekan 3,312 MPa sedangkan kapur giling. Sebesar 2,904 MPa. Bata ringan inovatif tergolong lebih ringan sehingga disarankan karena dapat mengurangi beban gempa.</p>	<p>588,519 kg/m<sup>3</sup> serta serapan air sebesar 26,256% pada usia 28 hari. Sedangkan nilai kuat tekan minimumnya pada variasi fly ash 40% sebesar 0,670 MPa dengan densitas sebesar 549,259 kg/m<sup>3</sup> serta serapan air sebesar 38,184%. Untuk variasi fly ash 50% ke atas mengalami kegagalan/pecah sehingga didapat batas atasnya pada variasi 40%.</p>	<p>dan tanpa kapur tohor dengan hasil: 1. berat volume rerata sebesar 853 kg/m<sup>3</sup>. 2. nilai kuat tekan reratanya mencapai 25,58 kg/cm<sup>2</sup> (2,56 MPa).</p>	<p>dan 20% secara berurutan sebesar 0.96 Mpa, 0,81 MPa, 0,43 Mpa, dan 0,32 MPa.</p>	

#### 2.4 Keaslian Penelitian

Penelitian ini memiliki perbedaan daripada penelitian yang sebelumnya dimana akan dicari komposisi optimum untuk mendapatkan nilai kuat tekan, densitas, dan penyerapan air. Penelitian dilakukan dengan mensubstitusi sebagian semen dengan abu terbang dan kapur. Abu terbang yang dipakai sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, 40% untuk masing-masing variasi sebagai variabel bebasnya. Hal ini berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan Bella et al. (2017). Namun, seiring penambahan abu terbang nilai kuat tekan yang dihasilkan justru menurun akibat daya ikat campuran yang juga ikut menurun. Maka dari itu penambahan kapur diharapkan dapat meningkatkan daya ikat campuran sehingga berdampak pada meningkatnya nilai kuat tekan bata ringan. Adapun persentase kapur yang digunakan sebanyak 5% dengan mempertimbangkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Jusi et al., 2021). Penelitian tersebut merekomendasikan penambahan 5% kapur untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang paling baik. Proses penelitian ini menggunakan metode coba-coba/*trial and error* dengan umur rencana 28 hari. Berdasarkan apa yang telah disampaikan di atas, penulis dapat mempertanggung jawabkan keaslian dari penelitian ini.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Bata Ringan**

Bata ringan adalah material yang menyerupai bata beton namun dengan berat yang lebih ringan. Pada Suryani & Munasir (2015) ada yang mendefinisikan bata ringan sebagai bata dengan densitas antara  $2000 \text{ kg/m}^3$  atau lebih rendah. Bata ringan memiliki komposisi semen, agregat halus, dan *foam agent* sebagai pengembang adonan pasta semen. Bata ringan pada umumnya dibagi dalam dua kelompok, yaitu bata ringan jenis *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Perbedaan di antara kedua jenis bata ringan di atas adalah pada proses pengeringannya dimana bata ringan AAC menggunakan oven autoklaf bersuhu tinggi sedangkan bata jenis CLC dikeringkan secara alami. Pada prinsipnya kedua jenis bata ringan di atas sama karena menggunakan *foam agent* pada campuran pasta semen sebagai pengganti agregat kasar. Akibat dari penambahan *foam agent* secara proporsional terbentuklah rongga udara (*void*) yang membuat bata ini menjadi ringan dengan berat kering berkisar antara  $500 \text{ kg/m}^3 - 1600 \text{ kg/m}^3$  (Jitchaiyaphum et al., 2011). Penambahan *foam agent* selain menyebabkan munculnya pori pada bata ringan juga memengaruhi densitasnya. Semakin tinggi porositas bata ringan maka semakin rendah densitasnya yang berakibat pada menurunnya nilai kuat tekan. Pada (Mustapure & Eramma, 2014) bata ringan jenis CLC dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelas berdasarkan densitasnya antara lain:

1. Kelas A dengan densitas  $1200 \text{ kg/m}^3 - 1800 \text{ kg/m}^3$  berfungsi sebagai penumpu beban struktural.
2. Kelas B dengan densitas  $800 \text{ kg/m}^3 - 1000 \text{ kg/m}^3$  berfungsi sebagai penumpu beban non struktural.
3. Kelas C dengan densitas  $400 \text{ kg/m}^3 - 600 \text{ kg/m}^3$  digunakan sebagai insulator termal.



Sedangkan menurut SNI 8640:2018 sendiri untuk berat bata ringan telah diatur baik untuk bata struktural maupun non struktural seperti pada tabel 3.1 berikut.

**Tabel 3. 1 Kategori Berat Bata Ringan**

	Kategori berat	Bata struktural		Bata nonstruktural	
		Terekspos lingkungan ( <i>outdoor</i> )	Tidak terekspos lingkungan ( <i>outdoor</i> )	Terekspos lingkungan ( <i>outdoor</i> )	Tidak terekspos lingkungan ( <i>outdoor</i> )
Kelas		IA	IB	IIA	IIB
Bobot isi kering oven (kg/m <sup>3</sup> )	500			400-600	
	700		600-800	600-800	
	900	800-1.000	800-1.000	800-1.000	
	1.100	1.000-1.200	1.000-1.200	1.000-1.200	
	1.300	1.200-1.400	1.200-1.400	1.200-1.400	

Sumber: SNI 8640:2018

Bata ringan sering kali menjadi alternatif sebagai material pasangan dinding meskipun begitu terdapat kelebihan dan kekurangan pada bata ringan. Menurut Jusi et al. (2021) kelebihan dan kekurangan dari bata ringan antara lain:

1. Kelebihan bata ringan
  - a. Ukurannya yang besar dengan bentuk yang seragam memudahkan pekerjaan dinding supaya rapi.
  - b. Waktu pengerjaannya lebih cepat daripada bata merah dan batako.
  - c. Berat struktur lebih ringan karena densitas bata ringan lebih rendah dari bata lainnya.
  - d. Plesteran yang digunakan tidak perlu terlalu tebal hanya sekitar 2,5 cm saja.
2. Kekurangan bata ringan
  - a. Harganya lebih mahal daripada bata jenis lainnya.
  - b. Membutuhkan semen khusus untuk proses pemasangannya.
  - c. Memerlukan tukang khusus yang ahli agar pengerjaannya optimal.
  - d. Dijual dalam volume yang besar dengan satuan per kubik.

Pada penelitian ini akan dibuat bata ringan dengan campuran abu terbang dan kapur untuk mengganti sebagian semen. Pemilihan material abu terbang dan kapur bertujuan untuk mengurangi penggunaan semen yang berakibat pada

tingginya emisi gas CO<sub>2</sub>. Meskipun abu terbang tergolong limbah B3 namun, memiliki sifat pozzolanik yang efektif bekerja apabila bereaksi dengan air. Menurut SNI 15-0302-2004 material pozzolan merupakan material yang mengandung SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang mana banyak ditemukan pada abu terbang. Berdasarkan penelitian Caroles (2019) hasil analisis SEM-EDS menunjukkan persentase kandungan silika (SiO<sub>2</sub>) pada abu terbang lebih tinggi sebesar 67,68 % sedangkan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 16,80%.

### **3.2 Semen Portland**

Semen portland merupakan butiran halus hasil penggilingan terak/klinker yang mengandung kalsium silikat hidrolis dan digiling bersama dengan beberapa kristal senyawa kalsium sulfat SNI 15-2049-2004. Menurut Jusi et al. (2021) semen portland tersusun dari bahan oksida seperti silika oksida (SiO<sub>2</sub>) 20%-25%, kapur (CaO) 60%-65%, besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 7%-12%. Semen portland memiliki beberapa jenis sesuai dengan penggunaannya di lapangan sebagaimana yang dijelaskan di bawah ini.

1. Jenis I yaitu, semen portland yang digunakan secara umum.
2. Jenis II yaitu, semen portland yang tahan terhadap sulfat dan memiliki hasil kalor dari proses hidrasi tingkat sedang.
3. Jenis III yaitu, semen portland yang digunakan untuk memperoleh kekuatan tinggi setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV yaitu, semen portland dengan hasil kalor hidrasi yang rendah.
5. Jenis V yaitu, semen portland yang digunakan untuk lingkungan dengan kadar sulfat tinggi.

### **3.3 Agregat Halus**

Agregat halus adalah agregat berbutir halus dengan ukuran maksimum 4,76 mm yang berasal dari alam ataupun dari hasil olahan (SNI-03-6820-2002). Agregat halus berfungsi sebagai pengisi dari bata ringan yang kemudian diikat dengan semen atau bahan pengikat sejenis sehingga terbentuk suatu material yang keras dan padat. Berdasarkan SNI-03-6820-2002 unsur perusak yang terkandung dalam agregat halus dibatasi sebagai berikut:

1. Pasir tidak boleh mudah pecah dimana partikel yang mudah pecah maksimum 1%.
2. Agregat halus harus murni dari kandungan zat organik.
3. Kandungan lumpur yang terkandung di dalam agregat halus maksimum 5%.
4. Terbebas dari kotoran yang dapat merusak warna agregat halus.
5. Apabila direndam pada cairan dengan berat jenis 2,0 partikel yang diperbolehkan terapung maksimum 5%.

Adapun agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pasir dari kuari progo yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



**Gambar 3. 1 Agregat Halus dari Kuari Progo**

Sumber: Dokumentasi pribadi

Dalam SNI-03-6820-2002 gradasi agregat halus diatur berdasarkan nomor saringan yang lolos seperti pada Tabel 3.2.

**Tabel 3. 2 Gradasi Agregat**

Saringan	Persen Lolos	
	Maksimum	Minimum
No. 4 (4,76 mm)	100	-
No. 8 (2,36 mm)	90	100
No. 16 (1,18 mm)	60	90
No. 30 (600 mm)	35	70
No. 50 (300 mm)	10	30
No. 100 (150 mm)	0	5
No. 200 (75 mm)	0	3

Sumber: SNI-03-6820-2002

### 3.4 Air

Air merupakan bahan pencampur dalam pembuatan bata ringan yang membantu proses pencampuran semua bahan sampai menjadi pasta semen. Air berperan dalam reaksi hidrasi semen sehingga semen dapat mengikat agregat halus dan mengeras. Dalam Tjaronge et al. (2018) hidrasi adalah reaksi kimia antara semen dengan air yang menimbulkan panas akibat adanya kalor yang dilepaskan (eksotermik) selama proses pengerasan berlangsung. Dikarenakan hidrasi merupakan reaksi kimia maka akan berlangsung baik apabila air yang digunakan adalah air bersih bebas zat kimia. Selain dalam proses pembuatan bata ringan air juga digunakan dalam proses *curing* pasca pencetakan. *Curing* dilakukan dengan tujuan supaya proses hidrasi berlangsung dengan baik sehingga bata ringan dapat mengeras sampai umur rencana yang telah ditentukan.

### 3.5 Bahan Tambah (*Admixrture*)

Dalam pembuatan beton dan material sejenisnya seperti bata ringan sudah lumrah menggunakan bahan tambah (*admixture*) baik yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) ataupun yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah kimia biasanya ditujukan untuk merubah perilaku bata ringan saat proses pelaksanaan pekerjaan sedangkan bahan tambah mineral ditujukan untuk perbaikan nilai kekuatannya. Dalam penelitian ini digunakan bahan tambah mineral yaitu *fly ash* sebagai pengganti semen yang dimaksudkan untuk perbaikan kinerja bata ringan.

#### 3.5.1 Abu Terbang

Abu terbang merupakan produk residu dari proses pembakaran batu bara. Abu terbang mengandung unsur kimia seperti, silika, besi oksida, alumina, dan kalsium oksida. Beberapa unsur tadi memiliki sifat pozzolanik yang dapat menjadi bahan pengikat pada campuran bata ringan. Dalam Bella et al. (2017) abu terbang memiliki kadar  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 70\%$  sehingga efektif digunakan untuk pengganti semen sebagai pengikat pada bata ringan. Selain menjadi pengikat abu terbang juga dapat menjadi material *filler* antar agregat karena ukuran partikelnya yang kecil sehingga sekaligus mampu meningkatkan densitas

bata ringan. Adapun *fly ash* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



**Gambar 3. 2 Fly ash Paiton**  
Sumber: Dokumentasi pribadi

### 3.6 Kapur

Kapur adalah bahan pengikat yang telah lama digunakan sejak zaman dahulu sebelum ditemukannya semen. Kapur banyak ditemukan di alam dalam bentuk bongkahan batu besar dan kemudian ditambang menjadi bongkahan yang lebih kecil. Menurut Ningrum & Sofianto (2018) penambahan kapur pada bata ringan dapat menghasilkan berat yang lebih ringan yaitu, antara 0,6-0,7 kg dibanding tanpa kapur. Kapur dipilih karena harganya yang lebih murah dibanding semen. Selain itu kapur juga memiliki kemampuan untuk mengikat partikel secara baik. Adapun kapur yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 di bawah ini.



