



**PENINGKATAN MUTU BETON RINGAN BERBAHAN DASAR  
POZZOLAND AKTIF LIMBAH GENTENG SEBAGAI *FILLER*  
DENGAN SUHU BAKAR 900°C**

***IMPROVED QUALITY LIGHTWEIGHT CONCRETE ACTIVE  
POZZOLAND WASTE TILE AS FILLER WITH 900°C FUEL  
TEMPERATURE***

**SKRIPSI**

Oleh :

**Moh. Fadli Yusriansyah**

**NIM. 141910301096**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**PENINGKATAN MUTU BETON RINGAN BERBAHAN DASAR  
POZZOLAND AKTIF LIMBAH GENTENG SEBAGAI *FILLER*  
DENGAN SUHU BAKAR 900°C**

**SKRIPSI**

Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat guna mendapatkan gelar sarjana teknik Studi S1 Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember

Oleh :

**Moh. Fadli Yusriansyah**

**NIM 141910301096**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT yang telah menciptakan alam semesta beserta isinya. Tak lupa juga sholawat serta salam semoga tetap tercurah limpahkan kepada Nabi terakhir umat manusia, Nabi Muhammad SAW. Disini penulis mempersembahkan skripsinya kepada :

1. Kedua orang tuaku tercinta, Ibu Muslimah dan Ayah Djoto Sudartono yang telah mendidik, memberikan dukungan baik moril maupun materiil dalam segala hal serta doa yang tak pernah putus.
2. Mbak kandungku tercinta, Alivia Mustika Devie Susanti yang telah memberi dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung.
3. Keluarga besar BEM (Badan Eksekutif Mahasiswa) Fakultas Teknik yang telah memberi banyak pelajaran tentang arti mahasiswa sesungguhnya.
4. Ustadz Hannan Attaki, Ustadz Adi Hidayat, dan Ustadz Syafiq Riza Basalamah yang telah banyak memberi pelajaran hidup.
5. Bapak serta Ibu Dosen Teknik Sipil Universitas Jember beserta jajarannya yang telah banyak berjasa membimbing selama proses perkuliahan.
6. Para guru-guruku pahlawan tanpa tanda jasa dari TK hingga SMA yang sangat berjasa membimbing dan memberi banyak ilmu.
7. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2014 terima kasih atas persahabatan yang luar biasa dan tak akan terlupakan.
8. Tim Struktur Rossy, Rizki, Imam, Anin, dan Amel yang telah memberi dukungan berupa hiburan dan semangat untuk terus tumbuh bersama.
9. Handi, Alam, Pandu, Dwi, Celia, Ira, Haris, Alvian, Wisnu, Yesan, Satrio, Januar, dan Via yang telah memberi dukungan secara langsung maupun tidak langsung selama menjalani proses perkuliahan.
10. Keluarga KKN CINOP 11 : Idho, Ibnu, Bayu, Novi, Nares, Aini, Inna, Ira, Citra terima kasih untuk kebersamaan, kekeluargaan, dan pengalaman baru yang tak akan terlupakan.

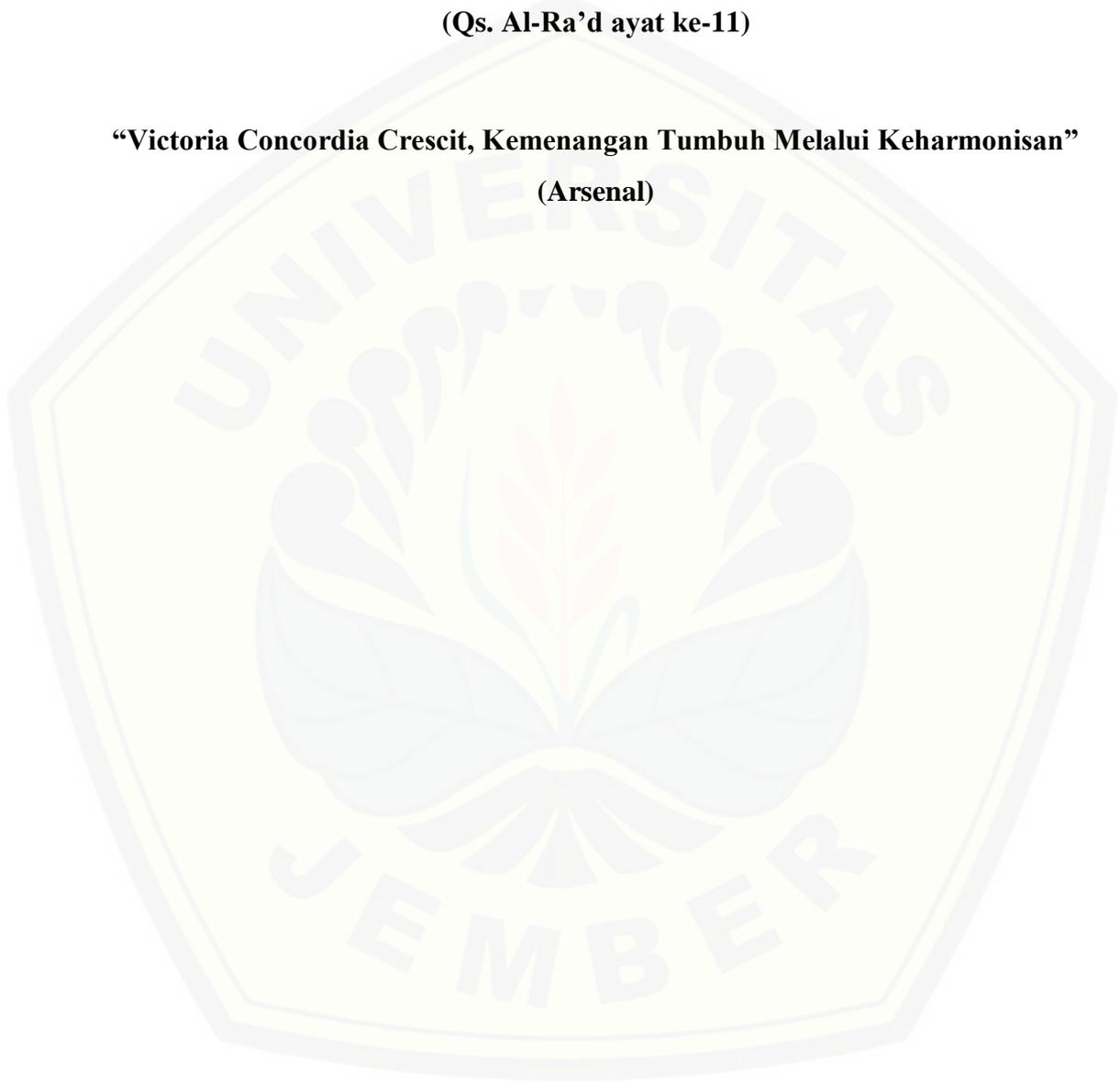
**MOTTO**

**“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum, kecuali kaum itu sendiri yang mengubah apa-apa yang pada diri mereka”**

**(Qs. Al-Ra’d ayat ke-11)**

**“Victoria Concordia Crescit, Kemenangan Tumbuh Melalui Keharmonisan”**

**(Arsenal)**



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Moh. Fadli Yusriansyah

Nim : 141910301096

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul **"Peningkatan Mutu Beton Ringan Berbahan Dasar *Pozzoland* Aktif Limbah Genteng Sebagai *Filler* Dengan Suhu Bakar 900°C"** adalah benar-benar karya sendiri, kecuali sumber kutipan yang telah diberikan penulis dan belum pernah diajukan pada skripsi manapun, dan bukan karya jiplakan. Penulis bertanggung jawab akan keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini penulis berikan dengan sebenarnya tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun seraf bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2018

Yang menyatakan,



Moh. Fadli Yusriansyah

141910301096

**SKRIPSI**

**PENINGKATAN MUTU BETON RINGAN BERBAHAN DASAR  
POZZOLAND AKTIF LIMBAH GENTENG SEBAGAI *FILLER*  
DENGAN SUHU BAKAR 900°C**

Oleh :

Moh. Fadli Yusriansyah  
NIM. 141910301096

Pembimbing,

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Hernu Suyoso, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Nanin Meyfa Utami, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul "**Peningkatan Mutu Beton Ringan Berbahan Dasar *Pozzoland* Aktif Limbah Genteng Sebagai *Filler* Dengan Suhu Bakar 900°C**", atas nama Moh. Fadli Yusriansyah (141910301096) telah diuji dan disahkan pada

