



**PEMANFAATAN LIMBAH GENTENG DAN KAPUR  
SEBAGAI *CEMENTITIOUS* PADA BETON RINGAN NON-  
STRUKTURAL**

**SKRIPSI**

Oleh

**Muhammad Lukman Abadi**

**NIM 131910301049**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2017**



**PEMANFAATAN LIMBAH GENTENG DAN KAPUR  
SEBAGAI *CEMENTITIOUS* PADA BETON RINGAN NON-  
STRUKTURAL**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Muhammad Lukman Abadi**

**NIM 131910301049**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

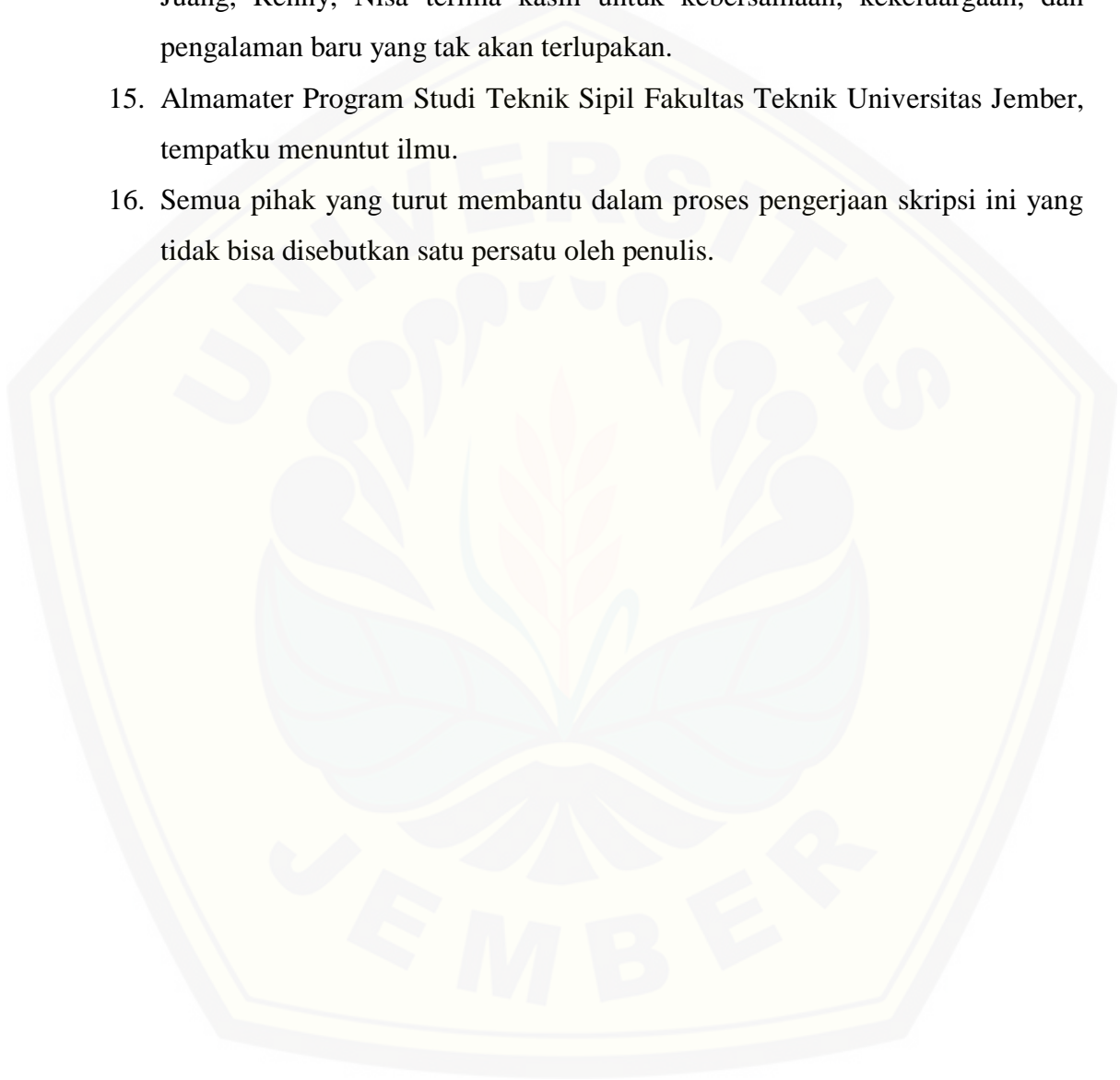
**2017**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT, dengan rahmat, karunia serta petunjuk-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tuaku tercinta, Ibu Lilik Zumaroh dan Ayah Nurhadi Mustofa, yang selalu memberikan semangat, motivasi, materi, sabar, doa, kasih sayang dan pengorbanan yang begitu luar biasa selama ini.
3. Adikku, Mohammad Fanani dan Alina Firdausi Mustofa, terima kasih atas semangat dan doanya.
4. Muhammad Ridwan yang telah memberikan limbah genteng sehingga dapat dimanfaatkan pada penelitian ini.
5. PT. Semen Puger Jaya Sentosa yang telah memberikan bantuan semen pada penelitian ini.
6. Illa yang telah membantu pada proses pengujian XRD di laboratorium Metalurgi ITS.
7. Bapak serta Ibu Dosen Teknik Sipil Universitas Jember beserta jajarannya yang banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Guru-guruku yang telah berjasa membimbing dan memberi banyak ilmu sejak TK hingga SMA.
9. Tim penelitian struktur beton: Fahad, Busthomi, Ahda, Dany, Nanang, Roby, Tedy, Ahmad yang telah memberikan kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Pak Akir yang telah membantu dan membimbing pada saat di laboratorium struktur Teknik Sipil Universitas Jember.
11. TC Family Herdy, Agung, Viky, Imas, Abid, Ocha, Nona, Mirza, Subuh, Deni, Ikhwan, Ade yang telah memberi dukungan berupa hiburan dan semangat untuk terus tumbuh bersama.
12. Mita, Dita, Ayu, Feby, Didin, Adhitya, Dandy, Ary yang telah membantu dalam proses penumbukan genteng serta menemani pengerjaan di laboratorium.

13. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember 2013 terima kasih atas persahabatan yang begitu luar biasa, dukungan serta semangat yang tak hentinya kepada penulis.
14. Teman-teman KKN 110: Tika, Rosita, Anggi, Erwanda, Gifta, Fikri, Danu, Juang, Renny, Nisa terima kasih untuk kebersamaan, kekeluargaan, dan pengalaman baru yang tak akan terlupakan.
15. Almamater Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember, tempatku menuntut ilmu.
16. Semua pihak yang turut membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis.



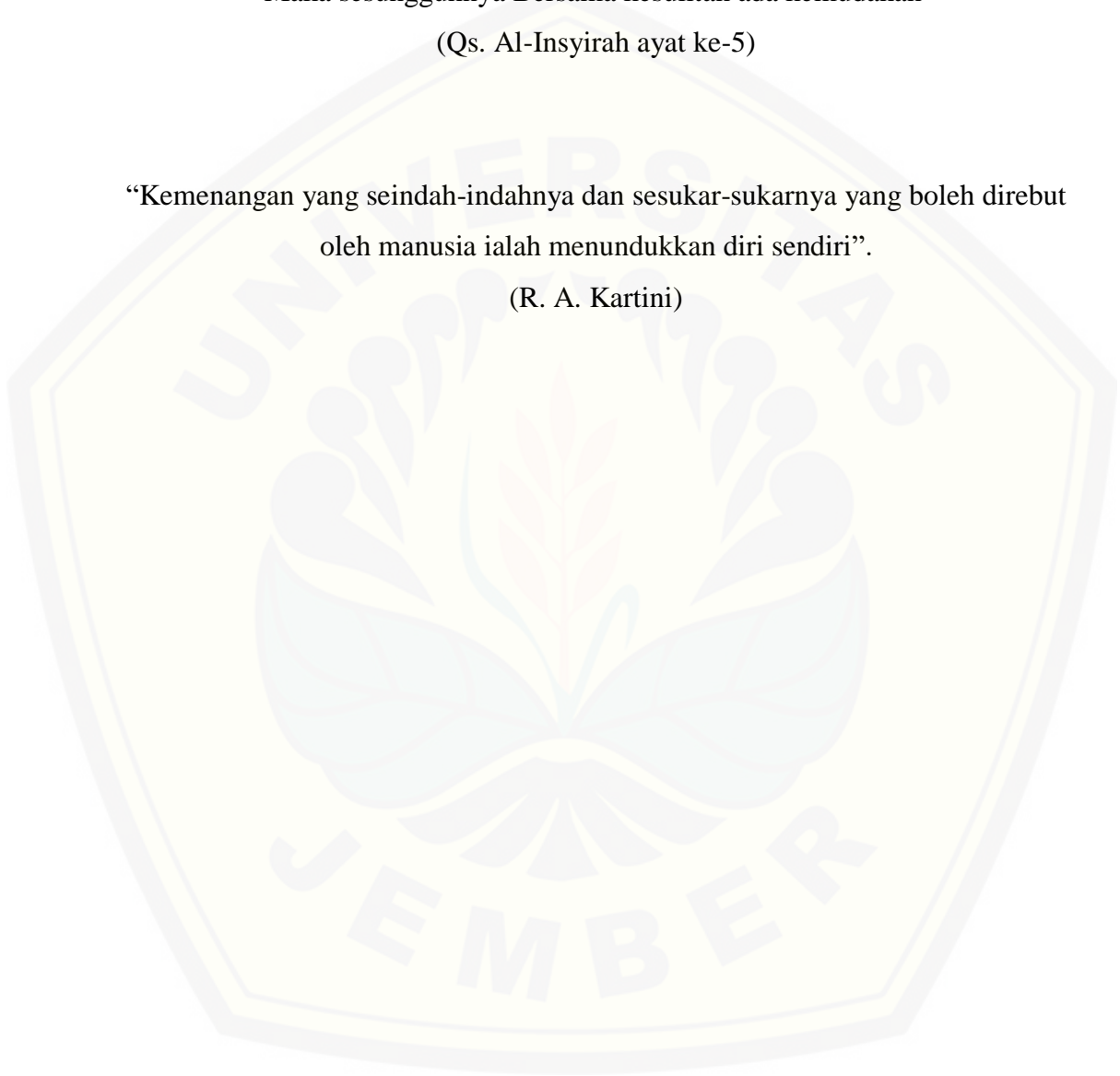
**MOTTO**

“Maka sesungguhnya Bersama kesulitan ada kemudahan ”

(Qs. Al-Insyirah ayat ke-5)

“Kemenangan yang seindah-indahnya dan sesukar-sukarnya yang boleh direbut oleh manusia ialah menundukkan diri sendiri”.

(R. A. Kartini)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Lukman Abadi

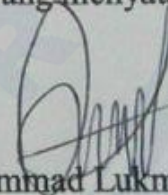
NIM : 131910301049

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul " Pemanfaatan Limbah Genteng Dan Kapur Sebagai *Cementitious* Pada Beton Ringan Non-Struktural" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali pada kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya, serta belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya plagiat. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2017

Yang menyatakan



Muhammad Lukman Abadi

NIM. 131910301049

**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN LIMBAH GENTENG DAN KAPUR  
SEBAGAI *CEMENTITIOUS* PADA BETON RINGAN NON-  
STRUKTURAL**

oleh

Muhammad Lukman Abadi

NIM. 131910301049

Pembimbing,

Dosen Pembimbing I : Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing II : Nanin Meyfa Utami, ST.,MT

**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Genteng Dan Kapur Sebagai *Cementitious* Pada Beton Ringan Non-Struktural” yang telah di uji dan di sahkan pada

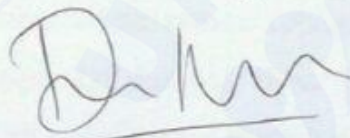
Hari : Rabu

Tanggal : 12 Juli 2017

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

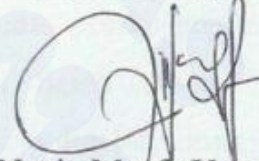
**Tim Pembimbing:**

**Pembimbing Utama**



Dwi Nurtanto, ST.,MT.  
NIP 19731015 199802 1 001

**Pembimbing Anggota**



Nanin Meyfa Utami, ST.,MT.  
NIP 760014641


**Tim Penguji:**

**Penguji 1,**



Dr. Yeny Dhokhikah S.T, M.T.  
NIP 19730127 199903 2 002

**Penguji 2,**



Winda Tri Wahuningtyas, ST.,MT.  
NIP 760016772

**Mengesahkan,**

**Dekan,**



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M  
NIP 19661215 199503 2 001



## RINGKASAN

Pemanfaatan Limbah Genteng Dan Kapur Sebagai *Cementitious* Pada Beton Ringan Non-Struktural; Muhammad Lukman Abadi, 131910301049; 2017; 1-55 halaman; Jurusan S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Beton merupakan material yang sering digunakan untuk bangunan. Beton dipilih karena biaya pembuatan yang murah dan perawatan yang mudah. Namun beton juga memiliki kekurangan pada beratnya. Dalam perkembangannya beton ringan menjadi pilihan dalam mengurangi berat beton itu sendiri. Salah satu jenis beton ringan adalah beton ringan non-struktural. Dalam pembuatan beton tentunya membutuhkan semen sebagai bahan pengikat. Namun proses pembuatan semen mempunyai dampak besar pada lingkungan sekitar. Salah satu dampak tersebut adalah pencemaran limbah udara B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Berdasarkan permasalahan yang timbul di atas, timbul inovasi penggunaan limbah genteng sebagai bahan pengganti semen. Penggunaan limbah genteng bertujuan untuk memanfaatkan kembali limbah sehingga memiliki nilai jual kembali. Inovasi tidak terbatas pada pemanfaatan limbah genteng saja, namun juga ada penambahan *aluminium powder* dan bubuk kapur.