**Gambar 3. 3 Kapur Alam**  
Sumber: Dokumentasi pribadi

### 3.7 Foam Agent

*Foam agent* adalah bahan surfaktan yang dapat menjadi gelembung busa apabila dicampur dengan air. *Foam agent* dicampur kedalam adonan supaya terbentuk banyak pori sehingga bata ringan memiliki berat yang ringan. Proses pencampuran *foam agent* dengan air dan kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) dalam pembuatan bata ringan menghasilkan gas hidrogen. Gas hidrogen tadi terperangkap sehingga membuat volume campuran menjadi mengembang dan menghasilkan pori pada bata ringan (Taufik et al., 2017). Adapun *foam agent* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.4 di bawah ini.



**Gambar 3. 4 Foam agent**  
Sumber: Dokumentasi pribadi

### 3.8 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah salah satu parameter untuk mengetahui kekuatan bata ringan. Nilai kuat tekan didapat dari uji tekan bebas dengan memberikan beban persatuan luas sampai benda uji hancur. Syarat kuat tekan dari bata ringan diatur dalam SNI 8640:2018 bersama dengan syarat fisis lainnya. Tabel syarat fisis bata ringan dapat dilihat pada tabel 3.3 di bawah ini.

**Tabel 3. 3 Syarat Fisis Bata Ringan**

Syarat fisis	Satuan	Bata struktural		Bata nonstruktural	
		Terekspos lingkungan ( <i>outdoor</i> )	Tidak terekspos lingkungan ( <i>indoor</i> )	Terekspos lingkungan ( <i>outdoor</i> )	Tidak terekspos lingkungan ( <i>indoor</i> )
Kelas	-	IA	IB	IIA	IIB
Kuat tekan rata-rata, min.	MPa	6	4	2	

Lanjutan Tabel 3.3

Syarat fisis	Satuan	Bata struktural		Bata nonstruktural	
		Terekspos lingkungan ( <i>outdoor</i> )	Tidak terekspos lingkungan ( <i>indoor</i> )	Terekspos lingkungan ( <i>outdoor</i> )	Tidak terekspos lingkungan ( <i>indoor</i> )
Kuat tekan individu, min	MPa	5,4	3,6	1,8	
Penyerapan air, maks	% vol	25	-	25	-
Tebal, min	mm	98		98	73
Susut pengeringan, maks	%	0,2			

Sumber: SNI 8640:2018

Berdasarkan parameter di atas maka kuat tekan dapat dirumuskan menjadi persamaan di bawah ini.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

Keterangan: Kuat tekan = kuat tekan bata ringan (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

### 3.9 Penyerapan Air

Bata ringan merupakan bata selular yang memiliki pori. Permukaan bata ringan yang berpori memungkinkan untuk menyerap air dari luar kedalam. Penyerapan air secara berlebihan dapat memengaruhi bata ringan sehingga mengakibatkan struktur penyusunnya rapuh. Oleh karena itu persentase penyerapan air pada bata ringan diatur dalam SNI 8640:2018. Untuk bata beton dengan tingkat mutu I nilai maksimum penyerapan airnya sebesar 25% dan untuk tingkat mutu II sebesar 35%. Sedangkan untuk tingkat mutu III dan IV nilai penyerapan airnya tidak dibatasi. Penyerapan air pada bata ringan dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini.

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B - A}{A} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan: A = berat bata ringan kondisi kering (setelah dioven) (kg)

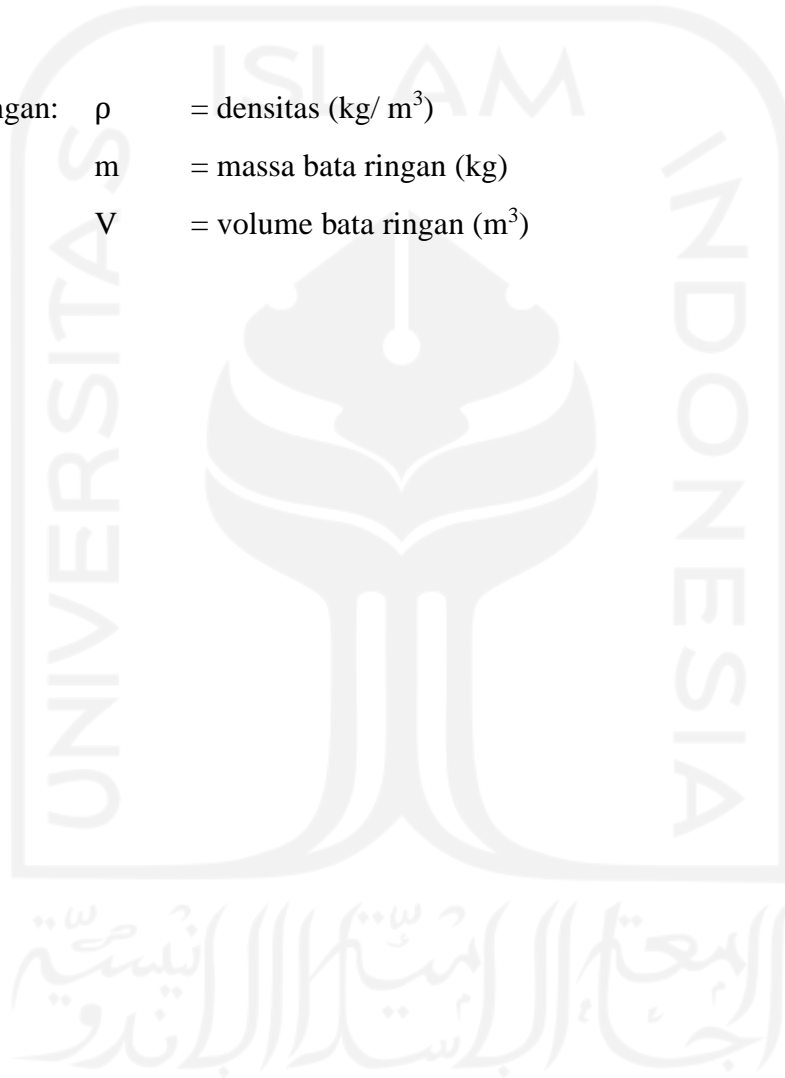
B = berat bata ringan kondisi basah (kg)

### 3.10 Densitas Bata Ringan

Densitas bata ringan merupakan perbandingan massa benda terhadap volumenya sendiri. Perhitungan densitas dapat dilakukan menggunakan rumus di bawah ini.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.3)$$

Keterangan:  $\rho$  = densitas (kg/ m<sup>3</sup>)  
 $m$  = massa bata ringan (kg)  
 $V$  = volume bata ringan (m<sup>3</sup>)





## **BAB IV**

### **LANDASAN TEORI**

#### **4.1 Tinjauan Umum**

Metode penelitian merupakan sistematika prosedur pada suatu penelitian yang memenuhi kaidah-kaidah ilmiah yang rasional serta empiris untuk mendapatkan suatu data tertentu. Adapun penelitian eksperimental untuk membuat bata ringan CLC dengan campuran abu terbang dan kapur ini dilakukan di Laboratorium Inovasi Material Vulkanis Universitas Islam Indonesia.

#### **4.2 Variabel Penelitian**

Untuk mengetahui pengaruh dari penambahan abu terbang dan kapur sebagai pengganti sebagian semen maka perlu ditinjau berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Benda uji akan ditinjau berdasarkan beberapa aspek seperti, nilai kuat tekan, densitas, dan penyerapan air. Namun, untuk mengetahui perbandingan hasilnya satu sama lain secara lebih detail dibutuhkan variasi campuran. Abu terbang yang digunakan menggunakan variasi 10%, 20%, 30%, 40% sedangkan untuk kapurnya sebanyak 5% dari persentase campuran total. Variasi tersebut biasa disebut sebagai variabel penelitian sebagaimana yang dijelaskan di bawah ini.

1. Variabel bebas, meliputi variasi abu terbang dan kapur pada campuran bata ringan dengan persentase tertentu.
2. Variabel terikat, meliputi kuat tekan, densitas, dan penyerapan air pada bata ringan.
3. Variabel kontrol, meliputi ukuran benda uji bata ringan, campuran semen dan air, dan perawatan benda uji.

#### **4.3 Teknik Pengumpulan Data**

Dalam penelitian ini pengumpulan data diperlukan untuk memudahkan proses analisis dari penggantian sebagian semen dengan *fly ash* dan penambahan

kapur pada campuran bata ringan. Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

#### 1. Data Primer

Sebagaimana yang dimaksud dengan data primer ialah data yang didapat dari pengujian yang telah dilaksanakan. Data ini merupakan data pembebanan maksimum dari pengujian tekan, data berat, dan volume bata ringan.

#### 2. Data Sekunder

Berbeda dengan data primer, data sekunder didapat dari orang yang telah mengumpulkan data itu sebelumnya sehingga peneliti tidak perlu melakukan penelitian dan hanya membutuhkan perantara seperti jurnal, artikel, buku, dan catatan yang dipublikasikan ataupun tidak dipublikasikan. Dalam penelitian ini data sekunder yang dimaksud adalah Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai acuan untuk spesifikasi dan prasyarat bata ringan, serta jurnal penelitian yang masih berhubungan dengan penelitian ini dalam hal spesifikasi dan komposisi campuran penyusun bata ringan.

### 4.4 Bahan – bahan

Adapun bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 1. Semen Portland

Semen yang dipakai dalam penelitian ini adalah semen portland jenis PCC (*Portland Cement Composite*) merk Semen Padang yang biasa dipakai untuk semua mutu beton dan lebih kedap air. Adapun semen yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



**Gambar 4. 1 Semen Padang Jenis PCC**  
Sumber: Dokumentasi pribadi

## 2. Agregat Halus

Agregat halus menggunakan pasir progo dari Sungai Progo. Adapun agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pasir dari kuari progo yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.



**Gambar 4. 2 Agregat Halus dari Sungai Progo**  
Sumber: Dokumentasi pribadi

## 3. Air

Air yang digunakan merupakan air bersih yang tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak mengandung zat kimia.

## 4. Abu Terbang

Abu terbang yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PLTU Paiton dan termasuk dalam kelas C. Adapun *fly ash* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



**Gambar 4. 3 Fly ash Paiton**  
Sumber: Dokumentasi pribadi

#### 5. *Foam Agent*

*Foam agent* yang digunakan menggunakan merek MAXX 102. Adapun *foam agent* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah ini.



**Gambar 4. 4 *Foam agent***  
Sumber: Dokumentasi pribadi

#### 6. Kapur Alam

Kapur alam yang digunakan sebagai bahan campuran pada bata ringan dapat dilihat pada Gambar 4.5.



**Gambar 4. 5 Kapur Alam**  
Sumber: Dokumentasi pribadi

### 4.5 Peralatan

Pada penelitian ini digunakan alat-alat untuk menunjang pembuatan dan pengujian benda uji yang akan dijelaskan sebagai berikut.

#### 1. Cetakan bata ringan

Cetakan bata ringan digunakan untuk mencetak benda uji dengan dimensi 10 x 20 x 60 cm yang terbuat dari multiplek seperti pada Gambar 4.6 di bawah ini.



**Gambar 4. 6 Cetakan Bata Ringan**

Sumber: Dokumentasi pribadi

2. *Mixer* bata ringan

*Mixer* yang digunakan untuk membuat campuran bata ringan menggunakan *mixer* cat seperti pada Gambar 4.7 di bawah ini.



**Gambar 4. 7 Mixer**

Sumber: Dokumentasi pribadi

3. Saringan No. 4 (4,75 mm)

Saringan dengan ukuran 4,75 mm digunakan untuk memilah agregat halus yang akan dipakai supaya bergradasi seragam. Gradasi seragam akan mengurangi *interlocking* sehingga akan lebih banyak pori yang membuat bata menjadi lebih ringan. Adapun saringan No. 4 yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.8 di bawah ini.



**Gambar 4. 8 Saringan No. 4 (4,75 mm)**

Sumber: Dokumentasi pribadi

4. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat benda uji dan material yang dipakai seperti pada Gambar 4.9 di bawah ini.



**Gambar 4. 9 Timbangan**

Sumber: Dokumentasi pribadi

5. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat halus dan bata ringan pada proses pengujian seperti pada Gambar 4.10.



**Gambar 4. 10 Oven**

Sumber: Dokumentasi pribadi

#### 6. *Universal Testing Machine (UTM)*

*Universal Testing Machine (UTM)* adalah alat yang berfungsi untuk mengecek nilai kuat tekan dari bata ringan seperti pada Gambar 4.11 di bawah ini.



**Gambar 4. 11 *Universal Testing Machine (UTM)***  
Sumber: Dokumentasi pribadi

#### 4.6 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan serangkaian tahapan seperti, persiapan dan pemeriksaan bahan serta material, dan pengujian benda uji. Keseluruhan rangkaian di atas dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Sedangkan untuk pembuatan bata ringan dilaksanakan di Laboratorium Inovasi Material Vulkanis Universitas Islam Indonesia.

#### 4.7 Tahapan Penelitian

Dalam sebuah penelitian terdapat tahapan yang harus dilaksanakan secara runtut agar penelitian berhasil. Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut.

##### 4.7.1 Persiapan

Pada tahapan ini penelitian dipersiapkan dengan matang mulai dari awal sampai akhir. Adapun persiapannya adalah sebagai berikut.

