TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN ABU BATU SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK BATA RINGAN (*THE EFFECT OF THE USE OF STONE ASH AS A PART OF SAND REPLACEMENT ON CHARACTERISTICS LIGHT BRICKS*)

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

Nyak Yusuf Syakban
17511087

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN ABU BATU SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK BATA RINGAN (*THE EFFECT OF THE USE OF STONE ASH AS A PART OF SAND REPLACEMENT ON CHARACTERISTICS LIGHT BRICKS*)

Disusun oleh

Nyak Yusuf Syakban

17511087

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

Diuji pada 19 Juni 2024 Oleh

Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Elvis Saputra, S.T.,M.T.	**Anggit Mas Arifudin, S.T.,M.T.**	**Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.**
NIK : 205111302	**NIK : 185111304**	**NIK : 165111301**

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

an. **Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng., IPM**

NIK : 095110101

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 19 Juni 2024

Yang membuat pernyataan,

Nyak Yusuf Syakban

(17511087)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrohmatullahi Wabarokaatuh

Alhamdulillahi rabbi'alamin. Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesakan Tugas Akhir dengan baik. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada baginda nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman. Tugas akhir merupakan salah satu syarat untuk menempuh derajat Sarjana Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari banyak pihak yang memberikan dukungan dan bantuan selama menyelesaikan studi dan tugas akhir ini. Oleh karena itu, sudah sepantasnya penulis dengan penuh hormat mengucapkan terimakasih dan mendoakan semoga Allah memberikan balasan terbaik kepada:

1. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng., IPM selaku ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing.
3. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I
4. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II
5. Kedua orang tua yang selalu mendoakan, mendidik dan selalu memotivasi dengan penuh kesabaran serta kasih sayang kepada penulis..
6. Teman-teman penulis yang menemani selama perkuliahan di Teknik Sipil UII.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan kearah yang lebih baik. Semoga Allah SWT. Senantiasa melimpahkan rahmat dan Ridha-Nya kepada kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 19 Juni 2024

Penulis,

Nyak Yusuf Syakban

(17511087)

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR i

TUGAS AKHIR ii

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR LAMPIRAN xiii

DAFTAR NOTASI xiv

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 2

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.5 Batasan Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu 5

2.2 Perbandingan Penelitian 7

2.3 Keaslian Penelitian 11

BAB III LANDASAN TEORI 12

3.1 Bata Ringan 12

3.2 Bahan Penyusun Bata Ringan 13

3.2.1 Semen Portland 13

3.2.2 Agregat Halus 14

3.2.3 Air 15

3.2.4 Abu batu 16

3.2.5 Foam Agent 17

3.3 Pemeriksaan Material Agregat Halus dan Abu Batu 18

3.4 Pencampuran Bahan Penyusun Bata Ringan 19
3.5 Perawatan Bata Ringan 20
3.6 Pengujian Bata Ringan 20
3.6.1 Bobot Isi dan Penyerapan Air Bata Ringan 20
3.6.2 Kuat Tekan Bata Ringan 20
3.6.3 Susut Pengeringan Bata Ringan 21
BAB IV METODE PENELITIAN 23
4.1 Umum 23
4.2 Variabel Penelitian 23
4.3 Teknik Pengumpulan Data 23
4.4 Alat dan Bahan 24
4.4.1 Alat 24
4.4.2 Bahan 28
4.5 Pelaksanaan Penelitian 30
4.5.1 Persiapan 30
4.5.2 Pemeriksaan Material 30
4.5.3 Pembuatan Benda Uji 36
4.5.4 Perawatan Benda Uji Bata Ringan 41
4.5.5 Pengujian Benda Uji 42
4.5.6 Analisis Data 45
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 48
5.1 Tinjauan Umum 48
5.2 Pengujian Material 48
5.5.1 Hasil Pengujian Agregat Halus 48
5.5.2 Hasil Pengujian Abu Batu 55
5.2 Perhitungan Mix Design Bata Ringan 63
5.3 Hasil Pengujian Bata Ringan 63
5.3.1 Pengujian Boboi Isi dan Penyerapan Air 64
5.3.2 Pengujian Kuat Tekan 69
5.3.3 Pengujian Susut Pengeringan 76
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 80

6.1 Kesimpulan 80
6.2 Saran 80
DAFTAR PUSTAKA 82
LAMPIRAN 84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Akan Diteliti 8
Tabel 3.2 Kategori Berat Bata Ringa 13
Tabel 3.3 Gradasi Agragat 15
Tabel 3.4 Syarat Gradasi Agregat Halus 19
Tabel 3.5 Syarat Fisis Bata Ringan 21
Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji Dari Setiap Variasi 37
Tabel 5.1 Berat Volume Padat Agregat Halus 49
Tabel 5.2 Berat Volume Gembur Agregat Halus 50
Tabel 5.3 Pangujian Modulus Halus Butir Agregat Halus Sempel 1 50
Tabel 5.5 Pangujian Modulus Halus Butir Agregat Halus Sempel 2 51
Tabel 5.6 Gradasi Agrgat Halus 52
Tabel 5.7 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus 54
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agrgat Halus 55
Tabel 5.9 Berat Volume Padat Abu Batu 56
Tabel 5.10 Berat Volume Gembur Abu Batu 57
Tabel 5.11 Pangujian Modulus Halus Butir Abu Batu Sempel 1 58
Tabel 5.12 Pangujian Modulus Halus Butir Abu Batu Sempel 2 58
Tabel 5.13 Gradasi Abu Batu 59
Tabel 5.14 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Abu Batu 61
Tabel 5.15 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Abu Batu 62
Tabel 5.16 Rekapitulasi Kebutuhan Material 63
Tabel 5.17 Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Variasi 0% 65
Tabel 5.18 Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Variasi 25% 65
Tabel 5.20 Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Variasi 50% 66
Tabel 5.21 Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Variasi 75% 67
Tabel 5.22 Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Variasi 100% 67
Tabel 5.24 Rekapitulasi Nilai Bobot Isi Kering Oven 68
Tabel 5.25 Rekapitulasi Nilai Rata-rata Penyerapan Air 68
Tabel 5.26 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan 71

Tabel 5.29 Rekapitulasi Nilai Rata-rata Kuat Tekan 73
Tabel 5.30 Hasil Pengujian Susut Pengeringan Bata Ringan 77
Tabel 5.31 Rekapitulasi Nilai Susut Pengeringan 78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Agregat Halus Dari Pasir Merapi 15
Gambar 3.2 Abu Batu Dari Stone Crushe Cangkringan 17
Gambar 3.3 *Foaming agent* 18
Gambar 4.1 Timbangan 24
Gambar 4.2 Cetakan Bata Ringan 25
Gambar 4.3 Oven 25
Gambar 4.5 Saringan 26
Gambar 4.6 Mixer Bata Ringan 26
Gambar 4.7 Pan 27
Gambar 4.8 Mesin Kuat Tekan 27
Gambar 4.9 Agregat Halus 28
Gambar 4.10 Semen Portland 28
Gambar 4.11 Abu Batu 29
Gambar 4.12 *Foam Agent* 29
Gambar 4.13 Pengujian Berat Volue Padat Agregat Halus 31
Gambar 4.14 Pengujian Berat Volue Gembur Agregat Halus 32
Gambar 4.15 Pengujian Modulus Halus Butir 33
Gambar 4.16 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air 35
Gambar 4.17 Pengujian Kandungan Lumpur 36
Gambar 4.18 Pembuatan *Foaming Agent* 40
Gambar 4.19 Pencampuran Material Kedalam *Foaming Agent* 41
Gambar 4.20 Bentuk dan Dimensi Bata Ringan 41
Gambar 4.21 Perawatan Benda Uji 42
Gambar 4.22 Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air 43
Gambar 4.23 Mekanisme Pembebanan Bata Ringan 44
Gambar 4.24 Pengujian Kuat Tekan 44
Gambar 4.25 Pengujian Susut Pengeringan 45
Gambar 5.1 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus Sempel 1 52
Gambar 5.2 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus Sempel 2 53

Gambar 5.3 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus Sempel 1 60
Gambar 5.4 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus Sempel 2 60
Gambar 5.5 Diagram Pengujian Penyerapan Air 69
Gambar 5.6 *Setting Up* Bata Ringan Untuk Uji Kuat Tekan 70
Gambar 5.7 Benda Uji Setelah Pengujian 70
Gambar 5.8 Diagram Nilai Kuat Tekan Rata-rata 74
Gambar 5.9 Diagram Nilai Kuat Tekan Induvidu 75
Gambar 5.10 Hubungan Penyerapan Air dengan Nilai Kuat Tekan 75
Gambar 5.11 Regresi Linear Penyerapan Air dengan Nilai Kuat Tekan 75
Gambar 5.12 Benda Uji Setelah di potong 76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium 85
Lampiran 2 Surat Keterangan Bebas Plagiasi 86
Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Pengujian Agregat Halus 87
Lampiran 4 Laporan Sementara Hasil Pengujian Abu Batu 93
Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air 99
Lampiran 6 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan 102
Lampiran 7 Laporan Sementara Hasil Pengujian Susut Pengeringan 104
Lampiran 8 Gambar Alat 106
Lampiran 9 Gambar Bahan 109
Lampiran 10 Gambar Proses Pembuatan Bata Ringan 111

DAFTAR NOTASI

f'c	= Kuat tekan beton
SNI	= Standar Nasional Indonesia
MPa	= Megapascal
Fas	= Faktor air semen
P	= Beban maksimum (N)
A	= Luas penampang (m^3)
m	= Meter
mm	= Milimeter
cm	= Centimeter
kN	= Kilonewton
N	= Newton
kg	= Kilogram
g	= Gram
BI	= Bobot isi nominal
BIo	= Bobot isi kering oven
BIa	= Bobot isi jenuh air
S	= Susut pengeringan pada kondisi normal
L0	= Panjang awal dari bacaan DEMEC (mm)
L1	= Panjang setelah dioven (mm)
L	= Panjang jarak alat DEMEC

ABSTRAK

Perkembangan teknologi material sangat mendukung dalam perkembangan teknologi pada bidang konstruksi, salah satunya adalah perkembangan bata ringan. Ukurannya yang jauh lebih besar dan beratnya yang lebih ringan dibanding bata merah merupakan alasan kenapa bata ringan dianggap lebih efisien digunakan untuk proyek konstruksi saat ini. Berat dari material pasangan dinding akan mempengaruhi berat dari bangunan yang akan berimplikasi kepada besarnya beban gempa. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari penggantian sebagian agregat halus dengan abu batu baik secara bobot isi dan penyerapan air, kuat tekan dan susut pengeringan berdasarkan SNI 8640-2018.

Penelitian ini dilakukan dengan cara menggantikan sebagian agregat halus dengan abu batu yang memiliki variasi 0% ,25%, 50%, 75% dan 100% masing-masing variasi terdapat 9 bata ringan utuh dengan ukuran 60 x 20 x 10 cm. Selanjutnya 2 bata ringan utuh untuk pengujian bobot isi dan penyerapan air, 5 bata ringan utuh untuk pengujian kuat tekan dan 2 bata ringan utuh untuk pengujian susut pengeringan.

Dari hasil pengujian didapatkan nilai bobot isi kering oven tertinggi sebesar 825,50 kg/m^3pada variasi 0% dan bobot isi kering oven terendah sebesar 535 kg/m^3pada variasi 25%. Untuk pengujian penyerapan air tertinggi sebesar 39,20% pada variasi 100% dan penyerapan air terendah sebesar 10,40% pada variasi 0%. Untuk pengujian kuat tekan didapatkan kuat tekan rata-rata maksimum sebesar 2,15 MPa pada variasi 0% dan untuk kuat tekan rata rata terendah sebesar 1,59 MPa pada variasi 100%. Untuk pengujian susut pengeringan untuk setiap variasi didapatkan hasil 0% yang dapat diartikan tidak terjadi penyusutan dari benda uji. Berdasarkan SNI 8640-2018 bata ringan dengan variasi 25% dan 50% masuk kedalam ketagori bata nonstuktural kelas IIA dan IIB

Kata kunci : Bata ringan, abu batu, pengujian dan variasi

ABSTRACT

The advancement of material technology greatly supports the development of construction technology, and one of them is the development of lightweight bricks. Their larger size and lighter weight compared to traditional red bricks are reasons why lightweight bricks are considered more efficient for construction projects today. The weight of the wall material will affect the overall weight of the building, which in turn impacts the seismic load. This study aims to determine the characteristics of partially replacing fine aggregates with stone dust, including bulk density, water absorption, compressive strength, and drying shrinkage based on SNI 8640-2018.

This research was conducted by partially replacing fine aggregates with stone dust in variations of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%, with each variation consisting of 9 whole lightweight bricks measuring 60 x 20 x 10 cm. Furthermore, 2 whole lightweight bricks were used for bulk density and water absorption testing, 5 whole lightweight bricks for compressive strength testing, and 2 whole lightweight bricks for drying shrinkage testing.

From the test results, the highest dry oven bulk density value obtained was 825.50 kg/m^3 at 0% variation, and the lowest dry oven bulk density was 535 kg/m^3 at 25% variation. The highest water absorption test result was 39.20% at 100% variation, while the lowest water absorption was 10.40% at 0% variation. For compressive strength testing, the maximum average compressive strength obtained was 2.15 MPa at 0% variation, and the lowest average compressive strength was 1.59 MPa at 100% variation. As for drying shrinkage testing, a result of 0% was obtained for each variation, indicating no shrinkage occurred in the test specimens. Based on SNI 8640-2018 lightwight bricks with variations of 25% and 50% fall into the categories of nonstructural class IIA dan IIB.

Keyword : *Lightweight, stone dust, testing and variation*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi material sangat mendukung dalam perkembangan teknologi pada bidang konstruksi, salah satunya adalah perkembangan bata ringan. Ukurannya yang jauh lebih besar dan beratnya yang lebih ringan dibanding bata merah merupakan alasan kenapa bata ringan dianggap lebih efisien digunakan untuk proyek konstruksi saat ini. Berat dari material pasangan dinding akan mempengaruhi 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). Maka dari itu, bata ringan sangat disarankan untuk digunakan pada bangunan gedung tinggi dan untuk desain bangunan tahan terhadap gempa.

Bata ringan ada dua jenis 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 bata ini menjadi sangat ringan. Meskipun begitu jumlah pori pada bata ringan tidak boleh berlebihan karena justru akan menurunkan densitasnya sehingga akan ikut menurunkan kekuatannya. Bata ringan adalah bata berpori yang memiliki berat jenis lebih ringan dari pada bata pada umumnya dengan berat jenis antara 600-1600 kg/m3 (Ngabdurrochman, 2009).

Bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) berbeda dengan *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC). Bata ringan AAC merupakan bata ringan yang dimana proses pembuatan gelembung udara disebakan oleh reaksi kimia, yaitu pada saat bubuk alumunium atau alumunium pasta mengembang. Sedangkan bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) merupakan beton seluler dengan proses curing secara natural, CLC merupakan beton konvensional yang mana kerikil ditukar dengan gelembung udara yang dihasilkan dari foam agent (Devy Kartika serta Mochamad Firmansyah S, 2018). Pada penelitian ini

menggunakan bata ringan jenis CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) yaitu dengan bahan pengembang *Foaming Agent* dan proses Curing suhu ruangan dikarenakan ketersiediaan alat dan bahan yang mudah di peroleh.

Abu batu merupakan agregat halus yang lolos saringan dengan diameter 4,75 mm dan tertahan oleh saringan 0,075 mm. Abu batu juga dapat disebut dengan material granular, yang terdiri atas butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu produk yang baik. Abu batu memiliki daya ikat yang lebih baik dibandingkan dengan pasir. Dalam kondisi terkena air, pasir akan lebih mudah terurai, sementara abu batu justru semakin mengikat dan mengeras (Dian S. Tondok, 2019). Dalam penelitian ini, abu batu digunakan untuk menggantikan sebagian pasir, yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan pasir. Mengingat harga abu batu lebih murah dari pada pasir merapi yang harganya selalu meningkat setiap tahunnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimana pengaruh penggantian sebagian agregat halus dengan abu batu terhadap karakteristik bata ringan?
2. Berapakah kuat tekan maksimum yang dihasilkan dari penggantian sebagian agregat halus dengan abu batu terhadap bata ringan?
3. Apakah penggantian sebagian agregat halus dengan abu batu berpotensi digunakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengetahui pengaruh penggantian sebagian agregat halus dengan abu batu terhadap karakteristik bata ringan.
2. Mengetahui kuat tekan maksimum yang dihasilkan dari penggantian sebagian agregat halus dengan abu batu terhadap bata ringan.

3. Mengetahui pencampuran penggantian sebagian agregat halus dengan abu batu berpotensi digunakan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah menghasilkan suatu inovasi bata ringan ramah lingkungan dan ekonomis yang memanfaatkan abu batu sebagai pengganti sebagian agregat halus dan memberikan informasi yang valid tentang baha alternatif dalam penggantian agregat halus.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk lebih mempermudah penelitian ini maka permasalahan akan di batasi sebagai berikut.