Penelitian ini menggunakan metode konvensional. Penggunaan metode konvensional yang dimaksud adalah dengan membuat campuran sendiri dari material air, pasir, semen, limbah genteng, kapur dan *aluminium powder* dengan proporsi perbandingan yang berbeda untuk memperoleh komposisi optimum. Penelitian ini menggunakan proporsi semen dan pasir dengan perbandingan 1:2. Penambahan limbah serbuk genteng dan kapur dimulai dari 5%-20% pada setiap campuran. Penambahan *aluminium powder* sebesar 0,75% dari berat semen.

Limbah genteng yang telah dilakukan penumbukan dan lolos saringan No. 200 nantinya akan diuji dengan pengujian XRD dan XRF untuk mengetahui kandungan kristal dan unsur kimiawi material tersebut. Berdasarkan hasil pengujian XRD didapat bahwa memiliki struktur *amorf* sebesar 23,112 Å. Pada pengujian XRF didapat hasil mengandung SiO<sub>2</sub> sebesar 24,5%.

Beton ringan dengan penambahan limbah genteng, kapur dan *aluminium powder* ini dilakukan pengujian kuat tekan dan berat volume. Berdasarkan hasil yang didapat bahwa seiring bertambahnya serbuk genteng dan kapur yang ditambahkan pada beton ringan menghasilkan penurunan kuat tekan dan berat volume. Nilai kuat tekan tertinggi didapat pada variasi 1 tanpa penambahan serbuk genteng dan kapur dengan nilai sebesar  $12,704 \text{ kg/cm}^2$ . Berat volume teringan dihasilkan pada variasi 2 dengan berat volume  $880,828 \text{ kg/m}^3$ . Nilai kuat tekan tertinggi didapat pada variasi 1 tanpa penambahan serbuk genteng dan kapur dengan nilai sebesar  $12,704 \text{ kg/cm}^2$ .

## SUMMARY

**Utilization of Roof tiles Waste and Lime as Cementitious in Non-Structural Light Concrete;** Muhammad Lukman Abadi, 131910301049; 2017; 1-55 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Concrete is a material often used for buildings. Concrete is chosen because of the low cost of manufacture and easy maintenance. However the concrete has a deficiency in its weight. In its development the lightweight concrete becomes an option in terms of reducing the weight of the concrete itself. One type of lightweight concrete is a non-structural lightweight concrete. In the manufacture of concrete would require cement as a binder. But the cement making process has a big impact on the environment. One such impact is air pollution of B3 waste (Hazardous and Toxic Materials). From the problems that arise above, there is an innovation of the use of roof tiles waste as a substitute for cement. The use of roof tiles waste aims to reuse waste so it has resale value. Innovation is not only to the utilization of roof tiles waste, but also the addition of aluminum powder and lime powder.

This study uses conventional methods. The objective of these method is to make a mixture of water, sand, cement, roof tiles, lime and aluminum powder waste with different proportions of comparison to obtain the optimum composition. This study used the proportion of cement and sand with a ratio of 1: 2. Addition of powder and lime powder waste starting from 5% -20% of each mixture. Added aluminum powder 0.75% of cement weight.

Waste of roof tiles that has been done the collision and pass sieve No. 200 will be tested with XRD and XRF testing to determine the crystal content and chemical elements of the material. From the XRD test results obtained that has an amorphous structure of 23.112 Å. In XRF test results obtained SiO<sub>2</sub> containing 24.5%.

Lightweight concrete with the addition of waste roof tiles, lime and aluminum powder is tested the compressive strength and weight volume. From the results obtained that as the increase of powder of roof tiles and lime added to the

lightweight concrete to produce the depression of compressive strength and weight of volume. The highest value of compressive strength was obtained in variation 1 without the addition of roof tiles and lime powder with a value of  $12.704 \text{ kg/cm}^2$ . The lightest volume weight was produced in variation 2 with a weight volume of  $880.828 \text{ kg/m}^3$ . The highest value of compressive strength was obtained in variation 1 without the addition of roof tiles and lime powder with a value of  $12.704 \text{ kg/cm}^2$ .



## PRAKATA

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Genteng Dan Kapur Sebagai *Cementitious* Pada Beton Ringan Non-Struktural”. Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

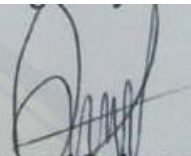
Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Dwi Nurtanto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Nanin Meyfa Utami, ST., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu meluangkan waktu dan pikirannya untuk membimbing, mengarahkan dan memberikan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Yeny Dhokhikah S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Utama dan Ibu Winda Tri Wahyuningtyas , ST., M.T., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah banyak memberikan saran dan masukan untuk perbaikan skripsi ini.
3. Ibu Ririn Endah Badriani., ST.,MT selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama masa studi dari awal hingga akhir perkuliahan.
4. Bapak Ir. Hernu Suyoso ,M.T, selaku Ketua Jurusan dan Ibu Dr. Anik Ratnaningsih, S.T.M.T., selaku Ketua Program Studi (S1) Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
5. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah , M.UM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Seluruh Civitas Akademika Teknik Sipil Universitas Jember yang telah mendukung dan mendoakan kelancaran penelitian ini.
7. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Faklutas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama beberapa tahun ini.
8. Semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung yang

telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian serta penelitian selanjutnya.

Jember, 10 Juli 2017



Muhammad Lukman Abadi

**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xi</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xix</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>xx</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
1.5. Batasan Masalah .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Beton Ringan .....	6
2.2. Jenis Beton Ringan .....	6
2.3. Bahan Penyusun Bata Beton .....	7
2.3.1 Semen Portland .....	7
2.3.2 <i>Aluminium powder</i> .....	9
2.3.3 Pasir .....	9
2.3.4 Kapur .....	10
2.3.5 Genteng .....	12
2.3.6 Air .....	13
2.4. Penelitian pendahulu .....	14

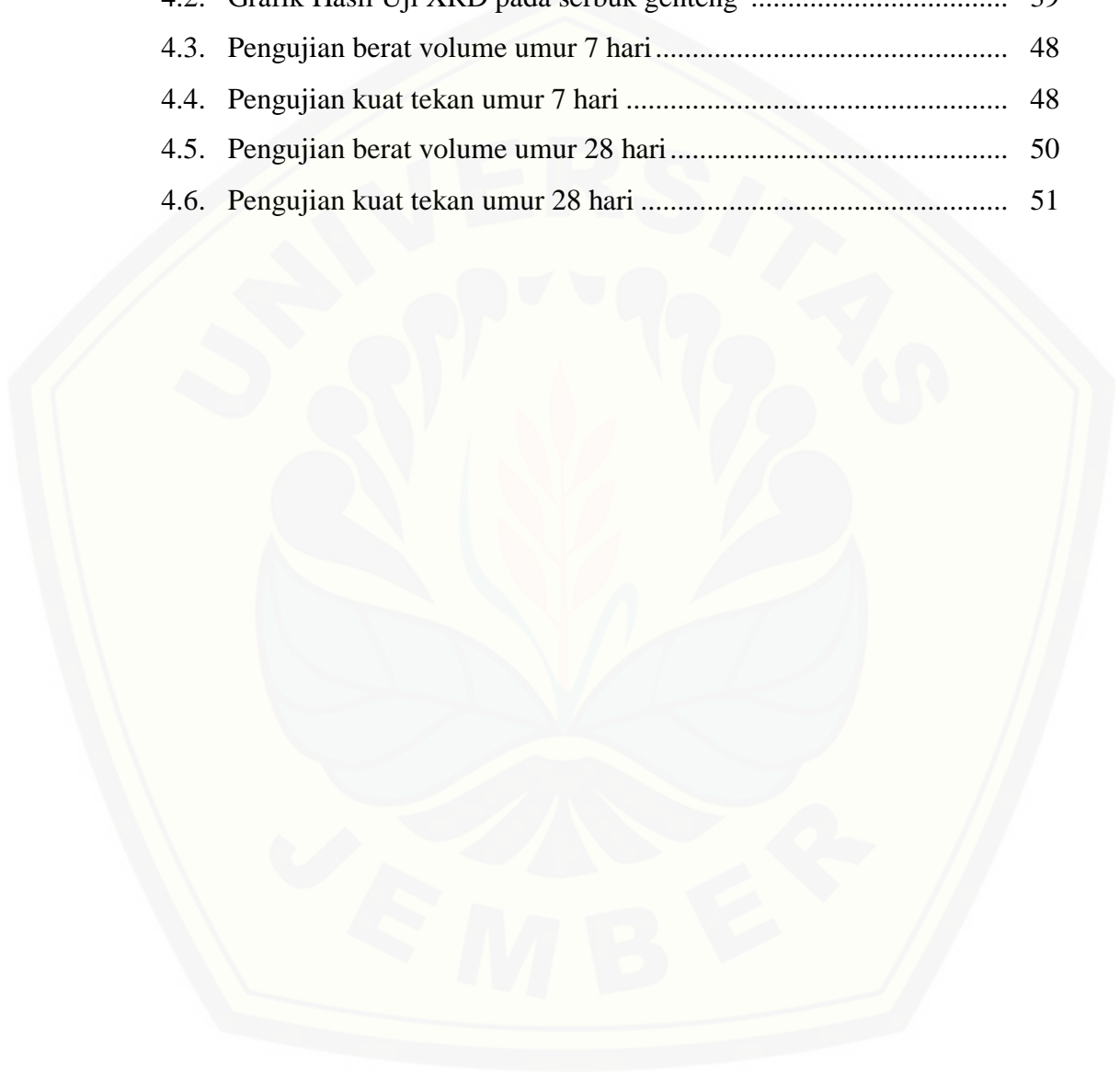
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	19
3.2. Persiapan Alat dan Bahan .....	19
3.2.1 Persiapan Alat .....	19
3.2.2 Bahan yang digunakan .....	19
3.3. Pengujian Material .....	20
3.3.1 pengujian agregat halus.....	21
3.3.2 pengujian material kapur .....	25
3.4. Perawatan pada limbah genteng.....	25
3.5. Variabel Penelitian .....	26
3.5.1 Variabel Bebas.....	26
3.5.2 Variabel Terikat .....	26
3.5.3 Variabel Kontrol .....	26
3.6. Model Benda Uji yang Digunakan .....	27
3.7. Pembuatan Benda Uji .....	27
3.8. Perawatan Benda Uji .....	29
3.9. Pengujian Benda Uji Beton Ringan .....	29
3.9.1 Pengujian Kuat Tekan .....	29
3.9.2 Pengujian Berat Isi Beton .....	30
3.10. Analisa dan Pembahasan .....	31
3.11. Kesimpulan .....	31
3.12. Bagan Diagram Alir .....	31
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1. Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Halus .....	34
4.1.1 Berat volume pasir .....	34
4.1.2 Berat jenis pasir .....	35
4.1.3 Air resapan pasir .....	35
4.1.4 Kelembaban pasir .....	36
4.1.5 Analisa saringan pasir .....	36
4.2. Hasil dan Analisa Pengujian Serbuk Genteng .....	38
4.2.1 Pengujian XRF ( <i>X-Ray Fluorescence</i> ) .....	38



4.2.2 Pengujian XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ).....	39
4.3. Perencanaan Benda Uji dan Kebutuhan Bahan.....	41
4.4. Pembuatan Benda Uji .....	44
4.5. Hasil dan Analisa Pengujian Benda Uji.....	47
4.5.1 Pengujian Beton Ringan Pada Umur 7 Hari .....	47
4.5.2 Pengujian Beton Ringan Pada Umur 28 Hari .....	50
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>53</b>
5.1. Kesimpulan .....	53
5.2. Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>56</b>

**DAFTAR GAMBAR**

3.1. Model Benda Beton Ringan .....	27
3.2. Bagan Diagram Alir Penelitian .....	32
4.1. Grafik zona 2 agregat halus .....	37
4.2. Grafik Hasil Uji XRD pada serbuk genteng .....	39
4.3. Pengujian berat volume umur 7 hari .....	48
4.4. Pengujian kuat tekan umur 7 hari .....	48
4.5. Pengujian berat volume umur 28 hari .....	50
4.6. Pengujian kuat tekan umur 28 hari .....	51



**DAFTAR TABEL**

2.1. Jenis Beton ringan berdasarkan kuat tekan dan berat jenisnya .....	7
2.2. Syarat Batas Gradasi Pasir .....	10
2.3. Komposisi Kimia Serbuk Genteng .....	12
2.4. Persyaratan kimia pozzolan .....	13
2.5. Tabel Penelitian Pendahulu.....	15
3.1. Acuan Standar Pengujian Material .....	20
3.2. Batas Gradasi Agregat Halus .....	24
3.3. Komposisi Benda Uji .....	28
4.1. Hasil Pengujian Berat Volume Pasir.....	34
4.2. Hasil Pengujian Berat Jenis .....	35
4.3. Hasil Pengujian Air Resapan Pasir .....	35
4.4. Hasil Pengujian Kelembaban Pasir.....	36
4.5. Batas - batas gradasi agregat halus .....	36
4.6. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus .....	36
4.7. Komposisi senyawa kimia dalam serbuk genteng dengan metode XRF .....	38
4.8. Daftar Puncak ( $^{\circ}2\text{Th}$ ) Serbuk Genteng.....	40
4.9. Hasil perhitungan kebutuhan material dengan faktor koreksi 0,925 .....	44
4.10. Pengujian berat volume dan kuat tekan umur 7 hari.....	47
4.11. Pengujian berat volume dan kuat tekan umur 28 hari.....	50

**DAFTAR LAMPIRAN**

A. Pengujian Material .....	56
B. Pehitungan Kebutuhan Material .....	59
C. Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Berat Volume .....	61
D. Dokumentasi Kegiatan .....	64



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan material beton saat ini menjadi pilihan sebagian besar kalangan dalam pembangunan. Beton dipilih dikarenakan biaya pembuatannya yang murah dan perawatannya yang mudah. Umumnya beton memiliki berat yang begitu besar yang menjadi salah satu kelemahan beton itu sendiri. Penggunaan beton dalam struktur bangunan memegang peranan sangat penting bagi beban bangunan. Oleh karena itu diperlukan perencanaan dan penggunaan beton yang memiliki berat jenis lebih ringan.

