

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI MATERIAL SLAG MANGAN  
DAN BASALT PADA PRODUK MORTAR KOMPOSIT DENGAN  
MENGGGUNAKAN SEMEN PCC**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Desi Noviani**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

## ABSTRAK

### PENGARUH VARIASI KONSENTRASI MATERIAL SLAG MANGAN DAN BASALT PADA PRODUK MORTAR KOMPOSIT DENGAN MENGUNAKAN SEMEN PCC

Oleh

DESI NOVIANI

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi berat mineral slag dan basalt sebagai material penambahan semen pada mortar. Bubuk slag dan basalt yang digunakan adalah ukuran lolos mesh no.325 dan mesh no. 400. Variasi konsentrasi berat yaitu sebesar 10, 20, 30, dan 40 (%) dari berat semen PCC. Hasil analisis menunjukkan bahwa slag dan basalt memenuhi syarat sebagai material penambahan semen atau pozzolan berdasarkan ASTM C618, kandungan senyawa slag terbanyak terdapat pada  $\text{SiO}_2$  sebesar 25,898%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 16,938%, dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 25,420% dan pada sampel basalt kandungan senyawa terbanyak terdapat pada  $\text{SiO}_2$  sebesar 48,463%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 20,143%, dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 11,510%. Berdasarkan uji fisis pada kuat tekan yang telah dilakukan dengan menggunakan mesh 325 dan mesh 400, hasil menunjukkan bahwa kuat tekan dengan penambahan bubuk slag dan basalt memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan mortar normal, dengan nilai kuat tekan tertinggi pada mesh 325 terdapat pada konsentrasi 10% sebesar 4,52 Mpa dan pada mesh 400 terdapat pada konsentrasi 10% sebesar 1,74 Mpa. Sedangkan untuk mortar standar kuat tekan sebesar 0,848 Mpa. Hasil karakterisasi XRF dapat dicirikan dengan adanya senyawa oksida  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CaO}$ , sedangkan pada hasil karakterisasi XRD pada produk mortar dengan penambahan bubuk slag dan basalt puncak tertinggi terdapat pada fase *quartz low*, sedangkan untuk produk mortar tanpa penambahan bubuk slag dan basalt puncak tertinggi terdapat pada fase *Calcium Silicide Hydride*.

**Kata kunci** : Basalt, mortar, semen, slag.

## **ABSTRACT**

### **PENGARUH VARIASI KONSENTRASI MATERIAL SLAG MANGAN DAN BASALT PADA PRODUK MORTAR KOMPOSIT DENGAN MENGGGUNAKAN SEMEN PCC**

**By**

**DESI NOVIANI**

This research was conducted to study the effect of the concentration of ferromanganese slag and basalt as an additive material for the cement to produce the mortar composite. The mesh size of slag and basalt powder were varied from 325 to 400. Meanwhile, the PCC cement weights were varied from 10 to 40 % of the weight. The analysis shows that slag and basalt have a quality as cement or pozzolan addition material based on ASTM C618. The phenomenon caused slag and basalt compounds. The important content in the slag are 25.889% of  $\text{SiO}_2$ , 16.938% of  $\text{Al}_2\text{O}_2$ , and 25.420% of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , meanwhile in the basalt are found in  $\text{SiO}_2$  of 48.463%,  $\text{Al}_2\text{O}_2$  of 20.143%, and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  of 11.510%. Based on the physical test on compressive strength that has been carried out using 325 mesh and 400 mesh, the results show that the compressive strength with the addition of slag and basalt powder has a higher compressive strength compared to normal mortar. The highest compressive strength at 325 mesh at a concentration of 10% at 4.52 Mpa and 400 mesh at a concentration of 10% at 1.74 MPa. Whereas for standard mortar the compressive strength is 0.848 MPa. The results of XRF characterization can be characterized by the presence of  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , and CaO oxides, while the XRD characterization results on mortar products with the addition of slag powder and the highest peak basalt are in the quartz low phase, whereas for mortar products without the addition of slag powder and peak basalt the highest is found in the Calcium Silicide Hydride phase.

**Keywords:** Basalt, cement, mortar, slag.

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI MATERIAL SLAG MANGAN  
DAN BASALT PADA PRODUK MORTAR KOMPOSIT DENGAN  
MENGGGUNAKAN SEMEN PCC**

**Oleh**

**Desi Noviani**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

**Judul Skripsi**

**: PENGARUH VARIASI KONSENTRASI  
MATERIAL SLAG MANGAN DAN  
BASALT PADA PRODUK MORTAR  
KOMPOSIT DENGAN MENGGUNAKAN  
SEMEN PCC**

**Nama Mahasiswa**

**: Desi Noviani**

**Nomor Pokok Mahasiswa**

**: 1517041042**

**Jurusan**

**: Fisika**

**Fakultas**

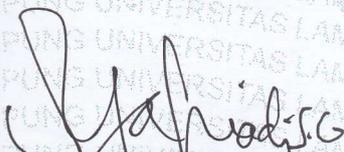
**: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

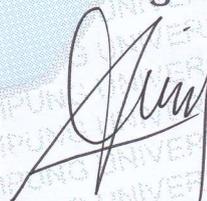
**Pembimbing I**

**Pembimbing II**



**Drs. Syafriadi, M.Si.**

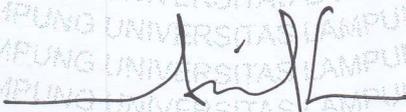
**NIP 19610821 199203 1 002**



**Sudiby, M.Sc., Ph.D.**

**NIP 19820327 201550 2 002**

**2. Ketua Jurusan Fisika**



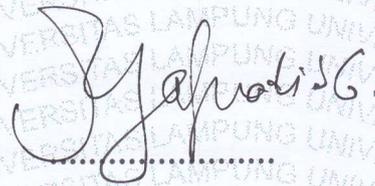
**Arif Surtono, M.Si., M.Eng.**

**NIP 19710909 200012 1 001**

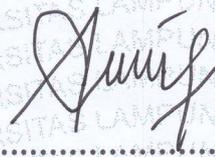
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

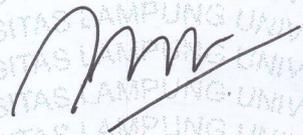
**Ketua : Drs. Syafriadi, M.Si.**



**Sekretaris : Sudibyo, M.Sc., Ph.D.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Prof. Drs. Posman Manurung,  
M.Si., Ph.D.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Drs. Suratman, M.Sc.**  
NIP. 19640604 199003 1 002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 09 Oktober 2019**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain. Kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 04 Oktober 2019



Desi Noviani  
NPM. 1517041042

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Candi Rejo, Kecamatan Way Pengubuan, Kabupaten Lampung Tengah pada tanggal 30 November 1997. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Sukirno dan Ibu Maryani. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD N 02 Candi Rejo pada tahun 2009, SMPN 02 Way Pengubuan pada tahun 2012 dan SMAN 01 Way Pengubuan pada tahun 2015. Pada tahun 2015, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menempuh jenjang pendidikan S1 di Fisika FMIPA Unila, penulis mengambil konsentrasi keilmuan bidang Fisika Material. Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan di BPTM LIPI, Tanjung Bintang, Lampung Selatan dan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata di desa Bumi Asri, Kecamatan Palas, Kabupaten Lampung Selatan. Kemudian penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Konsentrasi Material Slag Mangan dan Basalt Pada Produk Mortar Komposit Berbahan Dasar Semen PCC” sebagai skripsi di Jurusan Fisika FMIPA Univeristas Lampung.