1. Penelitian bata ringan dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Kontruksi Universitas Islam Indonesia (UII).
2. Abu batu yang didapatkan dari hasil pabrik pemecah batu (*stone crusher)* yang berada di Cangkringan, Sleman, Yogyakarta.
3. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah PCC Merk Semen Padang.
4. *Foam agent* dengan tipe *foam agent* protein dengan perbandingan 1:33
5. Variasi campuran bahan pengganti yang digunakan pada campuran bata ringan adalah sebanyak 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat pasir.
6. Penelitian dibatasi pada pengujian bobot isi dan penyerapan air, kuat tekan dan susut pengeringan.
7. Ukuran bata ringan 60 cm x 20 cm x 10 cm dengan bentuk persegi panjang.
8. Air yang digunakan berasal dari laboratorium pusat inovasi Universitas Islam Indonesia (UII).
9. Macam-macam pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.
    a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus manggunakan SNI 1970-1990.
    b. Pengujian analisa saringan agregat halus menggunakan SNI 1968-1990.
    c. Pengujian kandungan lumpur agregat halus menggunakan SNI 4142-1996.

d. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus menggunakan SNI 4804-1998.
e. Pengujian bata ringan dalam penelitian ini adalah,bobot isi dan penyerapan air, kuat tekan dan susut pengeringan berdasarkan SNI 8640-2018.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Pada pengerjaan tugas akhir, penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dilampirkan sebagai referensi, informasi dan acuan dalam penelitan ini. Berikut adalah peneliatan terdahulu yang digunakan sebagai referensi.

1. Pengaruh Komposisi Campuran Pasir Silika dan Kapur Tohor Pada Bata Ringan Berbahan Limbah Abu Terbang

   Penelitian Haryanti dan Wardhana (2017) ini 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/m3 sedangkan untuk nilai kuat tekan reratanya mencapai 25,58 kg/cm2 (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.

2. Pengaruh Penambahan Kapur Tohor Terhadap Sifat Mekanis Bata Ringan

   Penelitian Jusi, Maizir, Ilham, Saily (2021) ini 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%.

3. Tinjauan Kuat Tekan Bata Ringan Menggunakan Bahan Tambah Foaming Agent

   Penelitian Hendra, Alex, Deri (2017) ini membahas tentang penambahan *foaming agent* dengan menggunakan CLC (Cellular Lightweight Concrete) yang berguna untuk mengetahui kuat tekan dari bata ringan dengan jumlah variasi 0,3%, 0,6%, 0,9%, 1,2% dan 1,5%.dengan ukuran benda uji 60x20x7,5 cm

   Dari hasil pengujian didapatka hasil nilai kuat tekan pada umur 7 hari yaitu 0,489 MPa, 14 hari 0,578 MPa, dan 28 hari yaitu 0,667 MPa. furnace bata ringan bisa bertahan di suhu < 500ºC. Hasil penelitian akustik dapat meredam suara sebesar 3%. Hasil pengujian SEM dan EDX foaming agent berfungsi sebagai pembuat gelembung udara yang terdapat antara lekatan agregat dengan pasta semen. Dan kuat tekan optimum didapat pada varian 0,9%, Gelembung udara dalam campuran mortar menghasilkan material yang berstruktur sel-sel, yang mengandung rongga udara dengan ukuran antara 0,1 sampai 1,0 mm dan tersebar merata sehingga menjadikan sifat bata yang lebih baik untuk menghambat panas dan lebih kedap udara.

4. Penggunaan Abu Batu Gamping Sebagai Bahan Tambah Bata Ringan

   Penelitian Dian, Rio, Hermana (2019) ini membahas tentang pengaruh abu batu gamping terhadap berat jenis, penyerapan dan kuat tekan. Dengan variasi 0 %, 10 %, 15 % dan 20 % dan foam agent 40% dengan benda uji berukuran 20 x 10 x 5 cm sebanyak 36 benda uji.

   Hasil yang didapatkan adalah nilai berat jenis variasi abu batu gamping 0% ,10%, 15%, 20% berturut-turut 1103,333 kg/m3 , 1160 kg/m3 , 1200 kg/m3 , 1226,667 kg/m3 termasuk beton ringan kelas V berdasarkan ASTM C-495, dan hasil uji kuat tekan pada 28 hari berturut-turut 0,583 MPa, 0,667

MPa, 0,917 MPa, 1 MPa , maka kadar optimum adalah 20% yakni sebesar 1 MPa termasuk beton ringan kelas V, serta penyerapan air berturut-turut sebesar 17,228%, 16,103%, 15,839%, 15,782% memenuhi penyerapan maksimum 25 %.

2.2 Perbandingan Penelitian

Berdasarkan tinjauan yang dilakukan sebelumnya yang telah dijelaskan diatas, maka dapat penulis simpulkan terdapat perbedaan penelitian yang akan diteliti. Berikut adalah perbedaan penelitian sebelumnya dan penelitian yang akan diteliti sekarang yang disajikan pada Tabel 2.1 di halaman selanjutnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Akan Diteliti

Penelitian	Haryanti dan Wardhana (2017)	Hendra, Alex, Deri (2017)	Dian, Rio, Hermana (2019)	Jusi, Maizir, Ilham, Saily (2021)	Nyak Yusuf Syakban (2023)
Judul	Komposisi Campuran Pasir Silika dan Kapur Tohor Pada Bata Ringan Berbahan Limbah Abu Terbang	Tinjauan Kuat Tekan Bata Ringan Menggunakan Bahan Tambah Foaming Agent	Penggunaan Abu Batu Gamping Sebagai Bahan Pembuatan Bata Ringan	Pengaruh Penambahan Kapur Tohor Terhadap Sifat Mekanis Bata Ringan	Pengaruh abu batu sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap karakteristik bata ringan
Tujuan Penelitian	Untuk mengetahui nilai kuat tekan, berat volume, tingkat absorpsi dan prioritas bata ringan dengan campuran abu terbang, pasir silica dan kapur tohor.	untuk mengetahui pengaruh foaming agent terhadap kuat tekan bata dengan standar pengujian (SNI, 03-6825-2002).	untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan abu batu gamping terhadap berat jenis dan kuat tekan pada bata ringan.	Untuk mengetahui nilai kuat tekan bata ringan akibat pengaruh penambahan kapur tohor.	Untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian agregat halus terhadap karakteristik bata ringan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Akan Diteliti

Penelitian	Haryanti dan Wardhana (2017)	Hendra, Alex, Deri (2017)	Dian, Rio, Hermana (2019)	Jusi, Maizir, Ilham, Saily (2021)	Nyak Yusuf Syakban (2023)
Parameter	Berat volume dan kuat tekan	Nilai kuat tekan	Berat volume dan kuat tekan	Nilai kuat tekan.	Bobot isi dan penyerapan air, kuat tekan dan susut pengeringan
Bahan Tambah	Abu terbang, pasir silika dan kapur tohor	Foaming agent	Abu batu gamping	Kapur tohor.	Abu batu
Metode	Membuat bata ringan dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 5 buah dari total 5 variasi.	trial mix design benda uji, benda uji dibuat berbentuk kubus 15x15x15 cm dengan campuran foaming agent. Dan perbandingan perbandingan kuat tekan optimum.	Pada Penelitian ini menggunakan benda uji bata dengan ukuran panjang 20 cm lebar 10 cm dan tinggi 5 cm. Pembuatan benda uji terdiri dari 4 (empat) variasi campuran.	Membuat bata ringan dengan mensubtitusi dengan kapur tohor. Adapun variasi kapur tohor yang digunakan berkisar antara 5-20% dengan kenaikan sebesar 5%.	Penelitian ini dilakukan menggunakan benda uji 60 x 20 x10 pembuatan benda uji ini terdiri dari 5 variasi.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Akan Ditelti

Penelitian	Haryanti dan Wardhana (2017)	Hendra, Alex, Deri (2017)	Dian, Rio, Hermana (2019)	Jusi, Maizir, Ilham, Saily (2021)	Nyak Yusuf Syakban (2023)
hasil	Didapat komposisi optimum adalah abu terbang (28,57%), semen PCC (42,86%), pasir silika (28,57%) dan tanpa kapur tohor dengan hasil: 1. berat volume rerata sebesar 853 kg/m3. 2. nilai kuat tekan reratanya mencapai 25,58 kg/cm2 (2,56 MPa).	Hasil kuat tekan optimum didapat pada varian 0,9%, nilai kuat tekan pada umur 7 hari yaitu 0,489 MPa, 14 hari 0,578 MPa, dan 28 hari yaitu 0,667 MPa.	Hasil uji nilai berat jenis variasi abu batu gamping 0% ,10%, 15%, 20% berturut-turut 1103,333 kg/m3 , 1160 kg/m3, 1200 kg/m3, 1226,667 kg/m3 termasuk beton ringan kelas V dan hasil uji kuat tekan pada 28 hari berturut-turut 0,583 MPa, 0,667 MPa, 0,917 MPa, 1 MPa.	Hasil yang didapatkan dari pengujian kuat tekan bebas metode UCS dengan variasi kapur 5%, 10%, 15%, berurutan sebesar 0.96 Mpa, 0,81 MPa, 0,43 Mpa, dan 0,32 MPa.	Berdasarkan SNI 8640-2018 bata ringan dengan variasi 25% dan 50% masuk kedalam ketagori bata nonstuktural kelas IIA dan IIB

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian ini menunjukkan perbedaan dengan penelitian sebelumnya. Pendekatan yang digunakan adalah dasar dari campuran dan material ayang akan digunakan. Penelitian ini fokus pada pengamatan uji bobot isi dan penyerapan air, kuat tekan dan susut pengeringan dengan variasi perbandingan kompoisis abu batu sebagai pengganti sebagian agregat halus sebesar 0%, 25%, 50%, 75% da 100%. Metode yang digunakan mencakup uji coba pencampuran dengan umur rencana 28 hari. Dengan dasar ini, penelitian ini dapat dipertanggung jawabkan atas keasliannya.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Bata Ringan

Bata ringan merupakan bata berpori yang memiliki yang memiliki nilai berat jenis (*density)* lebih ringan dari pada bata pada umumnya. Menurut (Ngabdurrochman, 2009) berat jenis bata ringan antara 600-1600 Kg/m^3 dengan kekuatan tergantung pada komposisi campuran (*mix design)*.

Bata ringan pertama kali dikenalkan di Indonesia pada tahun 1995 yang di produksi oleh PT. Hebel Indonesia di Karawang, Jawa Barat. Ada 2 jenis bata ringan yang saat ini beredar di pasaran yaitu jenis Autoclaved Aerated Concrete (AAC) dan Celullar Lightweight Concrete (CLC). Perbedaan diantara 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 terbentuk lah rongga udara (void) yang membuat bata ini menjadi ringan dengan berat kering berkisar antara 500 kg/m3 – 1600 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 Kg/m^3- 1800 Kg/m^3 berfungsi sebagai penumpu beban struktural.
2. Kelas B dengan densitas 800 Kg/m^3- 1000 Kg/m^3 berfungsi sebagai penumpu beban non struktural.
3. Kelas C dengan densitas 400 Kg/m^3- 600 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 stuktural**		**Bata nonstructural**	
		Terekpos lingkungan (*outdoor)*	**Tidak terekspos lingkungan (*indoor)***	**Terekpos lingkungan (*outdoor)***	**Tidak terekspos lingkungan (*indoor)***
Kelas		**IA**	**IB**	**IIA**	**IIB**
Bobot isi kering oven (kg/m^3)	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

3.2 Bahan Penyusun Bata Ringan

Adapun bahan penyusun bata ringan seperti semen, air, agregat halus, abu batu sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus, dan *foam agent.* Dapat dilihat pada penjelasan berikut.

3.2.1 Semen Portland

Semen Portland Semen merupakan bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif. Adhesif adalah gaya Tarik menarik antar molekul yang tidak sejenis, dan kohesif adalah gaya tarik menarik antara molekul yang sejenis. Kedua sifat ini memiliki fungsi sebagai pengikat. SNI 15-2049-2004 didefinisikan selaku semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silika hidrolik. Biasanya memiliki satu ataupun lebih wujud kalsium sulfat selaku bahan lain yang digiling bersama- sama dengan bahan utamanya.

Karakteristik semen portland berbeda dengan semen yang lain yaitu pada lapisan kimianya ataupun kehalusan butirnya. Perbandingan bahan-bahan utama penyusun semen portland berupa kapur (CaO) 60%-65%, silika (SiO2) 20%-25%, serta oksida besi dan alumina (Fe2O3) maupun (Al2O3) 7%-12%. SNI, 15-2049-2004 Jenis semen portland dibagi menjadi lima yaitu:

1. Jenis I yaitu, semen Portland sebagai penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.

3.2.2 Agregat Halus

Agregat merupakan butiran mineral yang berperan selaku bahan pengisi dalam kombinasi mortar (adukan) ataupun beton. Dan didefinisikan sebagai pengisi, dipakai bersama dengan bahan perekat dan membentuk sesuatu massa yang keras dan padat, agregat halus merupakan agregat dengan besar butir maksimum 4,75 milimeter (SNI 03-6820-2002). Berdasarkan SNI 03-6820-2002 Adapun unsur perusak yang terkandung dalam agregat halus dibatas oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Pasir tidak boleh mudah pecah dimana pertikel yang mudah pecah maksimum 1%.
2. Kandungan lumpur yang terkandung di dalam agregat halus maksimum 5%.
3. Terbebas dari kotoran yang dapat merusak warna agregat halus.
4. Agregat halus harus murni dari kandungan zat organik.
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 merapi yang dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini.

Gambar 3.1 Agregat Halus Dari Pasir Merapi

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Menurut SNI 03-6820-2002 gradasi agregat halus diatur berdsarkan nomor saringan yang lolos seperti pada table 3.2 di bawah ini.

Tabel 3. 2 Gradasi Agragat

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

3.2.3 Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting dalam pembuatan pencampuran semua bahan hingga menjadi seperti pasta semen. Air diperlukan

untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton. Selain itu, air juga digunakan untuk perawatan beton dengan cara pembasahan setelah dicor Tjokrodimuljo K (1996). Air yang diperlukan hanya ±25% berat semen, Tetapi dalam kenyataannya nilai factor semen yang kurang dari 0,35 sulit dilaksanakan. Penambahan air tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan dari bata ringan itu sendiri akan berkurang atau akan memunculkan *bleeding*. Hasil *bleeding* berupa lapisan tipis yang mengurangi lekatnya lapisan bata ringan . Berikut adalam fungsi air dalam campuran beton.

1. Sebagai pelumas bagi agregat halus.
2. Bereaksi dengan semen sebagai pembentuk pasta.
3. Untuk mencairkan bahan/material semen ke seluruh permukaan agregat.

3.2.4 Abu batu

Abu batu merupakan abu yang dihasilkan oleh pabrik pemecah batu (*stone crushe)* dengan lolos ayakan diameter 4,75 mm dan tertahan ayakan 0,075 mm. Dengan ukuran tersebut ukuran abu batu hampir sama dengan ukuran agregat halus/pasir. Menurut Dian S Tondok (2019) Dibandingkan dengan pasir, abu batu memiliki daya ikat lebih baik, dalam kondisi terkena air pasir akan lebih mudah terurai, sementara itu ketika terkena air abu batu justru semakin lebih mengikat dan mengeras.

Penggunaan abu batu sebagai pengganti sebagian pasir menjadi pertimbang pada jurnal sebelumnya bahwa penggunaan abu batu dapat berpengaruh lebih baik dari tanpa adanya abu batu. Oleh karena itu penggunaan abu batu sebagai pengganti sebagian pasir diharapkan memiliki dampak positif pada pembuatan bata ringan dan mampu menghasilkan sebuah inovasi untuk membantu dalam pembuatan bata ringan. Adapun abu batu yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan abu batu dari *stone crushe* di Cangkringan yang dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini

Gambar 3.2 Abu Batu Dari Stone Crusher Cangkringan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.2.5 *Foam Agent*

Foaming agent adalah senyawa kimia yang digunakan untuk mengembangkan adonan mortar pada proses pembuatan bata ringan. Pada saaat dicampur dengan kalsium hidroksida yang ada di dalam pasir dan air akan beraksi sehingga membentuk hidrogen. Gas hidrogen ini membentuk gelembung-gelembung udara di dalam campuran bata. Ada 2 macam *foaming agent* yaitu:

1. Bahan sintetis dengan kepadatan diatas 1000 Kg/m^3
2. Bahan protein dengan kepadatan 400-1600 Kg/m^3

Foaming agent berbahan sintetis memiliki kepadatan sekitar 40 Kg/m^3 dan dapat mengembang sekitar 25 kali dan sangat stabil untuk bata dengan kepadatan diatas 1000 kg/m^3. Sedangkan *foaming agent* berbahan dasar protein dipadatkan dari bahan alami yang memiliki berat sekitar 80 kg/m^3 dan dapat mengembang 12,5 kali dan relaitf lebih stabil dengan kepadatan 400-1600 kg/m^3. *Foaming agent* ini hanya dapat bertahan hingga 12 bulan dalam keadaan terbuka. Adapun *Foaming agent* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3 di bawah ini

Gambar 3.3 *Foaming agent*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.3 Pemeriksaan Material Agregat Halus dan Abu Batu

Sebelum melakukan *mix design* maka perlu dilakukan pemeriksaan material telebih dahulu untuk mengetahui karekteristik material. Pengujian material agregat halus dan abu batu antara lain yaitu.

1. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus menggunakan SNI 4804-1998.