1. Merencanakan dimensi bata ringan untuk kemudian merancang cetakan agar sesuai dengan dimensi rencana.
2. Menyiapkan semua bahan, material, dan peralatan yang akan digunakan.

#### 4.7.2 Pemeriksaan Material

Sebelum digunakan material sebaiknya diperiksa terlebih dahulu untuk mengetahui karakteristiknya agar sesuai dengan persyaratan *mix design*. Pemeriksaan yang akan dilakukan antara lain, pengujian berat jenis agregat halus, analisis saringan agregat halus, kandungan lumpur agregat halus, dan berat volume padat.

##### 1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus dilakukan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis semu, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), dan angka penyerapan air. Pengujian ini telah diatur oleh SNI 03-1970-1990 adapun tahapannya adalah sebagai berikut.

- a. Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , sampai berat tetap yaitu, keadaan ketika benda uji tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar daripada 0,1 %, dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama  $(24 \pm 4)$  jam,
- b. Buang air perendam kemudian, tebarkan agregat diatas talam, keringkan dengan diangini udara panas sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh (SSD),
- c. Periksa keadaan kering permukaan jenuh menggunakan kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung apabila benda uji runtuh tapi dalam keadaan tercetak maka artinya kondisi kering permukaan jenuh tercapai,
- d. Selanjutnya, masukkan 500 gram benda uji kondisi SSD ke dalam piknometer, tambahkann air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil di guncang perlahan sampai gelembung udara di dalamnya hilang, agar prosesnya lebih cepat bisa menggunakan pompa hampa udara atau dengan merebus piknometer,
- e. Rendam piknometer dalam air sampai tercapai suhu standar  $25^{\circ}\text{C}$
- f. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas lalu timbang piknometer
- g. Keluarkan benda uji lalu keringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap,



- h. Setelah benda uji dingin selanjutnya ditimbang ( $B_k$ )
- i. Catat hasilnya untuk menghitung berat jenis curah, penyerapan air dan berat jenis kering permukaan jenuh (SSD).

Analisis perhitungan untuk berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat di bawah ini.

$$1) \text{ Berat jenis curah} = \frac{B_k}{(B+500-Bt)}$$

$$2) \text{ Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{500}{(B+500-Bt)}$$

$$3) \text{ Berat jenis senu} = \frac{B_k}{(B+B_k-Bt)}$$

$$4) \text{ Penyerapan} = \frac{(500-B_k)}{B_k} \times 100\%$$

Keterangan :

$B_k$  = berat benda uji kering oven, dalam gram

$B$  = berat piknometer berisi air, dalam gram

$B_t$  = berat piknometer berisi benda uji dan air, dalam gram

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

## 2. Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus

Pengujian ini bermaksud untuk mengetahui tingkat gradasi dari agregat halus berdasarkan ukuran butiran yang tertahan di saringan. Adapun tata cara pengujiannya telah diatur oleh SNI 03-1968-1990 sebagai berikut.

- a. Siapkan satu set saringan No.4 (4,75 mm), No.8 (2,36 mm), No.16 (1,18 mm), No.30 (0,6 mm), No.50 (0,3 mm), No.100 (0,15 mm), dan No.200 (0,075 mm),
- b. Keringkan benda uji dengan oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , sampai berat tetap,
- c. Susun saringan dan tempatkan saringan yang paling besar pada bagian paling atas, lalu lakukan penyaringan dengan cara diguncang menggunakan tangan atau bisa juga menggunakan bantuan mesin selama 15 menit,
- d. Timbang dan catat benda uji yang tertahan di setiap saringan,

e. Hitunglah persentase berat benda uji yang tertinggal disetiap saringan terhadap berat keseluruhan benda uji yang tersaring.

3. Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus

Pengujian ini bermaksud untuk mengetahui persentase kandungan lumpur yang terkandung pada agregat halus. Pengujian yang diatur oleh SNI-03-4142-1996 memiliki tahapan sebagai berikut.

- a. Timbang agregat sampai 500 gram
- b. Saring benda uji menggunakan saringan No.200
- c. Aliri benda uji yang tertahan di saringan dengan air sampai air yang keluar terlihat jernih
- d. Masukkan benda uji kedalam pan, lalu keringkan dalam oven selama 24 jam,
- e. Setelah kering keluarkan pan dari oven
- f. Timbang dan catat berat dari benda uji.

Perhitungan persentase kadar lumpur dalam agregat halus dapat dihitung menggunakan rumus di bawah.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

Dimana,

$W_1$  = berat agregat kering awal, dalam gram

$W_2$  = berat agregat kering setelah dioven, dalam gram

4. Pengujian Berat Volume Agregat Halus

Pengujian yang didasarkan oleh SNI 1973:2008 bermaksud untuk mengetahui besarnya selisih berat antara berat volume padat dan berat volume gembur agregat halus. Adapun tahapan dari pengujian berat volume ini adalah sebagai berikut.

- a. Pengujian berat volume padat
  - 1) Siapkan tabung cetakan, lalu timbang dalam kondisi kosong
  - 2) Ukur dimensi tabung cetakan, tinggi dan diameternya
  - 3) Masukkan benda uji kedalam tabung cetakan kira-kira 1/3 dari tinggi tabung, lalu lakukan penumbukan sebanyak 25 kali

- 4) Masukkan kembali benda uji sebanyak 1/3 bagian, lalu lanjutkan dengan ditumbuk sebanyak 25 kali.
- 5) Ulangi cara no. 4 sekali lagi kemudian lakukan penimbangan dan catat hasilnya.

b. Pengujian berat volume gembur

- 1) Siapkan tabung cetakan, lalu timbang dalam kondisi kosong.
- 2) Ukur dimensi tabung cetakan, tinggi dan diameternya.
- 3) Masukkan benda uji ke dalam tabung cetakan sampai penuh kemudian ratakan bagian atasnya.
- 4) Lakukan penimbangan dan catat hasilnya.

Perhitungan berat volume padat atau berat volume gembur dapat dilakukan menggunakan rumus di bawah.

$$\text{Berat volume} = \frac{W}{V}$$

Dimana,

W = berat agregat halus dalam cetakan, dalam gram

V = volume benda uji, dalam m<sup>3</sup>

#### 4.7.3 Pembuatan Benda Uji

Ada beberapa tahapan dalam membuat bata ringan jenis CLC. Berikut tahapan dalam membuat bata ringan jenis CLC.

1. Menghitung kebutuhan campuran bata ringan dengan abu terbang dan kapur sesuai dengan yang direncanakan seperti pada Tabel 4.1.

**Tabel 4. 1 Variasi Campuran Bata Ringan**

No	Vol per Variabel	Air (Liter)	Perekat (Kg)			Semen (%)	Pasir (Kg)	Foam (Liter)
			Semen	Fly Ash	Kapur			
1	0,084	15,708	23,1	0	0	100	33,264	0,2478
2	0,084	15,708	19,635	2,31	1,155	85	33,264	0,2478
3	0,084	15,708	17,325	4,62	1,155	75	33,264	0,2478
4	0,084	15,708	15,015	6,93	1,155	65	33,264	0,2478
5	0,084	15,708	12,705	9,24	1,155	55	33,264	0,2478
<b>Total</b>	<b>0,42</b>	<b>78,54</b>	<b>87,78</b>	<b>23,1</b>	<b>4,62</b>	<b>380</b>	<b>166,32</b>	<b>1,239</b>

Benda uji dibuat berdasarkan campuran yang telah direncanakan dimana terdapat 5 variasi bata ringan. Pada penelitian ini akan dilaksanakan

pengujian seperti, uji kuat tekan, uji penyerapan air, dan uji densitas. Untuk pengujian densitas dapat digunakan seluruh benda uji yaitu sebanyak 7 buah tiap variasi karena pengujian ini tidak merusak fisik bata ringan. Sedangkan untuk pengujian kuat tekan digunakan 5 buah benda uji dan dua benda uji yang berbeda untuk uji densitas sehingga total keseluruhan benda uji sebanyak 35 buah. Adapun jumlah sampel setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4. 2 Jumlah Sampel Bata Ringan**

Variasi	Uji tekan	Uji Penyerapan Air	Densitas	Total
Normal	5	2	7	7
FA 10% + kapur 5%	5	2	7	7
FA 20% + kapur 5%	5	2	7	7
FA 30% + kapur 5%	5	2	7	7
FA 40% + kapur 5%	5	2	7	7

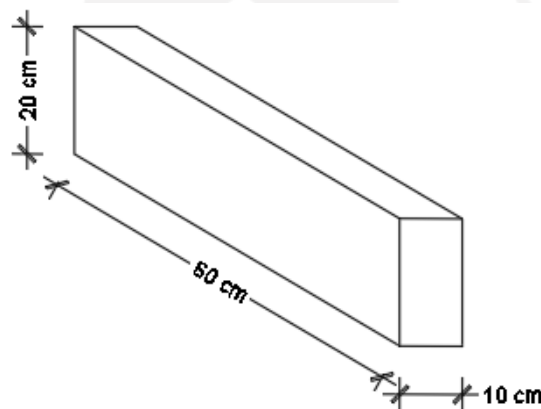
- Masukan semua bahan sesuai campuran yang direncanakan seperti pada Tabel 4.1 ke dalam ember. Namun sebelum itu persentase setiap bahan di tabel dikonversi dari 5 benda uji menjadi satu benda uji saja seperti pada Tabel 4.3 karena satu ember hanya cukup untuk satu adonan bata ringan. Untuk mengantisipasi penyusutan bahan akibat adonan yang menempel di dinding ember atau tumpah saat penuangan ke cetakan perlu ditambahkan 10% setiap bahan yang digunakan.

**Tabel 4. 3 Variasi Campuran Bata Ringan**

No	Vol per Variabel	Air (Liter)	Perekat (Kg)			Semen (%)	Pasir (Kg)	Foam (Liter)
			Semen	Fly Ash	Kapur			
1	0,012	2,244	3,3	0	0	14,286	4,752	0,0354
2	0,012	2,244	2,805	0,33	0,165	12,143	4,752	0,0354
3	0,012	2,244	2,475	0,66	0,165	10,714	4,752	0,0354
4	0,012	2,244	2,145	0,99	0,165	9,286	4,752	0,0354
5	0,012	2,244	1,815	1,32	0,165	7,857	4,752	0,0354

- Tuang air sebanyak 2,24 L dan masukan *foam agent* sebanyak 35 ml pada ember yang berbeda. Lalu, aduk dengan mesin pengaduk sampai adonan *foam* mengembang sempurna.
- Masukkan *foam* kedalam ember berisi campuran bahan bata ringan kemudian aduk secara perlahan.

5. Setelah campuran homogen cek berat volume campuran apabila berada dikisaran 800-900 gram/ml maka artinya sudah sesuai.
6. Tuang adonan kedalam cetakan berukuran 60 cm x 20 cm x 10 cm dan ratakan bagian atasnya.
7. Setelah 24 jam lepas bata ringan dari cetakan dan siram dengan air selama 28 hari untuk menjaga proses hidrasi agar bata mengeras secara sempurna dan terhindari dari retak.
8. Ulangi langkah nomor 2–6 sampai jumlah keseluruhan bata ringan tercapai. Berikan kode di setiap bata ringan sesuai dengan variasi campuran. Berikut bentuk dan dimensi dari bata ringan yang akan dibuat seperti pada Gambar 4.12.



**Gambar 4. 12 Bentuk dan Dimensi Bata Ringan**

#### 4.7.4 Perawatan Benda Uji Bata Ringan

Bata ringan yang berbahan dasar semen sebagai bahan pengikat campurannya memerlukan waktu untuk mengeras. Digunakan waktu perawatan selama 28 hari agar mengeras secara maksimal. Selama masa perawatan itu bata ringan disiram air untuk menjaga proses hidrasi yang berlangsung sehingga pengerasan dapat tercapai dengan baik dan tidak terjadi retak.

#### 4.7.5 Pengujian Benda Uji Bata Ringan

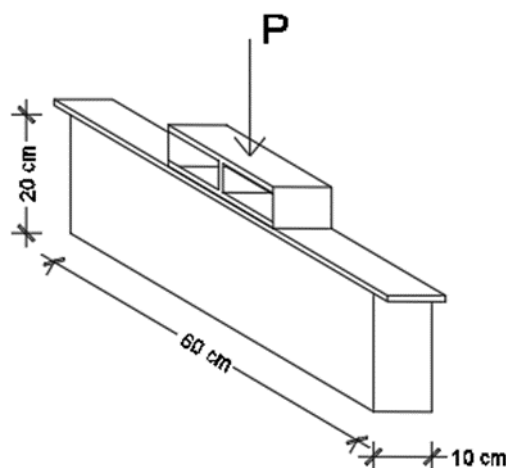
Bata ringan yang sudah berumur 28 hari selanjutnya diuji untuk mengetahui sifat fisik dan sifat mekaniknya. Adapun pengujian yang dilakukan antara lain uji tekan, uji densitas, dan uji penyerapan air.

##### 1. Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dari bata ringan yang telah dibuat sesuai syarat di SNI 8640:2018. Benda uji yang disyaratkan untuk dilakukan pengujian adalah sebanyak 5 buah benda uji yang utuh. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Adapun langkah-langkah pengujian kuat tekan sebagai berikut.