## MOTTO

*Lakukan apa yang seharusnya dilakukan, karena tiap detik yang terlewat takkan pernah terulang.*

*Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh- sungguh urusan yang lain dan hanya kepada Tuhanlah hendaklah kamu berharap (Q.S. Alam Nasyroh: 6-8)*

*Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat (Q.S. Mujadalah: 11)*

## PERSEMBAHAN

*Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT,  
kupersembahkan karya ini untuk orang-orang yang  
kucintai dan kusayangi karena Allah SWT.*

### **Bapak Sukirno dan Ibu Maryani**

*Kedua orang tuaku yang telah banyak memberikan  
motivasi, berkorban tanpa mengenal rasa lelah, dan  
senantiasa mendoakanku hingga dapat menyelesaikan  
pendidikan ditingkat universitas.*

### **Tio Rifki Fauzi dan Raka Anjas Pramana**

*Kedua adikku yang selalu mendoakan dalam setiap  
perjalananku*

*dan*

**Almamater tercinta**

**Universitas Lampung**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahuwa Ta'ala, yang telah memberikan kesehatan, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Konsentrasi Material Slag Mangan dan Basalt Pada Produk Mortar Komposit Berbahan Dasar Semen PCC”**. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana dan melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat menjadi salah satu rujukan untuk penelitian tentang slag mangan dan basalt berikutnya, serta dapat memperkaya ide-ide penelitian yang lain.

Bandar Lampung, 04 Oktober 2019

Penulis

Desi Noviani

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, karena atas karunia-Nya penulis masih diberikan kesempatan menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah banyak memberikan do'a, motivasi, bimbingan dan dukungan terutama kepada:

1. Bapak Drs. Syafriadi, M.Si., selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan nasehat selama perkuliahan dan dalam menyelesaikan skripsi ini dari awal sampai akhir penulisan.
2. Bapak Sudiby, M.Sc, Ph.D., selaku Pembimbing II yang senantiasa memberikan masukan-masukan serta nasehat untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D., selaku Penguji yang telah memberikan kritik dan saran selama penulisan skripsi.
4. Bapak Muhammad Amin, S.T., selaku Pembimbing Lapangan yang senantiasa membimbing dalam melakukan penelitian sampai menyelesaikan skripsi.
5. Kedua orang tua penulis, Bapakku Sukirno dan Ibuku Maryani yang tidak pernah berhenti mendo'akan dan memberikan dukungan kepada penulis.
6. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Lampung dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan serta nasehat dari awal perkuliahan sampai menyelesaikan tugas akhir.

7. Bapak Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerjasama serta staf dan karyawan di FMIPA Universitas Lampung.
8. Bapak Driszal Fryantoni, M.Eng. Sc., selaku Kepala Balai Pengolahan Teknologi Mineral – LIPI yang telah memberikan izin penelitian serta memberikan fasilitas selama penulis melakukan penelitian.
9. Ibu Nurbaiti Marsas Prilitasari, S.T., selaku koordinator Laborarium Balai Pengolahan Teknologi Mineral – LIPI yang telah memberikan bantuan selama penulis melakukan penelitian.
10. Kedua adikku yang sangat kusayangi, yang selalu mendo'akan: Tio Rifky Fauzi dan Raka Anjas Pramana.
11. Himamisku yang selalu memberi motivasi dan dukungan selama penulisan skripsi: Nanda Ayu S, Wahyuningsih, Nurul Hasanah, Desi Nurhayani, Yosi Maya Apriliasari, Adella Ordiana, Giyan Istighfaria Utami, Lilik Widia, dan Dinda Rizki A.
12. Seluruh sahabat Fisika Universitas Lampung 2015 yang selalu memberikan motivasi selama penulisan skripsi.

Bandar Lampung, 04 Oktober 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>COVER DALAM</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>viii</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>x</b>
<b>SANWACA</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTARGAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Batasan Masalah .....	5
D. Tujuan Pnelitian .....	5
E. Manfaat Penelitian .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	

A. Mortar .....	7
B. Semen .....	9
C. Batuan Basalt .....	12
D. Slag .....	14
E. Pasir .....	16
F. X-Ray Fluorescence (XRF) .....	18
G. X-Ray Diffraction (XRD) .....	18

### III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
B. Alat dan Bahan .....	21
C. Metode Penelitian .....	22
a. Preparasi Sampel .....	23
b. Analisis Massa Jenis Pasir dengan <i>Picnometer</i> .....	23
c. Analisis Kadar Lumpur Pasir.....	23
d. Analisis Absorpsi Pasir.....	24
e. Pengujian Gradasi .....	24
f. Analisis Kadar Air .....	25
g. Pembuatan Mortar.....	25
h. Pengujian Porositas.....	27
i. Pengujian Absorpsi .....	27
j. Perawatan Mortar Dalam Air ( <i>Curing</i> ).....	28
k. Pengujian Kuat Tekan.....	29
l. Uji Susut Bakar .....	29
D. Diagram Alir .....	30

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Pendahuluan .....	33
B. Hasil Pengujian Mortar .....	37

### V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan .....	51
B. Saran .....	52

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 1.</b> Batuan basalt <i>fine-grained</i> basalt (kiri) dan <i>vesicular</i> basalt (kanan) .....	13
<b>Gambar 2.</b> Slag .....	14
<b>Gambar 3.</b> Diagram alir preparasi slag, basalt.....	30
<b>Gambar 4.</b> Diagram alir preparasi sampel akhir .....	31
<b>Gambar 5.</b> Proses pembuatan mortar semen komposit .....	32
<b>Gambar 6.</b> Pola difraktogram XRD sampel basalt .....	35
<b>Gambar 7.</b> Pola difraktogram XRD sampel slag .....	36
<b>Gambar 8.</b> Pola difaktogram hasil analisis XRD sampel bubuk slag dan basalt mesh 325 10% dan 40% dengan mortar standar (Simbol: □= CSH, ◆= Portland, ●= Quartz Low, ◻= Calcite, ○= Larnite, ■= Anorthite) .....	47
<b>Gambar 9.</b> Pola difaktogram hasil analisis XRD sampel bubuk slag dan basalt mesh 400 10% dan 40% dengan mortar standar (Simbol: □= CSH, ◆= Portland, ●= Quartz Low, ◻= Calcite, ○= Larnite, ■= Hatrurite) .....	49