Beton ringan menjadi salah satu pilihan untuk mengurangi beban mati dari bangunan. Untuk menanggapi hal tersebut dipilihlah inovasi penggunaan beton ringan non struktural sebagai salah satu inovasi untuk mengurangi beban mati pada bangunan. Dalam pengembangannya, beton ringan non struktural dapat diterapkan sebagai bata maupun dinding *precast*. Inovasi penggunaan beton ringan non struktural menjadi solusi penanganan masalah tentang berat jenis beton.

Beton ringan atau *lightweight concrete* adalah beton yang memiliki berat jenis ringan dan mengandung agregat ringan. Menurut SNI-03-3449-2002 beton ringan memiliki berat tidak lebih dari  $1850 \text{ kg/m}^3$ . Dalam hal ini beton ringan pada pemanfaatannya dapat dijadikan berbagai macam bentuk sesuai kebutuhan. Dalam pembuatan beton ringan non struktural terdapat penambahan zat aditif maupun agregat ringan untuk lebih meringankan beratnya. Salah satu penggunaan zat aditif adalah penggunaan *aluminium powder*. *Aluminium powder* digunakan sebagai pengembang dalam pasta semen dengan tujuan untuk mengurangi berat beton tetapi tidak mengurangi volume pada beton.

Dalam penggunaan *aluminium powder* juga diimbangi dengan penggunaan kapur. Kapur akan bereaksi dengan *aluminium powder* untuk membentuk gelembung-gelembung gas hidrogen. Gelembung hidrogen yang dihasilkan dari reaksi *aluminium powder* dan kapur dapat mengurangi berat pada beton yang dihasilkan. Dengan penambahan kapur, bata beton yang dihasilkan mempunyai berat yang lebih ringan 13%-18% dibanding tanpa menggunakan kapur. Namun

kuat tekan yang dihasilkan akibat penambahan kapur turun 14,29%-25% dari bata beton tanpa menggunakan kapur (Leslie, dkk, 2013).

Menurut Candra (2014), penambahan *aluminium powder* dan kapur non aktif berpengaruh pada berat volume. Semakin banyak persentase dari *aluminium powder* dan kapur non aktif yang digunakan maka berat volume juga akan semakin kecil.

Inovasi yang digunakan tidak terbatas pada penambahan kapur dan zat aditif *aluminium powder* akan tetapi juga pemanfaatan limbah sebagai bahan material beton sebagai salah satu alternatif dalam pemanfaatan limbah. Pemanfaatan limbah genteng dipilih sebagai bahan pengganti sebagian semen. Jenis limbah genteng yang dipakai adalah limbah pecahan genteng press dari sentra pengrajin genteng pres Desa Kunir Lor, Kecamatan Kunir, Kabupaten Lumajang. Dalam satu lingkup pengrajin genteng terdapat kurang lebih 8 pengrajin. Dengan banyaknya jumlah pengrajin maka limbah yang dihasilkan juga cukup banyak, karena setiap produksi tidak lepas dari limbah akibat kegagalan proses.

Adanya pembakaran tanah liat pada proses pembuatan genteng terdapat indikasi kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ). Kandungan silika diperoleh saat tanah liat mengalami pembakaran pada proses pembuatan genteng. Kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) inilah yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan semen karena silika ( $\text{SiO}_2$ ) merupakan unsur utama dari pembentukan semen.

Menurut Anggakusuma (2010) penambahan limbah gerabah pada batako didapatkan hasil kenaikan yang signifikan. Limbah gerabah yang ditambahkan pada campuran batako menambah kuat tekan hingga  $37,81 \text{ kg/cm}^2$  dibanding tanpa limbah gerabah sebesar  $25,47 \text{ kg/cm}^2$ . Dari hasil tersebut bata beton yang direncanakan memenuhi kriteria persyaratan bata beton pejal IV. Pemanfaatan limbah gerabah sebagai pengganti semen ini sama dengan pemanfaatan limbah genteng sebagai pengganti semen. Limbah gerabah dan limbah genteng sama-sama berbahan dasar tanah liat.

Pemanfaatan limbah genteng sebagai *cementitious* (bahan pengganti sebagian semen) ini sebagai solusi penggunaan semen yang proses produksinya menyebabkan pencemaran udara pada lingkungan sekitar. Pencemaran udara oleh

pabrik semen, mempunyai dampak negatif bagi kesehatan dan lingkungan. Limbah terbesar yang dihasilkan adalah debu dan partikel yang termasuk limbah gas dan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

Berdasarkan inovasi yang ada pada limbah pecahan genteng dapat digabungkan dengan harapan memberikan hasil inovasi beton ringan yang baru. Inovasi tersebut adalah dengan memanfaatkan limbah pecahan serbuk genteng untuk *cementitious* (pengganti sebagian semen), kapur dan *aluminium powder* sebagai zat aditif untuk beton ringan. Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di atas, peneliti akan membahas tentang penggunaan limbah pecahan serbuk genteng sebagai *cementitious*, kapur dan penggunaan zat aditif *aluminium powder* pada beton ringan non-struktural.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas maka dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut.

1. Apakah kandungan senyawa yang terdapat dalam pecahan serbuk genteng yang ditinjau dengan pengujian *X-Ray Fluorescence (XRF)* dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen?
2. Berapa komposisi optimum penggunaan limbah pecahan serbuk genteng, kapur, dan *aluminium powder* untuk mencapai mutu yang direncanakan?
3. Bagaimana pengaruh penambahan limbah pecahan serbuk genteng, kapur, dan *aluminium powder* pada beton ringan non-struktural?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka didapat tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Mengetahui kandungan senyawa yang terdapat pada pecahan genteng yang dihaluskan menjadi serbuk yang digunakan sebagai pengganti sebagian semen dengan pengujian *X-Ray Fluorescence (XRF)*.
2. Mengetahui komposisi optimum dari penggunaan limbah serbuk genteng, kapur dan *aluminium powder* yang menghasilkan beton ringan non-struktural.

3. Untuk mengetahui kuat tekan dan berat jenis pada beton ringan non-struktural yang telah direncanakan dengan menggunakan kapur, *aluminium powder* sebagai zat aditif dan penambahan serbuk genteng sebagai pengganti sebagian semen.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang pemanfaatan limbah serbuk genteng sebagai bahan pengganti sebagian semen untuk campuran beton ringan non-struktural.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang penggunaan kapur dan zat aditif *aluminium powder* sebagai pengisi rongga pada pasta semen untuk memperoleh beton ringan non-struktural.
3. Mengembangkan penelitian tentang penggunaan beton ringan non-struktural dengan pemanfaatan serbuk pecahan genteng, kapur dan *aluminium powder*.

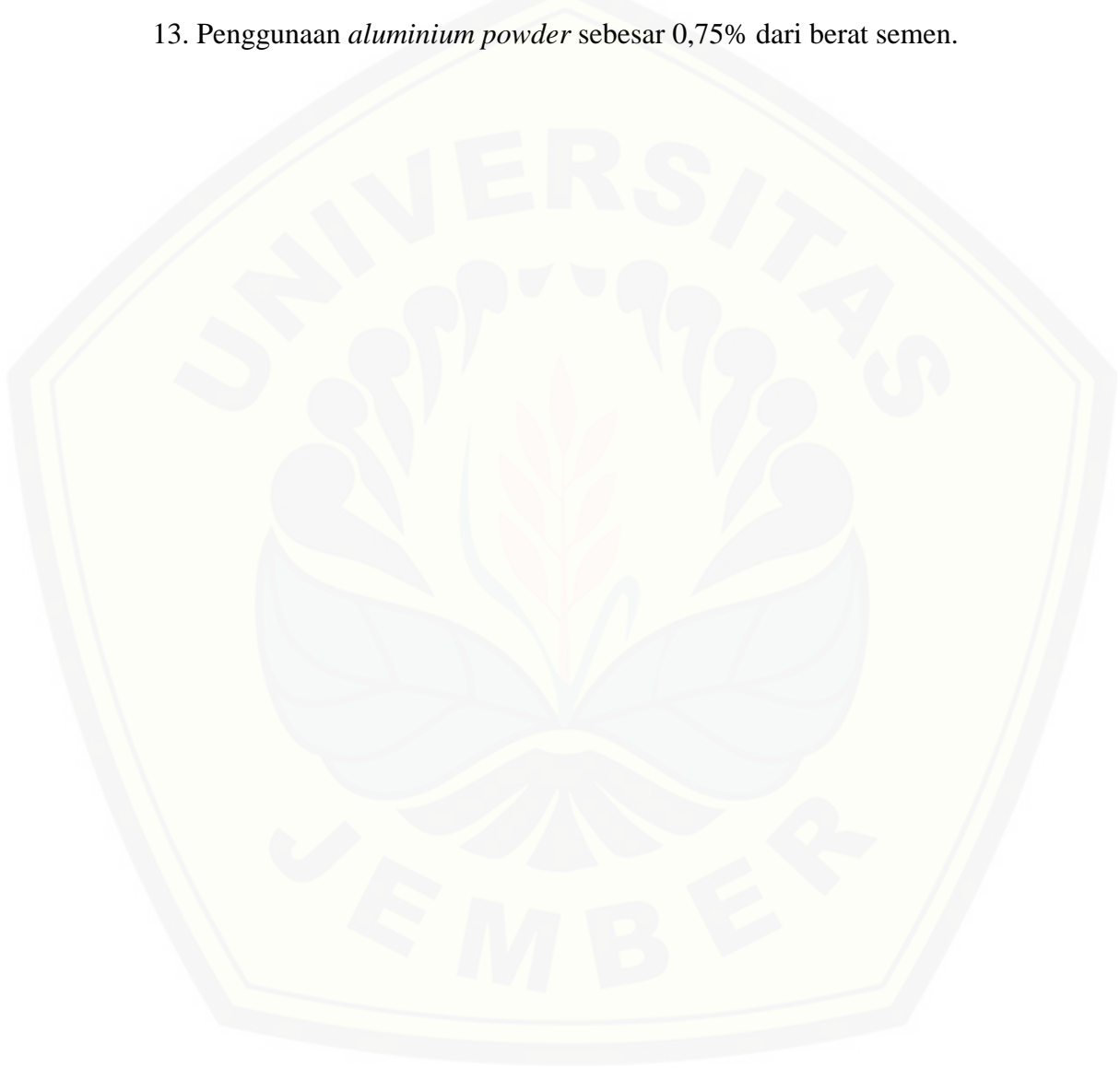
#### 1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan tidak meluas dan didapat hasil penelitian lebih terfokus maka diberikan batasan masalah sebagai berikut.

1. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Jember.
2. Pecahan serbuk genteng didapat dari sentra pengrajin genteng press Desa Kunir Lor, Kecamatan Kunir, Kabupaten Lumajang.
3. Kapur yang digunakan adalah jenis kapur padam.
4. Semen yang digunakan adalah semen Puger.
5. Pasir yang digunakan adalah pasir Lumajang.
6. *Aluminium powder* yang digunakan diperoleh dari toko Way-Yo Chemical
7. Hanya dilakukan pengujian kuat tekan dan berat jenis.
8. Perawatan benda uji dilakukan dengan perawatan kering.
9. Pengujian *X-Ray Diffraction (XRD)* di Laboratorium Jurusan Material dan Metalurgi ITS Surabaya.



10. Pengujian X-Ray Fluorescence (XRF) di Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang.
11. Umur pengujian tiap sampel beton ringan pada 7 dan 28 hari.
12. Variasi penambahan serbuk genteng dan kapur sebagai pengganti sebagian semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.
13. Penggunaan *aluminium powder* sebesar 0,75% dari berat semen.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Beton Ringan

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lainnya baik sebagai komponen struktural maupun non-struktural. Dalam penerapannya beton memiliki kelemahan pada berat yang begitu besar, sehingga membebani struktur utama yang menopang. Besarnya berat beton ini disebabkan oleh agregat yang mengisi beton itu sendiri.

Salah satu cara untuk mengurangi berat beton yang berat, digunakan agregat ringan sebagai pengganti agregat normal sehingga menjadikan beton yang memiliki berat jenis ringan. Beton ringan dibagi menjadi dua jenis sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Beton ringan struktural merupakan beton yang menggunakan agregat ringan dengan ketentuan tidak melampaui berat isi maksimum beton  $1850 \text{ kg/m}^3$  dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan yang disyaratkan. Adapun beton ringan non-struktural memiliki kuat tekan hancur di bawah beton ringan struktural. Beton ringan non-struktural tidak digunakan sebagai penopang utama berat bangunan. Dalam penggunaannya beton ringan non-struktural cenderung digunakan sebagai bahan penutup seperti dinding *precast*, bata beton, *roof deck*, paving.