- a. Setiap benda uji diberi kodefikasi sesuai variabel yang ditentukan untuk memudahkan pendataan.
- b. Sebelum diuji benda uji diratakan terlebih dahulu pada sisi yang akan ditekan dengan amplas/gergaji besi agar beban dapat terdistribusi secara merata pada bidang tekan.
- c. Letakan benda uji di alat uji kuat tekan.
- d. Pasang plat besi di atas bata ringan kemudian timpah dengan balok besi untuk menahan plat besi sekaligus sebagai perantara dari alat tekan.
- e. Hidupkan mesin tekan dan pembebanan dimulai.
- f. Catat hasilnya pada form penilaian

Mekanisme pembebanan bata ringan dapat dilihat pada Gambar 4.13



**Gambar 4.13 Mekanisme Pembebanan Bata Ringan**

## 2. Pengujian Penyerapan Air Bata Ringan

Pengujian penyerapan air dilakukan berdasarkan SNI 8640:2018 dengan menggunakan 2 benda uji yang dipotong dengan dimensi 200 mm x 200 mm x

tebal. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan tambah seperti, abu terbang dan kapur terhadap sifat absorpsi dari bata ringan. Berikut tahapan pengujiannya.

- a. Rendam benda uji dalam air bersih bersuhu ruangan selama 24 jam.
  - b. Angkat benda uji dan biarkan air tiris kurang lebih selama 1 menit kemudian lanjutkan dengan mengelap permukaan benda uji dengan kain lembab untuk menghilangkan air yang berlebihan.
  - c. Timbang benda uji kemudian masukan kedalam oven selama 24 jam dengan suhu  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  agar kering.
  - d. Keluarkan benda uji dari oven dan lakukan penimbangan kemudian catat hasilnya pada form penilaian.
3. Pengujian Densitas Bata Ringan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan berat masing-masing benda uji dengan volume yang dimiliki. Langkah pengujian densitas dapat dilihat di bawah ini.

- a. Siapkan benda uji terlebih dahulu.
- b. Ukur dimensi panjang, lebar, dan tinggi benda uji untuk mengetahui volumenya.
- c. Timbang benda uji dan catat hasilnya.

#### 4.7.6 Analisis data

Tahapan berikutnya adalah analisis data dimana hasil dari pengujian kemudian dibahas secara lebih mendalam.

##### 1. Analisis kuat tekan bata ringan

Analisis ini menghitung nilai beban maksimum yang dapat diterima oleh bata ringan yang kemudian diperoleh nilai kuat tekannya. Data hasil pengujian selanjutnya diolah menggunakan rumus seperti yang tertera pada persamaan 3.1 maka, diperoleh nilai kuat tekan bata ringan dari masing-masing variasi.

##### 2. Analisis densitas bata ringan

Bata ringan yang sudah siap diuji kemudian diukur dimensinya agar dapat dihitung volumenya lalu ditimbang. Setelah semua data berat dan volume bata

ringan dicatat sesuai variasinya perhitungan densitas dapat dilakukan menggunakan persamaan 3.3.

### 3. Analisis penyerapan air bata ringan

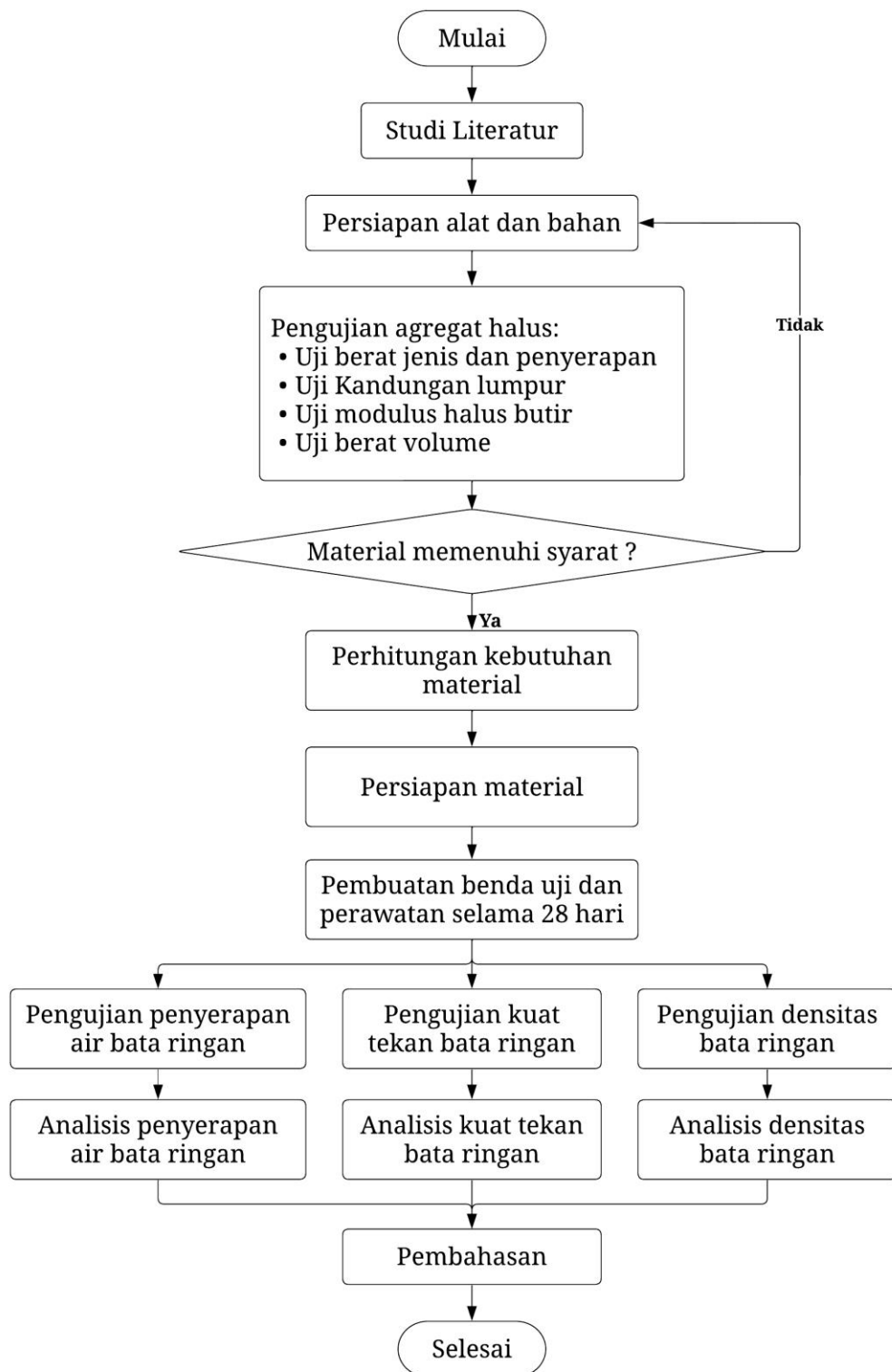
Setelah menghitung densitas bata ringan selanjutnya dilakukan analisis penyerapan air pada bata ringan. Benda uji direndam kemudian ditimbang untuk dibandingkan data beratnya dengan sebelum direndam untuk menentukan persentase absorpsinya. Setelah semua data diperoleh dari masing-masing benda uji kemudian dibandingkan untuk mengetahui tingkat absorpsinya.

#### 4.7.7 Penyusunan Laporan

Tahapan berikutnya adalah menyusun laporan dari pembahasan yang telah dibuat dan kemudian dapat dilakukan penarikan kesimpulan serta menyajikan saran yang berguna untuk penelitian lanjutan. Adapun penarikan kesimpulan dapat dilakukan dengan membandingkan data hasil penelitian dengan beberapa parameter seperti di bawah ini.

1. Nilai kuat tekan bata ringan pada pengujian desak bata ringan.
2. Nilai densitas bata ringan pada pengujian densitas bata ringan.
3. Nilai penyerapan air bata ringan pada pengujian penyerapan air bata ringan.





**Gambar 4. 14 Bagan Alir Penelitian**

## BAB V PEMBAHASAN

### 5.1 Pengujian Material

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji material penyusun bata ringan perlu diuji untuk mengetahui karakteristik dan sifat dari setiap material yang akan digunakan. Pengujian ini juga untuk mengetahui apakah material tersebut sudah memenuhi persyaratan untuk campuran bata ringan (*mix design*).

Adapun pengujian yang dilakukan pada agregat halus dalam penelitian ini adalah uji berat volume padat dan gembur, uji modulus halus butir, uji berat jenis dan penyerapan, serta uji kandungan lumpur (uji lolos saringan No.200).

#### 1. Uji Berat Volume Padat dan Gembur

Hasil dari pengujian dan analisis berat volume padat dan gembur tercantum pada Tabel 5.1 dan 5.2 di bawah.

**Tabel 5. 1 Berat Volume Padat Agregat Halus**

		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1)	gram	10615	10615	10615
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2)	gram	19470	19489	19479,5
Berat Agregat (W3)	gram	8855	8874	8864,5
Volume Tabung (V)	cm <sup>3</sup>	5301,438	5301,438	5301,438
Berat Volume Padat = (W3 / V)	gram/cm <sup>3</sup>	1,670	1,674	1,672

Berdasarkan data dari Tabel 5.1 di atas berat isi padat agregat halus dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Perhitungan volume tabung} = \frac{1}{4}\pi \times d^2 \times t$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2 \times 30$$

$$= 5301,438 \text{ cm}^3$$

$$\text{Perhitungan berat volume padat} = \frac{W}{V}$$

$$= \frac{8864,5}{5301,438}$$

$$= 1,672 \text{ gram/cm}^3$$

Berat volume padat adalah nilai dari perbandingan masa agregat persatuan volume dalam kondisi padat. Berdasarkan pengujian di atas didapat nilai rata-rata sebesar 1,672 gram/cm<sup>3</sup> yang artinya memenuhi syarat SNI 03-4804-1998 sebesar 1,2-1,7 gram/cm<sup>3</sup>.

**Tabel 5. 2 Berat Volume Gembur Agregat Halus**

		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1)	gram	10615	10615	10615
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2)	gram	18242	18249	18245,5
Berat Agregat (W3)	gram	7627	7634	7630,5
Volume Tabung (V)	cm <sup>3</sup>	5301,438	5301,438	5301,438
Berat Volume Gembur = (W3 / V)	gram/cm <sup>3</sup>	1,439	1,440	1,439

Sedangkan data dari Tabel 5.2 di atas untuk berat isi gembur agregat halus dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Perhitungan volume tabung} &= \frac{1}{4}\pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2 \times 30 \\
 &= 5301,438 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Perhitungan berat volume gembur} &= \frac{W}{V} \\
 &= \frac{7630,5}{5301,438} \\
 &= 1,439 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Berat volume gembur adalah nilai dari perbandingan masa agregat persatuan volume dalam kondisi gembur/tidak dipadatkan. Berdasarkan pengujian di atas didapat nilai rata-rata sebesar 1,439 gram/cm<sup>3</sup> yang artinya memenuhi syarat SNI 03-4804-1998 sebesar 1,2-1,7 gram/cm<sup>3</sup>.

## 2. Pengujian Modulus Halus Butir

Hasil dari pengujian dan analisis modulus halus butir tercantum pada Tabel 5.3 di bawah.

**Tabel 5. 3 Pengujian Modulus Halus Butir**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10	0	0,000	0,000	100
4,8	12	0,602	0,602	99,398
2,4	126	6,316	6,917	93,083
1,2	213	10,677	17,594	82,406
0,6	473	23,709	41,303	58,697
0,3	616	30,877	72,180	27,820
0,15	474	23,759	95,940	4,060
Sisa	81	4,060		
Jumlah	1995	100	234,536	

Berdasarkan data dari Tabel 5.3 diperoleh nilai modulus halus butir sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{\text{Jumlah berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{234,536}{100} \\
 &= 2,345
 \end{aligned}$$

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan gradasi agregat halus yang diuji berdasarkan saringan yang lolos. Dari analisis di atas didapat hasil bahwa agregat halus tergolong kedalam gradasi daerah II, yaitu pasir agak kasar yang didasari oleh (SK SNI S-04-1989-F) pada Tabel 5.4.

**Tabel 5. 4 Gradasi Agregat Halus**

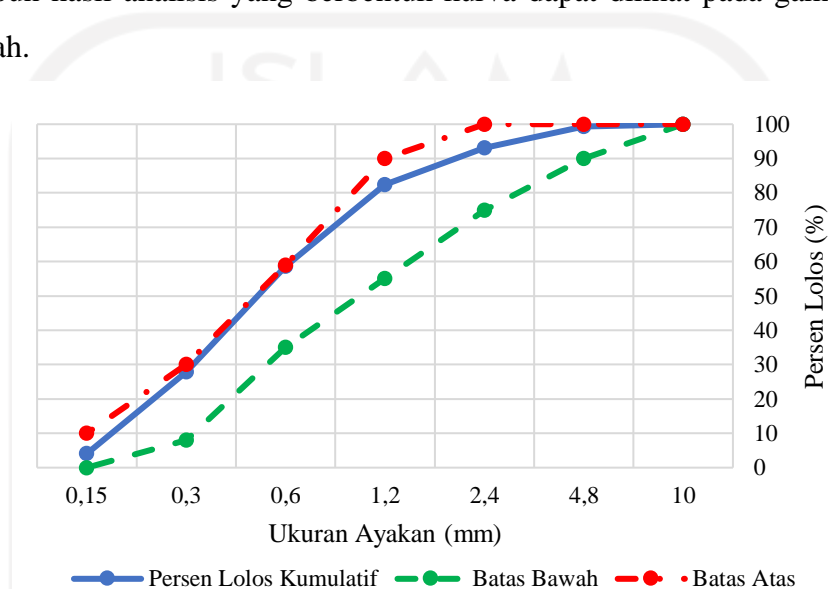
Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Agregat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber: SK SNI S-04-1989-F)

Keterangan:

- Daerah I : Pasir Kasar  
 Daerah II : Pasir Agak Kasar  
 Daerah III : Pasir Agak Halus  
 Daerah IV : Pasir Halus

Adapun hasil analisis yang berbentuk kurva dapat dilihat pada gambar 5.1 di bawah.