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Komposisi kimia semen <i>portland</i> .....	10
<b>Tabel 2.</b> Kandungan kimia semen tipe PCC.....	11
<b>Tabel 3.</b> Kandungan kimia semen tipe PPC .....	12
<b>Tabel 4.</b> Komposisi kimia dari batuan basalt .....	13
<b>Tabel 5.</b> Kandungan mineral batuan basalt .....	14
<b>Tabel 6.</b> Sifat fisik pasir .....	17
<b>Tabel 7.</b> Komposisi persentase variasi bubuk slag dan basalt.....	26
<b>Tabel 8.</b> Hasil pengujian XRF sampel slag dan basalt .....	33
<b>Tabel 9.</b> Pengujian sifat agregat .....	36
<b>Tabel 10.</b> Hasil uji kuat tekan mortar semen.....	37
<b>Tabel 11.</b> Hasil uji porositas .....	39
<b>Tabel 12.</b> Hasil uji absorpsi .....	42
<b>Tabel 13.</b> Hasil uji densitas .....	43
<b>Tabel 14.</b> Hasil uji susut bakar .....	45
<b>Tabel 15.</b> Hasil pengujian XRF mortar semen pcc variasi konsentrasi berat bubuk slag dan basalt .....	46

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Semen merupakan senyawa atau zat pengikat hidrolis yang terdiri dari senyawa C-S-H (kalsium silikat hidrat) yang apabila bereaksi dengan air akan dapat mengikat bahan-bahan padat lainnya membentuk satu kesatuan yang kompak, padat, dan keras (Yusuf dkk, 2012). Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan semen terdiri dari bahan utama, bahan pengoreksi dan bahan tambahan (Prasetyodkk, 2011). Ada beberapa jenis semen yang terdapat di pasaran. Salah satunya semen *Portland Composite Cement* (PCC). Semen PCC merupakan bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama klinker semen *Portland* dan *gypsum* dengan satu atau lebih bahan anorganik. Bahan anorganik tersebut antarlainslag tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, dan senyawa silikat, dengan kadar total bahan anorganik 6% – 35% (Refnita dkk, 2012). Selain *gypsum* bahan baku tambahan lain yang digunakan adalah *pozzoland* dan *trass* (Rajiman dkk, 2018). Salah satu produk yang dalam pembuatannya menggunakan bahan semen yaitu Mortar.

Menurut Maryoto, (2010) mortar merupakan suatu campuran yang terdiri dari semen, agregat halus dan air, baik dalam keadaan dikeraskan ataupun tidak dikeraskan yang berbentuk kubus dengan ukuran tertentu serta berumur tertentu.

Dalam pembuatan mortar biasanya banyak sekali bahan yang digunakan salah satunya adalah material yang kuat dan tahan terhadap suhu tinggi seperti slag dan basalt karena memiliki unsur dan komposisi kimia yang melimpah.

Dalam industri peleburan biji besi, nikel, dan mangan akan menghasilkan limbah industri yang merupakan masalah lingkungan sehingga dapat dilakukan pengolahan yang dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan, limbah tersebut adalah slag. Slag (slag) adalah limbah hasil industri dalam proses peleburan logam (Mustika dkk, 2016). Limbah *steel slag*, masuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Tahun 2010 produksi slag di Indonesia baru sekitar 800 ribu ton per tahun. Setiap ton produksi baja menghasilkan 20 persen limbah slag. PT Krakatau Steel di Cilegon, Banten adalah salah satu perusahaan yang memproduksi baja di Indonesia yang menghasilkan setidaknya 150 ton slag setiap harinya. Agar tidak menimbulkan pencemaran, kalangan asosiasi baja meminta pemerintah untuk memanfaatkan limbah baja (limbah slag). Bila tidak dimanfaatkan, limbah tersebut dalam kategori limbah beracun dan berbahaya (B3) (Putra dan Rahmi, 2015). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Putra dkk, (2015) bahwa slag dapat digunakan sebagai agregat penyusun utama karena memiliki kuat tekan yang lebih besar dari pada beton mutu tinggi konvensional. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Amin dkk, 2017), ukuran terbaik untuk penggunaan slag sebagai penambahan semen yaitu ukuran partikel 100 mesh dibandingkan dengan ukuran partikel 80 dan 120 mesh. Selanjutnya, penambahan slag 100% mampu menghasilkan kuat tekan, porositas, dan massa jenis dari penambahan slag 20% dan 30%. Slag dapat digunakan untuk penambahan semen atau untuk penggantian semen dalam produksi mortar. Untuk

penggunaan slag banyak digunakan pada ukuran partikel 100 mesh dan tidak lebih dari 10-20% penambahan slag, karena substitusi slag 10% sudah memiliki kualitas fisik yang lebih tinggi daripada standar mortar tanpa penambahan slag.

Selain slag, basalt juga merupakan bahan yang dapat digunakan pada material yang kuat dan tahan terhadap suhu tinggi. Basalt adalah batuan beku yang berkinerja baik dalam hal kekuatan, kisaran suhu, dan daya tahan (Ahmet, 2015). Basalt mengandung  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebagai oksida utama sekitar 40-50% dan 10-20% yang masing-masing terdiri dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  dan oksida lain seperti  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{TiO}_2$ . Salah satu Provinsi yang kaya akan batu basalt adalah Provinsi Lampung, khususnya pada batu basalt scoria. Jumlah cadangan bahan batu basalt scoria di Provinsi Lampung adalah 318.480.000 ton dan belum optimal dieksplorasi. Berdasarkan analisis komposisi material kimia dari batu basalt scoria dari Labuhan Maringgai Lampung Timur, Indonesia, penambahan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 78,66%, sehingga batu basalt scoria di Labuhan Maringgai Lampung Timur, Indonesia, memenuhi persyaratan ASTM C618 bahwa komponen kimia dari material pozzolan yaitu  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  sebanyak 70%. Komponen kimia lain yang hadir dalam material yaitu tri kalsium silikat ( $\text{C}_3\text{S}$ ), dicalcium silikat ( $\text{C}_2\text{S}$ ), tri kalsium aluminat ( $\text{C}_3\text{A}$ ) dan ferit kalsium alumina tetra ( $\text{C}_4\text{AF}$ ) (Rajiman dkk, 2018).