### 2.2. Jenis Beton Ringan

Beton ringan menurut SNI 03-3449-2002 tentang beton ringan dibagi menjadi dua jenis, beton ringan struktural dan beton ringan non-struktural. Beton ringan didesain sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan pada bangunan yang direncanakan. Beton ringan struktural pada penerapannya didesain sebagai penopang struktur bangunan dan memenuhi ketentuan kuat tekan minimum 17,24 MPa dan maksimum 41,36 MPa. Beton ringan struktural harus memiliki berat jenis di bawah  $1850 \text{ kg/m}^3$ . Sedangkan beton isolasi adalah beton ringan yang

mempunyai berat isi kering oven maksimum  $1440 \text{ kg/m}^3$ . Beton ringan isolasi mempunyai kuat tekan maksimum 17,24 Mpa dan kuat tekan minimumnya adalah 6,68 Mpa. Dari uraian di atas untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Jenis Beton ringan berdasarkan kuat tekan dan berat jenisnya

Konstruksi beton ringan	Beton ringan		Jenis agregat ringan
Struktural			<ul style="list-style-type: none"> <li>• agregat yang dibuat melalui proses pemanasan batu serpih, batu apung, batu sabak, terak besi atau abu terbang</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimum</li> <li>• Maksimum</li> </ul>	17,24 41,36	1400 1850	
Struktural ringan			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregat mangan alami seperti scoria atau batu apung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimum</li> <li>• Maksimum</li> </ul>	6,89 17,24	800 1400	
Struktur sangat ringan, sebagai isolasi maksimum		800	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendit atau vermikulit</li> </ul>

Sumber : SK SNI 03-3449-2002

### 2.3. Bahan Penyusun Beton

Bahan dasar pembentuk bata beton pada penelitian ini terdiri dari, semen, pasir, kapur, serbuk genteng dan *aluminium powder*. Adapun bahan untuk bata beton normal hanya menggunakan semen, pasir dan air saja

#### 2.3.1. Semen Portland

Semen portland adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis) dengan batu gips sebagai bahan tambahan. Semen berfungsi sebagai pereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak dan homogen. Semen portland sesuai dengan tujuan pemakaian dibagi menjadi 5 (lima) tipe sesuai dengan Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F, yaitu:

1. Tipe I Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Tipe II Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Tipe III Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah..
5. Tipe V Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Jenis semen lain juga diatur dalam SNI 15-0302-2004 tentang semen semen portland pozzolan dan SNI 15-7064-2004 tentang semen portland komposit.

1. Semen portland pozzolan (*portland pozzoland cement*) adalah semen yang dibuat dari campuran homogen semen portland bersamaan dengan bahan yang mempunyai sifat pozzolan. Campuran beton dan mortar menggunakan semen portland pozzolan mempunyai sifat pengerjaan yang mudah, namun akan terjadi perpanjangan waktu pengikatan. Kekuatan tekan beton dengan semen pozzolan pada umur awal lebih rendah tetapi pada umur lama akan semakin tinggi karena masih terjadi reaksi antara silika aktif pozzolan dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  membentuk senyawa CSH.
2. Semen portland komposit (*portland composite cement*) adalah semen yang dibuat dari hasil penggilingan terak semen portland dan gips dengan bahan anorganik. Bahan anorganik yang dicampur dapat

lebih dari satu macam misalnya terak tanur tinggi, pozzolan, senyawa silikat, batu kapur dan sebagainya

### **2.3.2. Alumunium powder**

*Alumunium powder* merupakan bahan aditif yang digunakan untuk mengembangkan campuran beton. *Alumunium powder* ditambahkan dengan tujuan mengurangi berat beton, namun tidak mengurangi volume beton yang direncanakan. *Alumunium powder* dalam penggunaannya ditaburkan secara langsung dalam campuran bata beton. Dalam penggunaannya *alumunium powder* ditambahkan sebesar 0,5-1 % dari berat semen.

### **2.3.3 Pasir**

Pasir merupakan agregat alami yang didapat dari alam yang bisa berasal dari letusan gunung berapi, sungai, dalam tanah dan pantai. Menurut SK-S-4-1989-F disebutkan mengenai persyaratan agregat halus memiliki ketentuan sebagai berikut:

1. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan kurang dari 2,2.
2. Sifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
  - a) Jika dipakai natrium sulfat bagian hancur maksimal 12%.
  - b) Jika dipakai magnesium sulfat bagian halus maksimal 10%.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, apabila pasir mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
4. Susunan besar butir pasir mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam.
5. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
6. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang diakui.

7. Agregat halus yang digunakan untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan pasir pasangan.

Pasir memiliki syarat gradasi yang dibagi menjadi 4 zona dilampirkan pada tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Syarat batas gradasi pasir

Lubang ayakan (mm)	Berat tembus Kumulatif %							
	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4,8	90	100	90	100	90	100	95	100
2,4	60	95	75	100	85	100	95	100
1,2	30	70	55	100	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

Zone 1 = Pasir Kasar

Zone 2 = Pasir Agak Kasar

(sumber : SNI 03-1968-1990)

Zone 3 = Pasir Halus

Zone 4 = Pasir Agak Halus

### 2.3.4 Kapur

Kapur adalah sebuah batuan sedimen terdiri dari *mineral calcite* (*Calcium carbonate*). Penggunaan kapur sudah lama dikenal sebagai bahan ikat dalam pembuatan tembok, pilar dan sebagainya. Dalam pembuatannya batu kapur mengandung *Calcium carbonat* ( $\text{CaCO}_3$ ). Dengan pemanasan tinggi karbon oksida yang terkandung dan tersisa kandungan kapur saja ( $\text{CaO}$ ). Kalsium Oksida yang diperoleh (*quicklime*) dari hasil pembakaran ini bila ditambah dengan air mengambang dan retak-retak. Dari penambahan air dihasilkan panas yang dikeluarkan selama proses ini dan hasilnya adalah kalsium hidroksida ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Proses ini disebut *slaking* adapun hasilnya yaitu kalsium hidroksida disebut *slakelime/hydrated lime* atau lebih dikenal kapur padam. Kapur juga memiliki beberapa jenis, antara lain:

- a. Kapur Tohor ( $\text{CaO}$ ) : hasil pembakaran batu alam yang komposisinya sebagian besar berupa kalsium karbonat

- b. Kapur Padam ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) : Hasil pemadaman kapur tohor dengan air dan membentuk hidrat
- c. Kapur Udara : Kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu dapat mengeras di udara karena pengikatan karbon dioksida
- d. Kapur Hidrolis : kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu dapat mengeras baik di dalam air atau di udara

Kapur sebagai bahan pengikat ini sangat dipengaruhi oleh sifat-sifatnya sebagai berikut:

1. Kapur mempunyai sifat plastik yang baik, dalam arti tidak getas.
2. Sebagai bahan pengikat, kapur dapat mengeras dengan mudah dan cepat, sehingga memberikan kekuatan pengikat kepada dinding.
3. Mudah dikerjakan, tanpa harus melalui proses pabrik

Pemanfaatan batu kapur diantara :

- a. Bahan Bangunan

Bahan bangunan yang dimaksud adalah kapur yang dipergunakan untuk plester, adukan pasangan bata, pembuatan semen tras ataupun semen merah.

- b. Bahan Penstabilan Jalan Raya

Pemakaian kapur dalam bidang pemantapan fondasi jalan raya termasuk rawa yang dilaluinya. Kapur ini berfungsi untuk mengurangi plastisitas, mengurangi penyusutan dan pemuaian pondasi jalan raya.

- c. Sebagai Bahan Ikat pada Beton

Bila dipakai bersama-sama semen portland, sifatnya menjadi lebih baik dan dapat mengurangi kebutuhan semen portland.

### 2.3.5 Genteng

Genteng adalah suatu unsur bangunan yang berfungsi sebagai atap yang terbuat dari tanah liat atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar pada suhu yang cukup tinggi hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dengan air. Tanah liat memiliki mineral silika dan alumina yang cukup besar sehingga apabila tanah liat ini dibakar pada suhu tertentu akan mengeras.

Dalam penelitian ini dilakukan pemanfaatan limbah genteng press Desa Kunir Lor, Kecamatan Kunir, Kabupaten Lumajang. Limbah yang digunakan adalah hasil dari kegagalan produksi genteng yang pecah, retak atau hancur. Limbah genteng digunakan sebagai *cementitious* pada campuran beton yang direncanakan. *Cementitious* adalah bahan pengganti sebagian semen. Pada pemanfaatan limbah genteng sebagai *cementitious* perlu ditumbuk terlebih dahulu hingga halus seperti semen. Setelah pecahan genteng halus menjadi serbuk, kemudian disaring menggunakan ayakan No.200. Hasil dari serbuk yang lolos saringan No.200 nantinya yang akan digunakan sebagai *cementitious*. Sebelum digunakan sebagai *cementitious*, serbuk genteng terlebih dahulu dilakukan pengujian XRF (*X-Ray Fluorescence*). Pengujian XRF dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung didalam serbuk genteng tersebut. Hasil dari pengujian XRF (*X-Ray Fluorescence*) yang telah dilakukan di Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang dilampirkan dalam Tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Komposisi kimia serbuk genteng

No	Unsur Kimia	Jumlah (%)
1	Fe	49,17
2	Si	24,5
3	Al	12,03
4	Ca	7,60
5	Ti	2,12
6	Ni	1,29
7	K	0,95
8	Mn	0,67
9	Sr	0,57
10	Lain-lain	1,1



Dari hasil pengujian XRF yang telah dilakukan kandungan Fe, Si dan Al yang dominan terkandung dalam serbuk genteng sebagai pozzolan. Standar mutu pozzolan menurut ASTM C618-92a dibedakan menjadi tiga kelas, dimana setiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. Pozzolan mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Sesuai dengan persyaratan pada ASTM C618-92a, kandungan pozzolan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.4 Persyaratan kimia pozzolan

Komposisi	Kelas		
	N	F	C
Jumlah $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (min, %)	70.0	70.0	70.0
$\text{SO}_3$ (max, %)	4.0	5.0	5.0
$\text{Na}_2\text{O}$ (max, %)	1.5	1.5	1.5
Kadar kelembaban (max, %)	3.0	3.0	3.0
Hilang pijar (max, %)	10	6	12

Keterangan : Kelas N : Pozzolan alam atau hasil pembakaran, pozzolan alam yang dapat digolongkan dalam jenis ini seperti tanah *diatomic*, *opaline cherts* dan *shales*, *tuff* dan abu vulkanik atau *purmicite*, dimana bisa diproses melalui pembakaran atau tidak. Selain itu juga berbagai material hasil pembakaran yang mempunyai pozzolan yang baik.

Kelas C : Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub-bitumen batubara.

Kelas F : Fly ash yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub-bitumen batubara.

(sumber : ASTM C618-92a)

### 2.3.6 Air

Air adalah bahan yang diperlukan pada campuran bata agar bereaksi dengan semen dan menjadi pelumas antara butir-butir agregat sehingga mudah dikerjakan dan dipadatkan. Persyarat air yang baik untuk dapat digunakan sebagai bahan bangunan, sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI 1982) adalah sebagai berikut:

- 1) air harus bersih,
- 2) tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat oleh mata,

- 3) tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gr/lit,
- 4) tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton lebih dari 5 gr/lit.

#### **2.4. Penelitian pendahulu**

Penelitian pendahulu diperlukan dalam sebuah penelitian baru. Dengan adanya penelitian pendahulu dapat memudahkan penelitian baru serta dijadikan acuan pada penelitian yang akan dilaksanakan. Berikut adalah Tabel 2.5 yang berisi beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan limbah pecahan serbuk genteng, kapur dan *aluminium powder* , diantaranya sebagai berikut

Tabel 2.5 Penelitian pendahulu

No	Judul Penelitian dan Penulis	Objek Acuan	Metode	Hasil Penelitian
1	Pengaruh Tumbukan Genteng Keramik Terhadap Pengurangan Berat Semen Ditinjau Dari Kuat Tekan Paving Block Wikana dan Wawuru, 2013.	Serbuk genteng	- Metode perbandingan 1:4 (semen:pasir) - Pengujian kuat tekan dan penyerapan	Hasil kuat tekan tertinggi sebesar 23,1 Mpa pada campuran 0% tumbukan serbuk genteng. Kuat tekan <i>paving block</i> dengan tumbukan genteng keramik pada variasi 5%, 10%, 15%, 20% menghasilkan kuat tekan 22,15 Mpa, 21,4 Mpa, 21,3 Mpa, 19,5 Mpa. Dari hasil tersebut didapat serbuk genteng sebagai pengganti sebagian semen memenuhi syarat fisis kuat tekan minimal paving block sebesar 21,41 Mpa yakni tingkat mutu B sesuai SNI 03-0691-1996.
2	Kuat Tekan Batako Dengan Penambahan Semen Merah Dari Limbah Gerabah Anggakusuma, 2014.	Limbah gerabah	- Metode perbandingan eksperimental	Limbah gerabah memiliki kandungan unsur silika. Penambahan semen semen merah dari limbah gerabah sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% terhadap berat

			- Pengujian kuat tekan dan penyerapan air	semen dengan gradasi lolos saringan No. 200. Hasil yang didapat pada nilai kuat tekan dengan penambahan persentase semen merah sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% adalah 25,47 kg/cm <sup>2</sup> , 36,43 kg/cm <sup>2</sup> , 37,81 kg/cm <sup>2</sup> , 31,85 kg/cm <sup>2</sup> , 27,27 kg/cm <sup>2</sup> . Dengan hasil tersebut memenuhi kriteria persyaratan bata beton pejal IV sesuai dengan SNI 03-0349-1989. Nilai daya serap air yang dihasilkan dengan variasi persentase sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% adalah 15,22%, 12,47%, 7,28%, 6,58%, dan 10,87%.
3	Pengaruh Penggunaan Bahan Tambahan (Accelerator Admixture), Kapur Dan Pengaruh Curing Pada Pembuatan Bata Beton Ringan Sebagai Alternatif Pengganti Bata Merah. Leslie, 2012.	Serbuk Kapur	- Metode perbandingan - Pengujian kuat tekan	Penggunaan kapur membuat bata beton ringan yang dihasilkan menjadi jauh lebih ringan dibandingkan yang tidak menggunakan. Namun penggunaan kapur membuat kuat tekan bata beton ringan tersebut menurun sekitar 13%-18%

				dibandingkan yang tidak menggunakan kapur. Bata beton ringan yang dihasilkan dengan menggunakan kapur lebih ringan 14,29%-25% dibanding tanpa menggunakan kapur.
4	Kuat Tekan Beton Geopolymer Dengan Bahan Utama Bubuk Lumpur Lapindo Dan Kapur Pujianto, 2013.	Serbuk Kapur	<ul style="list-style-type: none"><li>- Metode mix design</li><li>- Pengujian kuat tekan</li></ul>	Penambahan kapur menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton geopolymer normal. Semakin banyak kapur padam yang digunakan pada beton geopolymer berbahan dasar lumpur lapindo, maka akan menghasilkan kuat tekan yang tinggi. Kuat tekan yang dihasilkan dengan penambahan kapur padam sebesar 5%, 10%, 15%, 20% ,25%, 30% berturut-turut sebesar 1,299 MPa, 1,967 MPa, 2,977 MPa, 4,506 MPa, 6,820 MPa dan 10,324 MPa.