**Gambar 5. 1 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus**

### 3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan tercantum pada Tabel 5.5 di bawah.

**Tabel 5. 5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan**

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	485	493	489
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1006	998	1002
Berat piknometer berisi air, gram (B)	699	691	695
Berat Jenis Curah $Bk/(B+500-Bt)$	2,513	2,554	2,534
Berat Jenis jenuh kering muka $500/(B+500-Bt)$	2,591	2,591	2,591
Berat Jenis semu $Bk/(B+Bk-Bt)$	2,725	2,651	2,688
Penyerapan Air $(500-Bk)/(Bk \times 100\%)$	3,09%	1,42%	2,26%

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sesuai dengan SNI 03-1970-2008 didapat nilai berat jenis jenuh kering muka (SSD) agregat halus sebesar 2,591. Sedangkan untuk nilai penyerapan airnya diperoleh 2,26%

#### 4. Pengujian Kandungan Lumpur (Uji Lolos Saringan No.200)

Hasil dari pengujian kandungan lumpur (uji lolos saringan no.200) tercantum pada Tabel 5.6 di bawah.

**Tabel 5. 6 Pengujian Kandungan Lumpur (Uji Lolos Saringan No.200)**

	<b>Sampel 1</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Rata-rata</b>
Berat Agregat Kering Oven (W1) gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah dicuci (W2) gram	496	489	492,5
Berat yang lolos Ayakan No. 200 $[(W1 - W2) / W1] \times 100\%$	0,8%	2,2%	1,5%

Berdasarkan dari hasil analisis data pengujian yang telah dilakukan maka, diperoleh kandungan lumpurnya sebesar 1,5%. Hasilnya memenuhi syarat SII 0052-80 karena tidak melewati batas maksimum kandungan lumpur yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm) sebanyak 5%. Semakin tinggi kandungan lumpur pada agregat halus maka semakin berkurang *interlocking* antar agregat sehingga menyebabkan menurunnya kemampuan agregat halus dalam mempertahankan ikatan molekul pada bata ringan.

## 5.2 Perhitungan *Mix Design* Bata Ringan

Dalam pembuatan bata ringan ditentukan terlebih dahulu densitas basah rencana yang berkisar antara 800 - 900 kg/m<sup>3</sup>. Densitas basah rencana ini merupakan campuran semua bahan seperti pasir, semen, air, *foam*, dan bahan tambah seperti *fly ash* dan kapur yang kemudian *dimix* menjadi satu.

### 5.2.1 Perhitungan Proporsi Campuran Bata Ringan

Adapun proporsi campuran setiap 1 m<sup>3</sup> bata ringan adalah sebagai berikut.

Semen = 250 kg

Air = 170 liter

Pasir = 360 kg

Foam : Air = 2,95 : 30 liter

- Langkah selanjutnya adalah menghitung volume satu bata ringan untuk menentukan kebutuhan material setiap benda uji.

$$\begin{aligned}\text{Volume bata ringan} &= p \times l \times t \\ &= 0,6 \times 0,1 \times 0,2 \\ &= 0,012 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume per variabel} &= \text{Jml. Benda uji} \times \text{volume 1 bata ringan} \\ &= 7 \times 0,012 \text{ m}^3 \\ &= 0,084 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Dalam penelitian ini dibuat 5 variasi benda uji dimana setiap variasi terdiri dari 7 benda uji yang memiliki komposisi campuran yang berbeda-beda. Dalam perhitungan proporsi campuran digunakan faktor reduksi/penyusutan untuk mengantisipasi kurangnya campuran saat pelaksanaan di lapangan. Digunakan faktor reduksi sebesar 10% untuk setiap variasi campuran dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Semen} &= 250 \text{ kg} + (250 \text{ kg} \times 10\%) \\ &= 275 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Air} &= 170 \text{ kg} + (170 \text{ kg} \times 10\%) \\ &= 187 \text{ liter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 360 \text{ kg} + (360 \text{ kg} \times 10\%) \\ &= 396 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Foam : Air} = 2,95 : 30 \text{ liter (tetap)}$$

$$\begin{aligned}\text{Densitas basah} &= \text{semen} + \text{air} + \text{pasir} + \text{foam dan air} \\ &= 275 + 187 + 396 + (2,95 + 30) \\ &= 890,95 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Secara perhitungan densitas basah masuk dalam syarat densitas rencana yang berkisar antara 800-900 kg/m<sup>3</sup> namun, aktualnya menyesuaikan dengan hasil di lapangan yang bisa saja berubah akibat berbagai faktor.

- Perhitungan variasi 1

Pada perhitungan variasi 1 campuran bata ringan tidak menggunakan bahan tambah seperti *fly ash* dan kapur sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Semen} &= 275 \text{ kg} \times 0,084 \\ &= 23,1 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 396 \text{ kg} \times 0,084 \\ &= 33,264 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Air} &= 187 \text{ kg} \times 0,084 \\ &= 15,708 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Foam} &= 2,95 \text{ kg} \times 0,084 \\ &= 0,2478 \text{ L}\end{aligned}$$

$$\text{Fly ash} = 0\%$$

$$\text{Kapur} = 0\%$$

b. Perhitungan variasi 2

Pada perhitungan variasi 2 campuran bata ringan menggunakan bahan tambah seperti *fly ash* sebanyak 10% dan kapur 5% sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Semen} &= 23,1 \times 85\% \\ &= 19,635 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Pasir} = 33,264 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 15,708 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Foam} &= 2,95 \text{ kg} \times 0,084 \\ &= 0,2478 \text{ L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fly ash} &= 23,1 \times 10\% \\ &= 2,31 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapur} &= 23,1 \times 5\% \\ &= 1,155 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. Perhitungan variasi 3

Pada perhitungan variasi 3 campuran bata ringan menggunakan bahan tambah seperti *fly ash* sebanyak 20% dan kapur 5% sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Semen} &= 23,1 \times 75\% \\ &= 17,325 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Pasir} = 33,264 \text{ kg}$$



$$\begin{aligned} \text{Air} &= 15,708 \text{ kg} \\ \text{Foam} &= 2,95 \text{ kg} \times 0,084 \\ &= 0,2478 \text{ L} \\ \text{Fly ash} &= 23,1 \times 20\% \\ &= 4,62 \text{ kg} \\ \text{Kapur} &= 23,1 \times 5\% \\ &= 1,155 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Perhitungan variasi 4

Pada perhitungan variasi 4 campuran bata ringan menggunakan bahan tambah seperti *fly ash* sebanyak 30% dan kapur 5% sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 23,1 \times 65\% \\ &= 15,015 \text{ kg} \\ \text{Pasir} &= 33,264 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 15,708 \text{ kg} \\ \text{Fly ash} &= 23,1 \times 30\% \\ &= 6,93 \text{ kg} \\ \text{Foam} &= 2,95 \text{ kg} \times 0,084 \\ &= 0,2478 \text{ L} \\ \text{Kapur} &= 23,1 \times 5\% \\ &= 1,155 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Perhitungan variasi 5

Pada perhitungan variasi 5 campuran bata ringan menggunakan bahan tambah seperti *fly ash* sebanyak 40% dan kapur 5% sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 23,1 \times 55\% \\ &= 12,705 \text{ kg} \\ \text{Pasir} &= 33,264 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 15,708 \text{ kg} \\ \text{Foam} &= 2,95 \text{ kg} \times 0,084 \\ &= 0,2478 \text{ L} \\ \text{Fly ash} &= 23,1 \times 40\% \\ &= 9,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapur} &= 23,1 \times 5\% \\ &= 1,155 \text{ kg}\end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan kebutuhan material setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.7 di bawah ini.

**Tabel 5. 7 Rekapitulasi Kebutuhan Material**

No	Air	Perekat (Kg)			Pasir	Foam
	(Liter)	Semen	Fly Ash	Kapur	(Kg)	(Liter)
Var. 1	15,708	23,1	0	0	33,264	0,2478
Var. 2	15,708	19,635	2,31	1,15	33,264	0,2478
Var. 3	15,708	17,325	4,62	1,15	33,264	0,2478
Var. 4	15,708	15,015	6,93	1,15	33,264	0,2478
Var. 5	15,708	12,705	9,24	1,15	33,264	0,2478

Dari Tabel 5.7 diperoleh proporsi perekat pada variasi 1 hanya menggunakan semen tanpa *fly ash* dan kapur alam. Pada variasi 2 sampai dengan variasi 5 proporsi semen dikurangi secara bertahap dan diganti dengan *fly ash* yang berturut-turut bertambah sebanyak 10% dan kapur alam dengan proporsi tetap sebanyak 5%.

### 5.3 Pengujian Bata Ringan

#### 5.3.1 Pengujian Densitas

Pengujian dilakukan pada bata ringan yang telah melalui masa *curing* selama 28 hari dengan cara disirami menggunakan air pada permukaannya. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengukuran dimensi dan penimbangan bata ringan untuk mengetahui volume serta berat dari masing-masing bata ringan. Berikut hasil analisis densitas bata ringan yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah.

**Tabel 5. 8 Densitas Bata Ringan Tiap Variasi**

Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa (Kg)	Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )
Variasi 1.1	0,6	0,1	0,195	0,0117	10,651	910,3
Variasi 1.2	0,6	0,1	0,2	0,012	10,555	879,6
Variasi 1.3	0,6	0,1	0,2	0,012	10,571	880,9
Variasi 1.4	0,6	0,1	0,205	0,0123	10,551	857,8
Variasi 1.5	0,6	0,1	0,2	0,012	10,649	887,4
Variasi 1.6	0,6	0,1	0,194	0,01164	10,622	912,5

Lanjutan Tabel 5. 8 Densitas Bata Ringan Tiap Variasi

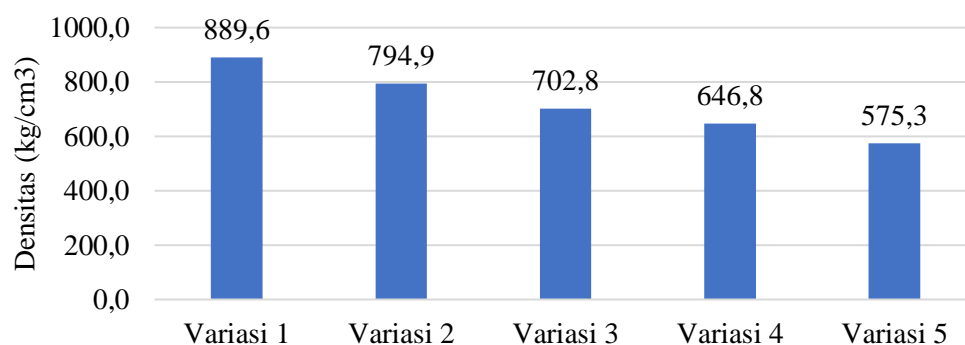
Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa (Kg)	Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )
Variasi 1.7	0,6	0,1	0,197	0,01182	10,622	898,6
<b>Rata-rata</b>						<b>889,6</b>
Variasi 2.1	0,6	0,1	0,2	0,012	9,498	791,5
Variasi 2.2	0,6	0,1	0,195	0,0117	9,621	822,3
Variasi 2.3	0,6	0,1	0,194	0,01164	9,535	819,2
Variasi 2.4	0,6	0,1	0,195	0,0117	9,311	795,8
Variasi 2.5	0,6	0,1	0,2	0,012	9,203	766,9
Variasi 2.6	0,6	0,1	0,198	0,01188	9,301	782,9
Variasi 2.7	0,6	0,1	0,197	0,01182	9,286	785,6
<b>Rata-rata</b>						<b>794,9</b>
Variasi 3.1	0,6	0,1	0,2	0,012	8,521	710,1
Variasi 3.2	0,6	0,1	0,205	0,0123	8,481	689,5
Variasi 3.3	0,6	0,1	0,205	0,0123	8,518	692,5
Variasi 3.4	0,6	0,1	0,2	0,012	8,405	700,4
Variasi 3.5	0,6	0,1	0,195	0,0117	8,420	719,7
Variasi 3.6	0,6	0,1	0,196	0,01176	8,332	708,5
Variasi 3.7	0,6	0,1	0,198	0,01188	8,304	699,0
<b>Rata-rata</b>						<b>702,8</b>
Variasi 4.1	0,6	0,1	0,2	0,012	7,612	634,3
Variasi 4.2	0,6	0,1	0,195	0,0117	7,643	653,2
Variasi 4.3	0,6	0,1	0,2	0,012	7,715	642,9
Variasi 4.4	0,6	0,1	0,2	0,012	7,852	654,3
Variasi 4.5	0,6	0,1	0,2	0,012	7,636	636,3
Variasi 4.6	0,6	0,1	0,2	0,012	7,891	657,6
Variasi 4.7	0,6	0,1	0,2	0,012	7,784	648,7
<b>Rata-rata</b>						<b>646,7</b>
Variasi 5.1	0,6	0,1	0,195	0,0117	7,117	608,3
Variasi 5.2	0,6	0,1	0,205	0,0123	6,962	566,0
Variasi 5.3	0,6	0,1	0,195	0,0117	6,812	582,2
Variasi 5.4	0,6	0,1	0,2	0,012	6,829	569,1
Variasi 5.5	0,6	0,1	0,2	0,012	6,812	567,7
Variasi 5.6	0,6	0,1	0,2	0,012	6,795	566,3
Variasi 5.7	0,6	0,1	0,2	0,012	6,813	567,8
<b>Rata-rata</b>						<b>575,3</b>

Berikut adalah contoh perhitungan analisis densitas bata ringan variasi 1.