   Padan pengujian ini SNI 4804-1998 digunakan sebagai acuan metode pengujian
2. Pengujian modulus halus butiran menggunakan SNI 1968-1990.

   Pada pengujian ini SNI 1968-1990 digunakan sebagai acun metode pengujian, untuk hasil dari pengujian mengacu kepada SK SNI S-04-1989-F dengan syarat sebagai berikut.

Tabel 3. 3 Syarat Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persentase 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	65-95	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

3. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus manggunakan SNI 1970-1990.

   Pada pengujian ini SNI 1979-1990 digunakan sebagai acuan metode pelaksanaan pengujian, untuk hasil dari pengujian mengacu kepada penelitian (Tjokorodimuljo, 2007) yang mengatakan bahwa sebuah berat jenis agrgat normal berada diantara 2,4-2,7.
4. Pengujian kandungan lumpur agregat halus menggunakan SNI 4142-1996.

   Pada pengujian ini SNI 4141-1996 digunakan sebagai acuan metode pengujian, untuk hasil dari pengujian dapat diliha pada (PUBI 1982) yang mengtakan bahwa kandungan lumpur untuk pasir harus dibawah 5%.

3.4 Pencampuran Bahan Penyusun Bata Ringan

Sebelum dilakukan pencampuran maka perlu adanya perhitungan perencanaan pencampuran. Untuk pencampuran bahan bata ringan tidak tertera di dalam SNI bata ringan, maka dari itu untuk pencampuran bahan bata ringan mangacu ke pada jurnal yang sudah ada sebelum nya. Menurut penelitian (Dian, Rio, Hermana 2019) penggunaan abu batu menyebabkan berat jenis bata ringan meningkat sedangkan penyerapan air menurun dengan menggunakan perbandingan semen dan pasir 1:2. Berdasarkan SNI 8640-2018 ukuran bata ringan yang digunakan yaitu 60 x 20 x 10 cm dengan jumlah 9 benda uji dari tiap variasi. Menurut Tjokrodimulyo (2007) umumnya nilai FAS yang diberikan dalam praktek pembuatan beton min. 0,4 dan max. 0,65.

3.5 Perawatan Bata Ringan

Setelah bahan penyusun bata ringan mengeras maka perlu adanya perawatan untuk menjaga mutu bata ringan agar mendapatkan hasil yang maksimal. Perawatan bata ringan yang dilakukan selama 28 hari, dengan menyiram bata ringan selama waktu yang telah ditentukan. Semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya (Tjokrodimuljo 1996).

3.6 Pengujian Bata Ringan

Dalam SNI 8640:2018 bata ringan harus melakukan beberapa pengujian seperti kuat tekan, bobot isi dan penyerapan air, dan susut penegringan. Dan juga melihat dari karakteristik bata ringan seperti pori-pori yang ada pada bata ringan maupun dari berat bata ringan itu sendiri. Dengan itu penelitian ini akan mengacu pada SNI 8640:2018. Berikut pengujian bata ringan yang akan dilakukan.

3.6.1 Bobot Isi dan Penyerapan Air Bata Ringan

Bata ringan merupakan bata berpori, dimana pada permukaan bata ringan ini memiliki pori yang memungkinkan untu penyerapan air dari luar kedalam. Penyerapan air secara berlebihan dapat mempengaruhi bata ringan sehingga mengakibatkan bata ringan itu sendiri menjadi rapuh. Maka dari itu persentase bata ringan dapat diatur dalam SNI 8640:2018. Penyerapan air pada bata ringan dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini.

1. Bobot isi nominal (BI) $= (Ba/V)x10^{6}$ kg/m^{3} (3.1)
2. Bobot isi kering oven (BIo) $= (Bko/V)x10^{6}$ kg/m^{3} (3.2)
3. Bobot isi jenuh air (BIa) $=(Bssd)/V)x10^{1}$ kg/m^{3} (3.3)
4. Penyerapan air $= \frac{BIa-BIo}{1000} X$ 100% Vol (3.4)

3.6.2 Kuat Tekan Bata Ringan

Kuat tekan bata ringan merupakan salah satu parameter untuk mengetahui kekuatan bata ringan. Nilai kuat tekan bata ringan dapat diuji tekan bebas dengan memberikan persatuan luas sampai benda uji hancur. Syarat-syarat kuat tekan bata

ringan dapat diataur dalam SNI 8640:2018 beserta sifat-sifat fisisnya. Table syarat fisis bata ringan dapat dilihat pada table 3.3 di bawah ini.

Tabel 3. 4 Syarat Fisis Bata Ringan

Syarat fisis	**Satuan**	**Bata struktural**		**Bata nonstructural**	
		Terekpos lingkungan (*outdoor)*	**Tidak terekspos lingkungan (*indoor)***	**Terekpos lingkungan (*outdoor)***	**Tidak terekspos lingkungan (*indoor)***
Kelas	-	**IA**	**IB**	**IIA**	**IIB**
Kuat tekan rata-rata, min	MPa	6	4	2	
Kuat tekan induvidu, 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 sebagai berikut.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \quad (3.5)$$

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

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

3.6.3 Susut Pengeringan Bata Ringan

Susut pengeringan bata ringan adalah berkurangnya volume bata ringan jika terjadi kehilangan uap air pada saat penguapan. Susut pengeringan terjadi karena akibat proses dari pengeringan tersebut, faktor penyebab susut agregat, rasio air atau semen, kondisi kelembaban sekitar dan bahan tambah lainnya. Untuk perhitungan susut pengeringan dapat dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

Susut pengeringan	S	= (L1-L0)/L x 100%	(3.6)
Dimana:	S	= Susut pengeringan pada kondisi normal	
	L0	= Panjang awal dari bacaan DEMEC (mm)	
	L1	= Panjang setelah dioven (mm)	
	L	= Panjang jarak alat DEMEC yang digunakan (200 mm atau 250 mm)	

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian ini merupakan suatu sistemtika pada suatu penelitian yang memenuhi kaidah-kaidah ilmiah yang rasional serta empiris untuk mendapatkan suatu data tertentu. Penelitian ini juga merupakan penelitian eksperimental untuk membuat bata ringan CLC dengan campuran abu batu sebagai pengganti sebagian pasir dilakukan di Laboratorium Inovasi Material Vulkanis Universitas Islam Indonesia.

4.2 Variabel Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh dari penggantian sebagian pasir dengan abu batu maka diperlukan tinjauan berdasarkan parameter yang telah dilakukan. Benda uji yang ditinjau dari beberapa aspek seperti bobot isi dan penyerapan air, kuat tekan, dan susut pengeringan. Namun untuk mengetahui hasil satu dengan yang lain maka dibutuhkan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% agar mendapatkan hasil yang lebih detail. Variasi tersebut biasa disebut sebagai variabel penelitian sebagaimana dijelaskan di bawah ini.

1. Variable bebas, meliputi variasi abu batu sebagai pengganti sebagian pasir dengan persentase tertentu
2. Variable terikat, meliputi kuat tekan, bobot isi dan penyerapan air dan susut pengeringan pada bata ringan
3. Variable kontrol, meliputi ukuran benda uji, campuran semen dan air dan perawatan benda uji.

4.3 Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini pengumpulan data diperlukan agar memudahkan proses analisis dari penggantian sebagian agregat halus (pasir). Adapun data yang diperlukan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

   Data primer adalah data yang didapatkan dari pengujian yang telah dilaksanakan. Data ini merupakan data pembebanan maksimum dari pengujian kuat tekan, data berat dan volume bata ringan

2. Data Sekunder

   Data sekunder adalah data yang didapatkan dari hasil orang yang telah melakukan penelitian dan hanya membutuhkan jurnal sebagai perentara, artikel dan buku. Adapaun data sekunder yang dimaksud pada penelitian ini adalah Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai acuan spesifikasi dan persyaratan bata ringan.

4.4 Alat dan Bahan

4.4.1 Alat

Sebelum penelitian dilaksanakan, diperlukan persiapan pada alat yang akan dipakai dalam penelitian ini. Berikut ini adalah alat yang dipakai dalam penelitian ini.

1. Timbangan

   Timbangan digunakan untuk menimbang berat benda uji dan material yang akan digunakan seperti pada gambar 4.1 dibawah ini.

Gambar 4.1 Timbangan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2. Cetakan Bata Ringan

   Cetakan bata ringan yang digunakan untuk mencatak bata ringan dengan ukuran 60 x 20 x 10 yang dibuat dari multiplek seperti pada gambar 4.2 dibawah ini.

Gambar 4.2 Cetakan Bata Ringan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3. Oven

   Oven digunakan untuk memanaskan atau mengeringkan benda uji yang akan diujikan serta juga digunakan untuk uji propertis bahan yang digunakan untuk pembuatan bata ringan. Berikut adalah gambar oven yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini.

Gambar 4.3 Oven

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4. Saringan

   Saringan yang digunakan saringan berukuran 4,75 mm yang berguna untuk mememilah agregat halus yang akan dipakai supaya bergradasi seragam. Gradasi seragam akan mengurangi *interlocking* sehingga akan lebih banyak pori yang akan membuat bata ringan menjadi lebi ringan. Adapun saringan yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 4.4 di bawah ini.

Gambar 4.4 Saringan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

5. *Mixer* Bata Ringan

   Mixer yang digunakan untuk mencampurkan adukan bata ringan, alat yang digunakan seperti pada gambar 4.5 di bawah ini.

Gambar 4.5 Mixer Bata Ringan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

6. Pan

   Pan digunakan untuk menaruh pasir pada saat dikeringkan di dalam oven Berikut adalah gambar pan yang dapat dilihat pada gambar 4.6 di bawah ini.

Gambar 4.6 Pan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

7. Mesin Pengujian Kuat Tekan

   Mesin kuat tekan digunakan untuk mendapatkan nilai beban maksimum yang dapat di tahan oleh bata ringan. Berikut adalah gambar mesin kuat tekan yang dapat dilihat pada gambar 4.7 di bawah ini.

Gambar 4.7 Mesin Kuat Tekan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4.4.2 Bahan

Sebelum penelitian dilaksanakan, diperlukan persiapan pada bahan yang akan dipakai dalam penelitian ini. Berikut ini adalah bahan yang dipakai dalam penelitian ini.

1. Agregat halus

   Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini merupakan pasir yang berasal dari merapi yang lolos ayakan dengan diameter 4,75 mm. Berikut adalah gambar pasir yang dapat dilihat pada gambar 4.8 di bawah ini.

Gambar 4.8 Agregat Halus

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2. Semen *Portland*

   Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah PCC Merk Semen Padang yang bisa dipakai untuk semua mutu beton dan lebih kedap air. Berikut adalah gambar semen portland yang dapat dilihat pada gambar 4.9 di bawah ini

Gambar 4.9 Semen Portland

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3. Air

   Air yang digunakan pada penelitian ini air bersih yang tidak berbau, tidak berwarna dan tidak mengandung zat kimia.

4. Abu batu

   Abu batu yang digunakan pada penelitian ini merupakan berasal dari hasil pabrik pemecah batu (*stone crusher)* yang berada di Cangkringan, Sleman, Yogyakarta. Digunkan sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus. Berikut adalah gambar abu batu yang dapat dilihat pada gambar 4.10 di bawah ini.

Gambar 4.10 Abu Batu

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

5. *Foam Agent*

   Foam agent yang digunkan pada penelitian ini menggunakan merek Edama yang berbahan protein. Adapun *foam agent* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.11 dibawah ini.

Gambar 4.11 *Foam Agent*

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

4.5 Pelaksanaan Penelitian

Proses pada penelitian ini diawali dengan persiapan, pemerikasaan material, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pengujian benda uji, analisis data, penyusunan laporan

4.5.1 Persiapan

Pada tahapan persiapan maka ada beberapa hal yang harus dipersiapkan secara matang dari awal hingga akhir, adapun persiapan yang akan dilakukan sebagai berikut.

1. Merencanakan dimensi bata ringan yang ingin dibuat kemudian membuat cetakan sesuai ukuran.
2. Menyiapkan semua bahan, material dan peralatan yang akan digunakan.

4.5.2 Pemeriksaan Material

Dalam penggunaan material ada baiknya untuk memeriksa material terlebih dahulu untuk mengetahui karekteristik material, agar material yang akan digunakan sesuai dengan persyaratan *mix design.* Pemeriksaan yang akan dilakukan antara lain yaitu, pengujian berat volume padat dan volume gembur, pengujian modulus halus butiran, pengujian berat jenis dan penyerapan, pengujian kandungan lumpur.

1. Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur

   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 Agregat Halus
      1) Siapkan tabung cetakan, lalu timbang dalam kondisi kosong,
      2) Ukur dimensi tabung cetakan, tinggi dan diameternya,
      3) Masukan benda uji kedalam tabung cetakan kira-kira 1/3 dari tinggi tabung, lalu lakukan penumbukan sebanyak 25 kali,
      4) Masukan 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.

Gambar 4.12 Pengujian Berat Volue Padat Agregat Halus

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

b. Pengujian berat volume gembur

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

Perhitungan berat volume padat dan volume berat gembur dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

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

Keterangan

W = berat agregat halus dalam cetakan, dalam gram

V = volume benda uji, dalam m^3

Gambar 4.13 Pengujian Berat Volue Gembur Agregat Halus

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2. Pengujian Modulus Halus Butiran

   Pengujian ini bertujuan 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 ± 5) °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 disetiap saringan,
   e. Hitunglah persentase berat benda uji yang tertinggal disetiap saringan terhadap berat keseluruhan benda uji yang tersaring.

Gambar 4.14 Pengujian Modulus Halus Butir

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

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 ± 5)°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 ± 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°C
f. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas lalu timbang piknometer,
g. Keluarkan benda uji lalu keringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap,
h. Setelah benda uji dingin selanjutnya ditimbang (Bk),
i. Catat hasilnya untuk menghitung berat jeni curah, penyerapan air dan berat jenis kering permukaan jenuh (SSD).

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

1) Berat jenis curah $= \frac{\mathrm{Bk}}{(\mathrm{B}+500-\mathrm{Bt})}$
2) Berat jenis jenuh kering permukaan $= \frac{500}{(\mathrm{B}+500-\mathrm{Bt})}$
3) Berat jenis semu $= \frac{\mathrm{Bk}}{(\mathrm{B}+\mathrm{Bk}-\mathrm{Bt})}$
4) Penyerapan $= \frac{(500-\mathrm{Bk})}{\mathrm{BK}}\ x\ 100\%$

Keterangan

Bk = berat benda uji kering oven, dalam gram
B = berat piknometer berisi air, dalam gram
Bt = berat piknometer berisi benda uji da air, dalam gram
500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

Gambar 4.15 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

4. Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian ini dilakukan 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. Masukan 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.

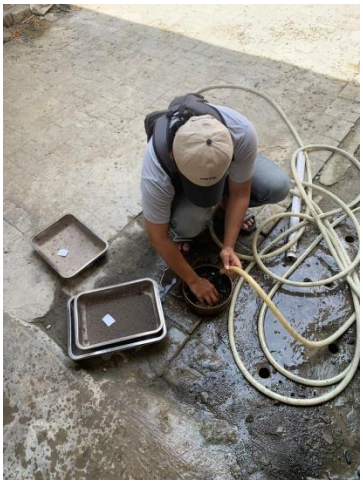
Perhitungan persentase kadar lumpur dalam agregat halus dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini.

Kadar lumpur $= \frac{W2-W1}{W1} \; x \; 100\%$

Keterangan

W1 = berat agregat kering awal, dalam gram

W2 = berat agregat kering setelah dioven, dalam gram



Gambar 4.16 Pengujian Kandungan Lumpur

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

4.5.3 Pembuatan Benda Uji

Beberapa tahapan dalam membuat bata ringan jenis CLC. Berikut tahapan dalam membuat bata ringan jenis CLC.

1. Menghitung kebutuhan campuran bata ringan

   Menentukan densitas basah rencana 800-1000 kg/m3, densitas basah merupakan campuran material berupa semen, air, agregat halus dan *foam agent*. Untuk perbandingan semen dan pasir digunakan perbandingan 1:2 terhadap berat volume yang mengacu pada penelitian (Dian, Rio, Hermana, 2019). Untuk perbandingan *foam agent* digunakan 1:33 dengan komposisi 1 kg *foam agen* : 33 kg air dalam 1 m^3. Berikut campuran material bata ringan dalam 1 kg/m3.

   Semen = 250 kg

   Air = 125 kg

   Agregat halus/abu batu = 500 kg

   Foam agent : air = 1,83 kg dengan perbandingan 1:33

   Total densitas basah rencana = 876,83 kg/m^3

A. Selanjutnya menghitung volume satu bata ringan utnuk menentukan kebutuhan material disetiap benda uji

Volume bata ringan = p x l x t

= 0,6 x 0,1 x 0,2

= 0,012 m^3

Volume per variable = jumlah benda uji x volume 1 bata ringan

= 9 x 0,012

= 0,108 m^3

B. Dalam penelitian ini dibuat 5 variasi benda uji dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% yang terdiri dari 9 bata ringan utuh setiap variasi. Berikut jumlah benda uji untuk setiap variasi dari beberapa pengujian

Tabel 4. 1 Jumlah Benda Uji Dari Setiap Variasi

Keterangan	**Variasi (Benda Uji)**				
	0%	**25%**	**50%**	**75%**	**100%**
Bobot isi dan penyerapan air	2	2	2	2	2
Kuat tekan	5	5	5	5	5
Susut pengeringan	2	2	2	2	2
Total	45 benda uji				

a. Perhitungan Variasi 1 (0%)

Pada perhitungan variasi 1 bata ringan masih menggunakan agregat halus secara normal, perhitungan sebagai berikut.