Hari/Tanggal : Senin, 16 Juli 2018

Tempat : Ruang Dosen Lantai 3 Fakultas Teknik Universitas Jember

Dosen Pembimbing :

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota



Ir. Hernu Suyoso, S.T., M.T.  
NIP. 19551112 198702 1 001

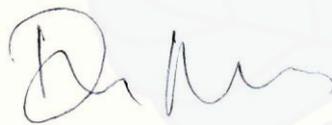


Nanin Meyfa U, S.T., M.T  
NIP. 760014641

Dosen Penguji :

Penguji Utama

Penguji Anggota

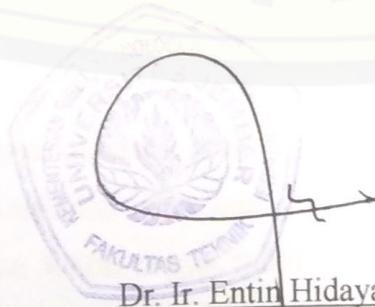


Dwi Nurtanto, S.T., M.T.  
NIP. 19731015 199802 1 001



Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T.  
NIP. 760016772

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik



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

## RINGKASAN

**Peningkatan Mutu Beton Ringan Berbahan Dasar *Pozzoland* Aktif Limbah Genteng Sebagai *Filler* Dengan Suhu Bakar 900°C; Moh. Fadli Yusriansyah, 141910301096; 2017; 79 halaman; S1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.**

Gempa bumi merupakan ancaman serius dalam bidang konstruksi di negara kepulauan seperti Indonesia. Semakin berat bangunan, maka gaya gempa yang dihasilkan semakin besar pula. Untuk mengurangi gaya gempa maka bangunan didesain seringan mungkin. Beberapa teknologi terus dikembangkan untuk mereduksi berat bangunan, seperti penggunaan baja ringan pada atap dan plafond sebagai pengganti kayu, bata beton ringan sebagai pengganti batu bata pada tembok. 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 kg/m<sup>3</sup>. Dalam hal ini beton ringan pada pemanfaatannya dapat dijadikan berbagai macam bentuk sesuai kebutuhan. Dalam pembuatan beton ringan *non structural* terdapat penambahan zat aditif maupun agregat ringan untuk lebih meringankan beratnya. Salah satu penggunaan zat aditif adalah penggunaan *alumunium powder*.

Inovasi yang digunakan tidak terbatas pada penambahan zat aditif *alumunium powder* akan tetapi juga pemanfaatan limbah sebagai bahan material beton sebagai salah satu alternatif dalam pemanfaatan limbah. 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 *filler* (bahan tambahan *pozzoland*), dan *alumunium powder* sebagai zat aditif untuk beton ringan. Hasil penambahan serbuk genteng yang digunakan sebagai *filler* pada setiap variasi tidak dapat meningkatkan nilai kuat tekan namun seluruh hasil benda uji masih memenuhi kriteria beton ringan yaitu dibawah 1850 kg/m<sup>3</sup>. Peningkatan kuat tekan terjadi pada variasi 3 dan 5 namun tidak melebihi variasi 1.

Pada benda uji pasta 5x5 cm dilakukan pencampuran bahan tanpa menggunakan *aluminium powder* ternyata hasilnya lebih maksimal, data yang diperoleh lebih akurat, hal ini dikarenakan pada metode pembuatan pasta yaitu hanya dengan semen dan serbuk genteng tidak ada material yang terbuang. Hasil pengujian benda uji beton ringan umur 28 hari tidak jauh dengan hasil uji pada umur 7, 14, dan 21 hari. Dimana terjadi penurunan kuat tekan pada variasi 2 dan kembali meningkat pada variasi 3 serta terjadi penurunan kembali pada variasi 4 dan meningkat lagi pada variasi 5. Hal tersebut dipengaruhi oleh nilai penyerapan serbuk genteng yang tinggi.

\*Kata Kunci : Beton ringan, pasta, *aluminium powder*, serbuk genteng, uji berat volume, dan uji kuat tekan.

## SUMMARY

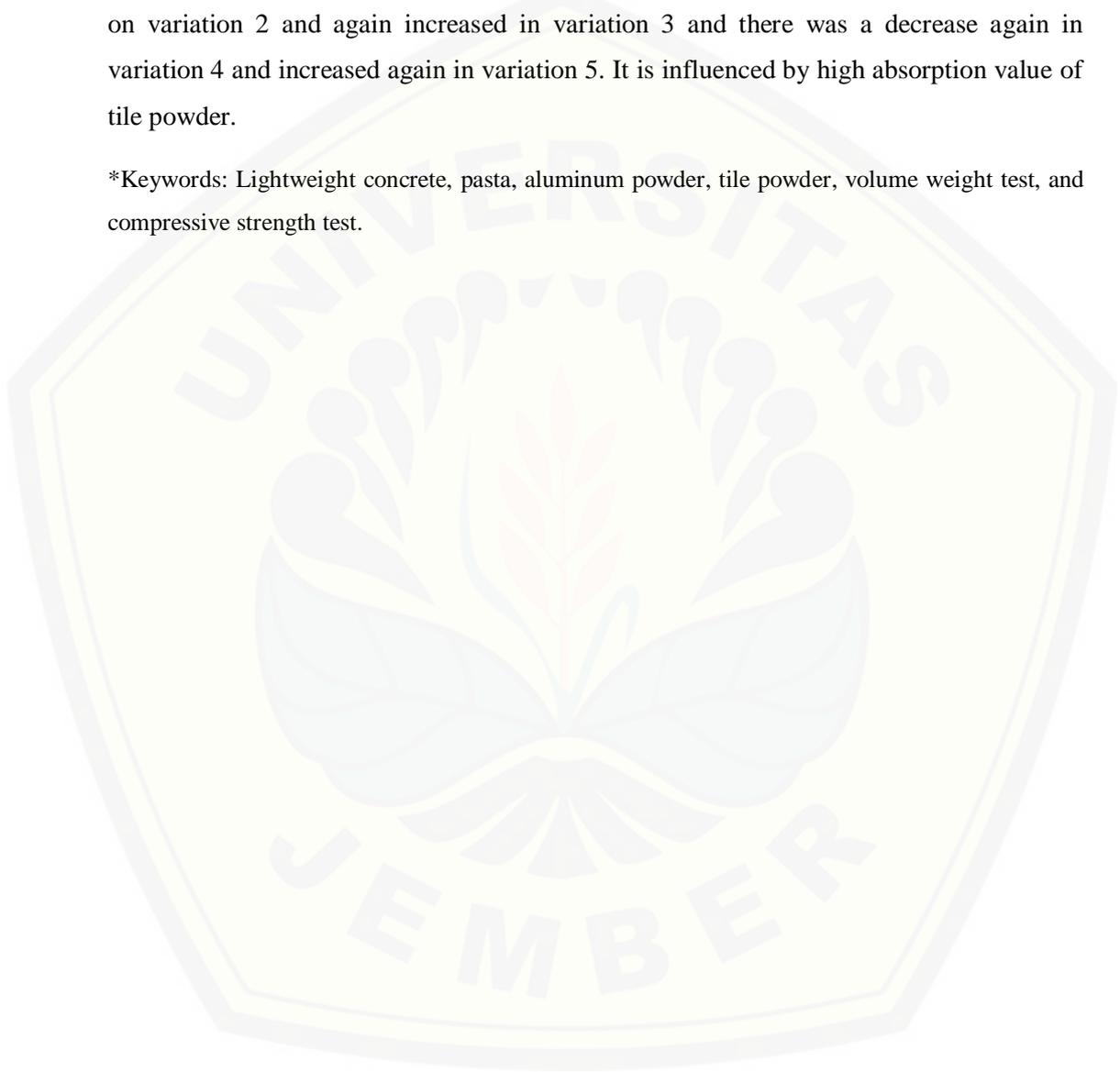
**Improved Quality Lightweight Concrete Active Pozzoland Waste Tile As Filler With 900°C Fuel Temperature;** Moh. Fadli Yusriansyah, 141910301096; 2017; 79 pages; S1 Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, Jember of University.