5	<p>Pemanfaatan Lumpur Lapindo (LUSI) Bakar Untuk Campuran Beton Ringan Dengan Tambahan <i>Aluminium powder</i> Prasetya, 2013.</p>	<p><i>Aluminium powder</i> dan serbuk kapur</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metode perbandingan persentase</li> <li>- Pengujian kuat tekan dan berat volume</li> </ul>	<p>Penambahan <i>aluminium powder</i> dan kapur non aktif berpengaruh pada berat volume. Semakin banyak persentase dari aluminum powder dan kapur non aktif yang digunakan maka berat volume pasta juga akan semakin kecil.</p>
6	<p>Lumpur Sidoarjo Bakar, Fly Ash Sebagai Substitusi Semen Dan Kapur (<math>\text{Ca(OH)}_2</math>) Untuk Campuran Beton Ringan Dengan Menggunakan Bubuk Alumunium Sebagai Bahan Pengembang Pahlevi, 2013.</p>	<p><i>Aluminium powder</i> dan serbuk kapur</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metode perbandingan persentase</li> <li>- Pengujian kuat tekan dan berat volume</li> </ul>	<p>Hasil beton ringan yang dihasilkan dengan komposisi optimum didapat pada proporsi M<sub>25-0,5-0,5</sub> (semen 10%- kapur 25%- Lumpur 32,5%- Fly Ash 32,5%- Alumunium 0,5%) dengan kuat tekan 2,43 dan berat sebesar 966 kg/m<sup>3</sup> dengan benda uji kubus 5cm x 5cm x 5cm</p>



## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian tentang pemanfaatan limbah genteng sebagai pengganti sebagian semen dan penambahan *aluminium powder* serta penambahan kapur ini dilakukan mulai bulan Desember 2016 sampai dengan Mei 2017. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember. Untuk pengujian *X-Ray Diffraction* dilakukan di Laboratorium Jurusan Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Pengujian *X-Ray Fluoresence (XRF)* dilakukan di Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang.

### 3.2. Persiapan Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Timbangan.
2. Gelas Ukur.
3. Satu Set Saringan ASTM.
4. Loyang.
5. Mesin *Sieve Shaker*.
6. Perojok Besi.
7. *Scoop*.
8. Gerobak Dorong.
9. Oven.
10. Alat pengaduk beton (*concrete mixer*) atau molen.
11. Cetakan beton ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
12. Mesin uji kuat tekan hancur (*Digital Compression Test*).
13. Alat bantu lainnya.

#### 3.2.2 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



1. Semen

Semen yang digunakan adalah semen PPC Produksi PT. Semen Puger.

2. Agregat halus (pasir).

Pasir yang digunakan pada penelitian adalah pasir daerah Lumajang.

3. Pecahan genteng press

Pecahan genteng press yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Desa Kunir Lor, Kecamatan Kunir, Kabupaten Lumajang

4. Bahan Pengembang (*Aluminium powder* )

*Aluminium powder* digunakan untuk mengurangi berat volume pada beton ringan yang direncanakan

5. Kapur

Kapur yang digunakan untuk penelitian ini adalah jenis kapur padam.

6. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari saluran air bersih yang ada pada Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember

### 3.3 Pengujian Material

Pada penelitian ini dilakukan pengujian material untuk mendapatkan data material yang akan digunakan sebagai bahan material penelitian. Data hasil pengujian material ini akan digunakan sebagai acuan perhitungan desain. Pengujian setiap material memiliki standar pengujian yang digunakan. Berikut adalah acuan yang digunakan pada pengujian material yang digunakan:

Tabel 3.1 Acuan standar pengujian material

Pengujian Material	Standar Pengujian
Analisa saringan agregat	SNI 03-1968-1990
Berat volume agregat halus	SNI 03-4804-1998
Berat jenis dan resapan agregat halus	SNI 03-1970-2008

Setelah mengetahui acuan yang digunakan pada pengujian material yang digunakan, dilakukan pengujian material. Berikut adalah pengujian material yang dilakukan pada penelitian ini :

### 3.3.1 Pengujian Material Agregat Halus

Pada pengujian agregat halus ini dilakukan dengan tujuan mengetahui sifat-sifat yang terkandung pada agregat halus. Pengujian agregat halus yang dilakukan pada penelitian ini dijelaskan sebagai berikut :

#### a. Berat Volume Agregat Halus (SNI 03-4804-1998)

##### 1) Alat dan Bahan

- i. Timbangan
- ii. Takaran berbentuk silinder
- iii. Alat perojok dari besi dengan diameter 16 mm dan panjang 610 mm
- iv. Sekop
- v. Pasir kering

##### 2) Langkah-Langkah Pengujian

- a. Tanpa rojokan
  - i. Menimbang silinder dalam keadaan kering
  - ii. Mengisi silinder dengan pasir dan diratakan
  - iii. Menimbang silinder + pasir.
- b. Dengan rojokan
  - i. Menimbang silinder dalam keadaan kering
  - ii. Mengisi silinder 1/3 bagian dengan pasir kemudian dirojok 25 kali sampai silinder penuh, tiap-tiap bagian dirojok 25 kali
  - iii. Menimbang silinder + pasir

##### 3) Perhitungan

$$BV = \frac{(W_2 - W_1)}{V} = \text{g/cm}^3 \dots \dots \dots (3.1)$$

$W_1$  = Berat silinder (g)

$W_2$  = Berat silinder + pasir (g)

$V$  = Volume silinder ( $\text{cm}^3$ )

$BV$  = Berat Volume ( $\text{g/cm}^3$ )

## c. Berat Jenis Agregat Halus (SNI 03-1970-2008)

## 1) Alat dan Bahan

- i. Timbangan
- ii. Picnometer
- iii. Kerucut dan batang penumbuk
- iv. Loyang
- v. Oven yang dilengkapi pengatur suhu sampai  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$
- vi. Pasir kondisi SSD (pasir yang sudah direndam selama 24 jam)

## 2) Langkah-Langkah Pengujian

- i. Menimbang picnometer
- ii. Menimbang pasir kondisi SSD sebanyak 50 gram
- iii. Memasukkan pasir ke dalam picnometer kemudian ditimbang
- iv. Picnometer yang berisi pasir diisi air sampai penuh dan dipegang miring (diputar-putar) hingga gelembung udara keluar
- v. Picnometer diisi air hingga batas kapasitas dan ditimbang beratnya
- vi. Picnometer kosong diisi air hingga batas kapasitas dan ditimbang beratnya

## 3) Perhitungan

$$\text{BJ pasir} = \frac{W1}{W1+W3-W2} \dots\dots\dots(3.2)$$

$W1$  = Berat pasir SSD (g)

$W2$  = Berat picnometer + air + pasir (g)

$W3$  = Berat picnometer + air (g)

## d. Air Resapan Agregat Halus (SNI 03-1970-2008)

## 1) Alat dan Bahan

- i. Timbangan analitis
- ii. Oven
- iii. Loyang
- iv. Pasir kondisi SSD (pasir yang sudah direndam selama 24 jam)

## 2) Langkah-Langkah Pengujian

- i. Menimbang pasir kondisi SSD sebanyak 100 gram
- ii. Memasukkan oven selama 24 jam
- iii. Pasir dikeluarkan dan setelah dingin ditimbang

## 3) Perhitungan

$$\text{KAR} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.3)$$

KAR = Kadar Air Resapan (%)

$W_1$  = Berat pasir (g)

$W_2$  = Berat pasir (g)

## e. Kelembaban Agregat Halus (SNI 03-1970-2008)

## 1) Alat dan Bahan

- i. Timbangan dengan ketelitian 0.1% berat contoh
- ii. Oven yang dilengkapi pengatur suhu sampai  $110 \pm 5^\circ \text{C}$
- iii. Loyang
- iv. Pasir dalam keadaan kering asli

## 2) Langkah-Langkah Pengujian

- i. Pasir dalam keadaan kering asli ditimbang beratnya 250 gram
- ii. Pasir dimasukkan oven selama 24 jam dengan temperatur  $110 \pm 50$
- iii. Mengeluarkan pasir dari oven, setelah dingin ditimbang beratnya.

## 3) Perhitungan

$$P = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.4)$$

P = Kadar air benda uji (%)

$W_1$  = Massa benda uji (g)

$W_2$  = Massa Benda uji kering oven (g)

## f. Analisa Saringan Agregat Halus (SNI 03-1968-1990)

Kekerasan pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar.

Tabel 3.2 Batas gradasi agregat halus

Lubang ayakan (mm)	Berat tembus Kumulatif %							
	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4,8	90	100	90	100	90	100	95	100
2,4	60	95	75	100	85	100	95	100
1,2	30	70	55	100	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

Zone 1 = Pasir Kasar

Zone 3 = Pasir Halus

Zone 2 = Pasir Agak Kasar

Zone 4 = Pasir Agak Halus

(sumber : SNI 03-1968-1990)

#### 1) Alat dan Bahan

Bahan dan alat praktikum yang digunakan :

- i. Satu set ayakan ASTM
- ii. Timbangan
- iii. Oven yang dilengkapi pengatur suhu sampai  $110 \pm 5$  °C
- iv. loyang
- v. *Shieve Shaker*
- vi. Sikat kuningan
- vii. Pasir dalam keadaan kering oven.

#### 2) Langkah-Langkah Pengujian

- i. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu  $110 \pm 5$  °C
- ii. Memasukkan pasir dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan di atas, dan digetarkan dengan *Shieve Shaker* selama 15 menit.
- iii. Pasir yang tertinggal dalam ayakan ditimbang.
- iv. Mengontrol berat pasir terhadap beban semula.

### 3.3.2 Pengujian Material Kapur

Material kapur hanya dilakukan tahap pengujian analisis saringan. Kapur yang akan digunakan harus lolos saringan No. 200 dengan tujuan agar gradasi butiran kapur sama dengan ukuran butiran pada semen dan serbuk genteng yang akan digunakan pada campuran beton. Setelah proses penyaringan bubuk kapur padam, kapur siap digunakan untuk campuran beton yang direncanakan.

### 3.4 Perawatan pada limbah genteng

Perawatan pada limbah genteng dilakukan dengan tujuan untuk menjadikan pecahan genteng dijadikan dalam bentuk serbuk. Adapun proses perawatan akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Mengubah bentuk Limbah genteng
  - i. Siapkan alat dan bahan
  - ii. Pecahan genteng dalam bentuk bongkahan dihaluskan dalam bentuk serbuk sampai halus
  - iii. Setelah dalam bentuk serbuk kemudian dilakukan analisis saringan
  - iv. Serbuk yang digunakan adalah yang lolos saringan 200
  - v. Keluarkan hasil serbuk genteng dari saringan
  - vi. Timbang setiap hasil untuk mencapai proporsi kebutuhan.

#### 2. Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD)

Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui sifat kritisilasi unsur kimia dari limbah genteng yang akan digunakan sebagai pengganti sebagian semen. Pengujian XRD dilakukan di Laboratorium Jurusan Material dan Metalurgi ITS Surabaya. Hasil dari pengujian *X-Ray Diffraction* ini ditampilkan dalam sebuah grafik yang menunjukkan sifat kritisilasi unsur kimia yang terkandung pada pecahan genteng press tersebut.

#### 3. Pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF)

Pengujian XRF ini dilakukan untuk mengetahui kandungan persentase unsur kimia dari limbah genteng yang akan digunakan sebagai pengganti sebagian semen. Pengujian XRF dilakukan di Laboratorium Sentral

Universitas Negeri Malang. Hasil dari pengujian *X-Ray Fluoresence* ini ditampilkan dalam tabel persentase dan sebuah grafik yang menunjukkan kandungan/komposisi unsur kimia yang terkandung pada pecahan genteng press tersebut.