1. Semen = 250 kg x 0,012 m^3

= 3 kg

2. Air = 125 kg x 0,012 m^3

= 1,5 kg

3. Agregat halus = 500 kg x 0,012 m^3

= 6 kg

4. Abu batu = 0 kg x 0,108 m^3
   = 0 kg
5. *Foam agent* = 1,83 kg x 0,012 m^3
   = 0,022 kg

b. Perhitungan Variasi 2 (25%)

Pada perhitungan variasi 2 bata ringan menggunakan campuran 25% abu batu dan 75% agregat halus.

1. Semen = 250 kg x 0,012 m^3
   = 3 kg
2. Air = 125 kg x 0,012 m^3
   = 1,5 kg
3. Agregat halus = 375 kg x 0,012 m^3
   = 4,5 kg
4. Abu batu = 125 kg x 0,108 m^3
   = 1,5 kg
5. *Foam agent* = 1,83 kg x 0,012 m^3
   = 0,022 kg

c. Perhitungan Variasi 3 (50%)

Pada perhitungan variasi 3 bata ringan menggunakan campuran 50% abu batu dan 50% agregat halus.

1. Semen = 250 kg x 0,012 m^3
   = 3 kg
2. Air = 125 kg x 0,012 m^3
   = 1,5 kg
3. Agregat halus = 250 kg x 0,012 m^3
   = 3 kg
4. Abu batu = 250 kg x 0,108 m^3
   = 3 kg
5. *Foam agent* = 1,83 kg x 0,012 m^3
   = 0,022 kg

d. Perhitungan Variasi 4 (75%)

Pada perhitungan variasi 4 bata ringan menggunakan campuran 75% abu batu dan 25% agregat halus.

1. Semen = 250 kg x 0,012 m^3
   = 3 kg
2. Air = 125 kg x 0,012 m^3
   = 1,5 kg
3. Agregat halus = 125 kg x 0,012 m^3
   = 1,5 kg
4. Abu batu = 375 kg x 0,108 m^3
   = 4,5 kg
5. *Foam agent* = 1,83 kg x 0,012 m^3
   = 0,022 kg

e. Perhitungan Variasi 5 (100%)

Pada perhitungan variasi 5 bata ringan menggunakan campuran 100% abu batu dan 0% agregat halus.

1. Semen = 250 kg x 0,012 m^3
   = 3 kg
2. Air = 125 kg x 0,012 m^3
   = 1,5 kg
3. Agregat halus = 125 kg x 0,012 m^3
   = 1,5 kg
4. Abu batu = 375 kg x 0,108 m^3
   = 4,5 kg
5. *Foam agent* = 1,83 kg x 0,012 m^3
   = 0,022 kg

Tabel 4.2 Rekapitulasi Kebutuhan Material

No	Keterangan	Variasi				
		0%	**25%**	**50%**	**75%**	**100%**
1	Semen (kg)	3	3	3	3	3
2	Air (L)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
3	Agregat halus (kg)	6	4,5	3	1,5	0
4	Abu batu (kg)	0	1,5	3	4,5	6
5	Foam agent (g)	22	22	22	22	22
	Jumlah (kg/m^3)	10,52	10,52	10,52	10,52	10,52

2. Tuangkan air sebanyak 726 g dan 22 g *foam agent* kedalam ember yang kosong, lalu aduk dengan mesin pengaduk hingga adonan *foam* mengembang.

Gambar 4. 17 Pembuatan *Foaming Agent*

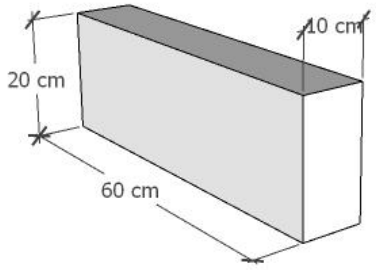
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

3. Masukan pasir, semen, dan sisa air kedalam ember yang berisi campuran *foan agent*, kemudian aduk secara perlahan hingga merata.

Gambar 4. 18 Pencampuran Material Kedalam *Foaming Agent*

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

4. Setelah tercampur secara merata lalu tuangkan adonan kedalam cetakan berukuran 60 x 20 x 10 cm dan ratakan bagian atas.
5. Setelah 24 jam lepaskan bata ringan dari cetakan dan siram dengan air selama 28 hari untuk menjaga proses hidrasi agar bata ringan sesuai dengan variasi campuran.
6. Ulangi langkah 2-5 sampai keseluruhanbata ringa tercapai.



Gambar 4. 19 Bentuk dan Dimensi Bata Ringan

4.5.4 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.

Gambar 4. 20 Perawatan Benda Uji

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

4.5.5 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji dilakukan setelah perawatan berumur 28 hari untuk mengetahui sifat fisik dan sifat mekaniknya. Berikut adalah pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini.

1. Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air

   Pengujian penyerapan air dilakukan berdasarkan SNI 8640:2018 dengan menggunakan 2 benda uji utuh. Sebanyak empat buah benda uji dipotong dari kedua ujung bata utuh dengan ukuran 200 mm x 200 mm x tebal 100 mm. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan subtitusi abu batu sebagai pengganti sebagian pasir terhadap sifat absorpsi dari bata ringan. Berikut tahapan pengujiannya.

   a. Keringankan benda uji dalam oven pada temperatur (105 ± 5) ℃ selama minimal 24 jam sampai berat tetap tercapai apabila selisi dua kali penimbangan dalam selang waktu 30 menit tidak boleh lebih dari 0,05 g.

b. Timbang berat tetap benda uji.

c. Ukur panjang, lebar dan tebal sebagai perhitungan volume benda uji.

d. Rendam benda uji dalam air selama 24 jam ± 30 menit. Apabila benda uji terapung, maka perlu diberi beban dengan kontak permukaan yang minimal sehingga seluruh permukaan benda uji terendam air.

e. keluarkan benda uji dari perendaman dan air yang berlebih pada permukaannya dibersihkan dengan kain basah, lalu timbang benda uji tersebut

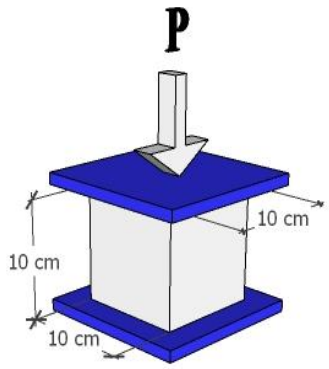
Gambar 4. 21 Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air

(Sumber Dokumentasi Pribadi)

2. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan berdasarkan SNI 8640:2018 dengan menggunakan 5 benda uji utuh, Pengujian kuat tekan dilakukan dengan membuat contoh uji menjadi bentuk kubus. Ukuran benda uji yang dibuat sesuai dengan ketebalan bata ringan 100 mm lalu di potong menjadi kubus (100 x 100 x 100) mm. Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kuat tekan bata ringan yang telah dibuat sesuai syarat di SNI 8640:2018. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine (*UTM) di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Adapun langkah-langkah pengujian kuat tekan sebagai berikut.

a. Keluarkan benda uji dari perendaman dan air yang berlebih dihilangkan dengan kain basah.
b. Ukur panjang dan lebar benda uji sampai ketelitian 1mm.
c. Uji tekan dengan mesin penekan hidrolis, arah penekandilakukan pada permukaan yang datar yaitu pada sisi tebal bata.
d. Tekan hingga benda uji hancur dilakukan secara bertahap perlahan-lahan dengan kecepatan pembebanan sekitar 0,1 MPa/detik.
e. Nilai rata-rata kekuatan tekan adalah hasil dari jumlah seluruh nilainya dibagi dengan nilai jumlah benda uji.



Gambar 4. 22 Mekanisme Pembebanan Bata Ringan

Gambar 4. 23 Pengujian Kuat Tekan

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

3. Pengujian Susut Pengeringan

   Pengujian susut pengeringan dilakukan berdasarkan SNI 8640:2018 dengan menggunakan 2 benda uji utuh, benda uji sebanyak empat buah dipotong dari bata ringan pada bagian tengah dengan ukuran (250 x 200 x 100) mm. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui penyusutan akibat dari penguapan atau susut nya dari material yang digunakan.

   a. kankeringkan benda uji yang telah disiapkan di dalam oven pada temperatur (110 ± 5) °C hingga mencapai berat tetap. Berat tetap telah tercapai apabila selisih dua kali penimbangan dalam selang waktu 30 menit tidak boleh lebih dari 0,05 g.
   b. dinginkan benda uji sehingga mencapai temperatur ruangan, kemudian lakukan pengukuran panjang.

Gambar 4. 24 Pengujian Susut Pengeringan

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

4. Analisis Data

   Tahap berikutnya adalah anaisis data bata ringan dimana hasilnya dari pengujian kemudian dibhas secara lebih mendalam.

   1. Analisis bobot isi dan penyerapan air

      Setelah dilakukan pengujian kuat tekan pada bata ringan selanjutnya dilakukan analisis bobot isi dan penyerapan air pada bata ringan. Dengan melakukan perendaman kemudian ditimbang untuk membandingkan berat benda uji sebelum dan sesudah direndam untuk

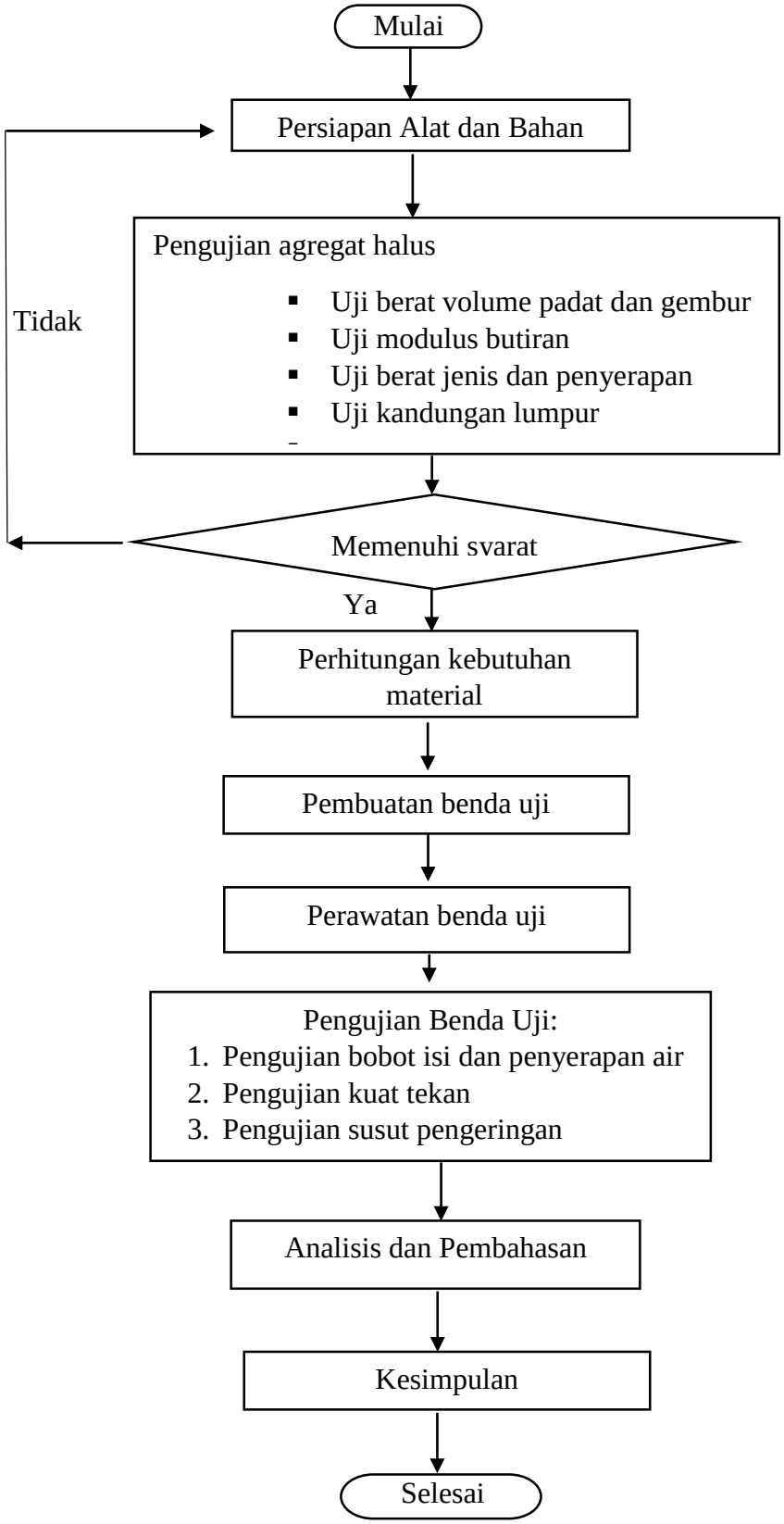
mengetahui persentase absorpsinya. Setelah semua data diperoleh, maka dilakukan perhitungan sesuai dengan persamaan 3.2 dan 3.4

2. Analisis kuat tekan

   Analisis ini menghitung beban maksimum yang diterima oleh bata ringan yang kemudian akan diperoleh nilai kuat tekan nya. Data yang diperoleh selanjutnya akan diolah menggunakan rumus yang sudah tertera pada persamaan 3.5

3. Analisis susut pengeringan

   Setelah dilakukan pengujian bobot isi dan penyerapan air maka dilakukan pengujian susut pengeringan. Untuk mengetahui penyusutan akibat dari susut nya material bata ringan setelah pengeringan. Setelah semua data diperoleh maka dilakukan perhitungan sesuai dengan persamaan 3.6



Gambar 4.14 Diagram Alir Penelitian

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Hasil dan pembahasan menjelaskan tentang hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya oleh penguji. Pengujian yang dimaksud disini adalah pengujian untuk perencanaan bata ringan yang berupa pengujian kuat tekan, denistas dan penyerapan air.

5.2 Pengujian Material

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji maka perlu dilakukan pengujian material untuk mengetahui karekteristik dan sifat dari setiap material yang akan digunakan. Adapun pengujian yang akan dilakukan pada agregat halus dan abu batu dalam penelitian ini adalah uji berat volume padat dan gembur, uji modulus halus butiran, uji berat jenis dan penyerapan, serta uji kandungan lumpur yang telah lolos saringan N0.200.

5.5.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pada pengujian agregat halus menggunakan pasir yang berasal dari Merapi. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan sifat material yang akan digunakan. Pengujian yang dilakukan sebagai berikut.

1. Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur Agregat Halus

   Hasil dari pengujian dan analisis berat volume padat dan gembur dapat dihitung sebagai berikut.

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

   $= \frac{1}{4}\pi \text{ x } 10{,}34^2 \text{x } 19{,}76$

   $= 1659{,}273\ cm^3$

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

   $= \frac{2807}{1659{,}273}$

   $= 1{,}692 \text{ gram}/cm^3$

Dari hasil perhitungan maka hasil pengujian berat volume padat dapat dilihat pada tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) (gram)	4883	4883	4883
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gram)	7690	7705	7697
Berat Agregat (W3) (gram)	2807	2822	2814,5
Volume Tabung (V) (cm^3)	1659,273	1659,273	1659,273
Berat Volume Padat = (W3/V) (gram)	1,692	1,701	1,696

Berat volume padat adalah nilai dari perbandingan masa agregat persatuan volume dalam kondisi padat. Berdasarkan pengujian di atas didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,696 gram/cm^3. Mengacu pada penelitian sebelumnya berat volume padat disyaratkan pada beton normal sekitar 1,4-1,8 gram/cm^3.

Untuk pengujian berat isi gembur agregat halus dapat dihitung sebagai berikut.

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

$= \frac{1}{4}\pi \text{ x } 10{,}34^2 \text{x } 19{,}76$

$= 1659,\ 273\ cm^3$

Perhitungan berat volume gembur $= \frac{W3}{\text{V}}$

$= \frac{2289}{1659{,}273}$

$= 1{,}380$ gram/cm^3

Dari hasil perhitungan maka hasil pengujian berat volume gembur dapat dilihat pada tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) (gram)	4883	4883	4883
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gram)	7172	7180	7176
Berat Agregat (W3) (gram)	2289	2297	2293
Volume Tabung (V) (gram)	1659,273	1659,273	1659,273
Berat Volume Gembur = (W3/V) (gram)	1,380	1,384	1,382

Berat volume gembur adalah nilai dari perbandingan masa agregat persatuan volume dalam kondisi gembur. Berdasarkan pengujian di atas didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,382 gram/cm^3. Mengacu pada penelitian sebelumnya berat volume padat disyaratkan pada beton normal sekitar 1,4-1,8 gram/cm^3.

2. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

Pada pengujian ini dapat dihitung sebagai berikut.