1. Berat = 10,603 kg
2. Volume = p x l x t

$$\begin{aligned}
 &= 0,6 \times 0,1 \times 0,199 \\
 &= 0,012 \text{ m}^3 \\
 3. \text{ Densitas} &= \frac{M}{V} \\
 &= \frac{10,603}{0,012} \\
 &= 889,6 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis dari pengujian densitas pada Tabel 5.8 diperoleh hasil yang bervariasi dengan densitas tertinggi 889,6 kg/m<sup>3</sup> dan yang terendah 575,3 kg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan SNI 8640:2018 nilai densitas benda uji setiap variasi sudah memenuhi syarat untuk bata non struktural kelas IIA. Adapun nilai densitas masing-masing variasi dapat dilihat pada Gambar 5.2. Dari hasil yang didapat substitusi semen dengan *fly ash* mengakibatkan penurunan densitas. Hasil ini diperkuat dengan penelitian sebelumnya oleh Bella et al., (2017) yang mengatakan bahwa berat jenis *fly ash* lebih ringan daripada berat jenis semen sehingga memengaruhi densitas bata ringan.



**Gambar 5. 2 Nilai Densitas (kg/cm<sup>3</sup>)**

### 5.3.2 Pengujian Kuat Tekan

Sama halnya dengan pengujian densitas pengujian ini dilakukan pada benda uji yang berumur 28 hari. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan bata ringan berdasarkan besarnya beban yang diberikan per luasan permukaan. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) yang berada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Sebelum diuji bata ringan *disetting* terlebih dahulu dengan diposisikan berdiri seperti pada Gambar 5.3 di bawah hal tersebut mengacu kepada SNI 8640:2018. Lalu, berikan alas menggunakan pelat besi pada bagian bawah dan atas permukaan bata ringan kemudian beri balok besi sebagai pertantara untuk mendistribusikan beban dari alat ke benda uji seperti di bawah.



**Gambar 5. 3 Setting Up Bata Ringan Untuk Uji Tekan**

Gambar 5.4 di bawah merupakan bata ringan yang rusak/*cracking* setelah dilakukan uji tekan.



**Gambar 5. 4 Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Tekan**

Adapun hasil perhitungan analisis uji kuat tekan bata ringan dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah.

**Tabel 5. 9 Hasil Analisis Kuat Tekan Bata Ringan Tiap Variasi**

Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	P Maks (N)	L. Tampang (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)
Variasi 1.1	600	100	131959,87	60.000	2,20
Variasi 1.2	600	100	129899,77	60.000	2,16

**Lanjutan Tabel 5. 9 Hasil Analisis Kuat Tekan Bata Ringan Tiap Variasi**

Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	P Maks (N)	L. Tampang (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)
Variasi 1.3	600	100	126701,71	60.000	2,11
Variasi 1.4	600	100	127967,20	60.000	2,13
Variasi 1.5	600	100	132813,34	60.000	2,21
<b>Rata-rata</b>					<b>2,16</b>
Variasi 2.1	600	100	124296,73	60.000	2,07
Variasi 2.2	600	100	120559,12	60.000	2,01
Variasi 2.3	600	100	122011,00	60.000	2,03
Variasi 2.4	600	100	119715,46	60.000	2,00
Variasi 2.5	600	100	120049,00	60.000	2,00
<b>Rata-rata</b>					<b>2,02</b>
Variasi 3.1	600	100	81338,74	60.000	1,36
Variasi 3.2	600	100	78150,49	60.000	1,30
Variasi 3.3	600	100	80357,74	60.000	1,34
Variasi 3.4	600	100	76924,24	60.000	1,28
Variasi 3.5	600	100	77169,49	60.000	1,29
<b>Rata-rata</b>					<b>1,31</b>
Variasi 4.1	600	100	50437,24	60.000	0,84
Variasi 4.2	600	100	50191,99	60.000	0,84
Variasi 4.3	600	100	48965,74	60.000	0,82
Variasi 4.4	600	100	49701,49	60.000	0,83
Variasi 4.5	600	100	49946,74	60.000	0,83
<b>Rata-rata</b>					<b>0,83</b>
Variasi 5.1	600	100	42834,49	60.000	0,71
Variasi 5.2	600	100	41853,49	60.000	0,70
Variasi 5.3	600	100	43324,99	60.000	0,72
Variasi 5.4	600	100	41117,74	60.000	0,69
Variasi 5.5	600	100	41608,24	60.000	0,69
<b>Rata-rata</b>					<b>0,70</b>

Adapun perhitungan analisis kuat tekan bata ringan dapat dilihat di bawah.

1. Diketahui:

- a. Panjang = 600 mm
- b. Lebar = 100 mm

2. L. tampang = p x l

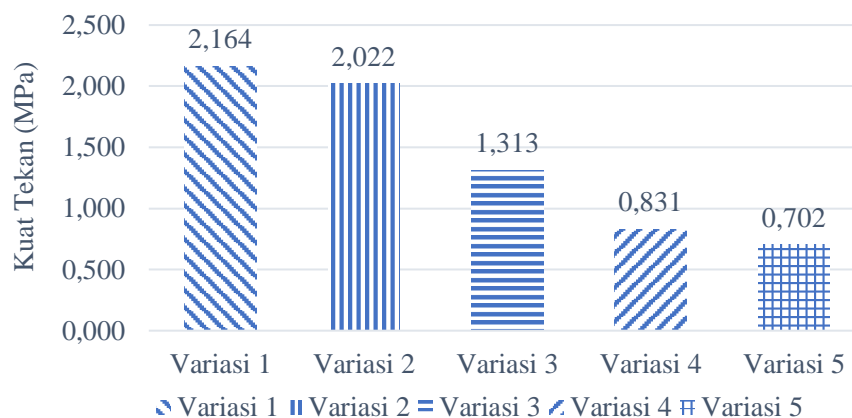
$$= 600 \times 100$$

$$= 60.000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Kuat Tekan} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{131959,87}{60.000} \\
 &= 2,20 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian kuat tekan pada Tabel 5.9 diperoleh nilai rata-rata terbesar dari variasi 2 sebesar 2,02 MPa, sedangkan nilai yang terkecil ada pada variasi 5 sebesar 0,70 MPa seperti pada Gambar 5. 5. Hasil pengujian menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata yang memenuhi syarat bata non struktural pada SNI 8640:2018 sebesar 2 MPa dan yang tergolong dalam bata ringan dengan tingkat mutu IIA hanya pada variasi 2. Hasil dari penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bella et al., (2017) dimana pada benda uji dengan persentase *fly ash* 10% - 40% memang mengalami penurunan nilai kuat tekan dibanding benda uji normal. Namun, pada penelitian ini terdapat faktor lain yang mengakibatkan hanya pada benda uji dengan persentase *fly ash* 10% saja yang memenuhi syarat nilai kuat tekan yaitu karena pembuatan foam dilakukan dengan menggunakan *mixer* manual sehingga tidak dapat menghasilkan molekul *foam* yang sempurna karena kunci keberhasilan dalam pembuatan bata ringan ada pada struktur *foam*nya. Hal ini ditandai dengan nilai kuat tekan yang tergolong rendah yang artinya struktur bata ringan tidak begitu kokoh sehingga pada penelitian berikutnya penulis menyarankan agar menggunakan *foam* generator untuk membuat foam agar hasilnya maksimal. Kemungkinan lain dari penurunan nilai kuat tekan yang terjadi dari variasi 1 ke variasi 5 juga bisa disebabkan karena berkurangnya jumlah semen yang disubstitusi dengan *fly ash*. Penurunan jumlah semen sampai kadar tertentu mengakibatkan rendahnya daya ikat molekul agregat sehingga bata ringan menjadi lebih rapuh dan tidak mampu menahan beban yang besar. Penambahan kapur sebanyak 5% cukup berpengaruh berdasarkan hasil yang didapat dibandingkan nilai kuat tekan pada penelitian yang dilakukan oleh Bella et al. (2017) dan Jusi et al. (2021). Pada waktu yang sama respon bata ringan ketika ditekan menunjukkan kerusakan berupa retak bahkan sampai terbelah secara melintang seperti pada Gambar 5.4. Meskipun begitu bata ringan dengan variasi *fly ash* 40% dan kapur alam 5% berhasil dicetak dan bisa diuji sehingga

hal ini menandakan bahwa *fly ash* dan kapur memang dapat menghasilkan ikatan yang mirip dengan semen dalam mengikat agregat dan tentunya sesuai dengan yang dikatakan oleh Haryanti & Wardhana (2017).



**Gambar 5. 5 Nilai Kuat Tekan Bata Ringan (MPa)**

### 5.3.3 Pengujian Penyerapan Air

Bata ringan tergolong sebagai beton berpori yang artinya memiliki kemampuan untuk menyerap air lewat pori pada permukaannya. Berikut hasil analisis penyerapan air pada bata ringan yang dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah.

**Tabel 5. 10 Hasil Perhitungan Penyerapan Air Tiap Variasi**

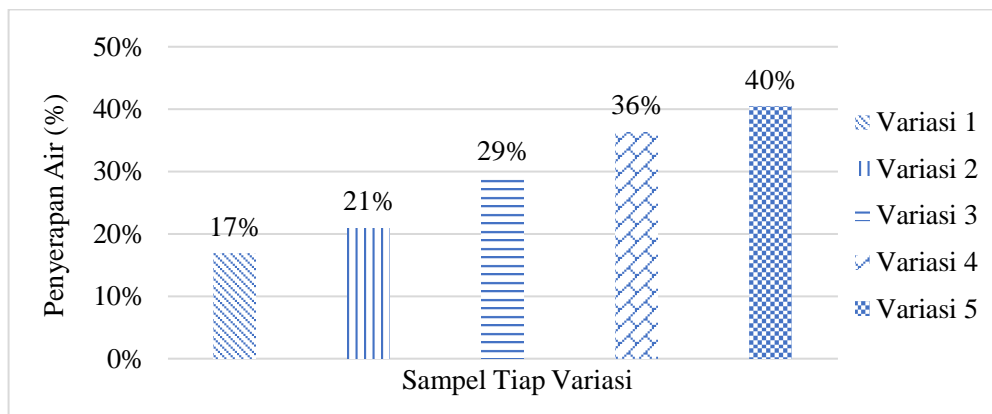
Sampel	Berat Kering (kg)	Berat Basah (kg)	Nilai Absorpsi	
Variasi 1	1.1	3,343	3,922	17%
	1.2	3,426	3,981	16%
	1.3	3,231	3,821	18%
	1.4	3,364	3,89	16%
	1.5	3,413	4,01	17%
	<b>Rata-rata</b>			<b>17%</b>
Variasi 2	2.1	3,134	3,821	22%
	2.2	3,113	3,83	23%
	2.3	3,147	3,72	18%
	2.4	3,017	3,68	22%
	2.5	2,97	3,62	22%
	<b>Rata-rata</b>			<b>21%</b>



Lanjutan Tabel 5. 10 Hasil Perhitungan Penyerapan Air Tiap Variasi

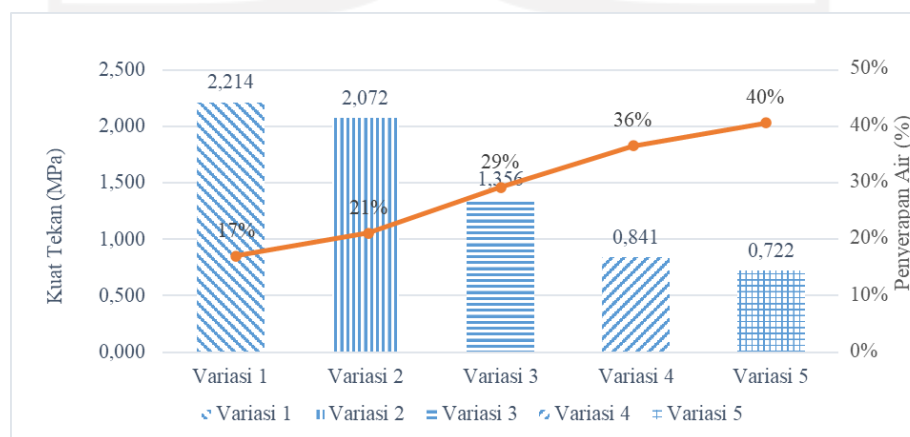
Sampel		Berat Kering (kg)	Berat Basah (kg)	Nilai Absorpsi
Variasi 3	3.1	2,81	3,62	29%
	3.2	2,741	3,51	28%
	3.3	2,875	3,67	28%
	3.4	2,69	3,52	31%
	3.5	2,731	3,53	29%
	<b>Rata-rata</b>			<b>29%</b>
Variasi 4	4.1	2,57	3,52	37%
	4.2	2,66	3,591	35%
	4.3	2,503	3,42	37%
	4.4	2,498	3,36	35%
	4.5	2,612	3,56	36%
	<b>Rata-rata</b>			<b>36%</b>
Variasi 5	5.1	2,29	3,21	40%
	5.2	2,34	3,25	39%
	5.3	2,247	3,13	39%
	5.4	2,28	3,182	40%
	5.5	2,32	3,24	40%
	<b>Rata-rata</b>			<b>40%</b>

Berdasarkan hasil analisis di atas diperoleh nilai absorpsi berkisar antara 16,86% - 40,38%. Pada SNI 8640:2018 nilai penyerapan air maksimum untuk kelas IIA sebesar 25% sehingga sampel bata ringan yang masuk dalam persyaratan tersebut hanya pada variasi 2. Untuk variasi 3, 4 dan 5 tidak lolos persyaratan. Berikut grafik nilai penyerapan air pada gambar 5.6 di bawah.