### 3.5 Variabel Penelitian

Variabel merupakan sesuatu yang menjadi objek pengamatan penelitian, dapat juga disebut sebagai faktor yang berperan dalam penelitian. Variabel dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu sebagai berikut :

#### 3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi timbulnya terjadi variabel terikat. Variabel bebas yang terdapat dalam penelitian ini adalah variasi penggunaan serbuk genteng untuk pengganti semen dan kapur pada beton ringan

#### 3.5.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat yang ditimbulkan karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah :

- a. Nilai kuat tekan
- b. Berat jenis beton

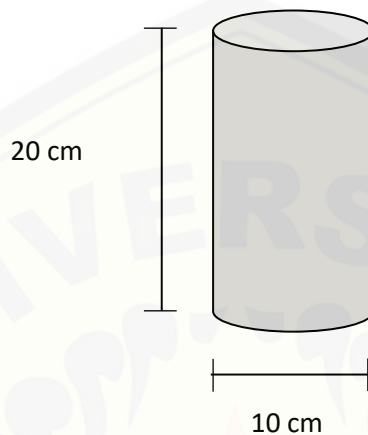
#### 3.5.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel tetap yang digunakan sebagai pembanding variabel lain yang digunakan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan, dan berat jenis beton ringan antara lain:

- a. Faktor air semen 0,6
- b. Pasir dan semen 1 ; 2
- c. *Aluminium powder* 0,75% dari berat semen
- d. Cara perawatan benda uji hanya disimpan pada suhu ruangan
- e. Umur benda uji 7 hari dan 28 hari

### 3.6 Model Benda Uji yang digunakan

Pengujian beton ringan terdiri dari pengujian kuat tekan dan berat jenis. Untuk pengujian beton dilakukan setelah benda uji mencapai umur yang ditentukan. Hasil kuat tekan didapat dari nilai rata-rata benda uji setelah dilakukan pengujian.



Gambar 3.1 Model benda uji beton ringan

Ukuran benda uji yang digunakan adalah silinder dengan tinggi 20 cm dan diameter 10 cm. Benda uji tersebut digunakan untuk pengujian kuat tekan maupun pengujian berat jenis (SNI 03-2461-2002)

### 3.7 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan dengan metode konvensional. Penggunaan metode konvensional adalah dengan membuat campuran sendiri dari material air, semen, serbuk genteng, pasir, kapur dan *aluminium powder* dengan proporsi yang berbeda. Tujuannya adalah untuk mencari proporsi yang optimal dari setiap penggunaan bahan tersebut. Sebelum melakukan pembuatan benda uji terlebih dahulu dilakukan percobaan pembuatan benda uji. Tujuan dari pembuatan percobaan benda uji untuk mengetahui proporsi awal benda uji utama yang akan digunakan. Pada penelitian ini pasir, air, dan *aluminium powder* sebagai variabel kontrol, sedangkan serbuk genteng, kapur dan semen sebagai variabel bebas yang sesuai dengan tujuan penelitian. Penggunaan proporsi campuran air, semen, serbuk genteng, pasir, kapur dan *aluminium powder* direncanakan sebagai berikut:



Tabel 3.3 Komposisi benda uji

Benda Uji	Semen	Serbuk Genteng	Kapur	<i>Alumunium powder</i>	Faktor Air Semen	Pegujian Tekan	
						7 Hari	28 Hari
BU <sub>1</sub>	100%	0%	0%	0.75%	0.6	3	3
BU <sub>2</sub>	90%	5%	5%	0.75%	0.6	3	3
BU <sub>3</sub>	80%	10%	10%	0.75%	0.6	3	3
BU <sub>4</sub>	70%	15%	15%	0.75%	0.6	3	3
BU <sub>5</sub>	60%	20%	20%	0.75%	0.6	3	3
						Total	30

Alat dan bahan untuk pembuatan benda uji :

- 1) Alat Tulis dan Catatan
- 2) Semen
- 3) Pasir
- 4) Serbuk pecahan genteng
- 5) Timbangan
- 6) Ember
- 7) *Alumunium powder*
- 8) Cetakan silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm

Prosedur Penelitian :

- 1) Siapkan alat dan bahan.
- 2) Timbang material sesuai komposisi rencana.
- 3) Campurkan material semen, serbuk genteng, bubuk kapur, aluminium powder sampai rata kemudian pasir
- 4) Setelah campuran semen, serbuk genteng, bubuk kapur, *alumunium powder* dan pasir homogen kemudian tuangkan air secara perlahan sedikit demi sedikit
- 5) Campurkan semua material sampai homogen
- 6) Tuangkan campuran benda uji ke dalam cetakan yang sudah diolesi minyak.

- 7) Biarkan campuran benda uji pada cetakan selama 24 jam hingga mengeras.
- 8) Lepaskan cetakan campuran benda uji.

### 3.8 Perawatan Benda Uji

Perawatan pada benda uji ini dilakukan dengan tujuan menjaga kondisi benda uji agar tetap optimal sampai saat pengujian. Campuran benda uji yang digunakan adalah air, pasir, semen, kapur, serbuk genteng dan *alumunium powder*. Perawatan benda uji ini dilakukan dengan cara menyimpan benda uji bata ringan dalam suhu ruangan. Tujuan pada perawatan benda uji dengan menyimpan pada suhu ruangan adalah agar benda uji yang mengandung gelembung akibat penambahan *alumunium powder* dapat bertahan seperti kondisi awal. Benda uji tidak direndam karena menjaga agar benda uji yang mengandung gelembung tidak terisi oleh air.

### 3.9 Pengujian Benda Uji Beton Ringan

Pengujian beton ringan ini dilakukan uji kuat tekan dan berat isi. Pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 03-1974-1990 sedangkan pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-1973-1990. Di bawah ini akan dijelaskan tata cara pengujian kuat tekan dan berat jenis adalah sebagai berikut.

#### 3.9.1 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan analisis data untuk mengetahui hasil kuat tekan yang dihasilkan oleh benda uji yang sudah dibuat. Pengertian kuat tekan adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan. Benda uji ditentukan kuat tekannya apabila pengerasan lapisan sedikitnya telah berumur 3 hari. Pengujian benda uji dilakukan pada 3 benda uji kemudian diambil nilai rata-rata dari hasil yang didapat.

Untuk mendapatkan hasil kuat tekan pada masing-masing benda uji beton ringan dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma'_x = \frac{P}{A} \left( \frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{P/A}{g} (kg/cm^2) \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana :

$\sigma'$  : Kuat tekan hancur umur  $x$  hari, dalam MPa atau dalam  $kg/cm^2$

$P$  : Gaya yang ditunjukkan mesin pada saat pengetesan

$A$  : Luas permukaan tekan dalam  $mm^2$  atau  $cm^2$

$g$  : Percepatan gravitasi =  $9.8 m/s^2$

Langkah-langkah pengujian:

Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris
- 2) Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan antara 2 sampai 4  $kg/m^2$  perdetik.
- 3) Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi.

Dilakukan pengujian untuk hasil pengamatan pada hari ke 7 dan hari ke 28.

Dari hasil pengujian tersebut akan didapat hasil kuat tekan pada beton ringan yang direncanakan sebagai hasil akhir pada penelitian ini. Pengujian kuat tekan ini mengacu pada metode yang ada pada SNI 03-1974-1990.

### 3.9.2 Pengujian Berat Isi Beton

Pengujian berat isi beton ini bertujuan untuk mengetahui berat isi beton yang dibuat apakah sudah memenuhi berat beton rencana. Langkah-langkah pengujian berat isi beton akan dijelaskan dibawah ini yang mengacu pada peraturan SNI 03-1973-1990 adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan peralatan yang akan digunakan untuk pengujian berat isi seperti bekisting, beton dan neraca
- b. Beton yang akan ditimbang dituangkan kedalam cetakan. Setelah beton yang dituangkan sudah mencapai batas yang ditentukan maka dilakukan getaran dan ketukan dengan palu karet dengan tujuan memadatkan beton

pada cetakan. Beton ini tidak dirojok dikarenakan beton mengandung busa dan jika dirojok busa akan pecah.

- c. Diamkan sejenak sampai beton mengalami proses pengembangan dengan sempurna.
- d. Ratakan benda uji yang telah dibuat, dan kemudian timbang beratnya.
- e. Hitung besarnya berat benda uji dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{beton} = \frac{B_b}{V} \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana:

$W_{beton}$	= Berat isi beton ( $\text{kg/m}^3$ )
$B_b$	= Berat benda uji (kg)
$V$	= Volume benda uji ( $\text{m}^3$ )

### 1.10 Analisa dan Pembahasan

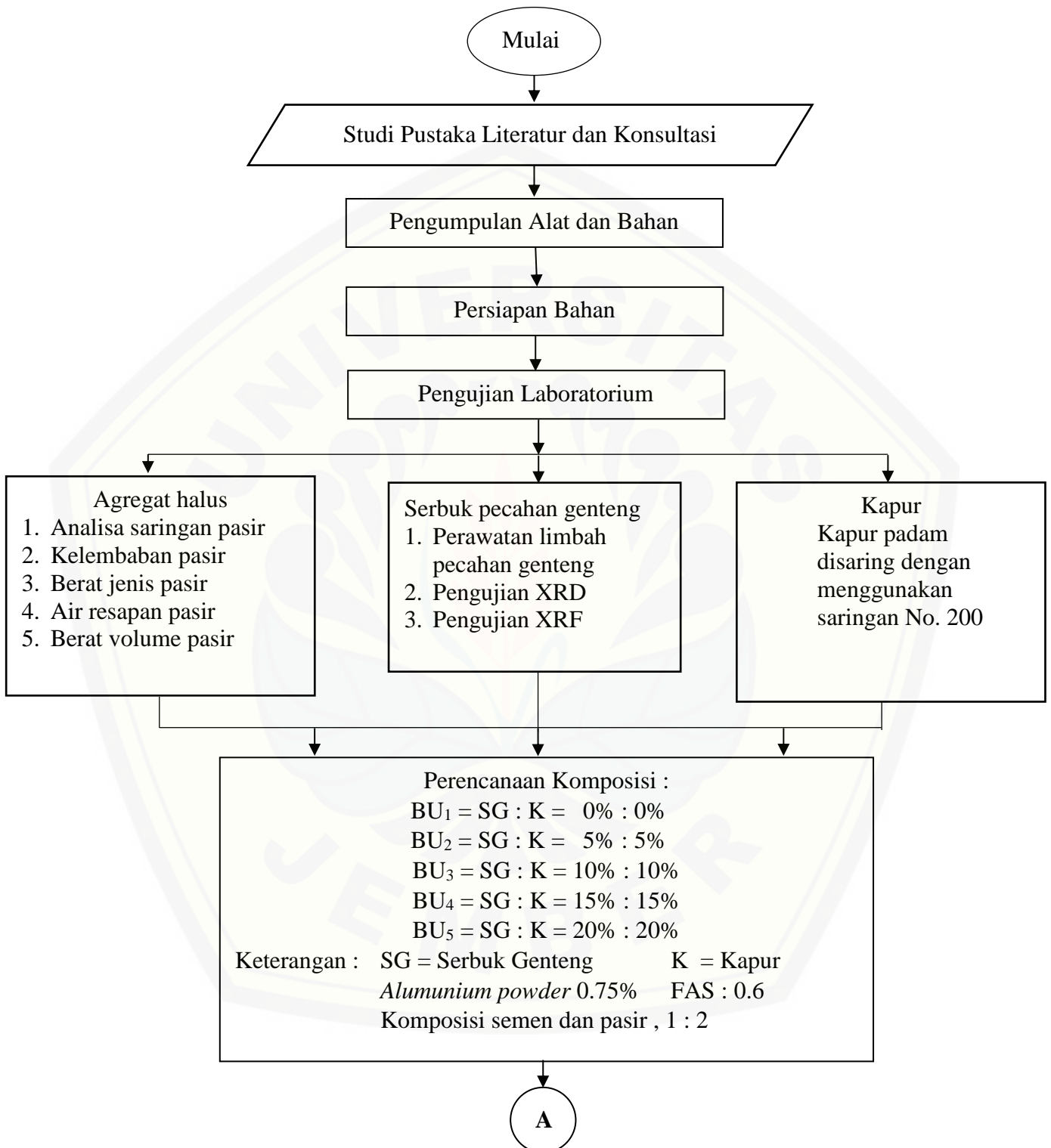
Pengujian terhadap kuat tekan dan berat jenis beton ringan telah dilakukan, kemudian analisis data. Analisis data ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hasil dari beton ringan yang telah rencanakan. Dari hasil pengujian akan didapat kekurangan serta kelebihan pada penelitian beton ringan yang telah dibuat.

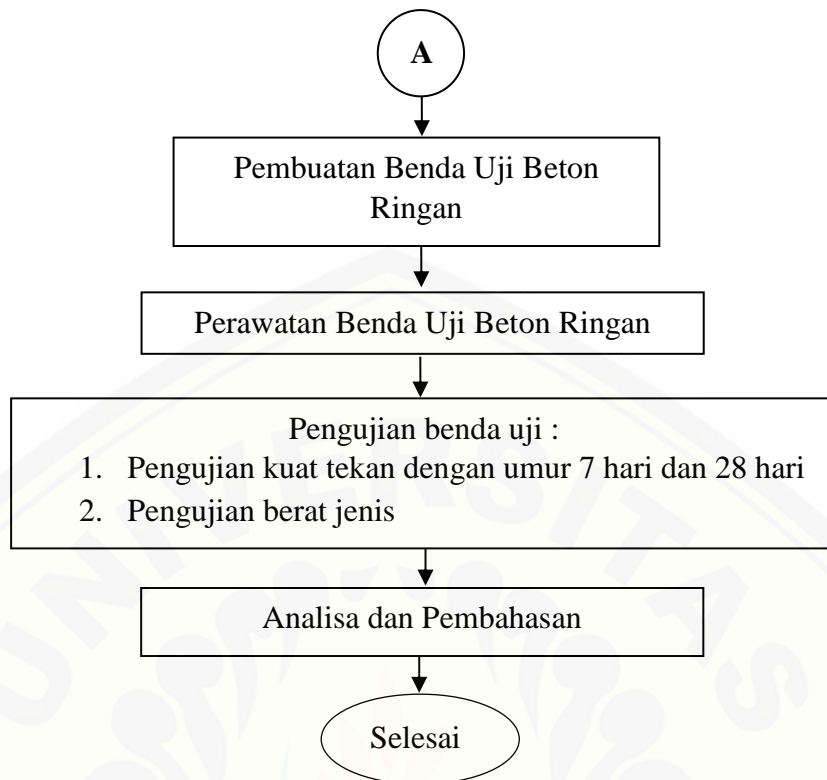
### 1.11 Kesimpulan

Dari semua tahapan proses sampai dengan analisis data dan pembahasan dapat ditarik sebuah kesimpulan. Kesimpulan tersebut nantinya akan menjelaskan tentang kelebihan dan kekurangan serta hasil dari penggunaan limbah genteng sebagai *cementitious*, kapur dan *aluminium powder*. Serta dapat menjelaskan pengaruh terhadap kuat tekan dan berat jenis pada beton ringan non struktural yang direncanakan.