Modulus halus butir = $\frac{\text{Jumlah berat tertinggal komulatif}}{100}$

$= \frac{215,40}{100}$

= 2,15 %

Dari hasil perhitungan diatas maka hasil pengujian modulus halus butir agregat halus dapat dilihat pada tabel 5.3 dan 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Pangujian Modulus Halus Butir Agregat Halus Sempel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Komulatif (%)	Persen Lolos Komulatif (%)
40		0	0	100
20		0	0	100
10		0	0	100

Lanjutan tabel 5.4 Pangujian Modulus Halus Butir Agregat Halus Sempel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Komulatif (%)	Persen Lolos Komulatif (%)
4,8	3	0,30	0,30	99,70
2,4	49	4,90	5,20	94,80
1,2	155	15,50	20,70	79,30
0,6	236	23,60	44,20	55,70
0,3	196	19,60	63,80	36,10
0,15	174	17,40	81,20	18,70
Sisa	187	18,70		0
Jumlah	1000	100	215,40	

Tabel 5.5 Pangujian Modulus Halus Butir Agregat Halus Sempel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Komulatif (%)	Persen Lolos Komulatif (%)
40		0	0	100
20		0	0	100
10		0	0	100
4,8	6	0,60	0,60	99,40
2,4	57	5,70	6,30	93,70
1,2	160	16,00	22,30	77,70
0,6	146	14,60	36,90	63,10
0,3	241	24,10	61,00	39,00
0,15	229	22,90	83,90	16,10
Sisa	161	16,10		0
Jumlah	1000	100	211,00	

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 III, yaitu pasir agak halus yang didasari oleh (SK SNI S-04-1989-F) pada Tabel 5.4

Tabel 5.6 Gradasi Agrgat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persentase 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	65-95	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

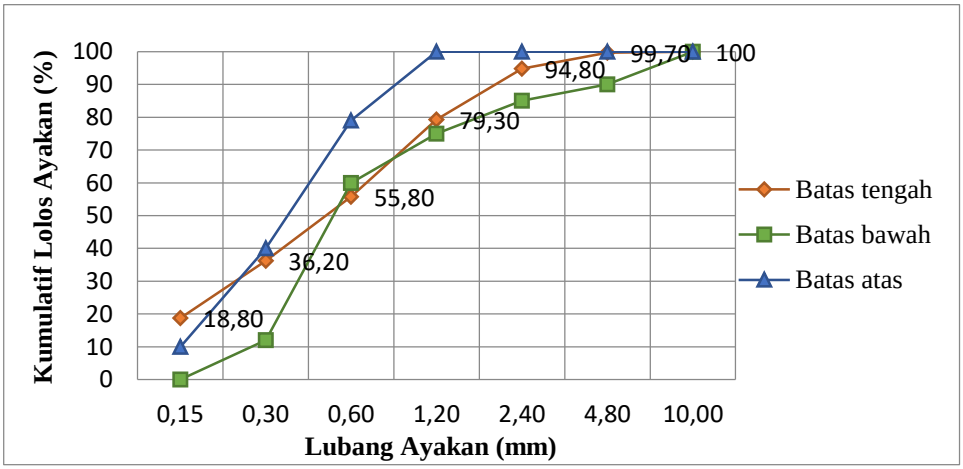
Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

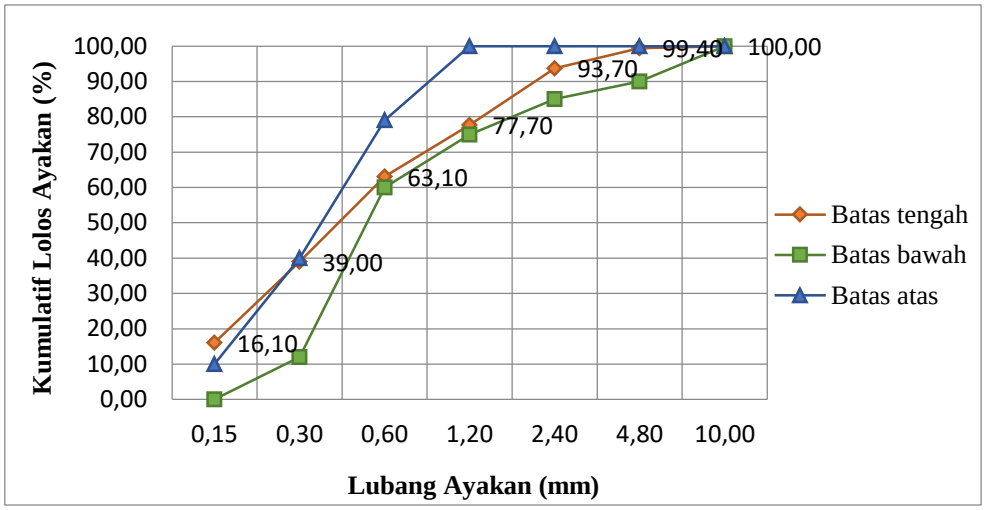
Daerah III : Pasir Agak Halus

Daerah IV : Pasir Halus

Adapun hasil analisis yang berbentuk grafik dapat dilihat pada gambar 5.1 dan 5.2 di Bawah.



Gambar 5.1 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus Sempel 1



Gambar 5.2 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus Sempel 2

3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Berdasarkan pengujian pengujian berat jenis dan penyerapan air dapat dihitung sebagai berikut.

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

$= \frac{482}{(734+500-1018)}$

$= 2{,}231$

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

$= \frac{500}{(734+500-1018)}$

$= 2{,}315$

Berat jenis semu $= \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$

$= \frac{482}{(734+482-1018)}$

$= 2{,}434$

Penyerapan air $= \frac{(500-Bk)}{(Bk \times 100\%)}$

$= \frac{(500-482)}{(482 \times 100\%)}$

$= 3{,}73\%$

Dari hasil perhitungan diatas maka hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram(Bk)	482	491	487
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1018	1037	1028
Berat piknometer berisi air, gram (B)	734	733	734
Berat jenis curah(B+500-Bt)	2,231	2,505	2,368
Berat jenis jenuh kering muka 500/(B+500-Bt)	2,315	2,551	2,433
Berat jenis semu Bk/(B+BK-Bt)	2,434	2,626	2,530
Penyerapan air (500-Bk)/(Bkx100%)	3,73%	1,83%	2,78

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sesuai dengan SNI 03-1970- 2008 didapat nilai berat jenis jenuh kering muka (SSD) rata-rata agregat halus sebesar 2,433 gram/m^3Sedangkan untuk nilai penyerapan air rata-rata diperoleh 2,78%. Sebuah agregat normal berada diantara 2,4-2,7 (Tjokrodimuljo, 2007). Hal ini menyatakan pada pengujian berat jenis yang dilakukan pada agregat halus termasuk kedalam ketegori agregat normal.

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

Pada pengujian kandungan lumpur dilakukan untuk menentukan nilai presentasi kandungan lumpur pada agregat halus dengan menggunakan saringan 200. Pengujian ini dilakukan dengan standar SNI 03-4142-1996. Berikut adalah hasil perhitungan pengujian kandungan lumpur agregat halus.

Persentase kandungan lumpur $= \frac{W1-W2}{W1} \; x \; 100\%$

$= \frac{500-487}{500} \; x \; 100\%$

$= 2{,}60\%$

Dari hasil perhitungan diatas maka hasil pengujian jandungan lumpur agregat halus dapat dilihat pada tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agrgat Halus

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	487	493	490
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	2,60%	1,40%	2,00%

Berdasarkan PBUI 1982 dikatakan bahwa kandungan lumpur untuk pasir harus di bawah 5%. Hasil yang didapatkan berdasarkan pada tabel 5.4 kandungan lumpur rata-rata pada agregat halus yang digunakan untuk bahan penyusun bata ringan memiliki kadar lumpur rata-rata sebesar 2,00%.

5.5.2 Hasil Pengujian Abu Batu

Pada pengujian abu batu menggunakan abu batu yang berasal dari pabrik pemecah batu (*stone crusher)* yang berada di Cangkringan, Sleman, Yogyakarta. Pengujian yang dilakukan sebagai berikut.

1. Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur Abu Batu

   Hasil dari pengujian dan analisis berat volume padat dan gembur dapat dihitung sebagai berikut.

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

   $= \frac{1}{4}\pi \text{ x } 10{,}34^2 \text{x } 19{,}76$

   $= 1659,\ 273\ cm^3$

   Perhitungan berat volume padat $= \frac{W3}{\text{V}}$

   $= \frac{2949}{1659{,}273}$

   $= 1{,}777 \text{ gram}/cm^3$

Dari hasil perhitungan maka hasil pengujian berat volume padat abu batu dapat dilihat pada tabel 5.8 sebagai berikut

Tabel 5.9 Berat Volume Padat Abu Batu

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) (gram)	4883	4883	4883
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gram)	7832	7850	7841
Berat Agregat (W3) (gram)	2949	2967	2958
Volume Tabung (V) (cm^3)	1659,273	1659,273	1659,273
Berat Volume Padat = (W3/V) (gram)	1,777	1,788	1,783

Berat volume padat adalah nilai dari perbandingan masa agregat persatuan volume dalam kondisi padat. Berdasarkan pengujian di atas didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,783 gram/cm^3 Mengacu pada penelitian sebelumnya berat volume padat disyaratkan pada beton normal sekitar 1,4-1,8 gram/cm^3.

Hasil dari pengujian dan analisis berat volume gembur abu batu dapat dihitung sebagai berikut.

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

$= \frac{1}{4}\pi \text{ x } 10{,}34^2 \text{x } 19{,}76$

$= 1659,\ 273\ cm^3$

Perhitungan berat volume gembur $= \frac{W3}{\text{V}}$

$= \frac{2661}{1659{,}273}$

$= 1{,}604$ gram/cm^3

Dari hasil perhitungan maka hasil pengujian berat volume gembur abu batu dapat dilihat pada tabel 5.9 sebagai berikut

Tabel 5.10 Berat Volume Gembur Abu Batu

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) (gram)	4883	4883	4883
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gram)	7544	7560	7552
Berat Agregat (W3) (gram)	2661	2677	2669
Volume Tabung (V) (gram)	1659,273	1659,273	1659,273
Berat Volume Gembur = (W3/V) (gram)	1,604	1,613	1,609

Berat volume gembur adalah nilai dari perbandingan masa agregat persatuan volume dalam kondisi gembur. Berdasarkan pengujian di atas didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,609 gram/cm^3 Mengacu pada penelitian sebelumnya berat volume padat disyaratkan pada beton normal sekitar 1,4-1,8 gram/cm^3.

2. Pengujian Modulus Halus Butir Abu Batu

Hasil dari pengujian dan analisis modulus halus butir abu batu dapat dihitung sebagai berikut.

Modulus halus butir = $\frac{\text{Jumlah berat tertinggal komulatif}}{100}$

$= \frac{218,5}{100}$

$= 2,18\ \%$

Dari hasil perhitungan maka hasil pengujian modulus halus butir abu batu dapat dilihat pada tabel 5.10 dan 5.11 sebagai berikut

Tabel 5.11 Pangujian Modulus Halus Butir Abu Batu Sempel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Komulatif (%)	Persen Lolos Komulatif (%)
40		0	0	100
20		0	0	100
10		0	0	100
4,8	0	0	0	100
2,4	54	5,4	5,4	94,6
1,2	176	17,6	23	77,00
0,6	164	16,4	39,40	60,60
0,3	211	21,1	60,50	39,50
0,15	297	29,7	90,20	9,80
Sisa	105	10,5		0,70
Jumlah	1007	100,7	218,5	

Tabel 5.12 Pangujian Modulus Halus Butir Abu Batu Sempel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Komulatif (%)	Persen Lolos Komulatif (%)
40		0	0	100,00
20		0	0	100,00
10		0	0	100,00
4,8	0	0,00	0,00	100,00
2,4	63	6,30	6,30	93,70
1,2	159	15,90	22,20	77,80
0,6	147	14,70	36,90	63,10
0,3	243	24,30	61,20	38,80

0,15	321	32,10	93,30	6,70
Sisa	67	6,70		0,00
Jumlah	1000	100	219,9	

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan gradasi abu batu yang diuji berdasarkan saringan yang lolos. Dari analisis di atas didapat hasil bahwa abu batu tergolong kedalam gradasi daerah III, yaitu pasir agak halus yang didasari oleh (SK SNI S-04-1989-F) pada Tabel 5.10

Tabel 5.13 Gradasi Abu Batu

Lubang Ayakan (mm)	**Persentase 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	65-95	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

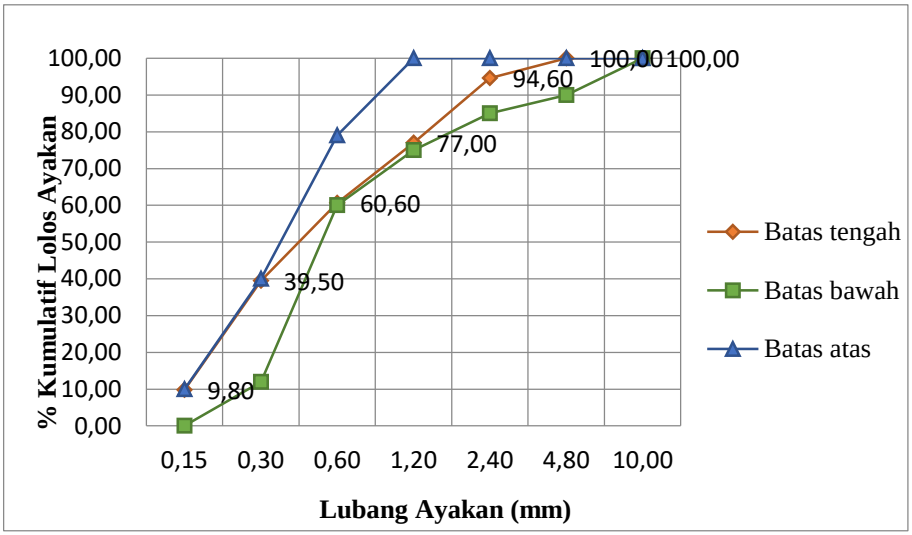
Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

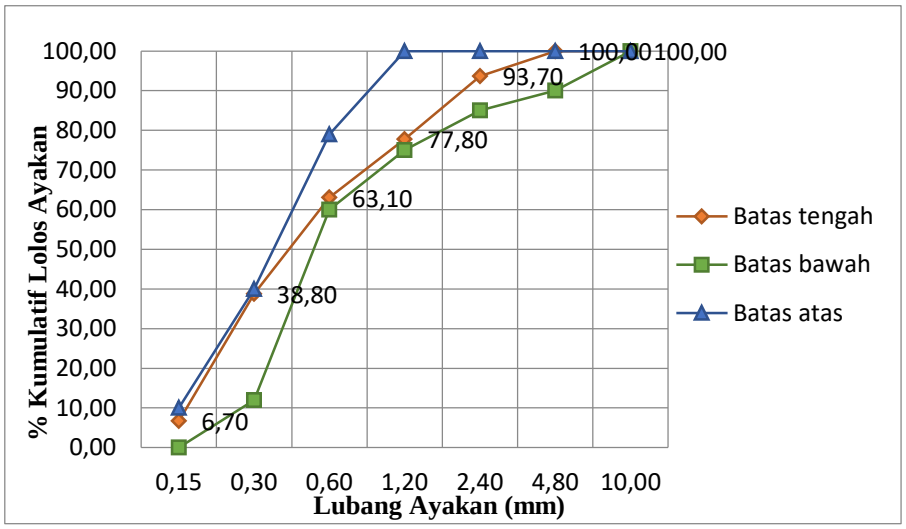
Daerah III : Pasir Agak Halus

Daerah IV : Pasir Halus

Adapun hasil analisis yang berbentuk grafik dapat dilihat pada gambar 5.3 dan 5.4 di Bawah.



Gambar 5.3 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus Sempel 1



Gambar 5.4 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus Sempel 2

3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Abu Batu

Hasil dari pengujian dan analisis berat jenis dan penyerapan air abu batu dapat dihitung sebagai berikut.

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

$= \frac{481}{(715+500-1015)}$

$= 2{,}405$

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

$= \frac{500}{(715+500-1015)}$

$= 2{,}500$

Berat jenis semu $= \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$

$= \frac{481}{(715+412-1015)}$

$= 2{,}657$

Penyerapan air $= \frac{(500-Bk)}{(Bk \text{ x } 100\%)}$

$= \frac{(500-481)}{(481 \text{ x } 100\%)}$

$= 3{,}95\%$

Dari perhitungan maka hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air abu batu dapat dilihat pada tabel 5.13 sebagai berikut.

Tabel 5.14 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Abu Batu

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	481	473	477
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1015	1023	1028
Berat piknometer berisi air, gram (B)	715	718	717
Berat jenis curah/(B+500-Bt)	2,405	2,426	2,415
Berat jenis jenuh kering muka 500/(B+500-Bt)	2,500	2,564	2,532
Berat jenis semu (B+BK-Bt)	2,657	3,815	2,736
Penyerapan air (500-Bk)/(Bkx100%)	3,95%	5,71%	4,83%

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sesuai dengan SNI 03-1970- 2008 didapat nilai berat jenis jenuh kering muka (SSD) abu batu rata-rata sebesar 2,532 gram/m^3 Sedangkan untuk nilai penyerapan air rata-rata

diperoleh 4,83%. Berat jenis agregat halus masuk kedalam kategori agregat normal yaitu berada diantara 2,4-2,7 (Tjokrodimuljo, 2007). Pada penyerapan air abu batu nilai penyerapan lebih tinggi dibandingkan agregat halus, hal ini dikarenakan dari karakteristik abu batu lebih halus dan memiliki sifat mudah menyerap air dibandingkan agregat halus.