**Gambar 5. 6 Nilai Penyerapan Air**

Nilai penyerapan air pada bata ringan selain dipengaruhi oleh permukaannya yang berpori juga disebabkan oleh komposisi material dalam campuran. Hal ini linier dengan penurunan nilai densitas akibat penambahan *fly ash* yang berat jenisnya lebih ringan dari semen, selain itu *fly ash* juga memiliki sifat hidrofilik sehingga mudah menyerap air. *Fly ash* dan kapur alam yang digunakan sebagai bahan pengganti semen secara kumulatif mengakibatkan struktur bata ringan lebih rapuh apabila ditinjau dari nilai kuat tekan yang juga mengalami penurunan. Sedangkan penurunan tersebut juga diikuti dengan peningkatan nilai penyerapan air. Dari penjelasan tersebut dapat ditentukan hubungan antara nilai penyerapan air dengan nilai kuat tekan bata ringan. Semakin besar nilai penyerapan air maka nilai kuat tekan bata ringan akan menurun sebagaimana yang dapat dilihat pada gambar 5.7 di bawah ini.



**Gambar 5. 7 Hubungan Penyerapan Air dengan Nilai Kuat Tekan**

## **BAB VI KESIMPULAN**

### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Variasi campuran dengan *fly ash* dan kapur alam pada bata ringan mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan dan densitas sedangkan penyerapan airnya meningkat dibandingkan dengan campuran normal.
2. Campuran dengan variasi *fly ash* dan kapur alam mampu menghasilkan bata ringan seperti pada campuran normal tanpa mengalami kegagalan pecah sebelum diuji.
3. Berdasarkan semua pengujian yang telah dilakukan bahwa bata ringan variasi 2 dengan campuran *fly ash* 10% dan kapur alam 5% adalah campuran yang optimum untuk digunakan.
4. Berdasarkan dari pengujian kuat tekan, densitas, dan penyerapan air hanya pada variasi *fly ash* 10% dan kapur alam 5% yang memenuhi syarat SNI 8640:2018 sehingga campuran tersebut efektif digunakan sebagai pengganti sebagian semen.

### **6.2 Saran**

Penulis menyadari bahwa penelitian ini tentu masih jauh untuk bisa dikatakan sempurna. Maka, diperlukan saran untuk penelitian selanjutnya guna memperbaiki kekurangan pada penelitian ini secara lebih baik lagi seperti berikut.

1. Persentase *fly ash* sebagai bahan pengganti semen dapat dikerucutkan lagi intervalnya guna mengetahui berapa persen yang secara hasil pengujian lebih efisien.
2. Diperlukan pengujian *fly ash* sebagai material pengganti semen dan kapur sebagai material tambahan dalam campuran agar dapat diketahui perilaku tiap material yang digunakan.

3. Pada penelitian selanjutnya pembuatan *foam* sebaiknya menggunakan *foam* generator untuk memaksimalkan hasil *foam* dengan kualitas dan kuantitas yang jauh lebih baik lagi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, M., & Ardha, N. (2006). Percobaan Pendahuluan Pembuatan Refractori Cor dari Abu Terbang PLTU Suralaya. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 37(14), 18–28.
- Bella, R. A., Pah, J. J. S., & Ratu, A. G. (2017). Perbandingan Presentase Penambahan Fly Ash terhadap Kuat Tekan Bata Ringan Jenis CLC. *Jurnal Teknik Sipil*, VI(2).
- Bilim, C., Atiş, C. D., Tanyildizi, H., & Karahan, O. (2009). Predicting the compressive strength of ground granulated blast furnace slag concrete using artificial neural network. *Advances in Engineering Software*, 40(5), 334–340. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2008.05.005>
- Çakır, Ö., & Aköz, F. (2008). Effect of curing conditions on the mortars with and without GGBFS. *Construction and Building Materials*, 22(3), 308–314.
- Caroles, J. D. S. (2019). Ekstraksi silika yang terkandung dalam limbah abu terbang batu bara. *Fullerene Journ. Of Chem*, 4(1), 5–7. <http://digilib.its.ac.id>.
- Faizah, R. (2015). Pengaruh Frekuensi Gempa Terhadap Respon Bangunan Bertingkat. *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
- Haryanti, N. H., & Wardhana, H. (2017). Pengaruh Komposisi Campuran Pasir Silika dan Kapur Tohor Pada Bata Ringan Berbahan Limbah Abu Terbang Batubara.
- Jitchaiyaphum, K., Sinsiri, T., & Chindaprasirt, P. (2011). Cellular lightweight concrete containing pozzolan materials. *Procedia Engineering*, 14, 1157–1164. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.145>
- Jusi, U., Maizir, H., Ilham, M., & Saily, R. (2021). PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR TOHOR TERHADAP SIFAT MEKANIS BATA RINGAN. *INDONESIAN JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT (CESD)*, 4(1), 21–26.
- Legowo, A. K., & Sunaryo, V. (2003). *Pemanfaatan fly ash batubara sebagai mineral filler pada campuran aspal beton*.
- Mustapure, N., & Eramma, H. (2014). EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE BLOCKS FOR VARYING GRADES OF DENSITY. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*. [www.ijates.com](http://www.ijates.com)

- Ningrum, D. K., & Sofianto, M. F. (2018). Pengaruh Penggunaan Kapur Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Berat Volume, Kuat Tekan dan Penyerapan Air Pada Bata Beton Ringan Seluler Berbahan Dasar Bottom Ash. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3).
- SNI 15-0302-2004. (2004). *Semen Portland Pozzolan*.
- SNI 15-2049-2004. (2004). *Semen Portland*.
- SNI 8640:2018. (2018). *Spesifikasi Bata Ringan Untuk Pasangan Dinding*.
- SNI-03-6820-2002. (2002). *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*.
- Suryani, N., & Munasir. (2015). FABRIKASI BATA RINGAN TIPE CELLULER LIGHTWEIGHT CONCRETE DENGAN BAHAN DASAR PASIR VULKANIK GUNUNG KELUD SEBAGAI PENGGANTI FLY ASH. *Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3).
- Taufik, H., Kurniawandy, A., & Arita, D. (2017). Tinjauan Kuat Tekan Bata Ringan Menggunakan Bahan Tambah Foaming Agent The analysis of Lightweight Compressive Strength by adding Form Agent Material. *Jurnal Saintis*, 17(1), 52–62.
- Tjaronge, M. W., Djamaluddin, R., & Amiruddin, dan A. (2018). *PANAS HIDRASI BETON MASSA YANG MENGGUNAKAN SEMEN PORTLAND KOMPOSIT*.
- Tjokrodimulyo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit KMTS FT UGM.



# LAMPIRAN

**Tabel L-1.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat halus**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	485	493	489
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1006	998	1002
Berat piknometer berisi air, gram (B)	699	691	695
Berat jenis curah ( $Bk/(B+500-Bt)$ )	2,513	2,554	2,534
Berat jenis kering muka ( $500/(B+500-Bt)$ )	2,591	2,591	2,591
Berat jenis semu, ( $Bk/(B+Bk-Bt)$ )	2,725	2,651	2,688
Penyerapan air, ( $(500-Bk)/(Bk \times 100)$ )	3,09%	1,42%	2,26%

**Tabel L-1.2 Modulus Halus Butir (Mhb) / Analisis Saringan Agregat Halus**

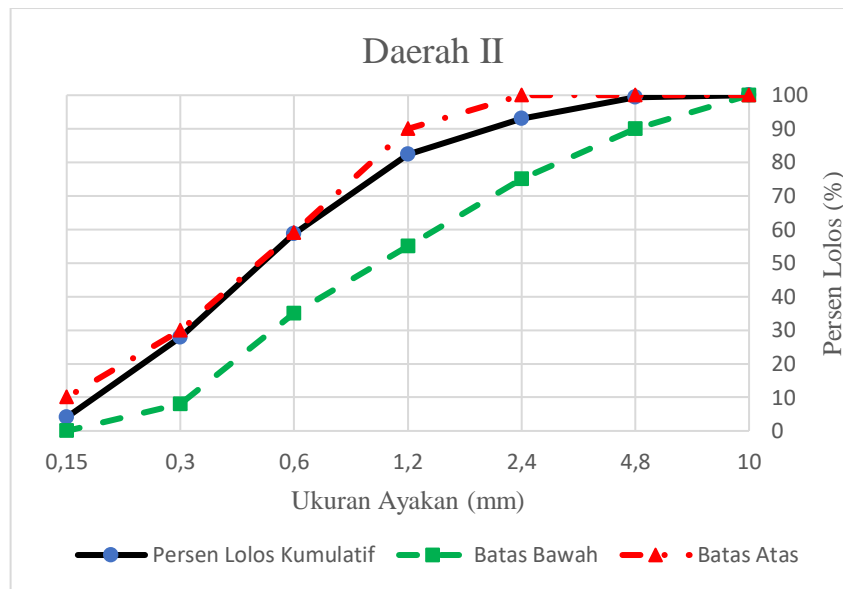
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40				
20				
10				
4,8	0	0	0	100
2,4	12	0,602	0,602	99,398
1,2	126	6,316	6,917	93,083
0,6	213	10,677	17,594	82,406
0,3	473	23,709	41,303	58,697
0,15	616	30,877	72,180	27,820
Pan	81	4,060		
<b>Jumlah</b>	1995	100	234,536	

**Tabel L-1.3 Gradasi Agregat Halus**

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Agregat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100



Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Agregat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15



**Gambar L-1.1 Analisa Saringan Agregat Halus**

**Tabel L-1.4 Uji Kandungan Lumpur Dalam Pasir**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	496	489	492,5
Persentase yang lolos ayakan No. 200 [(W1-W2/W1)x100	0,8%	2,2%	1,5%

**Tabel L-1.5 Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat tabung (W1), gram	10615	10615	10615
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	18242	18249	18245,5
Berat agregat (W3), gram	7627	7634	7630,5
Volume tabung (V), cm <sup>3</sup>	5301,438	5301,438	5301,438

Berat volume gembur (W3/V) gram/cm <sup>3</sup>	1,439	1,440	1,439
---	-------	-------	-------

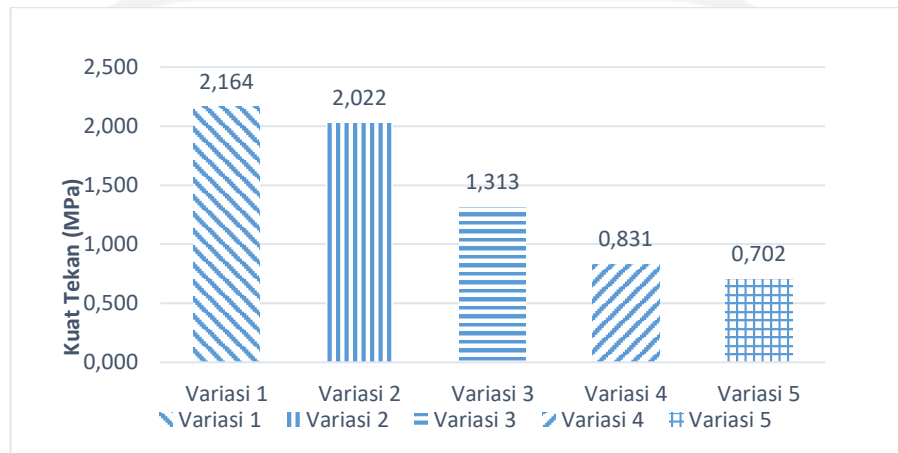
**Tabel L-1.6 Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat tabung (W1), gram	10615	10615	10615
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	19470	19489	19479,5
Berat agregat (W3), gram	8855	8874	8864,5
Volume tabung (V), gram	5301,438	5301,438	5301,438
Berat volume padat (W3/V), gram/cm <sup>3</sup>	1,670	1,674	1,672