### 1.12 Bagan Diagram Alir

Bagan diagram alir dibuat dengan tujuan untuk mempermudah dan mengontrol setiap item kegiatan penelitian yang dilakukan dengan dilampirkan pada *flowchart*. Dengan menggunakan *flowchart* memudahkan peneliti untuk melakukan tahap-tahap kegiatan penelitiannya. Diagram alir dilampirkan sebagai berikut :





Gambar 3.2 Bagan diagram alir penelitian



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapat kesimpulan, sebagai berikut:

1. Kandungan senyawa pada Serbuk genteng dari hasil uji XRF masuk dalam persyaratan pozzolan N, namun tidak mampu digunakan sebagai pengganti sebagian semen. Serbuk genteng yang digunakan sebagai pengganti sebagian semen justru menghasilkan penurunan kuat tekan.
2. Penggunaan serbuk genteng, serbuk kapur dan *alumunium powder* tidak mendapatkan hasil optimum karena hanya menghasilkan beton dengan berat jenis ringan dan kuat tekan rendah. Namun penggunaan serbuk kapur pada campuran beton yang mengandung *alumunium powder* dapat meringankan berat volumenya.
3. Hasil kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi 1 dengan nilai kuat tekan sebesar  $12,704 \text{ kg/cm}^2$  dan berat volume sebesar  $1141,231 \text{ kg/m}^3$ . Sedangkan hasil berat volume teringan terdapat pada variasi 2 dengan berat volume sebesar  $880,828 \text{ kg/m}^3$  dan kuat tekan sebesar  $8,868 \text{ kg/cm}^2$ .

### 5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan menghasilkan saran sebagai berikut :

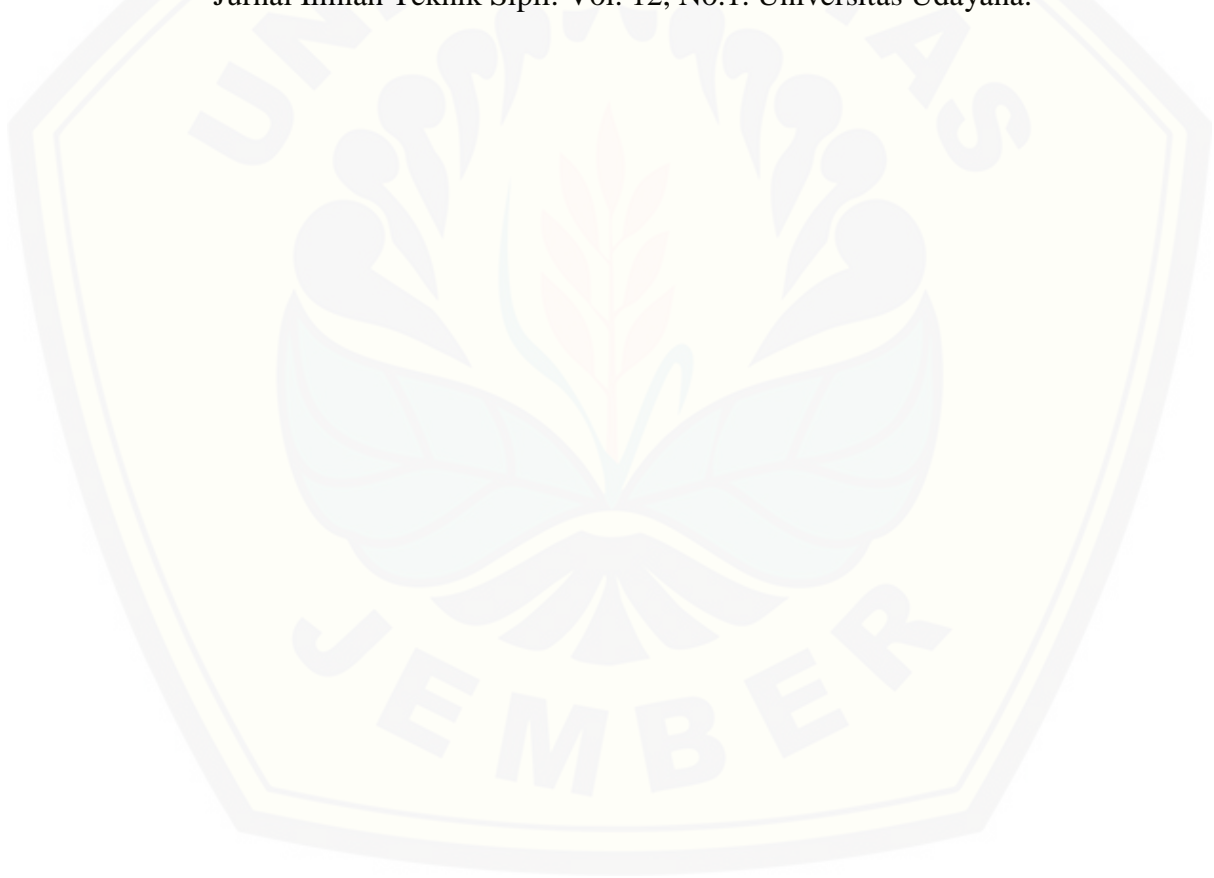
1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan proporsi optimum dari penggunaan serbuk genteng sebagai *cementitious*, serbuk kapur dan *alumunium powder* pada beton ringan.
2. Selain penambahan serbuk genteng, kapur dan *alumunium powder*, perlu kajian lebih lanjut tentang penambahan material/zat adiktif lain yang dapat meningkatkan kuat tekan dan meringankan berat volumenya.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk penambahan presentase genteng lebih tinggi dari kapur untuk mengetahui pengaruh kuat tekan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anggakusuma, R. D., Supardi dan E. Purwanto. 2014. *Kuat Tekan Batako Dengan Penambahan Semen Merah Dari Limbah Gerabah*. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta. Hal. 328
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. *SNI 03-0349-1989: Bata Beton untuk Pasangan Dinding*
- Badan Standarisasi Nasional, 1989. *SK SNI S-04-1989-F : Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1968-1990: Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-3449-2002: Tata Cara Rencana Pembuatan Beton Ringan Dengan Agregat Ringan*
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. *SNI 03-4804-1998: Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *SNI 15-2049-2004: Semen Portland*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *SNI 1970-2008: Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*.
- Habeahan, F. D. P, Nursyamsi. 2014. *Pengaruh perawatan (curing) pada beton dengan limbah abu boiler pabrik kelapa sawit (PKS) sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan beton*. Jurnal Tugas Akhir Universitas Sumatera Utara
- Leslie., D. R. Teruna dan R. Karolina. 2012. *Pengaruh Penggunaan Bahan Tambahan (Accelerator Admixture), Kapur Dan Pengaruh Curing Pada Pembuatan Bata Beton Ringan Sebagai Alternatif Pengganti Bata Merah*. Jurnal Tugas Akhir Universitas Sumatera Utara
- Malek, N. A., Yusof, A. M. 2007. *Removal of Cr(III) from Aqueous Solution Using Zeolite NaY Prepared from Rice Husk Ash*. The Malaysian Journal of Analytical Sciences. 11 (1) : 76-83.
- Orthmer K. 1984. *Encyclopedia of Chemical Technology*. USA : John Wiley and Son Inc
- Pahlevi, D. P., J. J. Ekaputri dan Triwulan. 2013. *Lumpur Sidoarjo Bakar, Fly Ash Sebagai Subtitusi Semen Dan Kapur (Ca(OH)<sub>2</sub>) Untuk Campuran Beton Ringan Dengan Menggunakan Bubuk Aluminium Powder Sebagai Bahan Pengembang*. Jurnal Teknik POMITS. Vol. 1, No.1 Hal. 1-3
- Prasetya W. C. 2014. *Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo (LUSI) Bakar Untuk Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Tambahan Aluminium Powder*. Jurnal Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

- Pujianto, A., N. A. Azila.,D. C. Martyana dan Hendra. 2013. *Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Bahan Utama Bubuk Lumpur Lapindo dan Kapur. Universitas Sebelas Maret (UNS)*
- Pusat Penelitian dan Pengembangan 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)*
- Sebayang. P., Muljadi., M. Ginting dan Hendry. 2010. *Pembuatan Keramik Gerabah Berbasis Limbah Padat dari Industri Pulp dan Tanah Liat. Teknologi Indonesia LIPI. No.33. Hal. 79-85*
- Wikana, I. dan D. Wawuru. 2013. *Pengaruh Tumbukan Genteng Keramik Terhadap Pengurangan Berat Semen Ditinjau Dari Kuat Tekan Paving Block. Makalah Ilmiah UKRIM edisi 1/th XVIII*
- Wirryasa N. M. A dan Sudarsana I. W. 2009. *Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Bahan Substitusi Semen Dalam Pembuatan Bata Beton Pejal. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Vol. 12, No.1. Universitas Udayana.*



LAMPIRAN A

A. PENGUJIAN MATERIAL

1. Pengujian agregat halus

Tabel A.1 Pengujian Agregat Halus

No	Pengujian	Nilai	Standar
1	Analisa saringan pasir	Zona 2	SNI 03-1968-1990
2	Kelembaban pasir	1,74	ASTM C 556-71
3	Berat jenis pasir	2,693	SNI S-04-1989-F 2-2,9
4	Air resapan pasir	1,11%	SNI S-04-1989-F max 3%
5	Berat volume pasir	1,295 gram/cm <sup>3</sup>	SNI T-15-1990 1,3-1,9 gram/cm <sup>3</sup>

2. pengujian XRF serbuk genteng

23-Jan-2017 14:15:04

**Sample results - Averages**

Page 1

Sample ident
Serbuk genteng

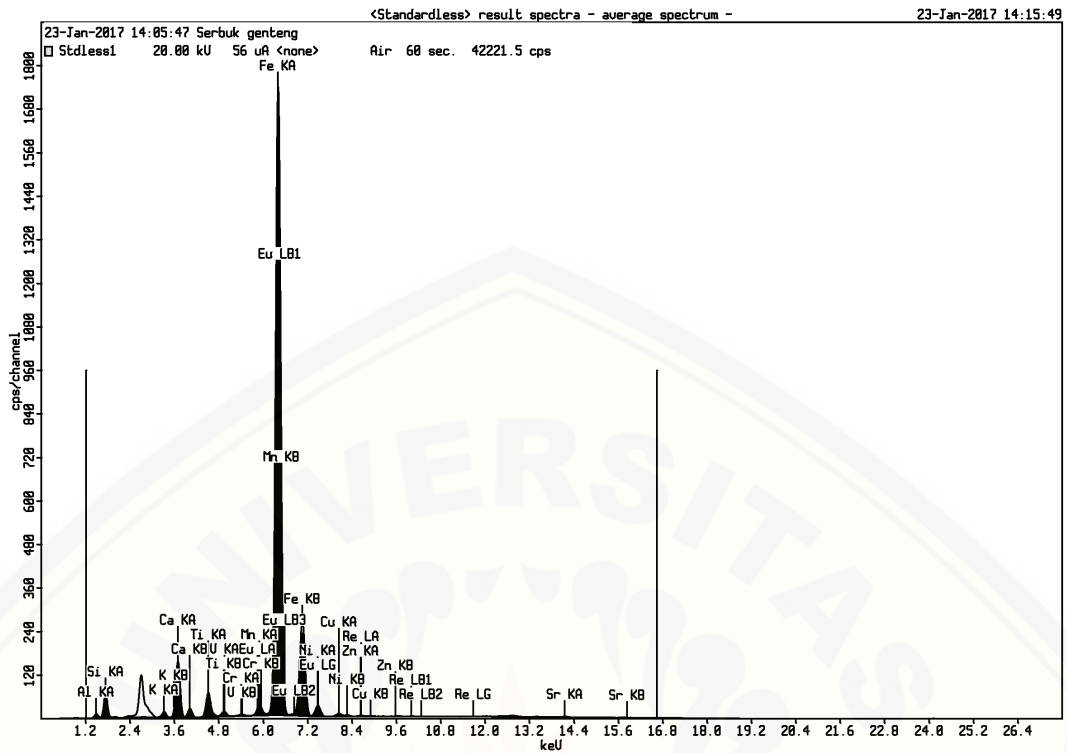
Application	<Standardless>
Sequence	Average of 3
Measurement period - start	23-Jan-2017 13:51:32
Measurement period - end	23-Jan-2017 14:05:47
Position	1

Compound	Al	Si	K	Ca	Ti	V
Conc	12 +/- 0.3	24.5 +/- 0.08	0.95 +/- 0.008	7.58 +/- 0.02	2.10 +/- 0.02	0.16 +/- 0.002
Unit	%	%	%	%	%	%

Compound	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn
Conc	0.081 +/- 0.002	0.67 +/- 0.002	48.91 +/- 0.26	1.29 +/- 0.008	0.37 +/- 0.01	0.07 +/- 0.008
Unit	%	%	%	%	%	%