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

Pada pengujian kandungan lumpur dilakukan untuk menentukan nilai presentasi kandungan lumpur pada agregat halus dengan menggunakan saringan 200. Pengujian ini dilakukan dengan standar SNI 03-4142-1996. Berikut adalah perhitungan pengujian kandungan lumpur yang dapat dilihat sebagai berikut.

$$\text{Persentase kandungan lumpur} = \frac{W1-W2}{W1}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{500-478}{500}\ x\ 100\%$$

$$= 4{,}40\%$$

Dari perhitungan maka hasil pengujian kandungan lumpur air abu batu dapat dilihat pada tabel 5.14 sebagai berikut.

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Abu Batu

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	478	488	483
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	4,40%	2,40%	3,40%

Berdasarkan PBUI 1982 dikatakan bahwa kandungan lumpur untuk abu batu harus di bawah 5%. Hasil yang didapatkan berdasarkan pada tabel 5.12 kandungan lumpur pada abu batu yang digunakan untuk bahan penyusun bata ringan memiliki kadar lumpur rata-rata sebesar 3,40%.

5.2 Perhitungan *Mix Design* Bata Ringan

Perhitungan campuran bata ringan ditentukan 600-1600 kg/m^3. Untuk bahan yang digunakan yaitu semen, air, pasir, abu batu sebagai pengganti sebagian pasir dan *foam agent* yang kemudian dicampur menjadi satu. Untuk perhitungan campuran bata ringan sebagai berikut

5.2.1 Perhitungan Proporsi Campuran Bata Ringan

Ada pun hasil dari perhitungan campuran bata ringan per 1 benda uji dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Kebutuhan Material

No	Keterangan	Variasi				
		0%	25%	50%	75%	100%
1	Semen (kg)	3	3	3	3	3
2	Air (L)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
3	Agregat halus (kg)	6	4,5	3	1,5	0
4	Abu batu (kg)	0	1,5	3	4,5	6
5	Foam agent (g)	22	22	22	22	22
	Jumlah (kg/m^3)	10,52	10,52	10,52	10,52	10,52

Dari tabel 5.15 diperoleh jumlah kebutuhan material untuk setiap variasi dengan jumlah 9 benda uji per variasi. Pada variasi 0% campuran bata ringan normal tanpa menggunakan abu batu, untuk variasi 100% campuran bata ringan tanpa agregat halus dan setiap materian ditambahkan 10% sebagai faktor reduksi.

5.3 Hasil Pengujian Bata Ringan

Pengujian bata ringan dilakukan sebanyak 3 kali pengujian yaitu pengujian bobot isi dan penyerapan air sebanyak 2 benda uji utuh, pengujian kuat tekan sebanyak 5 benda uji utuh dan pengujian susut pengeringan sebanyak 2 benda uji utuhh. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari.

5.3.1 Pengujian Boboi Isi dan Penyerapan Air

Berikut adalah hasil dari pengujian bobot isi dan penyerapan air pada bata ringan yang dapat dihitung sebagai berikut.

Analisis perhitungan:

Contoh perhitungan bobot isi dan penyerapan air pada bata ringan A1

Berat awal (BA) = 3504 g

Berat kering oven (Bko) = 3302 g

Panjang = 200 mm

Lebar = 200 mm

Tebal = 100 mm

Volume = P x L x T

= 200 x 200 x 100

= 0,004 m^3

Berat jenuh air = 3718 g

Bobot isi nominal (BI) = $\frac{BA}{V}$

= $\frac{3{,}504\ \text{kg}}{0{,}004\ \text{m}^3}$

= 876 kg/m^3

Bobot isi kering oven (BIo) = $\frac{Bko}{V}$

= $\frac{3{,}302\ \text{kg}}{0{,}004\ \text{m}^3}$

= 825,50 kg/m^3

Bobot isi jenuh air (BIa) = $\frac{Bssd}{V}$

= $\frac{3{,}718\ \text{kg}}{0{,}004\ \text{m}^3}$

= 929,50 kg/m^3

Penyerapan air = $\frac{BIa-BIo}{1000} x100\%$

= $\frac{929{,}50-825{,}50}{1000} x100\%$

= 10,40 %`

Untuk perhitungan kode 1A, 1B, 1C, 1D dan seterusnya sama seperti perhitungan diatas, berdasakan perhitungan maka hasil dapat dilihat pada tabel 5.16, 5.17, 5.18, 5,19, 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Variasi 0%

Keterangan	Satuan	Variasi 0%			
		1A	1B	1C	1D
Berat awal	g	3504	3387	3574	3388
Berat kering oven	g	3302	2978	3111	2966
Dimensi benda uji					
-Panjang	mm	200	200	200	200
-Lebar	mm	200	200	200	200
-Tebal	mm	100	100	100	100
Volume benda uji	m^3	0,004	0,004	0,004	0,004
Berat jenuh air	g	3718	3628	3754	3636
Bobot isi nominal	kg/m^3	876	846,75	893,50	847
Bobot isi kering oven	kg/m^3	825,50	744,50	777,50	741,50
Bobot isi jenuh air	kg/m^3	929,50	907	938,50	909
Penyerapan air	%vol	10,40	16,25	16,08	16,75
Rata-rata	%	14,87			

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Variasi 25%

Keterangan	Satuan	Variasi 25%			
		2A	2B	2C	2D
Berat awal	g	2618	2616	3206	3114
Berat kering oven	g	2140	2153	2710	2746
Dimensi benda uji					
-Panjang	mm	200	200	200	200
-Lebar	mm	200	200	200	200
-Tebal	mm	100	100	100	100

Lanjutan tabel 5.19 Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Variasi 25%

Keterangan	Satuan	Variasi 25%			
		2A	2B	2C	2D
Volume benda uji	m^3	0,004	0,004	0,004	0,004
Berat jenuh air	g	2871	2854	3592	3575
Bobot isi nominal	kg/m^3	655	654	802	779
Bobot isi kering oven	kg/m^3	535	538	678	687
Bobot isi jenuh air	kg/m^3	717,75	713,50	898,00	893,75
Penyerapan air	%vol	18,28	17,53	22,05	20,73
Rata-rata	%	19,64			

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Variasi 50%

Keterangan	Satuan	Variasi 50%			
		3A	3B	3C	3D
Berat awal	g	2888	2951	3224	3091
Berat kering oven	g	2273	2306	2645	2302
Dimensi benda uji					
-Panjang	mm	200	200	200	200
-Lebar	mm	200	200	200	200
-Tebal	mm	100	100	100	100
Volume benda uji	m^3	0,004	0,004	0,004	0,004
Berat jenuh air	g	3,224	3,319	3,481	3,325
Bobot isi nominal	kg/m^3	722,00	737,75	806,00	772,75
Bobot isi kering oven	kg/m^3	568,25	576,50	661,25	575,50
Bobot isi jenuh air	kg/m^3	806,00	829,75	870,25	831,25
Penyerapan air	%vol	23,78	25,33	20,90	25,58
Rata-rata	%	23,89			

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Variasi 75%

Keterangan	Satuan	Variasi 75%			
		4A	4B	4C	4D
Berat awal	g	3080	2996	2928	2970
Berat kering oven	g	2445	2371	2290	2320
Dimensi benda uji					
-Panjang	mm	200	200	200	200
-Lebar	mm	200	200	200	200
Tebal	mm	100	100	100	100
Volume benda uji	m^3	0,004	0,004	0,004	0,004
Berat jenuh air	g	3,953	3,806	3,714	3,714
Bobot isi nominal	kg/m^3	770,00	749,00	732,00	742,50
Bobot isi kering oven	kg/m^3	611,25	592,75	572,50	580,00
Bobot isi jenuh air	kg/m^3	988,25	951,50	928,50	928,50
Penyerapan air	%vol	37,70	35,88	35,60	34,85
Rata-rata	%	36,01			

Tabel 5.22 Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Variasi 100%

Keterangan	Satuan	Variasi 100%			
		5A	5B	5C	5D
Berat awal	g	3247	3220	3368	3418
Berat kering oven	g	2675	2630	2846	2814
Dimensi benda uji					
-Panjang	mm	200	200	200	200
-Lebar	mm	200	200	200	200
-Tebal	mm	100	100	100	100
Volume benda uji	m^3	0,004	0,004	0,004	0,004
Berat jenuh air	g	3,731	3,703	3,814	3,753
Bobot isi nominal	kg/m^3	811,75	805,00	842,00	854,50

Lanjutan tabel 5.23 Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Variasi 100%

Keterangan	Satuan	Variasi 100%			
		5A	5B	5C	5D
Bobot isi kering oven	kg/m^3	593,75	557,50	561,50	552,50
Bobot isi jenuh air	kg/m^3	932,75	925,75	953,50	938,25
Penyerapan air	%vol	33,90	36,83	39,20	38,48
Rata-rata	%	37,10			

Tabel 5.24 Rekapitulasi Nilai Bobot Isi Kering Oven

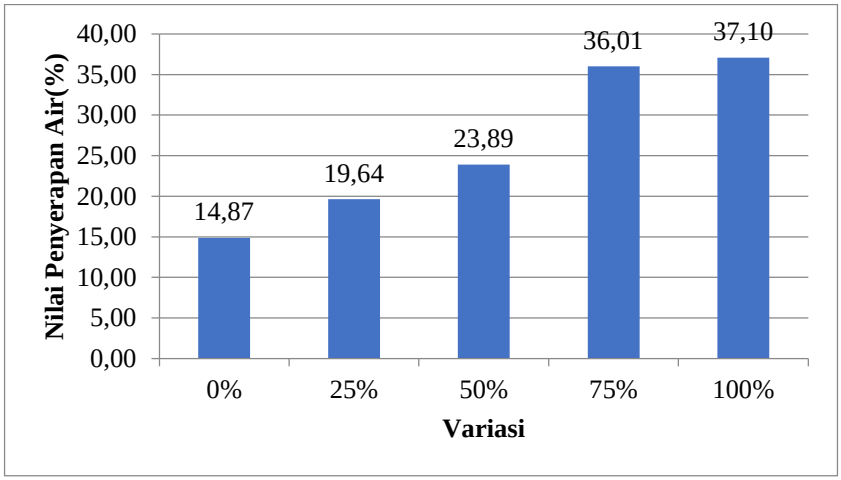
Variasi	Nilai Bobot Isi Kering Oven (Kg/m3)			
0%	825,50	744,50	777,75	741,50
25%	535,00	538,25	677,50	686,50
50%	568,25	576,50	661,25	575,50
75%	611,25	592,75	572,50	580,00
100%	593,75	557,50	561,50	553,50

Tabel 5.25 Rekapitulasi Nilai Rata-rata Penyerapan Air

Variasi	Nilai Penyerapan Air (%)
0%	14,87
25%	19,64
50%	23,89
75%	36,01
100%	37,10

Berdasakan tabel di atas diperoleh hasil bobot isi kering oven dan penyerapan air yang bervariasi, dengan bobot isi kering oven tertinggi 825,50 kg/m^3 pada variasi 0% dan bobot isi kering oven terendah 535 kg/m^3 pada variasi 25%. Untuk nilai penyerapan air rata- rata tertinggi sebesar 37,10% pada variasi 100% dan terendah 14,87% pada variasi 0%. Dari hasil perhitungan di atas

berdasrkan SNI 8640-2018 masuk kedalam klasifikasi bata ringan nonstructural kelas IIA dan IIB. Berikut tampilan diagram nilai rata-rata penyerapan air.



Gambar 5.5 Diagram Pengujian Penyerapan Air

Berdasarkan diagram di atas nilai penyerapan air pada variasi 0% lebih rendah dibandingkan variasi 100%, penggunaan material abu batu sebagai pengganti sebagai pasir yang membuat karekaterisktik bata ringan mengalami perubahan. Semakin banyak penambahan abu batu penyerapan air semakin tinggi dikarenakan sifat dari abu batu itu sendiri mudah menyerap air.

5.3.2 Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan SNI 8640-2018 pengujian kuat tekan pada benda uji utuh berjumlah 5 buah, setiap benda uji di potong menjadi 2 berbentuk kubus yang disesuaikan dengan ketebalan benda uji. Setelah dipotong benda uji di rendam selama 24 jam ± 30 menit. 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 dicari permukaan yang rata ada bagian benda uji kemudian bagian atas dan bawah dilapisi plat besi agar mencapai kuat tekan optimum.

Gambar 5.6 *Setting Up* Bata Ringan Untuk Uji Kuat Tekan

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 5.7 Benda Uji Setelah Pengujian

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Adapun hasil perhitungan uji kuat tekan pada bata ringan dapat dilihat sebagai berikut.

Panjang = 100 mm

Lebar = 100 mm

Luas tampang (A) = 10.000 mm^2

P Maks (P) = 2220 kg = 21769,31 N

Kuat tekan $= \frac{P}{A}$

$= \frac{21769,31}{10.000}$

=2,18 MPa

Untuk perhitungan seterusnya sama seperti perhitungan diatas, berdasakan perhitungan maka hasil keseluruhan dapat dilihat pada tabel 5.26 sebagai berikut.

Tabel 5.26 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

Variasi	**Sampel**	**Panjang (mm)**	**Lebar (mm)**	**P Maks (kg)**	**Luas Tampang** (mm^2)	**Kuat Tekan (MPa)**	**Kuat Tekan (MPa)**
0%	1.A	100	100	2220	10.000	2,18	2,09
	1.B	100	100	2045	10.000	2,01	
	2.A	100	100	1850	10.000	1,81	1,80
	2.B	100	100	1825	10.000	1,79	
	3.A	100	100	2145	10.000	2,10	2,19
	3.B	100	100	2330	10.000	2,28	
	4.A	100	100	2710	10.000	2,66	2,52
	4.B	100	100	2420	10.000	2,37	
	5.A	100	100	2180	10.000	2,14	2,12
	5.B	100	100	2150	10.000	2,11	
	Rata - rata						**2,15**
25%	1.A	100	100	1715	10.000	1,68	1,66
	1.B	100	100	1670	10.000	1,64	
	2.A	100	100	1720	10.000	1,69	1,66
	2.B	100	100	1665	10.000	1,63	
	3.A	100	100	2330	10.000	2,28	2,27
	3.B	100	100	2290	10.000	2,25	
	4.A	100	100	2400	10.000	2,35	2,35

Lanjutan tabel 5.27 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

Variasi	Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	P Maks (kg)	Luas Tampang (mm^2)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
	4.B	100	100	2385	10.000	2,34	
	5.A	100	100	2200	10.000	2,16	2,15
	5.B	100	100	2190	10.000	2,15	
	Rata - rata						**2,02**
50%	1.A	100	100	2330	10.000	2,28	2,25
	1.B	100	100	2258	10.000	2,21	
	2.A	100	100	2225	10.000	2,18	2,18
	2.B	100	100	2228	10.000	2,18	
	3.A	100	100	2510	10.000	2,46	2,31
	3.B	100	100	2205	10.000	2,16	
	4.A	100	100	1300	10.000	1,27	1,27
	4.B	100	100	1283	10.000	1,26	
	5.A	100	100	2000	10.000	1,96	1,99
	5.B	100	100	2050	10.000	2,01	
	Rata - rata						**2,00**
75%	1.A	100	100	1615	10.000	1,58	1,58
	1.B	100	100	1606	10.000	1,57	
	2.A	100	100	1645	10.000	1,61	1,59
	2.B	100	100	1600	10.000	1,57	
	3.A	100	100	1610	10.000	1,58	1,58
	3.B	100	100	1605	10.000	1,57	
	4.A	100	100	1710	10.000	1,68	1,69
	4.B	100	100	1735	10.000	1,70	
	5.A	100	100	1695	10.000	1,66	1,63
	5.B	100	100	1635	10.000	1,60	
	Rata - rata						**1,61**

Lanjutan tabel 5.28 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

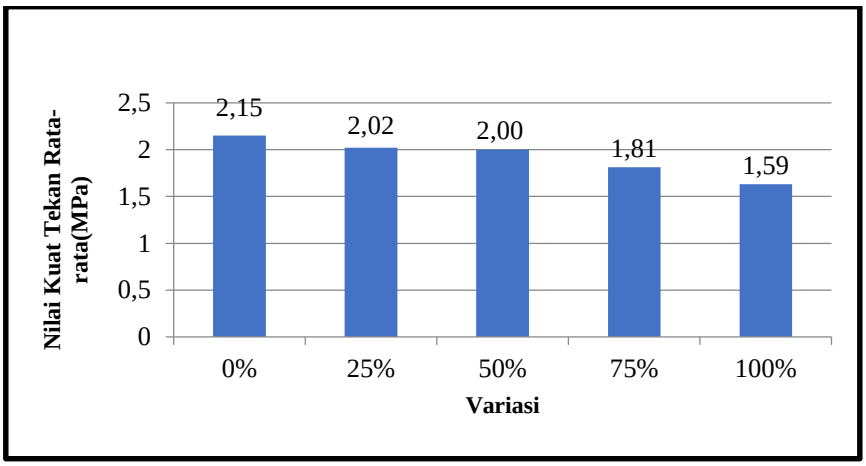
Variasi	Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	P Maks (kg)	Luas Tampang (mm^2)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
100%	1.A	100	100	1615	10.000	1,58	1,61
	1.B	100	100	1675	10.000	1,64	
	2.A	100	100	1695	10.000	1,66	1,65
	2.B	100	100	1670	10.000	1,64	
	3.A	100	100	1620	10.000	1,59	1,60
	3.B	100	100	1640	10.000	1,61	
	4.A	100	100	1540	10.000	1,51	1,49
	4.B	100	100	1490	10.000	1,46	
	5.A	100	100	1650	10.000	1,62	1,62
	5.B	100	100	1660	10.000	1,63	
	Rata - rata						**1,59**