**Tabel L-1.7 Data Uji Tekan Bata Ringan**

Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	P Maks (N)	L. Tampang (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)
Variasi 1.1	600	100	131959,87	60.000	2,20
Variasi 1.2	600	100	129899,77	60.000	2,16
Variasi 1.3	600	100	126701,71	60.000	2,11
Variasi 1.4	600	100	127967,20	60.000	2,13
Variasi 1.5	600	100	132813,34	60.000	2,21
<b>Rata-rata</b>					<b>2,16</b>
Variasi 2.1	600	100	124296,73	60.000	2,07
Variasi 2.2	600	100	120559,12	60.000	2,01
Variasi 2.3	600	100	122011,00	60.000	2,03
Variasi 2.4	600	100	119715,46	60.000	2,00
Variasi 2.5	600	100	120049,00	60.000	2,00
<b>Rata-rata</b>					<b>2,02</b>
Variasi 3.1	600	100	81338,74	60.000	1,36
Variasi 3.2	600	100	78150,49	60.000	1,30
Variasi 3.3	600	100	80357,74	60.000	1,34
Variasi 3.4	600	100	76924,24	60.000	1,28
Variasi 3.5	600	100	77169,49	60.000	1,29
<b>Rata-rata</b>					<b>1,31</b>
Variasi 4.1	600	100	50437,24	60.000	0,84
Variasi 4.2	600	100	50191,99	60.000	0,84
Variasi 4.3	600	100	48965,74	60.000	0,82
Variasi 4.4	600	100	49701,49	60.000	0,83
Variasi 4.5	600	100	49946,74	60.000	0,83
<b>Rata-rata</b>					<b>0,83</b>
Variasi 5.1	600	100	42834,49	60.000	0,71
Variasi 5.2	600	100	41853,49	60.000	0,70

Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	P Maks (N)	L. Tampang (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)
Variasi 5.3	600	100	43324,99	60.000	0,72
Variasi 5.4	600	100	41117,74	60.000	0,69
Variasi 5.5	600	100	41608,24	60.000	0,69
<b>Rata-rata</b>					<b>0,70</b>

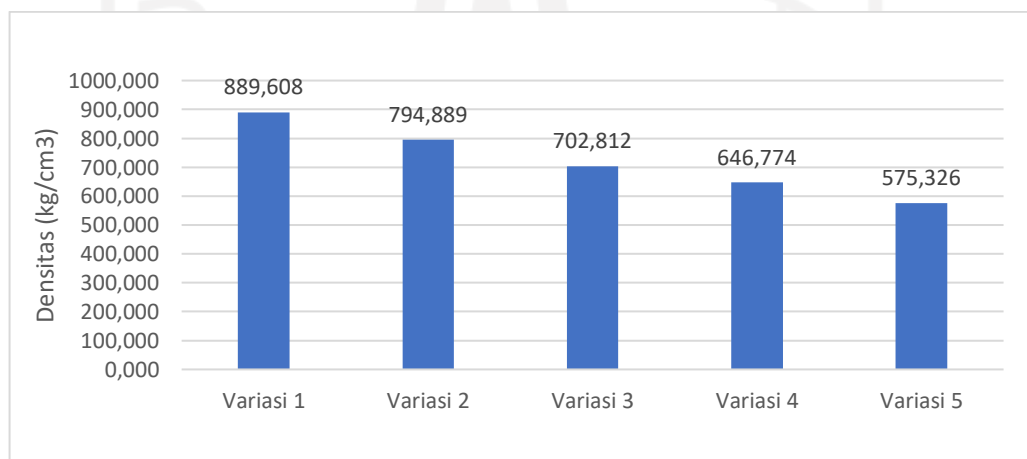


Gambar L-1.2 Nilai Kuat Tekan

Tabel L-1.8 Data Uji Densitas Bata Ringan

Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa (kg)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )
Variasi 1.1	0,6	0,1	0,195	0,0117	10,651	910,342
Variasi 1.2	0,6	0,1	0,2	0,012	10,555	879,583
Variasi 1.3	0,6	0,1	0,2	0,012	10,571	880,917
Variasi 1.4	0,6	0,1	0,205	0,0123	10,551	857,805
Variasi 1.5	0,6	0,1	0,2	0,012	10,649	887,417
Variasi 1.6	0,6	0,1	0,194	0,01164	10,622	912,543
Variasi 1.7	0,6	0,1	0,197	0,01182	10,622	898,646
<b>Rata-rata</b>						<b>889,608</b>
Variasi 2.1	0,6	0,1	0,2	0,012	9,498	791,500
Variasi 2.2	0,6	0,1	0,195	0,0117	9,621	822,308
Variasi 2.3	0,6	0,1	0,194	0,01164	9,535	819,158
Variasi 2.4	0,6	0,1	0,195	0,0117	9,311	795,812
Variasi 2.5	0,6	0,1	0,2	0,012	9,203	766,917
Variasi 2.6	0,6	0,1	0,198	0,01188	9,301	782,912
Variasi 2.7	0,6	0,1	0,197	0,01182	9,286	785,618
<b>Rata-rata</b>						<b>794,889</b>
Variasi 3.1	0,6	0,1	0,2	0,012	8,521	710,083

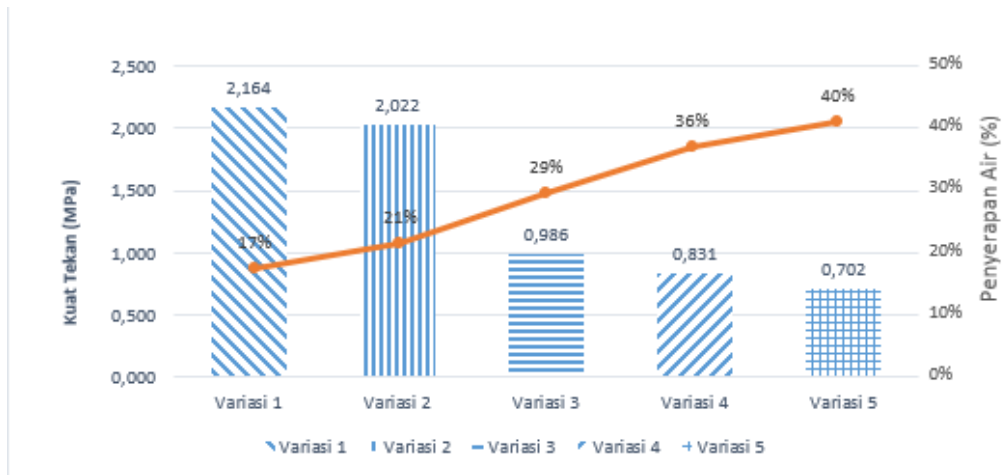
Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa (kg)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )
Variasi 3.2	0,6	0,1	0,205	0,0123	8,481	689,512
Variasi 3.3	0,6	0,1	0,205	0,0123	8,518	692,520
Variasi 3.4	0,6	0,1	0,2	0,012	8,405	700,417
Variasi 3.5	0,6	0,1	0,195	0,0117	8,420	719,658
Variasi 3.6	0,6	0,1	0,196	0,01176	8,332	708,503
Variasi 3.7	0,6	0,1	0,198	0,01188	8,304	698,990
<b>Rata-rata</b>						<b>702,812</b>
Variasi 4.1	0,6	0,1	0,2	0,012	7,612	634,333
Variasi 4.2	0,6	0,1	0,195	0,0117	7,643	653,248
Variasi 4.3	0,6	0,1	0,2	0,012	7,715	642,917
Variasi 4.4	0,6	0,1	0,2	0,012	7,852	654,333
Variasi 4.5	0,6	0,1	0,2	0,012	7,636	636,333
Variasi 4.6	0,6	0,1	0,2	0,012	7,891	657,583
Variasi 4.7	0,6	0,1	0,2	0,012	7,784	648,667
<b>Rata-rata</b>						<b>646,774</b>
Variasi 5.1	0,6	0,1	0,195	0,0117	7,117	608,291
Variasi 5.2	0,6	0,1	0,205	0,0123	6,962	566,016
Variasi 5.3	0,6	0,1	0,195	0,0117	6,812	582,222
Variasi 5.4	0,6	0,1	0,2	0,012	6,829	569,083
Variasi 5.5	0,6	0,1	0,2	0,012	6,812	567,667
Variasi 5.6	0,6	0,1	0,2	0,012	6,795	566,250
Variasi 5.7	0,6	0,1	0,2	0,012	6,813	567,750
<b>Rata-rata</b>						<b>575,326</b>



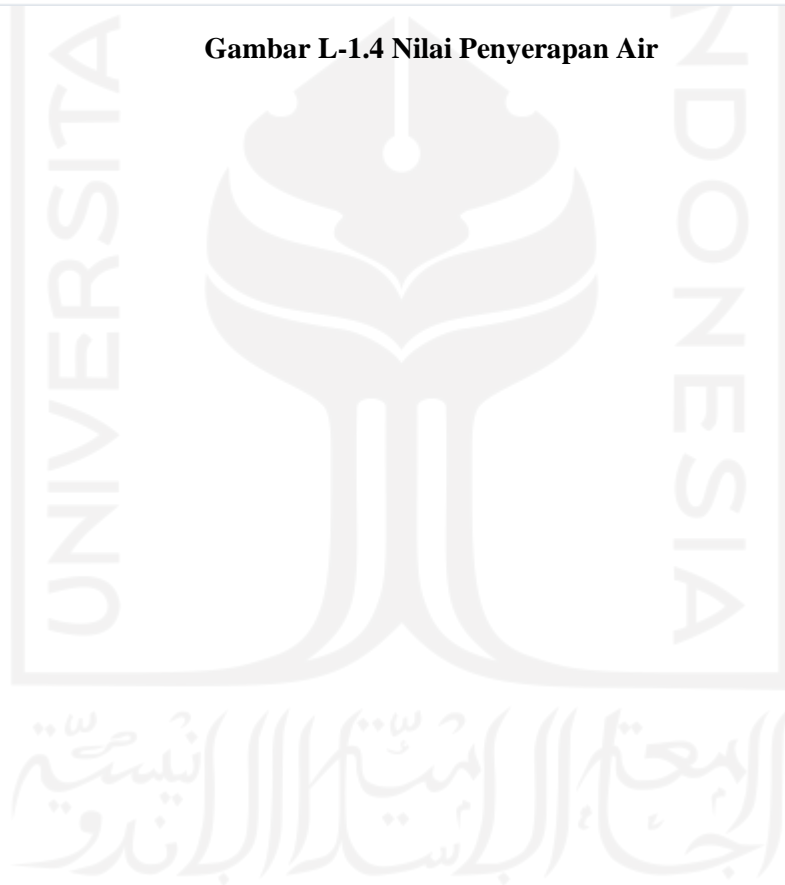
Gambar L-1.3 Nilai Densitas

Tabel L-1.9 Data Uji Penyerapan Air Bata Ringan

Sampel		Berat Kering (kg)	Berat Basah (kg)	Nilai Absorpsi
Variasi 1	11	3,343	3,922	17%
	12	3,426	3,981	16%
	13	3,231	3,821	18%
	14	3,364	3,89	16%
	15	3,413	4,01	17%
	<b>Rata-rata</b>			<b>17%</b>
Variasi 2	21	3,134	3,821	22%
	22	3,113	3,83	23%
	23	3,147	3,72	18%
	24	3,017	3,68	22%
	25	2,97	3,62	22%
	<b>Rata-rata</b>			<b>21%</b>
Variasi 3	31	2,81	3,62	29%
	32	2,741	3,51	28%
	33	2,875	3,67	28%
	34	2,69	3,52	31%
	35	2,731	3,53	29%
	<b>Rata-rata</b>			<b>29%</b>
Variasi 4	41	2,57	3,52	37%
	42	2,66	3,591	35%
	43	2,503	3,42	37%
	44	2,498	3,36	35%
	45	2,612	3,56	36%
	<b>Rata-rata</b>			<b>36%</b>
Variasi 5	51	2,29	3,21	40%
	52	2,34	3,25	39%
	53	2,247	3,13	39%
	54	2,28	3,182	40%
	55	2,32	3,24	40%
	<b>Rata-rata</b>			<b>40%</b>



**Gambar L-1.4 Nilai Penyerapan Air**





**Gambar L-1.5** Persiapan Pengujian Agregat



**Gambar L-1.6** Persiapan Material Campuran Bata Ringan



**Gambar L-1.7** Proses *Mixing* Adonan Bata Ringan



**Gambar L-1.8 Penuangan Adonan ke Cetakan**



**Gambar L-1.9 Adonan Saat di Cetakan**



**Gambar L-1.10 *Curing* Bata Ringan**





**Gambar L-1.11 Penimbangan Sampel Bata Ringan**



**Gambar L-1.12 Pengujian Kuat Tekan Sampel Bata Ringan**



**Gambar L-1.13 Pengujian Penyerapan Air Sampel Bata Ringan**