Earthquakes are a serious threat to construction in an archipelagic country such as Indonesia. The more weight the building, then the resulting seismic force the greater. To reduce the force of the earthquake, the building is designed as lightly as possible. Some technologies continue to be developed to reduce the weight of the building, such as the use of light steel on the roof and ceiling instead of wood, lightweight concrete brick instead of brick on the wall. Lightweight concrete is lightweight concrete and contains lightweight aggregates. According to SNI-03-3449-2002 lightweight concrete weighs not more than 1850 kg / m<sup>3</sup>. In this case lightweight concrete on the utilization can be made into various forms as needed. In the manufacture of non-structural lightweight concrete there is addition of additives and light aggregates to further lighten the weight. One use of additives is the use of aluminum powder.

The innovations used are not limited to the addition of aluminum powder additives but also the utilization of waste as a concrete material as an alternative in waste utilization. Based on existing innovations in tile fraction waste can be combined with the hope of providing new lightweight concrete innovation results. The innovation is to utilize waste shredded powder for filler (pozzoland additional ingredients), and aluminum powder as an additive for lightweight concrete. The result of the addition of tile powder used as filler in each variation can not increase the value of compressive strength but all the result of the test object still meet the criteria of light concrete that is under 1850 kg / m<sup>3</sup>. The increase in compressive strength occurs in variations 3 and 5 but does not exceed variation 1.

In the 5x5 cm paste, the mixing of the material without the use of aluminum powder turned out to be maximized, the data obtained more accurate, it is dikarenakan on the method of making the paste is only with cement and powder tile no material is wasted. The result of the test of light weight object of 28 days old was not far with the test result at age 7, 14, and 21 days. Where there was a decrease in compressive strength on variation 2 and again increased in variation 3 and there was a decrease again in variation 4 and increased again in variation 5. It is influenced by high absorption value of tile powder.

\*Keywords: Lightweight concrete, pasta, aluminum powder, tile powder, volume weight test, and compressive strength test.



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas karunia, rahmat dan hidayah-Nya sehingga yang berjudul " **Peningkatan Mutu Beton Ringan Berbahan Dasar *Pozzoland* Aktif Limbah Genteng Sebagai *Filler* Dengan Suhu Bakar 900°C** " ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik . Pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah mendukung dan membimbing dalam penyusunan tugas ini, khususnya yaitu :

1. Keluarga penulis, Ibu (Muslimah), Ayah (Djoto Sudartono), dan Mbak (Alivia Mustika Devie) yang senantiasa memberi dukungan dan motivasi kepada Penulis untuk tetap semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Ir. Hernu Suyoso, S.T.,M.T. dan Ibu Nanin Meyfa Utami, S.T.,M.T. yang telah membimbing, mengarahkan, masukan dan berbagi ilmu tanpa kenal lelah.
3. Bapak Dwi Nurtanto, S.T., M.T. dan Ibu Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T. yang telah menguji dan memberi masukan untuk penelitian ini.
4. Kepada seluruh dosen teknik khususnya teknik sipil yang telah mendidik penulis hingga menyelesaikan penelitian ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya.

Penyusun menyadari bahwa Skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu kritik dan saran yang mendukung kami harapkan untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan yang ada sehingga Skripsi ini bisa menjadi lebih baik lagi. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa khususnya Teknik sipil sekaligus bagi para pembaca.

Jember, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN COVER</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Beton Ringan .....	5
2.2 Jenis Beton Ringan .....	5
2.3 Bahan Penyusun Beton Ringan .....	6
2.3.1 Semen Portland .....	6
2.3.2 Agregat Halus .....	6
2.3.3 Limbah Genteng .....	8
2.3.3.1 Genteng Press Lumajang .....	8
2.3.3.1 Silika dan Kandungannya pada Serbuk Genteng .....	9
2.3.4 Air .....	9
2.3.5 Alumunium Powder .....	10
2.4 Penelitian Sebelumnya tentang Pemanfaatan Limbah Genteng .....	10
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	13
3.2 Persiapan Alat dan Bahan .....	13
3.2.1 Persiapan Alat .....	13
3.2.2 Bahan yang Digunakan .....	14
3.3 Pengujian Material .....	14
3.3.1 Pengujian Material Agregat Halus .....	15
3.3.2 Pembakaran Serbuk Genteng .....	19
3.4 Perawatan pada Limbah Genteng .....	19
3.5 Variabel Penelitian .....	20
3.5.1 Variabel Bebas .....	20
3.5.2 Variabel Terikat .....	20
3.5.3 Variabel Kontrol .....	20
3.6 Model Benda Uji yang Digunakan .....	21

3.7	Pembuatan Benda Uji.....	21
3.8	Perawatan Benda Uji.....	23
3.9	Pengujian Benda Uji Beton Ringan .....	23
3.9.1	Pengujian Kuat Tekan .....	23
3.9.2	Pengujian Berat Isi Beton .....	24
3.10	Uji <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	27
3.11	Analisa dan Pembahasan .....	27
3.12	Kesimpulan .....	27
3.13	Bagan Diagram Alir .....	28
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1	Hasil dan Analisis Pengujian Agregat Halus.....	30
4.1.1	Berat Volume Pasir .....	30
4.1.2	Berat Jenis Pasir .....	31
4.1.3	Air Resapan Pasir .....	31
4.1.4	Kadar Lumpur .....	32
4.1.5	Analisa Saringan Pasir .....	32
4.2	Pengujian XRD .....	34
4.3	Perencanaan Benda Uji dan Kebutuhan Bahan .....	37
4.4	Pembuatan Benda Uji.....	40
4.5	Hasil dan Analisis Pengujian Benda Uji .....	42
4.5.1	Pengujian Beton Ringan pada Umur 7 Hari.....	42
4.5.2	Pengujian Beton Ringan pada Umur 14 Hari.....	44
4.5.3	Pengujian Beton Ringan pada Umur 21 Hari.....	46
4.5.4	Pengujian Beton Ringan pada Umur 28 Hari.....	48
4.6	Hasil Uji <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	50
4.7	Pengujian Pasta pada Umur 3 Hari .....	52
<b>BAB 5.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>55</b>
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	56
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
	<b>DOKUMENTASI PRAKTIKUM .....</b>	<b>59</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Jenis Beton Ringan Berdasarkan Kuat Tekan dan Berat Jenisnya .....	6
2.2 Hasil Uji Beton Ringan Penelitian Sebelumnya .....	10
3.1 Acuan Standar Pengujian Material .....	14
3.2 Batas Gradasi Agregat Halus.....	18
3.3 Komposisi Benda Uji .....	22
4.1 Hasil Pengujian Berat Volume Pasir.....	30
4.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Pasir .....	31
4.3 Hasil Pengujian Air Resapan Pasir .....	31
4.4 Hasil Pengujian Kelembaban Pasir .....	32
4.5 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus .....	32
4.6 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus .....	33
4.7 Daftar Puncak ( $^{\circ}2Th$ ) Serbuk Genteng .....	35
4.8 Hasil Pengolahan Data XRD dengan software <i>High Score Plus</i> .....	36
4.9 Hasil Perhitungan Kebutuhan Material dengan Faktor Koreksi 0,925 .....	39
4.10 Pengujian Berat Volume Dan Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	43
4.11 Pengujian Berat Volume Dan Kuat Tekan Umur 14 Hari.....	44
4.12 Pengujian Berat Volume Dan Kuat Tekan Umur 21 Hari.....	46
4.13 Pengujian Berat Volume Dan Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	48
4.14 Pengujian Berat Volume Dan Kuat Tekan Pasta Umur 3 Hari .....	52

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
3.2 Bagan Diagram Alir Penelitian.....	29
4.1 Grafik Zona 2 Agregat Halus .....	33
4.2 Grafik Hasil Uji XRD pada Serbuk Genteng .....	34
4.3 Grafik Hasil Uji XRD dengan Software <i>High Score Plus</i> .....	36
4.4 Pengujian Berat Volume Pada Umur 7 Hari .....	43
4.5 Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 7 Hari.....	43
4.6 Pengujian Berat Volume Pada Umur 14 Hari .....	45
4.7 Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 14 Hari.....	45
4.8 Pengujian Berat Volume Pada Umur 21 Hari .....	47
4.9 Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 21 Hari.....	47
4.10 Pengujian Berat Volume Pada Umur 28 Hari.....	49
4.11 Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 28 Hari.....	49
4.12 Hasil Uji SEM Beton Ringan 10% Serbuk Genteng.....	50
4.13 Hasil Uji SEM Beton Ringan 15% Serbuk Genteng.....	51
4.14 Pengujian Berat Volume Pasta Umur 3 Hari.....	53
4.15 Pengujian Kuat Tekan Pasta Umur 3 Hari .....	53

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang Masalah

Gempa bumi merupakan ancaman serius dalam bidang konstruksi di negara kepulauan seperti Indonesia. Semakin berat bangunan, maka gaya gempa yang dihasilkan semakin besar pula. Untuk mengurangi gaya gempa maka bangunan didesain seringan mungkin. Beberapa teknologi terus dikembangkan untuk mereduksi berat bangunan, seperti penggunaan baja ringan pada atap dan plafond sebagai pengganti kayu, penggunaan bata beton ringan sebagai pengganti batu bata pada dinding .