Penelitian yang sama dilakukan oleh Assie *et al.*, (2007) dan Bekir *et al.*, (2009) mengenai kuat tekan mortar menggunakan bubuk basalt dari aspek komposisi kimia utama pembentuk semen diantaranya adalah  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CaO}$  yang ditinjau sebagai bahan *pozzolan* untuk melihat pengaruh

penggantian sebagian semen menggunakan *fly ash* terhadap kuat tekan mortar pada umur 7 hari, dan 28 hari ternyata hasil yang diperoleh semakin besar waktu perendaman, maka kuat tekan yang dihasilkanpun semakin besar pula. Binici (2007) dan Binici *et al.*,(2007) melakukan penelitian untuk mengetahui perbedaan kuat tekan yang dihasilkan pada umur uji 7 dan 28 hari antara mortar atau beton dengan penambahan bubuk basalt dan mortar tanpa penambahan bubuk basalt dengan variasi yang berbeda, hasil yang diperoleh kuat tekan yang dihasilkan mortar dengan penambahan bubuk basalt memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan mortar normal atau tanpa penambahan bubuk basalt.

Pada penelitian kaliini, akan dilakukan penelitian tentang pengaruh persentasepenggunaan bahan mineral bubuk slag dan basalt terhadap kuat tekan mortar jika dibandingkan dengan kuat tekan mortar tanpa bahan tambahan bubuk slag dan basalt. Benda uji yang digunakan adalah kubus dengan ukuran 5 x 5 x 5 (Cm<sup>3</sup>), tingkat kehalusan menggunakan analisa ayakan dimana pengujian dilakukan pada variasi penambahan bubuk slag dan basalt 10%; 20 %; 30 %; dan 40 %; dari berat semen dengan umur uji yaitu 14 hari. Selain itu akan dilakukan pula uji fisis meliputi porositas, absorpsi, kuat tekan, massa jenis, dan uji susut bakar pada mortar yang diuji. Sampel mortar yang telah dilakukan uji kuat tekan akan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk menganalisis unsur yang terkandung pada mortar, *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui fasa-fasa yang terbentuk pada bubuk slag dan basalt.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang dapat diteliti adalah:

1. Bagaimana kandungan senyawa oksida dan struktur fasa pada slag dan basalt.
2. Bagaimana pengaruh penambahan slag dan basalt terhadap uji fisik mortar meliputi (kuat tekan, porositas, absorpsi, massa jenis dan susut bakar).
3. Bagaimana struktur fasa yang terbentuk pada produk mortar dengan penambahan bubuk slag dan basalt.

### **C. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan persentase bubuk slag dan basalt yaitu 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat semen.
2. Karakterisasi yang digunakan yaitu XRD, XRF, dan uji fisis meliputi absorpsi, pengujian massa jenis (*Density*), pengujian kuat tekan, pengujian susut bakar dan pengujian porositas (*Porosity*).
3. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur 14 hari.
4. Benda uji pembuatan mortar yang digunakan yaitu berukuran 5 x 5 x 5 (Cm<sup>3</sup>).
5. Jenis semen yang digunakan adalah semen *portland composite cement* (PCC).
6. Perbandingan atau komposisi antara semen dan pasir yaitu 1:5.
7. Tingkat kehalusan pada material slag dan basalt yaitu menggunakan ayakan mesh 325 dan mesh 400.
8. Batu basalt yang digunakan yaitu jenis batu basalt scoria.
9. Slag yang digunakan yaitu jenis slag hasil peleburan mangan.

### **D. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, tujuan dilakukannya penelitian ini

ini yaitu:

1. Bagaimana kandungan senyawa oksida dan struktur fasa pada slag dan basalt.
2. Bagaimana pengaruh penambahan slag dan basalt terhadap uji fisik mortar meliputi (kuat tekan, porositas, absorpsi, massa jenis dan susut bakar).
3. Bagaimana struktur fasa yang terbentuk pada produk mortar dengan penambahan bubuk slag dan basalt.

### **E. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan hasil penelitian, diharapkan dapat bermanfaat bagi perkembangan Ilmu pengetahuan dan masyarakat di antaranya adalah:

1. Dapat diketahui pengaruh penggunaan bahan tambahan berupa bubuk slag dan basalt dalam pembuatan mortar.
2. Secara akademis dapat memberikan wawasan bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam pembuatan mortar.
3. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi bagi industri bahan bangunan.
4. Dengan adanya penelitian ini diharapkan bubuk slag dan basalt mampu dijadikan sebagai bahan pengganti untuk mengurangi penggunaan semen pada umumnya yang dapat dimanfaatkan secara luas dalam konstruksi dunia industri bangunan.
5. Memanfaatkan limbah slag dan basalt agar menjadi material yang lebih bermanfaat dan bernilai ekonomis.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Mortar

Mortar adalah campuran semen, pasir dan air yang memiliki persentase yang berbeda. Sebagai bahan pengikat, mortar harus mempunyai kekentalan standar. Kekentalan standar mortar ini nantinya akan berguna dalam menentukan kekuatan mortar yang menjadi plasteran dinding, sehingga diharapkan mortar yang menahan gaya tekan akibat beban yang bekerja padanya tidak hancur (Mulyono, 2003). Mortar yang baik harus memiliki kuat tekan tinggi dan sifat fisis yang baik sehingga kualitas mortar memenuhi syarat SNI (Adi, 2009).

Mortar dapat digunakan dalam bentuk pasta kubus beton (struktur) maupun non struktural misalnya pada pekerjaan pasangan dinding bata pekerjaan plesteran dinding, pekerjaan pemasangan keramik dinding, pekerjaan perataan peralatan dasar lantai sampai pada pekerjaan pasangan keramik lantai (Prasetya, 2013). Dilihat dari fungsinya mortar yang baik harus awet atau tahan lama, mudah di kerjakan, dan tahan terhadap unsur perusak (Wenno dkk, 20014). Selain itu fungsi utama mortar adalah menambah kekatan dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi.

Menurut (Tjokrodimuljo, 1996), mortar dapat dibedakan menjadi beberapa jenis antara lain:

- a. Mortar lumpur merupakan campuran yang terdiri dari pasir, lumpur dan air. Jumlah pasir yang diberikan harus tepat agar memperoleh adukan yang baik. Terlalu sedikit pasir dapat menghasilkan mortar yang retak-retak setelah mengeras. Terlalu banyak pasir menyebabkan adukan kurang dapat melekat dengan baik. Mortar jenis ini digunakan sebagai bahan tembok atau tungku api di pedesaan.
- b. Mortar kapur merupakan campuran yang terdiri dari pasir, kapur, semen merah dan air. Kapur dan pasir mula-mula dicampur dalam keadaan kering kemudian ditambahkan air. Selama proses pelekatan kapur mengalami penyusutan sehingga jumlah pasir yang umum digunakan adalah tiga kali volume kapur. Jenis kapur yang biasa digunakan yaitu *fat lime* dan *hydraulic lime*.
- c. Mortar semen terbuat dari adukan semen, pasir dan air. Mortar ini rapat air sehingga memiliki kekuatan yang jauh lebih kokoh dibanding yang lain. Mortar semen sering digunakan untuk bagian luar (dinding/tembok) dan yang berada di dalam tanah (pondasi). Dalam adukan mortar, air dan semen membentuk pasta yang disebut pasta semen. Pasta semen ini selain mengisi pori-pori diantara butir-butir agregat halus, juga bersifat sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terikat dengan kuat dan padat.