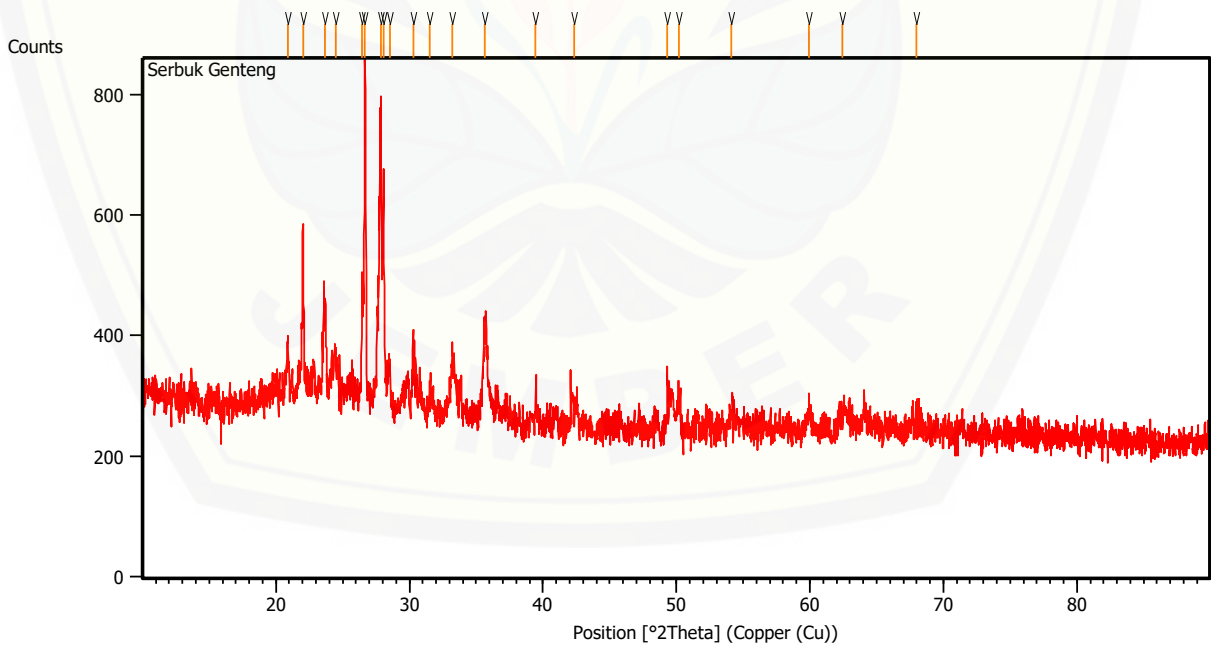
Compound	Sr	Eu	Re
Conc	0.57 +/- 0.04	0.51 +/- 0.01	0.3 +/- 0.02
Unit	%	%	%

Gambar A. 1 Komposisi Senyawa Kimia Sebuk Genteng



Gambar A. 2 Spectra Serbuk Genteng

### 3. Pengujian XRD Serbuk Genteng



Gambar A.3 Pola XRD Serbuk Genteng

Tabel A.2 Daftar Puncak ( $^{\circ}2\theta$ ) Abu Sekam Padi

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ .]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ .]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
20.8936	97.58	0.1338	4.25174	16.92
22.0235	292.94	0.0836	4.03610	50.79
23.6523	150.44	0.2342	3.76172	26.08
24.4832	78.28	0.2007	3.63590	13.57
26.4606	215.66	0.0502	3.36851	37.39
26.6622	576.81	0.0669	3.34350	100.00
27.8736	518.12	0.0335	3.20088	89.82
28.0652	394.45	0.0669	3.17946	68.38
28.5245	78.11	0.2007	3.12931	13.54
30.3023	94.03	0.1004	2.94964	16.30
31.5276	26.60	0.4015	2.83775	4.61
33.2283	97.09	0.3346	2.69629	16.83
35.6159	141.66	0.1673	2.52083	24.56
39.4298	25.32	0.4015	2.28534	4.39
42.3231	44.83	0.4015	2.13557	7.77
49.3197	105.97	0.0612	1.84622	18.37
50.2054	56.61	0.2676	1.81721	9.81
54.1226	27.65	0.4015	1.69458	4.79
59.9291	37.64	0.2676	1.54353	6.53
62.4525	27.20	0.8029	1.48709	4.71
67.9707	18.75	0.8029	1.37918	3.25

## LAMPIRAN B

## B. PERHITUNGAN KEBUTUHAN BENDA UJI

Tabel B.1 Perhitungan Benda Uji Variasi 1

kebutuhan benda variasi uji 1			
silinder 10x20 semen pasir (1:2) , AP=0.75%			Jumlah
faktor aman		keterangan	
pasir	1323.719	fas 0.6 hasil = metode campur genteng aluminium, semen kemudian pasir hingga rata. Diaduk dengan air 2menitan.	3
semen	564.120		
serbuk genteng	0.000		
aluminium powder	4.231		
kapur	0.000		
air	338.472		

Tabel B.2 Perhitungan Benda Uji Variasi 2

kebutuhan benda variasi uji 2			
silinder 10x20 semen pasir (1:2) , AP=0.75% SG=5%, K=5%			Jumlah
faktor aman		keterangan	
pasir	1323.719	fas 0.6 hasil = metode campur genteng aluminium, semen kemudian pasir hingga rata. Diaduk dengan air 2menitan.	3
semen	507.708		
serbuk genteng	36.386		
aluminium powder	4.231		
kapur	36.386		
air	338.472		

Tabel B.3 Perhitungan Benda Uji Variasi 3

kebutuhan benda uji variasi 3			
silinder 10x20 semen pasir (1:2) , AP=0.75% SG=10%, K=10%			Jumlah
faktor aman		keterangan	
pasir	1323.719	fas 0.6 hasil = metode campur genteng aluminium, semen kemudian pasir hingga rata. Diaduk dengan air 2menitan.	3
semen	451.296		
serbuk genteng	72.771		
aluminium powder	4.231		
kapur	72.771		
air	338.472		

Tabel B.4 Perhitungan Benda Uji Variasi 4

kebutuhan benda uji variasi 4			
silinder 10x20 semen pasir (1:2) , AP=0.75% SG=15%, K=15%			Jumlah
faktor aman	0.925	keterangan	
pasir	1323.719	fas 0.6 hasil = metode campur genteng aluminium, semen kemudian pasir hingga rata. Diaduk dengan air 2menitan.	3
semen	394.884		
serbuk genteng	109.157		
aluminium powder	4.231		
kapur	109.157		
air	338.472		

Tabel B.5 Perhitungan Benda Uji Variasi 5

kebutuhan benda uji variasi 5			
silinder 10x20 semen pasir (1:2) , AP=0.75% SG=20%, K=20%			Jumlah
faktor aman	0.925	keterangan	
pasir	1323.719	fas 0.6 hasil = metode campur genteng aluminium, semen kemudian pasir hingga rata. Diaduk dengan air 2menitan.	3
semen	338.472		
serbuk genteng	145.543		
aluminium powder	4.231		
kapur	145.543		
air	338.472		

## LAMPIRAN C

## C. HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN DAN BERAT VOLUME

## C.1 BENDA UJI UMUR 7 HARI

Tabel C.1 Hasil uji kuat tekan dan berat volume variasi 1 umur 7 hari

variasi 1 (0%)							
no	pembuatan	pengujian	berat benda uji	berat jenis	hasil uji tekan	hasil mpa	kg/cm
1	19-Apr-17	26-Apr-17	1878.5	1196.497	9.89	1.26	12.847
2			1822.5	1160.828	5.38	0.69	6.989
3			1823.5	1161.465	6.45	0.82	8.379
		rata-rata	1841.500	1172.930	7.240	0.92	9.405

Tabel C.2 Hasil uji kuat tekan dan berat volume variasi 2 umur 7 hari

variasi 2 (5%)							
no	pembuatan	pengujian	berat benda uji	berat jenis	hasil uji tekan	hasil mpa	kg/cm
1	20-Apr-17	27-Apr-17	1718.3	1094.459	4.6	0.61	6.214
2			1762.5	1122.611	6.72	0.86	8.729
3			1718.4	1094.522	4.18	0.53	5.430
		rata-rata	1733.07	1103.864	5.167	0.67	6.791

Tabel C.3 Hasil uji kuat tekan dan berat volume variasi 3 umur 7 hari

variasi 3 (10%)							
no	pembuatan	pengujian	berat benda uji	berat jenis	hasil uji tekan	hasil mpa	kg/cm
1	21-Apr-17	28-Apr-17	1745.9	1112.038	4.46	0.57	5.794
2			1789.3	1139.682	5.25	0.67	6.820
3			1597.5	1017.516	3.39	0.43	4.404
		rata-rata	1710.9	1089.745	4.367	0.56	5.672



Tabel C.4 Hasil uji kuat tekan dan berat volume variasi 4 umur 7 hari

variasi 4 (15%)							
no	pembuatan	pengujian	berat benda uji	berat jenis	hasil uji tekan	hasil mpa	kg/cm
1	17-Apr-17	24-Apr-17	1790.6	1140.510	5.53	0.70	7.184
2			1791.7	1141.210	3.87	0.49	5.027
3			1735.9	1105.669	4.18	0.53	5.430
		rata-rata	1772.7	1129.130	4.527	0.58	5.880

Tabel C.5 Hasil uji kuat tekan dan berat volume variasi 5 umur 7 hari

variasi 5 (20%)							
no	pembuatan	pengujian	berat benda uji	berat jenis	hasil uji tekan	hasil mpa	kg/cm
1	20-Apr-17	27-Apr-17	1663.5	1059.554	5.07	0.65	6.586
2			2030.1	1293.057	5.91	0.75	7.677
3			1843.1	1173.949	4.05	0.52	5.261
		rata-rata	1845.6	1175.520	5.010	0.64	6.508

## C.2 BENDA UJI UMUR 28 HARI

Tabel C.6 Hasil uji kuat tekan dan berat volume variasi 1 umur 28 hari

variasi 1							
no	pembuatan	pengujian	berat benda uji	berat konversi	hasil uji tekan	hasil mpa	kg/cm
1	19-Apr-17	17-May-17	1762.7	1122.739	8.54	1.09	11.094
2			1781.8	1134.904	9.95	1.27	12.925
3			1830.7	1166.051	10.85	1.38	14.094
		rata-rata	1791.7	1141.231	9.780	1.25	12.704

Tabel C.7 Hasil uji kuat tekan dan berat volume variasi 2 umur 28 hari

variasi 2							
no	pembuatan	pengujian	berat benda uji	berat konversi	hasil uji tekan	hasil mpa	kg/cm
1	14-Apr-17	12-May-17	1322.9	842.611	6.25	0.80	8.119
2			1458.2	928.790	7.05	0.90	9.158
3			1367.6	871.083	7.18	0.91	9.327
rata-rata			1382.9	880.828	6.827	0.87	8.868

Tabel C.8 Hasil uji kuat tekan dan berat volume variasi 3 umur 28 hari

variasi 3							
no	pembuatan	pengujian	berat benda uji	berat konversi	hasil uji tekan	hasil mpa	kg/cm
1	15-Apr-17	13-May-17	1420.3	904.650	5.38	0.69	6.989
2			1384.5	881.847	5.07	0.65	6.586
3			1410.2	898.217	3.79	0.48	4.923
rata-rata			1405.0	894.904	4.747	0.60	6.166

Tabel C.9 Hasil uji kuat tekan dan berat volume variasi 4 umur 28 hari

variasi 4							
no	pembuatan	pengujian	berat benda uji	berat konversi	hasil uji tekan	hasil mpa	kg/cm
1	17-Apr-17	15-May-17	1658.5	1056.369	7.73	0.98	10.041
2			1763.4	1123.185	6.11	0.78	7.937
3			1758.5	1120.064	4.19	0.53	5.443
rata-rata			1726.8	1099.873	6.010	0.77	7.807

Tabel C.10 Hasil uji kuat tekan dan berat volume variasi 5 umur 28 hari

variasi 5							
no	pembuatan	pengujian	berat benda uji	berat konversi	hasil uji tekan	hasil mpa	kg/cm
1	18-Apr-17	16-May-17	1899.1	1209.618	7.61	0.97	9.885
2			1484.1	945.287	4.71	0.60	6.118
3			1946.6	1239.873	7.15	0.91	9.288
rata-rata			1776.6	1131.592	6.49	0.83	8.431

LAMPIRAN D

D. HASIL DOKUMENTASI



Penimbangan pasir



Penimbangan semen



Penumbukan genteng



Penimbangan semen



Hasil pengujian kadar air



Pengujian analisa saringan pasir



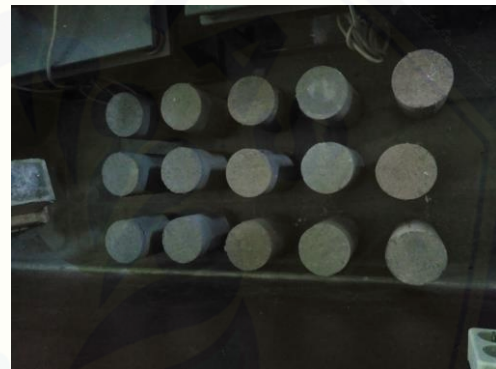
Proses pembuatan benda uji



Proses penuangan beton ke cetakan



Proses pemotongan benda uji yang mengembang



Proses perawatan benda uji



Proses pengujian kuat tekan



Hasil pengujian kuat tekan



Hasil pengujian berat volume



Benda uji setelah mengalami pengujian kuat tekan

Jember,.....

Teknisi Lab. Struktur