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 kg/m<sup>3</sup>. Dalam hal ini beton ringan pada pemanfaatannya dapat dijadikan berbagai macam bentuk sesuai kebutuhan. Dalam pembuatan beton ringan *non structural* terdapat penambahan zat aditif maupun agregat ringan untuk lebih meringankan beratnya. Salah satu penggunaan zat aditif adalah penggunaan *alumunium powder*. *Alumunium powder* digunakan sebagai pengembang dalam pasta semen dengan tujuan untuk mengurangi berat beton tetapi tidak mengurangi volume pada beton (Lukman, 2017).

Inovasi yang digunakan tidak terbatas pada penambahan zat aditif *alumunium 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. Desa Kunir Lumajang adalah salah satu desa sentra pembuatan genteng press dan material bahan bangunan lainnya. Sehingga limbah genteng tersebut tidak termanfaatkan, hal itu menjadikan limbah genteng dibiarkan begitu saja.

Pada penelitian sebelumnya kandungan senyawa pada serbuk genteng dari hasil uji XRF masuk dalam persyaratan *pozzoland N*, namun tidak mampu digunakan sebagai pengganti sebagian semen. Serbuk genteng yang digunakan sebagai pengganti sebagian semen justru menghasilkan penurunan kuat tekan. Hal

tersebut diperkirakan karena serbuk genteng kurang *amorf*. Standar amorf atau kereaktifan pozzoland adalah sebesar 85,99% sesuai dengan ASTM C 618-94 (Lukman, 2017).

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 filler (bahan tambahan *pozzoland*), dan aluminium powder sebagai zat aditif untuk beton ringan. Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan diatas, penelitian ini akan membahas tentang penggunaan limbah pecahan serbuk genteng sebagai *filler*, dan penggunaan zat aditif *aluminium powder* pada beton ringan *non-structural*.

Peningkatan pengolahan limbah genteng dalam penelitian ini dilakukan dengan meningkatkan suhu pembakaran dan merubah variasi suhu bakar untuk mendapatkan sifat kereaktifan tanah liat sebagai material *pozzoland* aktif dari limbah genteng press. Suhu pembakaran sangat berpengaruh pada tingkat kereaktifan (*amorf*) bahan *pozzoland*. Oleh karena itu, untuk meningkatkan keamorfian dari senyawa yang terkandung pada serbuk genteng tersebut maka dicoba dengan meningkatkan treatment suhu bakarnya dengan variasi 900°C selama waktu bakar yang sama yaitu 5 jam. Karena pada penelitian sebelumnya suhu yang dipakai hanya berkisar 700°C, hal itu yang menjadi penyebab kurang maksimalnya serbuk genteng yang menjadi bahan campuran beton ringan.

Pada penelitian ini ini bahan material yang digunakan pasir, semen, serbuk genteng, *aluminium powder*, dan air. Namun tidak ditambahkan kapur seperti penelitian sebelumnya karena dalam penelitian pendahuluan beton ringan tanpa menggunakan kapur pun berat jenisnya masih dibawah 1850 kg/m<sup>3</sup>, dan juga penurunan dari kuat tekan jika ditambahkan kapur menjadi pertimbangan dihapuskannya bahan tambahan kapur. Dengan suhu yang telah ditentukan pada uji lab sebelumnya maka dipilih suhu 900°C dan juga suhu tersebut merupakan suhu maksimal pada pembakaran genteng di tempat produksinya. Untuk variabel bebas yaitu serbuk genteng karena penelitian ini memfokuskan pengaruh serbuk

genteng sebagai filler semen pada pembuatan beton ringan *non-structural*. Sementara *aluminium powder* ditentukan kadarnya berdasarkan penelitian pendahulu dan jurnal-jurnal. Kemudian dilakukan pengujian mekanik untuk mengetahui kuat tekan dan berat jenis.

### 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja unsur yang terkandung dalam limbah serbuk genteng press pada suhu bakar 900°C selama waktu bakar 5 jam sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk mengurangi penggunaan semen pada pembuatan beton ringan ?
2. Bagaimana sifat fisik dan sifat mekanik dari beton ringan ?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan serbuk genteng press terhadap kuat tekan dan berat jenis pada beton ringan ?

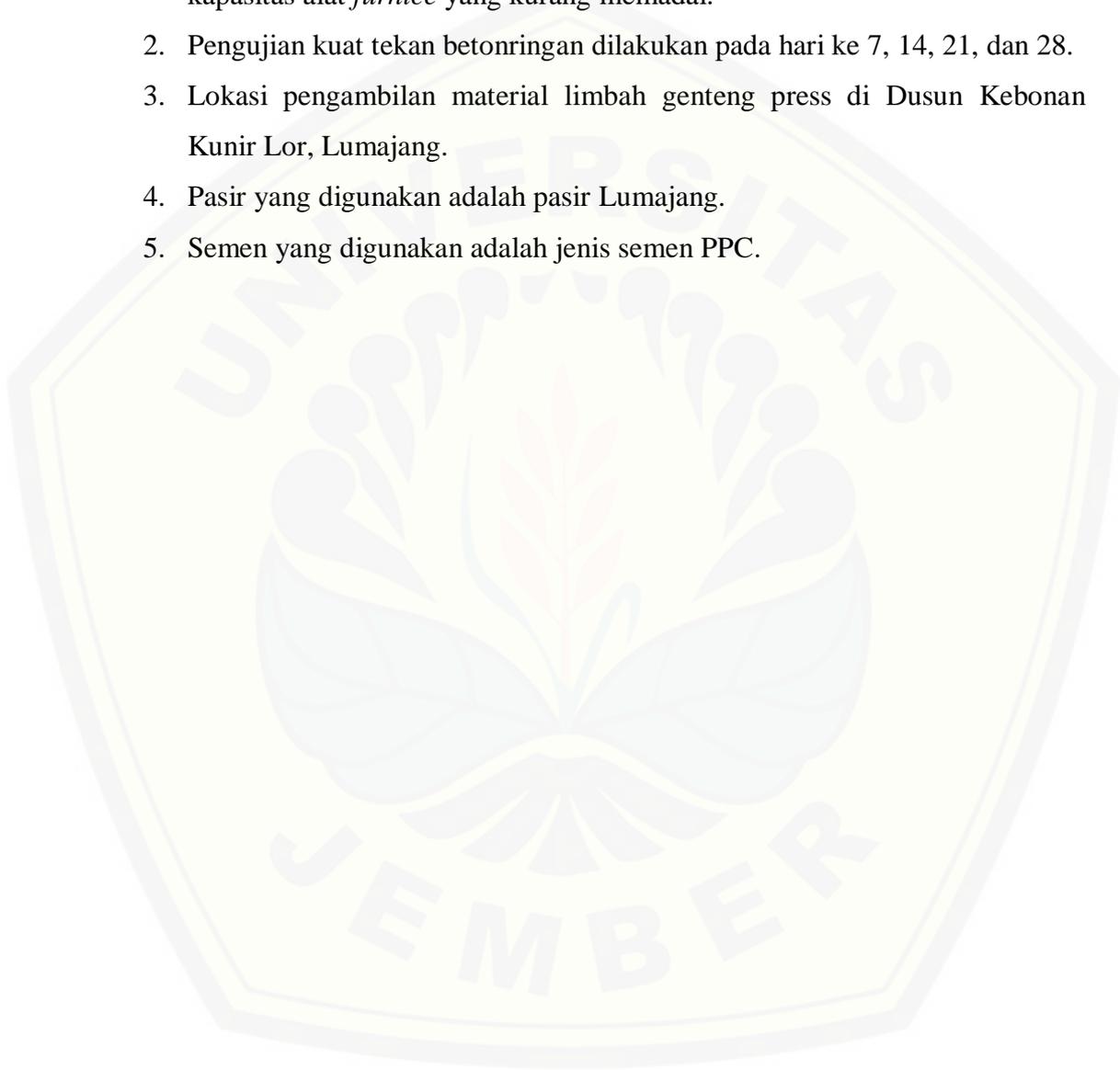
### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk menjelaskan unsur yang terkandung dalam serbuk genteng press pada suhu bakar 900°C sehingga dapat dipilih dan digunakan sebagai bahan untuk mengurangi penggunaan semen pada pembuatan beton ringan.
2. Untuk menjelaskan sifat fisik dan mekanis beton ringan dengan pemanfaatan limbah genteng press setelah melalui proses pembakaran pada suhu bakar 900°C selama 5 jam.
3. Untuk menjelaskan kuat tekan dan berat jenis beton ringan yang telah ditambahkan zat aditif dan diberi treatment khusus.