Fungsi utama mortar adalah menambah kekatan dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi. Kekuatan mortar tergantung pada kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halus nya. Mortar mempunyai nilai penyusutan yang relatif kecil.

## B. Semen

Semen merupakan senyawa atau zat pengikat hidrolis yang terdiri dari senyawa C-S-H (kalsium silikat hidrat) yang apabila bereaksi dengan air akan dapat mengikat bahan-bahan padat lainnya membentuk satu kesatuan yang kompak, padat, dan keras (Refnita dkk 2012). Bahan baku pembuat semen berupa klinker (berasal dari batu kapur, tanah liat dan pasir silika), *gypsum*, serta penambahan pozzolan (Malau, 2014). Kandungan terbesar dalam semen adalah kandungan CaO yang memiliki fungsi dalam proses perekatan, sedangkan SiO<sub>2</sub> berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki fungsi dalam mempercepat proses pengerasan. Sedangkan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki suhu leleh yang rendah yang menyebabkannya sebagai bahan bakar dalam proses pembakaran klinker (Wiryasa dkk, 2008).

Fungsi semen adalah untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat (Pangaribuan dan Narlis, 2015). Agregat halus atau yang biasa disebut pasir adalah mineral yang berupa butiran halus seperti kristal kristal yang memiliki ukuran butir tidak lebih dari 0,075–5,0 mm atau yang lolos di saringan no. 40. Sedangkan agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau dari batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu yang mempunyai ukuran butir antara 5mm – 40mm (Kadhafi, 2015)

Faktor semen sangatlah mempengaruhi karakteristik campuran mortar. Kandungan semen hidraulik yang tinggi akan memberikan banyak keuntungan, antara lain dapat membuat campuran mortar menjadi lebih kuat, lebih padat, lebih tahan air, lebih cepat mengeras dan juga memberikan rekatan yang lebih baik.

Kerugiannya adalah cepatnya campuran mengeras, maka dapat menyebabkan susut kering yang lebih tinggi pula. Mortar dengan kandungan hidraulik rendah akan lebih lemah dan mudah dalam pergerakan (Gunawan, 2000).

Adapun jenis semen yang adadi Indonesia dibedakan menjadi tiga golongan yaitu:

a. *Ordinary Portland Cement (OPC)*.

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis. Lalu digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Bahan utama dari semen *portland* adalah batu kapur yang mengandung komponen CaO (kapur/lime), lempung yang mengandung komponen SiO<sub>2</sub> (silikat), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (oksida alumina), FeO<sub>3</sub> (oksida besi) dengan bahan tambahan biasanya digunakan *gypsum* (Subakti, 1994). Senyawa kimia utama yang menyusun semen *portland* ada empat, yaitu: tricalcium aluminate (C<sub>3</sub>A), tricalcium silikat (C<sub>3</sub>S), dicalcium Silikat (C<sub>2</sub>S) dan tetra calsium aluminoferrite (C<sub>4</sub>AF) (Nadia, 2011).

Sifat fisik, kimia dan mekanik dari semen tipe OPC ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Semen *Portland* (Aydinet *al.*, 2008).

No	Komposisi Kimia (%)	Persentase
1	SiO <sub>2</sub>	18,69
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,00
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,49
4	CaO	63,12
5	MgO	1,09
6	Na <sub>2</sub> O	0,29
7	K <sub>2</sub> O	0,76
8	SO <sub>3</sub>	2,95
9	Cl-	0,01
10	Hilang pijar	3,56
11	Bagian tak larut	0,38
12	CaO Bebas	1,27

b. *Portland Cement Composite* (PCC).

PCC adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen *portland* dan *gypsum* dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen *portland* dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% hingga 35% dari massa semen *portland* komposit (Nadia, 2011).

*Portland Composite Cement* (PCC) dipergunakan untuk keperluan konstruksi umum seperti rumah, gedung bertingkat dan jembatan (Simanullang, 2014). Keunggulan semen tipe PCC adalah mudah pengerjaannya, suhu adukan rendah sehingga hasilnya tidak mudah retak. Semen PCC menghasilkan permukaan plesteran dan beton yang halus, kedap air, tahan terhadap serangan sulfat, mempunyai kuat tekan yang tinggi, menjadikan bangunan atau konstruksi tahan lama (Yusuf dkk, 2013). Adapun kandungan kimia semen PCC dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kandungan Kimia Semen tipe PCC (Aruntas *et al.*, 2010).

No	Oksida (%)	Persentase
1	CaO	47,64
2	SiO <sub>2</sub>	30,53
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,63
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,63
5	MgO	1,86
6	SO <sub>3</sub>	2,71
7	K <sub>2</sub> O	1,03
8	Na <sub>2</sub> O	4,80
9	Hilang pijar	4,52
10	Bagian tak larut	-

c. *Portland Pozzolan Cement* (PPC)

PPC adalah suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen dari antara semen *portland* dengan pozzolan halus, yang diproduksi dengan cara

klinker semen *portland* dan pozzolan bersama-sama. Dimana kadar *pozzolan* 6% sampai 40% dari massa semen *portland pozzolan* (Simanullang, 2014). Pozzolan merupakan bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina dimana pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat seperti semen, akan tetapi dengan bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi secara kimiawi dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar akan membentuk kalsium aluminat hidrat yang mempunyai sifat seperti semen. Keunggulan semen PPC adalah semakin lama semakin kuat, tahan terhadap retak, tahan terhadap sulfat dan asam. Kandungan kimia semen tipe PPC dapat dilihat dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Kandungan Kimia Semen tipe PPC (Astuti, 2006).

No	Jenis komposisi kimia	Persentase (%)
1	Silikon Dioksida (SiO <sub>2</sub> )	23,13
2	Aluminium Oksida (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	8,76
3	Ferri Oksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4,62
4	Kalsium Oksida (CaO)	58,66
5	Magnesium Oksida (MgO)	0,90
6	Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	2,18
7	Hilang Pijar (LOI)	1,69
8	Kapur Bebas	0,69
9	Bagian Tidak Larut	8,82

### C. Batuan Basalt

Basalt adalah batuan beku bersifat basa yang terbentuk dari proses pembekuan magma dipermukaan atau dekat permukaan bumi. Karena terbentuk pada permukaan bumi maka termasuk ke dalam batu ekstrusif (vulkanik). Pada saat sekarang basalt sebagian besar terbentuk sebagai lava. Penyebaran dari lava basalt sangat luas sekali bahkan sampai 200.000 mil<sup>2</sup> dan dengan ketebalan maksimum 6000 ft (Karyanto, 2004). Gambar 1 menunjukkan bentuk dari batuan basalt.