Tabel 5.29 Rekapitulasi Nilai Rata-rata Kuat Tekan

Variasi	Nilai Kuat Tekan (MPa)
0%	2,15
25%	2,02
50%	2,00
75%	1,81
100%	1,59

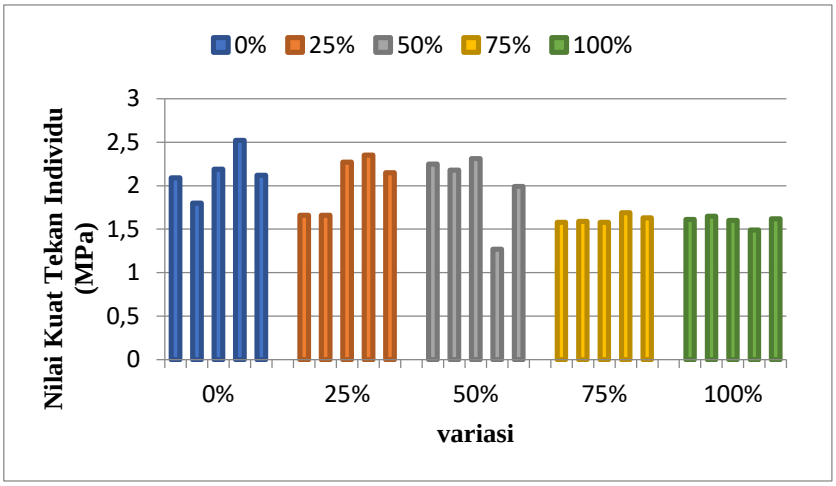
Dari hasil pengujian kuat tekan pada tabel 5.29 didapatkan nilai rata-rata terbesar pada variasi 0% sebesar 2,15 MPa, untuk nilai rata-rata terendah terdapat pada variasi 100% sebesar 1,59 MPa. Hasil dari pengujian menunjukan nilai kuat tekan rata-rata pada variasi 0%, 25% dan 50% memenuhi syarat SNI 8640:2018 kedalam bata non structural kelas IIA dan IIB.Untuk kuat tekan individu dengan

nilai terbesar terdapat pada variasi 0% sebesar 2,52 MPa, dan untuk kuat tekan induvidu terendah terdapat pada variasi 50% sebesar 1,27 MPa.

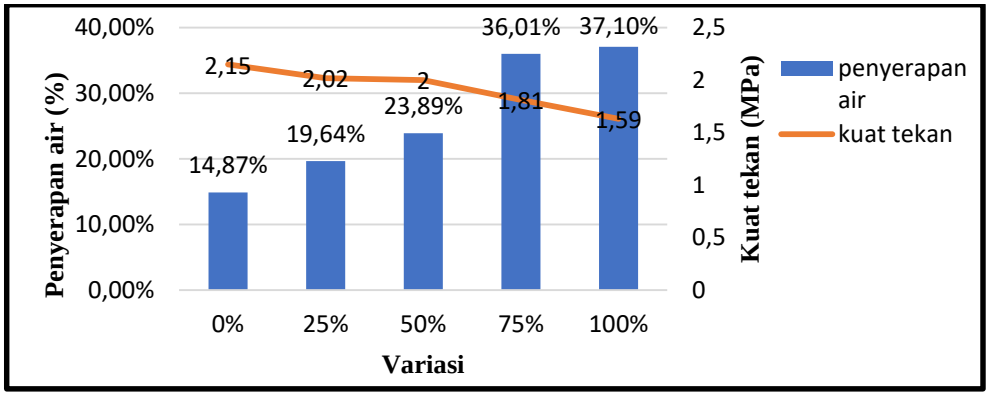


Gambar 5.8 Diagram Nilai Kuat Tekan Rata-rata

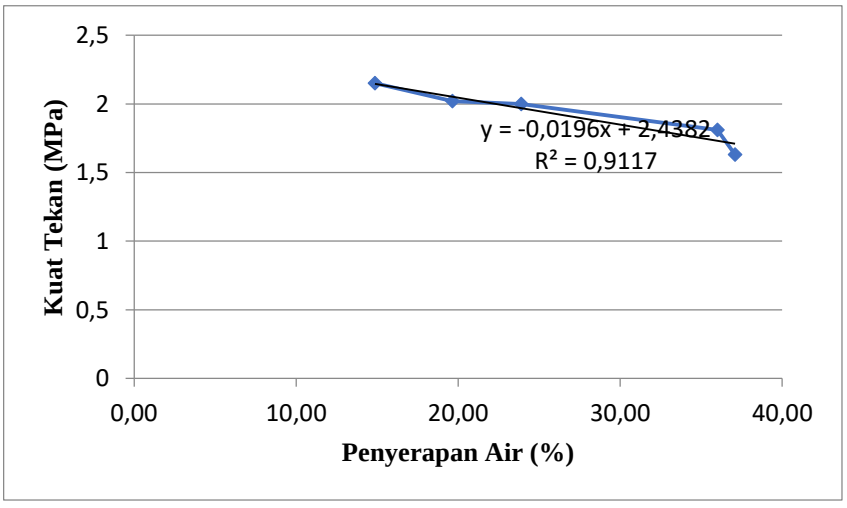
Berdasarkan diagram di atas terjadi penurunan nilai kuat tekan dari variasi 0% hingga variasi 100%. Penurunan nilai tersebut bukan hanya disebabkan penggunaan material abu batu sebagai bahan pengganti sebagian pasir, terdapat beberapa faoktor lainnya yang mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan. Penelitian ini dilakukan dengan konvensional, faktor lain-lain yang menyebabkan penurunan nilai kuat tekan seperti *foam agent*, kunci dari sebuah pembuatan bata ringan yaitu terletak pada *foam* yang digunakan, cara pembuatan *foam* pada penetilian ini sangat konvensinal sehingga *foam* yang dihasilkan tidak sempurna tidak seperti pada pabrik yang menggunakan *foam* generator. Selain disebabkan oleh *foam* penurunan nilai kuat tekan bata ringan disebabkan tidak konsinten nya dalam pencampuran,material dikarenakan pembuatan benda uji satu-satu maka ketidak konsistenan pencampuran material ada yang berlebih dan ada juga yang berkurang baik itu air, semen dan bahan material lainnya. Untuk kuat tekan induvidu dapat dilihat pada grafik 5.7 di bawah ini



Gambar 5.9 Diagram Nilai Kuat Tekan Individu



Gambar 5.10 Hubungan Penyerapan Air dengan Nilai Kuat Tekan



Gambar 5.11 Regresi Linear Hubungan Penyerapan Air dengan Nilai Kuat Tekan

Apabila ditinjau dari nilai kuat tekan yang menurun maka diikuti juga dengan peningkatan penyerapan air pada bata ringan, dapat dilihat pada gambar 5.10 di atas semakin tinggi penyerapan air maka nilai kuat tekan semakin menurun. Dan dapat dilihat pada gambar 5.11 hubungan antar penyerapan air dan kuat tekan berdasarkan regresi linear memiliki nilai 0,9117 yang dapat diartikan hubungan tersebut baik karena mendekati satu. Oleh karena itu salah sau faktor penurunan nilai kuat tekan terletak pada penggunaan abu batu yang di ketahui sifat dari abu batu itu mudah menyerap air.

5.3.3 Pengujian Susut Pengeringan

Berdasarkan SNI 8640-2018 pengujian susut pengeringan pada benda uji utuh berjumlah 2 buah, setiap benda uji ututh di potong menjadi 2 dengan ukuran 250 x 200 x 100. Setelah dipotong benda uji ditimbang dan diukur untuk dimasukan ke oven, setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari oven lalu diukuran dan ditimbang untuk mendapatkan hasil susut pengeringan.

Gambar 5.12 Benda Uji Setelah di potong

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Adapun hasil perhitungan uji susut pengeringan pada bata ringan dapat dihitung sebagai berikut.

Analisi perhitungan

Contoh perhitungan susut pengeringan pada bata ringan 1A

Panjang acuan DEMEC (L) = 250 mm

Panjang awal (L0) = 246 mm

Panjang akhir (L1) = 246 mm

Susut pengeringan (%) $= \frac{L1-L0}{L} X\ 100\%$

$= \frac{246-246}{250} X\ 100\%$

= 0%

Untuk perhitungan seterusnya sama seperti perhitungan diatas, berdasakan perhitungan maka hasil keseluruhan dapat dilihat pada tabel 5.30 sebagai berikut.

Tabel 5.30 Hasil Pengujian Susut Pengeringan Bata Ringan

variasi	Sampel	Berat Awal (g)	Berat Kering Oven (g)	Panjang Acuan DEMEC (mm)	Panjang Awal (mm)	Panjang Akhir (mm)	Susut Pengeringan (%)
0%	**1A**	4817	4022	250	246	246	0
	1B	4764	3988	250	250	250	0
	1C	4107	3384	250	248	248	0
	1D	4213	3614	250	244	244	0
	Rata-rata						**0**
25%	**2A**	3788	2997	250	240	240	0
	2B	3831	3075	250	244	244	0
	2C	4026	3239	250	244	244	0
	2D	3940	3220	250	246	246	0
	Rata - rata						**0**
50%	**3A**	3669	2899	250	247	247	0
	3B	3511	2834	250	246	246	0
	3C	3464	2776	250	245	245	0
	3D	3532	2835	250	246	246	0
	Rata - rata						**0**

Lanjutan tabel 5.31 Hasil Pengujian Susut Pengeringan Bata Ringan

variasi	Sampel	Berat Awal (g)	Berat Kering Oven (g)	Panjang Acuan DEMEC (mm)	Panjang Awal (mm)	Panjang Akhir (mm)	Susut Pengeringan (%)
75%	**4A**	3407	2543	250	247	247	0
	4B	3433	2543	250	240	240	0
	4C	3555	2881	250	247	247	0
	4D	3519	2842	250	241	241	0
	Rata - rata						**0**
100%	**5A**	3770	3220	250	246	246	0
	5B	3654	3170	250	240	240	0
	5C	3272	2904	250	241	241	0
	5D	3814	2872	250	243	243	0
	Rata-rata						**0**

Tabel 5.32 Rekapitulasi Nilai Susut Pengeringan

Variasi	Susut Pengeringan (%)
0%	0,00 %
25%	0,00 %
50%	0,00 %
75%	0,00 %
100%	0,00 %

Pengujian susut pengeringan berdasarkan SNI 8640-2018 dilakukan dengan menggunakan alat (DEMEC) *Demountable Mechanical* dengan keteliatian 0,001 mm yang dilengkapi dengan alat pengatur jarum penunjuk, tangkai pengukur dan pengatur dudukan benda uji dengan bentang 200 mm atau 250 mm. karena terdapat keterbatasan alat maka pengujian dilakukan dengan manggunakan alat sigmat.

Dari tabel di atas dapat dilihat hasil dari pengujian susut pengeringan dari variasi 0% sampai dengan variasi 100% dengan hasil 0% yang dapat diartikan tidak terjadi penyusutan. Berdasarkan SNI 8640-2018 susut pengeringan maksimal yaitu 0,2%, dari hasil pengujian dengan keterbatasan alat ukur yang tidak mengikuti standar SNI 8640-2018 maka susut pengeringan bata ringan termasuk kedalam standar SNI 8640-2018.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada bata ringan yang diberikan bahan pengganti abu batu yang menggantikan sebagian pasir yang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengaruh penggantian sebagian agregat halus dengan abu batu membuat karekteristik bata ringan berubah. Terlihat dari pori yang ada pada bata ringan semakin banyak sehingga membuat nilai penyerapan air semakin tinggi dan nilai kau tekan semakin menurun.
2. Nilai kuat tekan rata-rata maksimum pada pencampuran abu batu sebagai pengganti sebagian pasir yaitu terdapat pada variasi 25% dengan nilai 2,02 MPa, untuk nilai kuat tekan induvidu maksimum terdapat pada variasi 25% dengan nilai 2,35 MPa.
3. Berdasarkan pengujian bobot isi dan penyerapan air, pengujian kuat tekan, penggunaan material abu batu sebagai pengganti sebagian pasir pada variasi 25%, 50% masuk kedalam SNI 8640-2018, untuk variasi 75% dan 100% tidak masuk kedalam SNI 8640-2018 untuk pengujian susut pengeringan suluruh variasi masuk kedalam SNI 8640-2018, sehingga campuran abu batu sebagai pengganti sebagian pasir berpotensi digunakan.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditinjau kekurangan yang terjadi pada penelitian ini yang perlu diperbaiki sehingga peneliti dapat memberikan saran untuk penelitian selanjutnya. Berikut adalah saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.

1. Untuk penelitian selanjutnya kadar abu batu dapat dicoba menggunakan interval 5% sampai dengan 50% untuk memperoleh bata ringan dengan mutu kuat tekan yang optimum

2. Untuk penelitian selanjutnya disaran kan sebaiknya menggunakan *foam* generator untuk memaksimal kan hasil *foam* dengan campuran material lainya agar mendapatkan kualitas yang jauh lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

A.Short & W.Kinniburgh,. (1978). Lightweight Concrete. London: Applied Science Publishers Ltd.

Devy Kartika Ningrum, M. F. S. (2011). Pengaruh Penggunaan Kapur Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Berat Volume, Kuat Tekan

Faizah, R. (2015). Pengaruh Frekuensi Gempa Terhadap Respon Bangunan Bertingkat. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Haryanti, N. H., & Wardhana, H. (2019). Pengaruh komposisi campuran pasir silika dan kapur tohor pada bata ringan berbahan limbah abu terbang batubara. *Jurnal Fisika Indonesia*, *21*(3), 11-15.

Jitchaiyaphum, K., Sinsiri, T., & Chindaprasirt, P. (2011). Cellular lightweight concrete containing pozzolan materials. Procedia Engineering, 14, 1157–1164.

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.

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*, *2*(8), 10-18.

Ngabdurrochman. 2009. Teknologi Beton Ringan. Diakses 14 Maret 2018 dari http://gie713.blogspot.com.

SNI 8640:2018. (2018). *Spesifikasi Bata Ringan Untuk Pasangan Dinding.*

SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Agregat halus dan Agregat Kasar

SNI 03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan N0. 200

SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi Rongga Udara Dalam Agregat

SNI 03-1997-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Dalam Agregat

SNI 15-2049-2004. (2004). Semen Portland.

Taufik, H., Kurniawandy, A., & Arita, D. (2017). Tinjauan kuat tekan bata ringan menggunakan bahan tambah foaming agent. *Jurnal Saintis, 17*(1), 52-62.

Tjokrodimuljo, K. (1996). Teknologi Beton. Yogyakarta: Navitri.

Tjokrodimuljo, K. (2009). Teknologi Beton. Penerbit Teknik sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan UGM.

Tondok, D. S., Mastor, R., Phengkarsa, F., & Kaselle, H. (2019). Penggunaan abu batu gamping sebagai bahan pembuatan bata ringan. *Paulus Civil Engineering Journal*, *1*(1), 37-43.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 52 / Ka.Lab/60/LBKT/V/2024

Bismillahirrohmaanirrohiim

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama	: Malik Mushthofa, S.T., M.Eng
NIK	: 185111302
Jabatan Struktural	: Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik JTS FTSP UII

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama	: NYAK YUSUF SYAKBAN
N I M	: 17511087
Program Studi	: S1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA	: Elvis Saputra, S.T., M.T
Instansi	: Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir **"PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT HALUS DENGAN ABU BATU TERHADAP KARAKTERISTIK BATA RINGAN"** serta sudah menyelesaikan semua administrasinya*).

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 17 Mei 2024

Di data oleh :
PLP/Teknisi

Win Fauzi Ahmadi, S.Tr.T

Diperiksa oleh :
Kepala Laboratorium BKT,

Malik Mushthofa, S. T., M. Eng

Disahkan oleh,
Manajer Laboratorium Jur. Tek. Sipil

Ir. Barlian Kusbari, S. T., M.Eng. IPM., Asean. Eng

*) Nota/Kwitansi terlampir

Lampiran 2 Surat Keterangan Bebas Plagiasi

Direktorat Perpustakaan Universitas Islam Indonesia
Gedung Moh. Hatta
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.2301
F. (0274) 898444 psw.2091
E. perpustakaan@uii.ac.id
W. library.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI
Nomor: 2394206182/Perpus./10/Dir.Perpus/II/2024

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama	: Nyak Yusuf Syakban
Nomor Mahasiswa	: 17511087
Pembimbing	: Elvis Saputra, S.T.,M.T.
Fakultas / Prodi	: Teknik Sipil dan Perencanaan/ Teknik Sipil
Judul Karya Ilmiah	: PENGARUH PENGGUNAAN ABU BATU SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK BATA RINGAN

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **13 (Tiga Belas) %.**

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 6/3/2024
Direktur

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
DIREKTORAT PERPUSTAKAAN
YOGYAKARTA

Muhammad Jamil, SIP.

Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Pengujian Agregat Halus

PENGUJIAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT HALUS

Asal pasir	Merapi
Keperluan	Tugas akhir

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) (gram)	4883	4883	4883
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gram)	7690	7705	7697
Berat Agregat (W3) (gram)	2807	2822	2814,5
Volume Tabung (V) (cm^3)	1659,273	1659,273	1659,273
Berat Volume Padat = (W3/V) (gram)	1,692	1,701	1,696

PENGUJIAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS

Asal pasir	Merapi
Keperluan	Tugas akhir

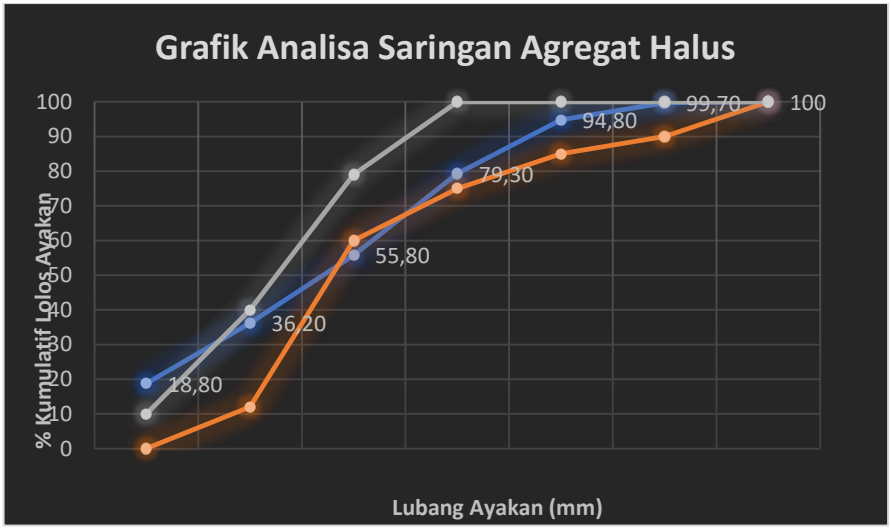
Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) (gram)	4883	4883	4883
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gram)	7172	7180	7176
Berat Agregat (W3) (gram)	2289	2297	2293
Volume Tabung (V) (gram)	1659,273	1659,273	1659,273
Berat Volume Padat = (W3/V) (gram)	1,380	1,384	1,382

PENGUJIAN MODULUH HALUS BUTIR AGREGAT HALUS

Asal pasir	Merapi
Keperluan	Tugas akhir

Lubang Ayakan (mm)	**Berat Tertinggal (gram)**	**Berat Tertinggal (%)**	**Berat Tertinggal Komulatif (%)**	**Persen Lolos Komulatif (%)**
40		0	0	100
20		0	0	100
10		0	0	100
4,8	3	0,30	0,30	99,70
2,4	49	4,90	5,20	94,80
1,2	155	15,50	20,70	79,30
0,6	236	23,60	44,20	55,70
0,3	196	19,60	63,80	36,10
0,15	174	17,40	81,20	18,70
Sisa	187	18,70		0
Jumlah	1000	100	215,40	

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS

Asal pasir	Merapi
Keperluan	Tugas akhir

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram(Bk)	482	491	487
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1018	1037	1028
Berat piknometer berisi air, gram (B)	734	733	734
Berat jenis curah(B+500-Bt)	2,231	2,505	2,368
Berat jenis jenuh kering muka 500/(B+500-Bt)	2,315	2,551	2,433
Berat jenis semu Bk/(B+BK-Bt)	2,434	2,626	2,530
Penyerapan air (500-Bk)/(Bkx100%)	3,73%	1,83%	2,78

PENGUJIAN KANDUNGAN LUMPUR AGREGAT HALUS

Asal pasir	Merapi
Keperluan	Tugas akhir

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	487	493	490
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	2,60%	1,40%	2,00%

Lampiran 4 Laporan Sementara Hasil Pengujian Abu Batu

PENGUJIAN BERAT VOLUME PADAT ABU BATU

Asal pasir	Merapi
Keperluan	Tugas akhir

Uraian	**Sampel 1**	**Sampel 2**	**Rata-rata**
Berat Tabung (W1) (gram)	4883	4883	4883
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gram)	7832	7850	7841
Berat Agregat (W3) (gram)	2949	2967	2958
Volume Tabung (V) (cm^3)	1659,273	1659,273	1659,273
Berat Volume Padat = (W3/V) (gram)	1,777	1,788	1,783

PENGUJIAN BERAT VOLUME GEMBUR ABU BATU

Asal pasir	Merapi
Keperluan	Tugas akhir

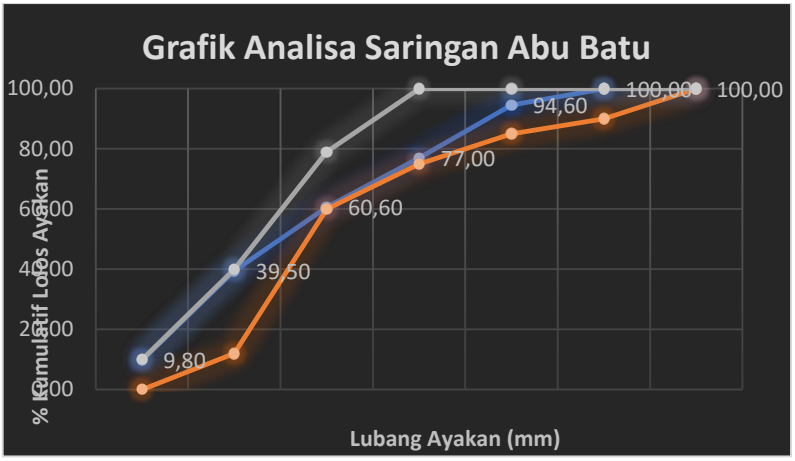
Uraian	**Sampel 1**	**Sampel 2**	**Rata-rata**
Berat Tabung (W1) (gram)	4883	4883	4883
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gram)	7544	7560	7552
Berat Agregat (W3) (gram)	2661	2677	2669
Volume Tabung (V) (gram)	1659,2	1659,2	1659,2
Berat Volume Padat = (W3/V) (gram)	1,604	1,613	1,609

PENGUJIAN MADOLUS HALUS BUTIR ABU BATU

Asal pasir	Merapi
Keperluan	Tugas akhir

Lubang Ayakan (mm)	**Berat Tertinggal (gram)**	**Berat Tertinggal (%)**	**Berat Tertinggal Komulatif (%)**	**Persen Lolos Komulatif (%)**
40		0	0	100
20		0	0	100
10		0	0	100
4,8	0	0	0	100
2,4	54	5,4	5,4	94,6
1,2	176	17,6	23	77,00
0,6	164	16,4	39,40	60,60
0,3	211	21,1	60,50	39,50
0,15	297	29,7	90,20	9,80
Sisa	105	10,5		0,70
Jumlah	1007	100,7	218,5	

GAMBAR ANALISA SARINGAN ABU BATU



PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR ABU BATU

Asal pasir	Merapi
Keperluan	Tugas akhir

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	481	473	477
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1015	1023	1028
Berat piknometer berisi air, gram (B)	715	718	717
Berat jenis curah/(B+500-Bt)	2,405	2,426	2,415
Berat jenis jenuh kering muka 500/(B+500-Bt)	2,500	2,564	2,532
Berat jenis semu (B+BK-Bt)	2,657	3,815	2,736
Penyerapan air (500-Bk)/(Bkx100%)	3,95%	5,71%	4,83%

PENGUJIAN KANDUNGAN LUMPUR ABU BATU

Asal pasir	Merapi
Keperluan	Tugas akhir

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	478	488	483
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	4,40%	2,40%	3,40%

Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air Bata Ringan

Keterangan	Satuan	Variasi 0%			
		1A	1B	1C	1D
Berat awal	g	3504	3387	3574	3388
Berat kering oven	g	3302	2978	3111	2966
Dimensi benda uji					
-Panjang	mm	200	200	200	200
-Lebar	mm	200	200	200	200
-Tebal	mm	100	100	100	100
Volume benda uji	m^3	0,004	0,004	0,004	0,004
Berat jenuh air	g	3718	3628	3754	3636
Bobot isi nominal	kg/m^3	876	846,75	893,50	847
Bobot isi kering oven	kg/m^3	825,50	744,50	777.50	741,50
Bobot isi jenuh air	kg/m^3	929,50	907	938,50	909
Penyerapan air	%vol	10,40	16,25	16,08	16,75
Rata-rata	%	14,87			

Keterangan	Satuan	Variasi 25%			
		2A	2B	2C	2D
Berat awal	g	2618	2616	3206	3114
Berat kering oven	g	2140	2153	2710	2746
Dimensi benda uji					
-Panjang	mm	200	200	200	200
-Lebar	mm	200	200	200	200
-Tebal	mm	100	100	100	100
Volume benda uji	m^3	0,004	0,004	0,004	0,004
Berat jenuh air	g	2871	2854	3592	3575
Bobot isi nominal	kg/m^3	655	654	802	779

Bobot isi kering oven	kg/m^3	535	538	678	687
Bobot isi jenuh air	kg/m^3	717,75	713,50	898,00	893,75
Penyerapan air	%vol	18,28	17,53	22,05	20,73
Rata-rata	%	19,64			

Keterangan	**Satuan**	**Variasi 50%**			
		3A	**3B**	**3C**	**3D**
Berat awal	g	2888	2951	3224	3091
Berat kering oven	g	2273	2306	2645	2302
Dimensi benda uji					
-Panjang	mm	200	200	200	200
-Lebar	mm	200	200	200	200
-Tebal	mm	100	100	100	100
Volume benda uji	m^3	0,004	0,004	0,004	0,004
Berat jenuh air	g	3,224	3,319	3,481	3,325
Bobot isi nominal	kg/m^3	722,00	737,75	806,00	772,75
Bobot isi kering oven	kg/m^3	568,25	576,50	661,25	575,50
Bobot isi jenuh air	kg/m^3	806,00	829,75	870,25	831,25
Penyerapan air	%vol	23,78	25,33	20,90	25,58
Rata-rata	%	23,89			

Keterangan	**Satuan**	**Variasi 75%**			
		4A	**4B**	**4C**	**4D**
Berat awal	g	3080	2996	2928	2970
Berat kering oven	g	2445	2371	2290	2320
Dimensi benda uji					
-Panjang	mm	200	200	200	200
-Lebar	mm	200	200	200	200
Tebal	mm	100	100	100	100
Volume benda uji	m^3	0,004	0,004	0,004	0,004

Berat jenuh air	g	3,953	3,806	3,714	3,714
Bobot isi nominal	kg/m^3	770,00	749,00	732,00	742,50
Bobot isi kering oven	kg/m^3	611,25	592,75	572,50	580,00
Bobot isi jenuh air	kg/m^3	988,25	951,50	928,50	928,50
Penyerapan air	%vol	37,70	35,88	35,60	34,85
Rata-rata	%	36,01			

Keterangan	**Satuan**	**Variasi 100%**			
		5A	**5B**	**5C**	**5D**
Berat awal	g	3247	3220	3368	3418
Berat kering oven	g	2675	2630	2846	2814
Dimensi benda uji					
-Panjang	mm	200	200	200	200
-Lebar	mm	200	200	200	200
-Tebal	mm	100	100	100	100
Volume benda uji	m^3	0,004	0,004	0,004	0,004
Berat jenuh air	g	3,731	3,703	3,814	3,753
Bobot isi nominal	kg/m^3	811,75	805,00	842,00	854,50
Bobot isi kering oven	kg/m^3	593,75	557,50	561,50	552,50
Bobot isi jenuh air	kg/m^3	932,75	925,75	953,50	938,25
Penyerapan air	%vol	33,90	36,83	39,20	38,48
Rata-rata	%	37,10			

Lampiran 6 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

Variasi	Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	P Maks (kg)	Luas Tampang (mm^2)	Kuat Tekan (MPa)
0%	1.1	100	100	2220	10.000	2,18
	1.2	100	100	2045	10.000	2,01
	1.3	100	100	1850	10.000	1,81
	1.4	100	100	1825	10.000	1,79
	1.5	100	100	2145	10.000	2,10
	1.6	100	100	2330	10.000	2,28
	1.7	100	100	2710	10.000	2,66
	1.8	100	100	2420	10.000	2,37
	1.9	100	100	2180	10.000	2,14
	1.10	100	100	2150	10.000	2,11
	Rata - rata					**2,52**
25%	2.1	100	100	1715	10.000	1,68
	2.2	100	100	1670	10.000	1,64
	2.3	100	100	1720	10.000	1,69
	2.4	100	100	1665	10.000	1,63
	2.5	100	100	2330	10.000	2,28
	2.6	100	100	2290	10.000	2,25
	2.7	100	100	2400	10.000	2,35
	2.8	100	100	2385	10.000	2,34
	2.9	100	100	2200	10.000	2,16
	2.10	100	100	2190	10.000	2,15
	Rata - rata					**2,02**
50%	3.1	100	100	2330	10.000	2,28
	3.2	100	100	2258	10.000	2,21
	3.3	100	100	2225	10.000	2,18

	3.4	100	100	2228	10.000	2,18
	3.5	100	100	2510	10.000	2,46
	3.6	100	100	2205	10.000	2,16
	3.7	100	100	1300	10.000	1,27
	3.8	100	100	1283	10.000	1,26
	3.9	100	100	2000	10.000	1,96
	3.10	100	100	2050	10.000	2,01
	Rata - rata					**2,00**
75%	4.1	100	100	1615	10.000	1,58
	4.2	100	100	1606	10.000	1,57
	4.3	100	100	1645	10.000	1,61
	4.4	100	100	1600	10.000	1,57
	4.5	100	100	1610	10.000	1,58
	4.6	100	100	1605	10.000	1,57
	4.7	100	100	1710	10.000	1,68
	4.8	100	100	1735	10.000	1,70
	4.9	100	100	1695	10.000	1,66
	4.10	100	100	1635	10.000	1,60
	Rata - rata					**1,61**
100%	5.1	100	100	1615	10.000	1,58
	5.2	100	100	1675	10.000	1,64
	5.3	100	100	1695	10.000	1,66
	5.4	100	100	1670	10.000	1,64
	5.5	100	100	1620	10.000	1,59
	5.6	100	100	1640	10.000	1,61
	5.7	100	100	1540	10.000	1,51
	5.8	100	100	1490	10.000	1,46
	5.9	100	100	1650	10.000	1,62
	5.10	100	100	1660	10.000	1,63
	Rata - rata					**1,59**

Lampiran 7 Laporan Sementara Hasil Pengujian Susut Pengeringan Bata Ringan

variasi	Sampel	Berat Awal (g)	Berat Kering Oven (g)	Panjang Acuan DEMEC (mm)	Panjang Awal (mm)	Panjang Akhir (mm)	Susut Pengeringan (%)
0%	**1A**	4817	4022	250	246	246	0
	1B	4764	3988	250	250	250	0
	1C	4107	3384	250	248	248	0
	1D	4213	3614	250	244	244	0
	Rata-rata						**0**
25%	**2A**	3788	2997	250	240	240	0
	2B	3831	3075	250	244	244	0
	2C	4026	3239	250	244	244	0
	2D	3940	3220	250	246	246	0
	Rata - rata						**0**
50%	**3A**	3669	2899	250	247	247	0
	3B	3511	2834	250	246	246	0
	3C	3464	2776	250	245	245	0
	3D	3532	2835	250	246	246	0
	Rata - rata						**0**
75%	**4A**	3407	2543	250	247	247	0
	4B	3433	2543	250	240	240	0
	4C	3555	2881	250	247	247	0
	4D	3519	2842	250	241	241	0
	Rata - rata						**0**

variasi	Sampel	Berat Awal (g)	Berat Kering Oven (g)	Panjang Acuan DEMEC (mm)	Panjang Awal (mm)	Panjang Akhir (mm)	Susut Pengeringan (%)
100%	**5A**	3770	3220	250	246	246	0
	5B	3654	3170	250	240	240	0
	5C	3272	2904	250	241	241	0
	5D	3814	2872	250	243	243	0
	Rata-rata						**0**

Lampiran 8 Gambar Alat

Gambar L- 8.1 Timbangan

Gambar L- 8.2 Cetakan Bata Ringan

Gambar L- 8.3 Oven

Gambar L- 8.4 Saringan

Gambar L- 8.5 Bor

Gambar L- 8.6 Bor

Gambar L- 8.7 Mesin Kuat Tekan

Lampiran 9 Gambar Bahan

Gambar L- 9.1 Agregat Halus

Gambar L- 9.2 Semen Padang

Gambar L- 9.3 Abu Batu

Gambar L- 9.4 *Foaming Agent*

Lampiran 10 Gambar Proses Pembuatan Bata Ringan

Gambar L- 10.1 Pembuatan Bekisting

Gambar L- 10.2 Pembuatan *Foaming Agent*

Gambar L- 10.3 Pencampuran Material ke Dalam *Foaming Agent*

Gambar L- 10.4 Proses Perawatan