#### 1.4 Batasan Masalah

Agar penyusunan proposal ini tidak menyimpang dari tujuan yang hendak dicapai, maka ditetapkan batasan-batasan masalah meliputi:

1. Pembakaran serbuk genteng dilakukan maksimal suhu 900°C, mengingat kapasitas alat *furnice* yang kurang memadai.
2. Pengujian kuat tekan betonringan dilakukan pada hari ke 7, 14, 21, dan 28.
3. Lokasi pengambilan material limbah genteng press di Dusun Kebonan Kunir Lor, Lumajang.
4. Pasir yang digunakan adalah pasir Lumajang.
5. Semen yang digunakan adalah jenis semen PPC.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Beton Ringan

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan dari pada beton pada umumnya. Beton ringan mempunyai bahan baku utama terdiri dari pasir silika, semen, air, ditambah dengan suatu bahan pengembang yang kemudian dirawat dengan tekanan uap air. Tidak seperti beton biasa, berat beton ringan berkisar antara 600-1850 kg/m<sup>3</sup> oleh karena itu, keunggulan beton ringan utamanya ada pada berat, sehingga apabila digunakan pada proyek bangunan tinggi (*high rise building*) akan dapat secara signifikan mengurangi berat sendiri bangunan, yang selanjutnya berdampak kepada perhitungan pondasi. Adapun beton ringan *non-structural* memiliki kuat tekan hancur di bawah beton ringan struktural. Beton ringan *non-structural* tidak digunakan sebagai penopang utama berat bangunan. Dalam penggunaannya beton ringan *non-structural* 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 *structural* dan beton ringan *non-structural*. Beton ringan didesain sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan pada bangunan yang direncanakan. Beton ringan *structural* 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 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan beton isolasi adalah beton ringan yang mempunyai berat isi kering oven maksimum 1440 kg/m<sup>3</sup>. Beton ringan isolasi mempunyai kuat tekan maksimum 17,24 Mpa dan kuat tekan minimumnya adalah 6,68 Mpa. Dari uraian diatas untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.1. Pada penelitian ini klasifikasi beton ringan yang ditargetkan adalah beton ringan *non-structural*.

Tabel 2.1 Jenis Beton ringan berdasarkan kuat tekan dan berat jenisnya

Klasifikasi	Kuat Tekan MPa	Berat Jenis kg/m <sup>3</sup>
Non-Struktural	0,35 - 7	240 - 800
Struktur Ringan	7 - 17	800 - 1400
Struktural	17 - keatas	1400 - 1800

Sumber : Tjokrodinuljo 1996

### 2.3 Bahan Penyusun Beton

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

#### 2.3.1 Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker terutama silika-silika kalsium yang bersifat hidrolis (dapat mengeras apabila bereaksi dengan air) dengan gips sebagai bahan tambahan (SK SNI S-0401989:1). Prosentase oksida – oksida yang terkandung di dalam semen portland adalah sebagai berikut :

- 1) Kapur (CaO) : 60 – 66 %
- 2) Silika (SiO<sub>2</sub>) : 16 – 25 %
- 3) Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : 3 -8 %
- 4) Besi : 1 – 5 %

#### 2.3.2 Agregat Halus (Pasir)

Pasir adalah agregat alami yang dihasilkan dari aktifitas gunung berapi, sungai, dalam tanah dan pantai. Oleh karena itu, pasir dapat digolongkan dalam tiga kategori yaitu pasir galian, pasir laut dan pasir sungai.

Agregat yang digunakan untuk campuran adukan atau mortar harus memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SK SNI-S-04 1989-P yakni dengan modulus halus 1,5 sampai 3,8.

SK SNI-S-04 1989-P

Keterangan :

Zone 1 = Pasir Kasar

Zone 2 = Pasir Sedikit Kasar

Zone 3 = Pasir Halus

Zone 4 = Pasir sedikit Halus

- a) Berat Jenis Agregat Halus
- b) Gradasi Agregat Halus
- c) Kandungan Lumpur Agregat Halus
- d) Kekekalan Agregat Halus
- e) Berat volume Agregat Halus
- f) Kadar Air
- g) Modulus Halus Butir

Persyaratan pasir menurut PUBI 1982 agar dapat digunakan menjadi bahan bangunan adalah sebagai berikut:

1. Pasir beton harus bersih, dalam pengujian dengan larutan pencuci khusus tinggi endapan pasir yang kelihatan dibanding tinggi seluruhnya tidak kurang dari 70 %.
2. Pasir yang lewat ayakan 0.063 mm (lumpur) tidak lebih dari 5% dari beratnya.
3. Angka modulus halus butir terletak antara 2.2 sampai 3.2 bila diuji dengan rangkaian ayakan dengan rangkaian ayakan berukuran 0.16 mm, 0.315mm, 0.63mm, 1.25mm, 2.5 mm, dan 10 mm dengan fraksi yang lewat ayakan 0.3 mm minimal 15 % dari berat.
4. Kekekalan terhadap larutan  $MgSO_4$  harus tidak lebih dari 10 % berat.
5. Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton, untuk itu bila direndam dengan larutan NaOH 3% cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.

### 2.3.3 Limbah Genteng

Limbah genteng merupakan sisa dari proses produksi genteng pres. Limbah ini berupa serpihan-serpihan padat setelah proses pembakaran karena adanya keretakan pada genteng atau benturan saat pembakaran. Limbah dalam produksi genteng pres Lumajang pada satu kali pembakaran dengan kapasitas tungku 6000 pcs limbah yang dihasilkan sebanyak 100 pcs. Berdasarkan data di lapangan tersebut maka perlu adanya pengolahan dari limbah yang dihasilkan sehingga limbah yang dihasilkan tidak terbuang sia-sia (Ridwan, 2017).

Silika adalah subyek untuk mengubah bentuk dan volume tanah liat pada suhu tertentu. Beberapa perubahan bersifat tetap dan tidak dapat kembali (konversi) dan yang lain bersifat dapat berubah kembali (inversi). Agar tanah liat dapat berubah menjadi keramik harus melalui proses pembakaran dengan suhu melebihi 900°C. Setelah melalui suhu tersebut tanah liat akan mengalami perubahan menjadi suatu mineral yang padat, keras, dan permanen. Sifat ini sama dengan semen saat bereaksi dengan air, dan pada suhu kamar akan mengalami pengerasan.

#### 2.3.3.1 Genteng Press Lumajang

Metode produksi genteng press di daerah Lumajang adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan :

- Tanah merah (tanah gunung) 60%
- Tanah biasa (tanah pekarangan) 40%
- Air

2. Metode pengolahan

- Pencampuran seluruh bahan dengan menambahkan sedikit air
- Penggilingan seluruh bahan sebanyak 2 kali proses penggilingan
- Pencetakan genteng press
- Proses penjemuran
- Proses pembakaran dengan suhu 900°C selama 14 jam

### 2.3.3.2 Silika dan Kandungannya pada Serbuk Genteng

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul  $SiO_2$  (*silicon dioxida*) yang diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal silika ( $SiO_2$ ) (Bragman and Gonalves, 2006; Della *et al*, 2002). Selain dari bentuk alami, silika dengan struktur kristal trimit dapat diperoleh dengan cara memanaskan pasir kuarsa pada suhu  $870^\circ C$  dan bila pemanasan dilakukan pada suhu  $1470^\circ C$  dapat diperoleh silika dengan struktur kristobalit (Cotton and Wilkinson, dalam Lutfia, 2017).