**Gambar 1.** Batuan basalt *fine-grained* basalt (kiri) dan *vesicular* basalt (kanan) (Bonewitz, 2012)

Basalt secara kimiawi kaya dengan oksida silikon, besi, magnesium, kalsium, natrium, dan kalium bersama dengan jejak alumina. Tabel 4 menunjukkan distribusi persentase keseluruhan komposisi kimia dari basalt. Hingga distribusi geografis untuk 33% dari kerak bumi terdiri dari basalt, sehingga sangat melimpah. Tabel 4 menunjukkan distribusi persentase keseluruhan komposisi kimia dari basalt (Prasad, 2017).

**Tabel 4.** Komposisi kimia dari batuan basalt

No	Komposisi kimia batuan basalt	Presentase (%)
1	Silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ )	52,8
2	Aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	17,5
3	Besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	10,3
4	Magnesium oksida ( $\text{MgO}$ )	4,63
5	Kalsium oksida ( $\text{CaO}$ )	8,59
6	Natrium oksida ( $\text{Na}_2\text{O}$ )	3,34
7	Kalium oksida ( $\text{CaO}$ )	1,46
8	Titanium oksida ( $\text{TiO}_2$ )	1,38
9	Fosfor pentoksida ( $\text{P}_4\text{O}_{10}$ )	0,28
10	Magnesium oksida ( $\text{MnO}$ )	0,16
11	Chromium oksida ( $\text{CrO}_2$ )	0,06

Basalt, mengandung  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{HAl}_3$  sebagai oksida utama sekitar 40-55% dan 10-20% masing-masing terdiri dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  dan oksida lain seperti  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{TiO}_2$ . Hal ini dapat digunakan untuk produksikeramik kaca melalui kandungan silika yang tinggi (Ercenk, 2018). Sedangkan kandungan mineral pada batuan basalt ditunjukkan pada Tabel 5 dibawah ini.

**Tabel 5.** Kandungan mineral batuan basalt (Sucipta dan Sadisun, 2000).

No.	Jenis mineral	Persentase (%)
1.	Silikat plagioklas [(Na, Ca)AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ]	40 – 65
2.	Gelas vulkanik [SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, CaO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O]	5 – 35
3.	Piroksen [(Ca, Na) (Mg, Fe, Al) (Si,Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ]	5 – 25
4.	Olivin [(Mg, Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> ]	0 – 8
5.	Hornblenda [[Ca <sub>2</sub> (Mg,Fe,Al) <sub>5</sub> (OH) <sub>2</sub> [(Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>11</sub> ] <sub>2</sub> ]	0 – 1

Komposisi kimia basalt didominasi oleh senyawa oksida seperti silika (SiO<sub>2</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), ferri oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO), sodium oksida (Na<sub>2</sub>O), potassium oksida (K<sub>2</sub>O), titanium oksida (TiO<sub>2</sub>), dan sejumlah kecil kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan MnO.

#### D. Slag

Slag merupakan bahan sisa dari pengecoran besi (*pig iron*), dimana prosesnya memakai dapur (*furnance*) yang bahan bakarnya dari udara yang ditiupkan (*blast*) (Putra, 2015). Berdasarkan PP No. 101 tahun 2014 tentang limbah yang berbahaya dan beracun, limbah slag jika tidak dilakukan pengelolaan dengan benar maka akan mengakibatkan dampak negatif untuk lingkungan. Gambar 2 menunjukkan bentuk batuan slag.



**Gambar 2.** Slag (Sumber: Laboratorium Non-Logam LIPI)

Pemanfaatan bahan limbah untuk hal yang berguna adalah salah satu cara terbaik untuk mengatasi masalah lingkungan. Bukan hanya mengurangi kerusakan dampak lingkungan tapi juga menjadi alternatif penggunaan bahan yang masih lazim digunakan. Menurut (Suryo, 2018), slag didapatkan dari suatu endapan pembakaran baja yang dipanaskan  $\pm 1500^{\circ}\text{C}$ , endapan tersebut merupakan limbah dari pembakaran. Limbah slag merupakan kategori limbah B3.

Dalam penelitiannya (Kadhafi, 2015), menggunakan slag sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase masing-masing sebesar 0%, 10%, 15%, 20%, dan 30% dari berat semen. Kemudian dicetak menggunakan cetakan *sillener* dan merendam benda uji beton ke dalam air biasa selama 7, 21, 28 hari. Sehingga pada hasil penelitiannya terlihat bahwa, pada umur 7, 21 dan 28 hari, beton normal memiliki berat yang lebih kecil dibandingkan dengan beton lainnya yaitu 12.476 gr, 12.518 gr dan 12.547 gr. Sedangkan beton dengan persentase slag 30% memiliki berat terbesar yaitu 12,585 gr, 12,624 gr dan 12,651 gr. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase slag dalam campuran beton maka makin besar pula berat betonnya. Akan tetapi pada saat pengujian kuat tekan, semakin banyak penggunaan slag diatas 15% kuat tekan semakin turun. Penggunaan slag yang paling efektif pada umur 28 adalah dengan variasi 15% yang mengalami kenaikan kuat tekan hingga 20,06% terhadap beton normal dan penurunan terbesar adalah dengan variasi slag 30 % pada umur 28 hari sebesar 10,78% terhadap beton normal.

Menurut penelitian yang dilakuakn oleh (Amin dkk, 2017), ukuran terbaik untuk penggunaan slag sebagai penambahan semen yaitu ukuran partikel 100 mesh dibandingkan dengan ukuran partikel 80 dan 120 mesh. Selanjutnya, penambahan

slag 100% mampu menghasilkan kekuatan tekan, porositas, dan massa jenis dari penambahan slag 20% dan 30%. Slag dapat digunakan untuk penambahan semen atau untuk penggantian semen dalam produksi mortar. Untuk penggunaan slag lebih disukai pada ukuran partikel 100 mesh dan tidak lebih dari 10-20% penambahan slag, karena penambahan slag 10% sudah memiliki kualitas fisik yang lebih tinggi daripada standar mortar tanpa penambahan slag. Hubungan antara kuat tekan dengan porositas dan massa jenis, di mana porositas yang lebih kecil menghasilkan kekuatan tekan yang lebih tinggi dan kepadatan yang lebih tinggi.

#### **E. Pasir**

Pasir merupakan agregat halus yang terdiri dari butiran-butiran sebesar 0,15 sampai 4,8 mm. Pasir didapat dari disintegrasi batuan alam ataupun dengan memecahnya sendiri (Putra dan Sutikno, 2016). Pasir termasuk dalam kelompok *bulk* material dan karakteristik *bulk* ditentukan oleh sifat mekanik dan sifat spesifik, kelembaban, mobilitas partikel, *angle of repose* (sudut tumpukan) dan abrasivitas (Hamsi, 2011). Pasir berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar serta menempati kira-kira sebanyak 70% volume mortar.