Kandungan silika yang terdapat pada bahan pembuatan genteng yakni tanah liat berkisar 47 % ( $SiO_2$ ) (Kusuma, Dwi 2013). Berdasarkan kandungan tanah liat tersebut diharapkan setelah proses pembakaran masih terdapat kandungan silika yang dapat digunakan sebagai bahan pozzoland. Detail dari prosentase silika pada genteng press dapat dilihat dengan pengujian XRD. Standar Mutu Pozzoland. Pozzoland mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar  $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$  tinggi.

### 2.3.4 Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan paving block. Air diperlukan agar bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan paving block akan rendah.

Air untuk campuran mortar atau beton sebaiknya harus memenuhi syarat (SK-SNI- S-04-1989-F) sebagai berikut:

1. Air harus bersih.
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung lumpur minyak dan benda terapan lain yang bisa dilihat secara visual.

4. Tidak mengandung bahan yang dapat merusak beton (asam organik) lebih dari 15 gram/liter.
5. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.
6. Tidak mengandung chlorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.

### **2.3.5 Alumunium powder**

*Alumunium powder* merupakan bahanaditif 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 0,5-1,5 % dari berat semen (Wahyu Candra,2008). Penambahan serbuk aluminium mempengaruhi berat jenis, kuat tekan maupun daya serap air pada beton (Zainudin,2014). Dengan pemberian pasta aluminium dalam adukan maka akan timbul reaksi kimia yang melepas sejumlah gas, dan setelah adukan mengeras maka terbentuk struktur berpori sehingga lebih ringan (Scheffler dan Colombo,2005 dalam Indrawan,2015).

### **2.4 Penelitian Sebelumnya tentang Pemanfaatan Limbah Genteng**

Penelitian Sebelumnya dilakukan Muhammad Lukman mahasiswa Teknik Sipil pada tahun 2017. Penelitian yang berjudul Pemanfaatan Limbah Genteng Dan Kapur Sebagai *Cementitious* Pada Beton Ringan *Non-Structural* dan hasil yang didapat:

Tabel 2.2 Hasil uji beton ringan penelitian sebelumnya

Benda Uji	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Volume rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
	1122.739	1141.231	11.094	
Variasi 1	1134.904		12.925	12.704
	1166.051		14.094	
Variasi 2	842.611		8.119	
	928.790	880.828	9.158	8.868
	871.083		9.327	
Variasi 3	904.650		6.989	
	881.847	894.904	6.586	6.166
	898.217		4.923	
Variasi 4	1056.369		10.041	
	1123.185	1099.873	7.937	7.807
	1120.064		5.443	
Variasi 5	1209.682		9.885	
	945.287	1131.592	6.118	8.431
	1239.873		9.288	

Keterangan : - Variasi 1 (100% semen, 0% serbuk genteng, 0% kapur dan 0,75% *alumunium powder* )

- Variasi 2 (90% semen, 5% serbuk genteng, 5% kapur dan 0,75% *alumunium powder* )

- Variasi 3 (80% semen, 10% serbuk genteng, 10% kapur dan 0,75% *alumunium powder* )

- Variasi 4 (70% semen, 15% serbuk genteng, 15% kapur dan 0,75% *alumunium powder* )

- Variasi 5 (60% semen, 20% serbuk genteng, 20% kapur dan 0,75% *aluminium powder* )

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tersebut sebagai berikut :

1. Kandungan senyawa pada serbuk genteng dari hasil uji XRF masuk dalam persyaratan *pozzoland 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 *aluminium 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 *aluminium powder* dapat meringankan berat volumenya.
3. Hasil kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi 1 dengan nilai kuat tekan sebesar 12,704 kg/cm<sup>2</sup> dan berat volume sebesar 1141,231 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan hasil berat volume teringan terdapat pada variasi 2 dengan berat volume sebesar 880,828 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan sebesar 8,868 kg/cm<sup>2</sup>.

### 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 2017 sampai dengan Mei 2018. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember. Untuk pengujian *X-Ray Diffraction* dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju 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. Alat Furnice
3. Gelas Ukur.
4. Satu Set Saringan ASTM.
5. Loyang.
6. Mesin *Sieve Shaker*.
7. Perojok Besi.
8. *Scoop*.
9. Gerobak Dorong.
10. Oven.
11. Alat pengaduk beton (*concrete mixer*) atau molen.
12. Cetakan beton ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
13. Mesin uji kuat tekan hancur (*Digital Compression Test*).
14. 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

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. 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
  - 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 ( $\text{g/cm}^3$ )

## b. 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)

## c. 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)

d. 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  $110 \pm 5$  °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)

e. 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

(sumber : SNI 03-1968-1990)

Zone 1 = Pasir Kasar

Zone 3 = Pasir Halus

Zone 2 = Pasir Agak Kasar

Zone 4 = Pasir Agak Halus

## 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 Pembakaran Serbuk Genteng

Serbuk genteng yang telah ditumbuk sampai halus kemudian dilakukan tahap pengujian analisis saringan No. 200. Setelah itu dilakukan pembakaran dengan alat *furnice* yang berada di Laboratorium Kemasan Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember. Pembakaran dilakukan selama 5 Jam dengan menaikkan suhu secara bertahap sampai suhu 900°C. Hal itu dimaksudkan untuk mengetahui tingkat *amorf* paling maksimal yang didapatkan dari serbuk genteng, dan hasil serbuk genteng itu yang akan ditambahkan kedalam campuran beton ringan.

### 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 Sentral Universitas Negeri Malang. Hasil dari pengujian *X-Ray Diffraction* ini ditampilkan dalam sebuah grafik yang menunjukkan sifat kritisilasi unsur kimia yang terkandung pada pecahan genteng press tersebut.

### 3.5 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 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 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. 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, 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, dan semen sebagai variabel bebas yang sesuai dengan tujuan penelitian. Penggunaan proporsi campuran air, semen, serbuk genteng, pasir, dan *aluminium powder* direncanakan sebagai berikut:

Tabel 3.3 Komposisi benda uji

Benda Uji	Semen	Serbuk Genteng	<i>Aluminium powder</i>	Faktor Air Semen	Pegujian Tekan (hari)			
					7	14	21	28
BU <sub>1</sub>	100%	0%	0.75%	0.6	3	3	3	3
BU <sub>2</sub>	100%	5%	0.75%	0.6	3	3	3	3
BU <sub>3</sub>	100%	10%	0.75%	0.6	3	3	3	3
BU <sub>4</sub>	100%	15%	0.75%	0.6	3	3	3	3
BU <sub>5</sub>	100%	20%	0.75%	0.6	3	3	3	3
					<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>Total</b>					<b>60</b>			

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) *Aluminium 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, *aluminium 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, serbuk genteng dan *aluminium 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 *aluminium 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  $\text{kg/cm}^2$

$P$  : Gaya yang ditunjukkan mesin pada saat pengetesan

$A$  : Luas permukaan tekan dalam  $\text{mm}^2$  atau  $\text{cm}^2$

$g$  : Percepatan gravitasi =  $9.8 \text{ m/s}^2$

Langkah-langkah pengujian:

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

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

Dilakukan pengujian untuk hasil pengamatan pada hari ke 7, 14, 21, dan 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 pengambangan 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. Menentukan material yang akan digunakan

- Penggunaan variasi semen dengan komposisi 100%, 95%, 90%, 85% dan 80%
- Penggunaan variasi serbuk genteng sebagai filler semen dengan komposisi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%
- Pasir yang digunakan dengan komposisi 100% tanpa ada pengurangan dengan material lain
- Material *aluminium powder* yang digunakan sebesar 0,75% dari berat semen yang digunakan
- Kebutuhan air pada setiap campuran menggunakan nilai FAS sebesar 0,6

2. Menghitung volume material pada bekisting silinder yang digunakan.

$$\begin{aligned} V &= \pi r^2 t \\ &= \pi 0,05^2 0,2 \\ &= 1,57 \times 10^{-3} \text{m}^3 \end{aligned}$$