Distribusi ukuran butiran pasir berpengaruh terhadap kekuatan mortar. Bila butir mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori pasir akan besar. Sebaliknya bila ukuran butiran pasir bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini disebabkan butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit (dengan kata lain kemampatannya tinggi) (Tugino, 2010). Sifat fisik pasir dapat dilihat dalam Tabel 6.

**Tabel 6.** Sifat Fisik Pasir (Khosama, 2012).

No	Sifat	Persentase
1	Berat jenis ( $\text{kg/m}^3$ )	2,65
2	Modulus kehalusan	2,68
3	Absorpsi maksimum (%)	13,27
4	Pori (%)	46,20
5	Ukuran maksimum	4
6	<i>Bulk density</i> ( $\text{kg/m}^3$ )	1695
7	Kadar lumpur (%)	4
8	Kadar air (%)	14,483
9	Nilai abrasi (%)	-

Pasir alam dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu pasir galian, pasir sungai dan pasir pantai.

1. Pasir galian diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam.
2. Pasir sungai adalah pasir yang bersumber dari penggalian atau penambangan di sungai. Sungai-sungai yang terjal memiliki aliran yang deras, sehingga deposit dari partikel batu-batuannya akan bervariasi cukup besar pada suatu jarak tertentu. Pada sungai-sungai yang landai, variasi perbedaan ukuran partikel tidak berubah dari tempat yang satu ke tempat yang lain (Mulyono, 2003).
3. Pasir pantai adalah pasir yang diambil dari tepian pantai, bentuk butirannya halus dan bulat akibat gesekan dengan sesamanya. Pasir ini banyak mengandung garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu tampak agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Pasir pantai dapat digunakan pada campuran beton dengan perlakuan khusus, yaitu dengan cara dicuci sehingga kandungan garamnya berkurang atau hilang (Dumyati dan Manalu, 2015).

## **F. X-Ray Fluorescence (XRF)**

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan sinar-X karakteristik yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena sinar berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi daripada energi ikat elektron dalam orbit K, L atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan mengalami kekosongan elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar diikuti pelepasan energi yang berupa sinar-X (Jamaludin dan Adiantoro, 2012). Sinar-X yang dihasilkan merupakan gabungan spektrum sinambung dan spektrum berenergi tertentu (*discreet*) yang berasal bahan sasaran yang tertumbuk elektron. Jenis spektrum *discreet* yang terjadi tergantung pada perpindahan elektron yang terjadi dalam atom bahan. Spektrum ini dikenal dengan spektrum sinar-X karakteristik. Spektrometri XRF memanfaatkan sinar-X yang dipancarkan oleh bahan yang selanjutnya ditangkap detektor untuk dianalisis kandungan unsur dalam bahan. Bahan yang dianalisis dapat berupa padat massif, pelet, maupun serbuk. Analisis unsur dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan. Sinar-X yang dihasilkan dari peristiwa seperti peristiwa tersebut diatas ditangkap oleh detektor semi konduktor Silikon Litium (SiLi) (Munasir dkk, 2012).

### **G. X-Ray Diffraction (XRD)**

Difraksi sinar-X merupakan metode analisis yang memanfaatkan interaksi antara sinar-X dengan atom yang tersusun dalam sebuah sistem kristal. Sinar-X ditemukan pertama kali oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895. Sinar-X digunakan untuk tujuan pemeriksaan yang tidak merusak material maupun manusia. Saat materi dikenai sinar-X, maka intensitas sinar yang ditransmisikan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh material dan penghamburan oleh atom-atom dalam material. Berkas sinar-X yang dihamburkan saling menghilangkan jika memiliki fasa berbeda dan saling menguatkan jika memiliki fasa yang sama. Berkas sinar-X yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi (Cullity, 1978).

Sinar-X merupakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) berkisar 0,1 nm. Radiasi yang dipancarkan ini memiliki energi yang khas sesuai dengan transisi elektron yang terjadi. Sinar-X dapat diproduksi di dalam sebuah wadah (tabung) kevakua dengan cara memanaskan filament sehingga mengeksitasikan elektronnya yang kemudian diakselerasi (dipercepat) dengan listrik bertegangan tinggi sehingga elektron memiliki energi kinetik yang tinggi. Karena elektron bermuatan negatif, maka elektron akan bergerak menuju sebuah plat logam yang diletakkan pada bagian anoda yang bermuatan positif (Cullity, 1978).

Radiasi sinar-X dapat terjadi karena transisi elektron dari orbital yang memiliki tingkat energi lebih tinggi menuju orbital dengan tingkat energi yang lebih rendah dengan melalui tahapan berikut:

1. Sebuah elektron yang terletak dikulit bagian dalam terpental ke luar atom

karena adanya berkas serta cahaya atau berkas elektron dari luar.

2. Kekosongan elektron ini selanjutnya digantikan oleh elektron dari kulit yang lebih luar disertai pemancaran sinar-X.

Hukum Bragg merupakan perumusan matematik mengenai proses difraksi yang terjadi sebagai hasil interaksi antara sinar-X yang dipantulkan oleh material. Pantulan tersebut terjadi tanpa mengalami kehilangan energi sehingga menghasilkan pantulan elastis atau *elastic scattering*. Bragg menunjukkan bahwa bidang yang berisi atom-atom di dalam kristal akan memantulkan radiasi dengan cara yang sama persis dengan peristiwa pemantulan cahaya bidang cermin (Cullity, 1978).

Jika sinar datang mengenai bidang yang tersusun secara paralel dan berjarak  $d$  satu sama lain maka terdapat kemungkinan bahwa sinar-sinar datang akan dipantulkan kembali oleh bidang dan saling berinterferensi secara konstruktif sehingga menghasilkan penguatan terhadap sinar pantul dan menyebabkan terjadinya difraksi. Di mana panjang gelombang lintasan berkas cahaya sapat dilihat pada persamaan 1, yang selanjutnya dikenal sebagai Hukum Bragg.

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (1)$$

Keterangan:

$n$  = Orde difraksi (1, 2, 3, dan seterusnya)

$\lambda$  = Panjang gelombang sinar-X

$d$  = Jarak antar bidang

$\theta$  = Sudut datang sinar-X

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2019 sampai 29 Maret 2019 di Laboratorium Analisis Kimia dan Laboratorium Non-Logam, Balai Penelitian Teknologi Mineral–Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang bertempat di Jl. Ir. Sutami KM. 15 Tanjung Bintang Lampung Selatan.

#### **B. Alat dan Bahan Penelitian**

##### **a. Alat penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Ball Mill*, timbangan digital, cawan, ayakan mesh no. 325 dan 400, *Analytical balance*, oven, gelas ukur, piring, *mixer*, cetakan kubus ukuran 5 x 5 x 5 (Cm<sup>3</sup>), tumbukan, *beaker glass*, bak perendaman, ember, *picnometer*, mortar dan pastel, *furnance*, mesin uji kuat tekan, XRD, XRF.