3. Menghitung kebutuhan material

Perhitungan kebutuhan material digunakan sebagai acuan penggunaan masing-masing material pada setiap variasi. Penentuan kebutuhan material dihitung dengan metode perbandingan 1 semen : 2 pasir dengan FAS 0,6 dan *aluminium powder* 0,75% dari berat semen. Sedangkan untuk penggunaan semen, serbuk genteng dan serbuk kapur digunakan sesuai dengan proporsi

kebutuhan yang telah ditentukan. Perhitungan kebutuhan material akan dijelaskan sebagai berikut :

a) Perhitungan kebutuhan pasir pada satu benda uji

Diketahui :

- Berat volume pasir
- Volume benda uji =  $\pi r^2 t$   
 $= \pi 0,05^2 0,2$   
 $= 1,57 \times 10^{-3} \text{m}^3$
- Komposisi perbandingan Semen : Pasir = 1:2
- Kebutuhan pasir = BV Pasir x Volume Benda Uji x  $2/3$

b) Perhitungan kebutuhan semen pada satu benda uji

Diketahui :

- Berat Volume Semen = 1164,277 Kg/m<sup>3</sup>
- Volume Bend Uji =  $\pi r^2 t$   
 $= \pi 0,05^2 0,2$   
 $= 1,57 \times 10^{-3} \text{m}^3$
- Perbandingan semen : pasir = 1 : 2
- Kebutuhan Semen = BV Semen x Volume Benda Uji x  $1/3$

c) Perhitungan kebutuhan *alumunium powder* pada satu benda uji dengan komposisi 0,75% dari berat semen yang digunakan pada komposisi semen 100%.

$$Al = \text{Berat Semen persatu benda uji} \times 0,75\%$$

d) Peritungan kebutuhan air pada satu benda uji ( FAS 0,6)

- A = Berat Semen persatu benda uji x FAS

### 3.10 Uji Scanning Electron Microscope (SEM)

*Scanning Electron Microscope (SEM)* adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3000000x, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri (Yudi,2011). Beton ringan selanjutnya dilakukan uji SEM untuk mengetahui rongga-rongga yang dihasilkan dari *aluminium powder*.

### 3.11 Analisa dan Pembahasan

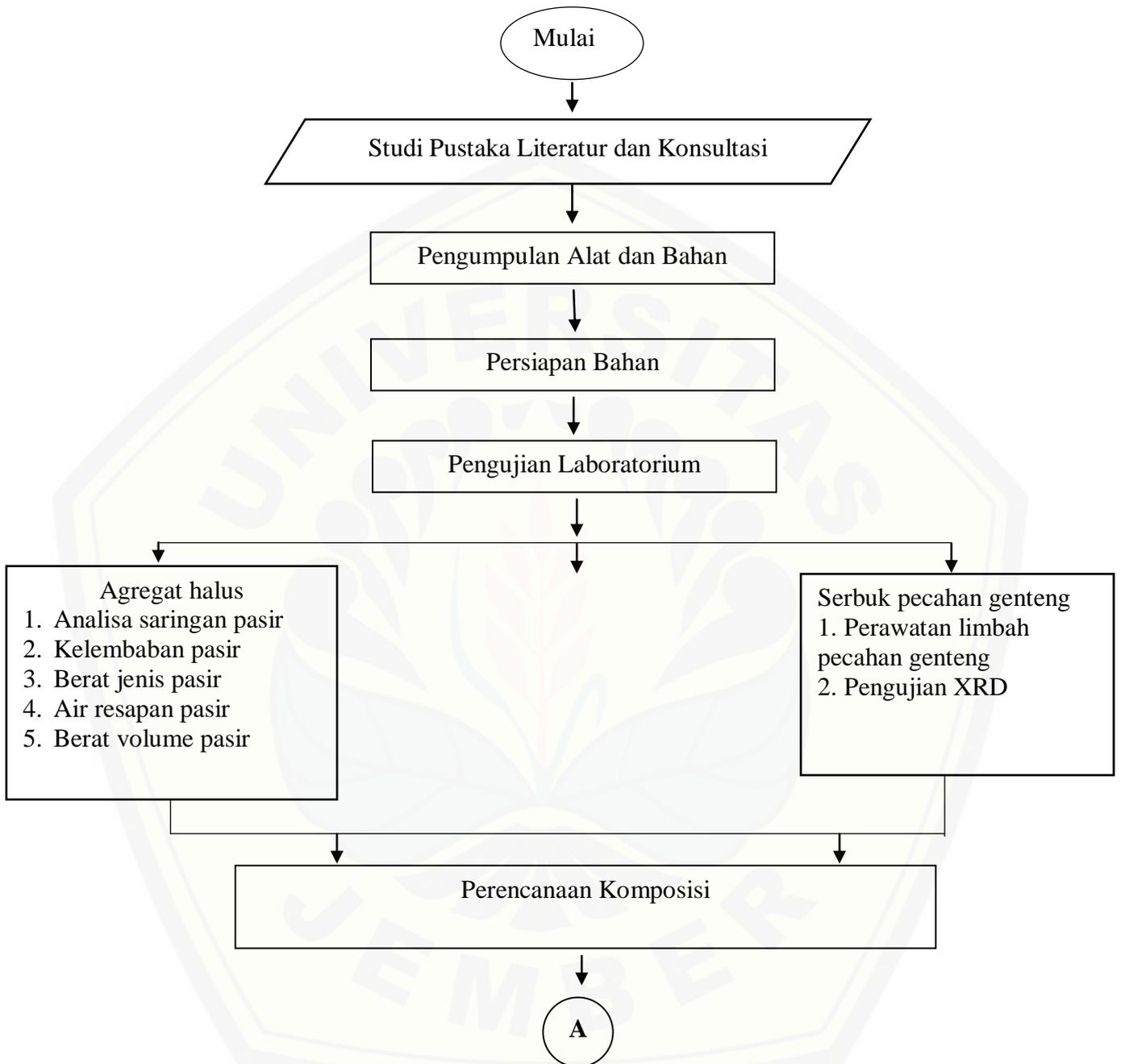
Pengujian terhadap kuat tekan, berat jenis beton, SEM ringan telah dilakukan, kemudian analisis data. Analisis data ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hasil dari beton ringan yang telah rencanakan. Dari hasil pengujian akan didapat kekurangan serta kelebihan pada penelitian beton ringan yang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

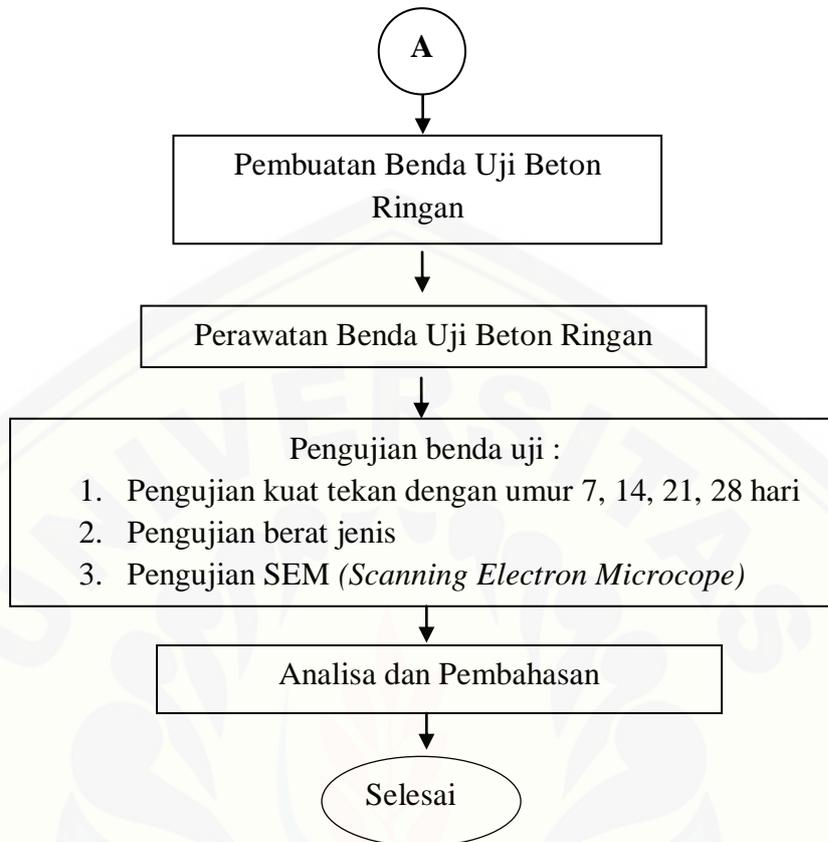
### 3.12 Kesimpulan

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 *filler*, dan *aluminium powder*. Serta dapat menjelaskan pengaruh terhadap kuat tekan dan berat jenis pada beton ringan *non structural* yang direncanakan.

### 3.13 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. Dengan menggunakan program pengolah data X-RD (*High Score Plus*) didapat unsur pozzoland yang memenuhi syarat ASTM C618-92a dengan jumlah SiO<sub>2</sub> (Quartz) 4,4% + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Corundum) 33,5% + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Hematite) 62,1% = 100% SiO<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Pozzoland)
2. Sifat fisik beton ringan lebih ringkih dari beton normal pada umumnya, karena beton yang ringan dan banyaknya rongga didalamnya. Dengan penambahan serbuk genteng 5% sampai dengan 20%, kuat tekan beton ringan menurun akan tetapi nilai kuat tekan masih masuk kategori beton ringan non-struktural dengan 0,35 Mpa sampai dengan 7 Mpa, dengan berat volume masih dibawah 1850 kg/m<sup>3</sup>. Hasil kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi 1 tanpa tambahan serbuk genteng dengan nilai kuat tekan sebesar 2,380 Mpa dan berat volume sebesar 1402,951 kg/m<sup>3</sup>. Namun untuk beton ringan dengan penambahan serbuk genteng yang paling tinggi terdapat pada variasi 3 dengan nilai kuat tekan 1,817 Mpa dan berat volumenya 1530,509 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan hasil berat volume teringan terdapat pada variasi 4 dengan berat volume sebesar 1314,097 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan sebesar 1,120 Mpa. Namun pada hasil uji pasta tanpa campuran aluminium powder, hasil yang didapatkan maksimal dengan kuat tertinggi pada variasi 3 penambahan 10% serbuk genteng.
3. Pengaruh serbuk genteng terhadap kuat tekan beton ringan cenderung menurun, hanya campuran 10% serbuk genteng yang mendekati nilai kuat tekan beton ringan tanpa tambahan serbuk genteng dan juga yang tertinggi dari variasi lainnya. Berat jenis atau berat isi meningkat namun masih tergolong beton ringan yaitu masih dibawah 1850 kg/m<sup>3</sup>.

## 5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan menghasilkan saran sebagai berikut :

1. Perlu ditingkatkan suhu pembakaran serbuk genteng yang dimungkinkan serbuk genteng lebih banyak mengeluarkan mineralnya dan lebih reaktif.
2. Campuran filler tanpa *aluminium powder* lebih baik dibanding dengan tambahan *aluminium powder*. Kuat tekan yang dihasilkan lebih maksima. Karena dalam metode pembuatan benda uji tanpa *aluminium powder* tidak ada material yang terbuang.
3. Metode *autoclave* dirasa lebih tepat diterapkan pada penelitian ini karena secara struktur ikatan antar meterial beton akan lebih rapat sehingga dapat meningkatkan nilai kuat tekannya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- 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*.
- Meyfa, Nanin, 2013. *Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo dan Fly Ash sebagai fine ALWA pada ACC dengan Pasta berbahan Dasar Lumpur Sidoarjo dengan Tambahan Gypsum dan Foam*. Teknik Sipil Insitut Teknologi Sepuluh Nopember
- 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)
- Abadi. M. Lukman, 2017. *Pemanfaatan Limbah Genteng dan Kapur Sebagai Cemetitious pada Beton Ringan Non-Struktural*. Teknik Sipil Universitas Jember.
- Ridwan, 2017. *Pembuatan Paving Block dengan Bahan Campur Serbuk Genteng Press Desa Kunir Lumajang sebagai Substitusi Semen*, Jember.
- Lutfia. Zuhrotul, 2017. *Sintesis Zeolit A dari Abu Terbang (Flay Ash) Batubara dengan Variasi Rasio Molar Si/Al dan Aplikasinya Sebagai Penukar Kation*. Digital Repository Universitas Jember.
- Zainudin. Ahmad, 2014. *Pengaruh Variasi Campuran Serbuk Aluminium dalam Pembuatan Bata Beton Ringan dengan Bahan Tambah Serbuk Gypsum*, Teknik Sipil Universitas Muhammdiyah Surakarta.

- Infan, Purnawan, dan Endang, 2015. *Pengaruh Penambahan Serat Galvalum Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Gas Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas*. Teknik Sipil Universitas Jember.
- Yudi, 2011. *Scanning Electron Microscope (SEM) dan Optical Emission Spectroscopy(OES)*.<https://yudiprasetyo53.wordpress.com/2011/11/07/scanning-electron-microscope-sem-dan-optical-emission-spectroscopy-oes/>
- Rachmawan, Ryan, 2012. *Uji Aktivitas Antifungsi Ag-Zeolit A Dari Ampas Tebu Terhadap Candida Albicans*. Teknik Kimia Universitas Airlangga.
- Ulfatafia, 2016. *Sintesis dan Karakterisasi Nanozeolit X dari Abu Sekam Padi dengan Variasi Rasio Molar SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Menggunakan Metode Sol-Gel*. Universitas Islam Negeri.
- Zulfa, 2017. *Kajian Pengaruh Variasi Komposisi Rice Husk Ash Terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri dengan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Universitas Sebelas Maret.
- Dian, Rizky, 2014. *Kuat Tekan Batako Dengan Penambahan Semen Merah Dari Limbah Gerabah*. Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta.

**DOKUMENTASI PRAKTIKUM**

No	Gambar	Keterangan
1		Persiapan Bahan: penyaringan serbuk genteng dengan saringan no 200.
2		Persiapan Bahan: Aluminium Powder
3		Persiapan Bahan: Penimbangan kebutuhan bahan penyusun

4



Pengujian Bahan: Alat Furnice di Lab. Kemasan Teknik Mesin Universitas Jember

5



Pengujian Bahan: Proses pembakaran serbuk genteng di suhu  $900^{\circ}\text{C}$

6



Pengujian Bahan: Pengujian Kelembapan Pasir

7



Pengujian Bahan: Pengujian Berat Volume Pasir

8



Pengujian Bahan: Pengujian resapan pasir.

9



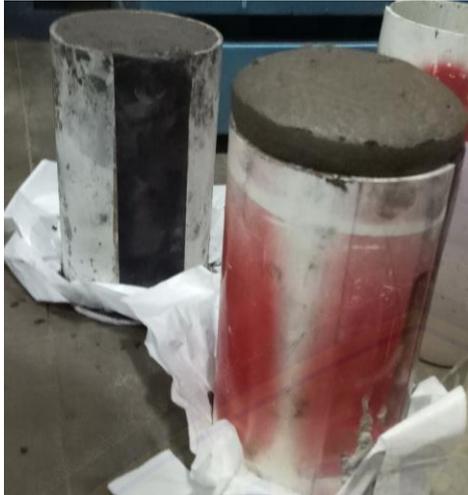
Proses pembuatan benda uji

10



Proses pembuatan benda uji

11



Hasil pembuatan benda uji kanan sebelum di *cutting*, kiri setelah di *cutting*

12



Perawatan Beton Ringan : meletakkan pada ruangan dengan suhu  $\pm 26^{\circ}$  C.

13



Uji berat volume, sesuai waktu yang telah yang telah ditentukan

14



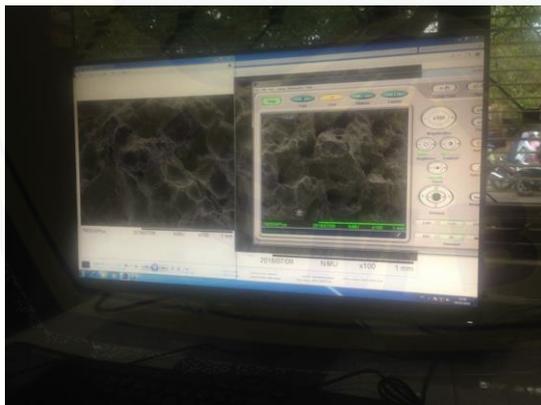
Uji kuat tekan, sesuai waktu yang telah ditentukan

15



Uji kuat tekan pasta

16



Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang dilakukan di Lab. Biosain Politeknik Negeri Jember