##### **b. Bahan penelitian**

Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah batuan basalt, slag, dan semen PCC (*portland composite cement*), pasir Maringgai berasal dari Lampung Timur dan air bersih.

### C. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode studi literatur yang berkaitan dengan penelitian dan dilanjutkan dengan metode eksperimen (percobaan langsung) diantaranya preparasi sampel, pembentukan mortar dengan material slag dan basalt sebagai agregat halus, pembentukan mortar dengan pasir sebagai pembanding. Selanjutnya dilakukan perendaman benda uji dalam air selama waktu yang telah ditentukan yaitu 14 hari. Sampel akan dikarakterisasi menggunakan XRF dan XRD. Kemudian melakukan analisis bahan-bahan baku seperti massa jenis pasir dengan *picnometer*, analisis kadar lumpur pasir, analisis kadar air pada pasir serta analisis absorpsi pada pasir. Selanjutnya melakukan uji sifat fisis pada benda uji mortar antara lain: pengujian porositas, absorpsi, massa jenis dan uji susut bakar serta dilakukan pengujian kuat tekan mortar pada umur 14 hari. Adapun prosedur dalam pembuatan mortar adalah sebagai berikut:

#### a. Preparasi Sampel

Langkah-langkah dalam proses preparasi sampel adalah:

- a. Menyiapkan bahan-bahan yang dibutuhkan seperti: semen, pasir, air dan bongkahan batuan slag dan basalt.
- b. Menghancurkan bongkahan batuan slag dan basalt menggunakan *jaw crusher*.
- c. Menghaluskan slag dan basalt menggunakan ball mill  $\pm$  5 jam.
- d. Mengayak bubuk slag dan basalt untuk ukuran partikel mesh 325 dan 400.
- e. Memisahkan hasil ayakan antara ukuran 325 dan 400.
- f. Setelah selesai diayak, bubuk slag, basalt diuji menggunakan XRD, XRF.

### b. Analisis Massa Jenis Pasir dengan *Picnometer*

Langkah-langkah dalam proses analisis massa jenis menggunakan metode *picnometer* sesuai sebagai berikut:

- a. Menyiapkan *picnometer*.
- b. Menimbang *picnometer* kosong ( $w_1$ ).
- c. Mengisi *picnometer* dengan air 90% dan *picnometer* digoyang-goyang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya.
- d. Menimbang *picnometer* yang sudah diisi air tersebut ( $w_2$ ).
- e. Menimbang agregat dalam keadaan kering sebanyak 10 gram dan masukkan kedalam *picnometer*.
- f. Menimbang *picnometer* yang sudah berisi pasir ( $w_3$ ).
- g. Menambahkan aquades ke dalam *picnometer* yang sudah terisi pasir sampai penuh. Kemudian menutup *picnometer* dan mendiarkannya selama 24 jam.
- h. Setelah 24 jam, menimbang *picnometer* ( $w_4$ ) kembali.
- i. Menghitung massa jenis pasir dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Massa jenis} = \frac{w_2 - w_1}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)} \quad (2)$$

### c. Analisis Kadar Lumpur Pasir

Langkah-langkah pengujian kadar lumpur pasir sebagai berikut:

- d. Menimbang 10 gr pasir dengan timbangan digital ( $w_1$ ).
- e. Memasukkan pasir yang telah ditimbang ke dalam beaker glass 50 mL.
- f. Memasukkan air bersih sedikit demi sedikit sambil mengaduk pasir secara perlahan-lahan sampai warna air menjadi jernih.
- g. Kemudian meletakkan pasir di cawan dan mengeringkan di dalam oven selama 24 jam dengan suhu  $1100^{\circ}\text{C}$ .

- h. Setelah 24 jam, menimbang pasir yang di dalam cawan ( $w_2$ ).
- i. Menghitung kadar lumpur pasir.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{w_2 - w_1}{w_2} \times 100\% \quad (3)$$

#### d. Analisis Absorpsi Pasir

Langkah-langkah analisis absorpsi pada pasir yang digunakan:

- a. Menimbang pasir sebanyak 10 gr menggunakan timbangan digital (A).
- b. Memasukkan pasir ke dalam beaker glass 100 mL yang akan digunakan.
- c. Memasukkan air hingga pasir terendam seluruhnya dan mendinginkan pasir tersebut selama 4 jam.
- d. Membuang air yang ada di dalam beaker glass tanpa benda uji ikut terbang.
- e. Menimbang masing-masing benda uji kembali (B).
- f. Menghitung persentase absorpsi dengan rumus:

$$\frac{B-A}{B} \times 100\% \quad (4)$$

#### e. Pengujian Gradasi

Langkah-langkah pengujian gradasi pasir sesuai dengan ASTM C-33 sebagai berikut:

1. Menimbang 400 gr pasir menggunakan timbangan digital.
2. Menyusun ayakan sesuai dengan urutannya, ukuran terbesar diletakkan di atas yaitu 2 mm 0,5 mm (mesh no. 10), 0,5 mm (mesh no. 35), 0,354 mm (mesh no. 45), 0,250 mm (mesh no. 60), dan 0,149 mm (mesh no. 100).
3. Memasukkan pasir ke dalam ayakan paling atas, lalu mengaduk-aduk pasir menggunakan kuas hingga tidak ada pasir yang lolos ayakan lagi.

4. Menimbang pasir yang tertinggal dalam masing-masing ayakan beserta wadahnya.
5. Gradasi pasir yang didapat dengan cara menghitung komulatif persentase butir-butir pasir yang lolos pada masing-masing ayakan. Modulus kehalusan butir (MHB) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{MHB} = \frac{\text{total berat komulatif}}{100} \quad (5)$$

Pada umumnya pasir dapat dikelompokkan menjadi tiga macam tingkat kehalusan yaitu pasir halus dengan MHB 2,20 sampai 2,60, pasir sedang dengan MHB 2,60 sampai 2,90 dan pasir kasar dengan MHB 2,90 sampai 3,20.

#### **f. Analisis Kadar Air**

Langkah-langkah pengujian kadar air berdasarkan ASTM C187 sebagai berikut:

- a. Menimbang cawan yang akan digunakan (a) dan memasukkan benda uji yaitu cawan dan menimbanginya (b).
- b. Memasukkan cawan yang berisi pasir kedalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- c. Menimbang cawan berisi pasir yang sudah dioven (c) dan menghitung persentase kadar air.

$$\text{Kadar Air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \quad (6)$$

#### **g. Pembuatan Mortar**

Adapun langkah-langkah dalam proses pembuatan mortar adalah:

- a. Menyiapkan bahan baku mortar. Bahan yang digunakan dalam pembuatan mortar adalah pasir, air semen *portland* dan bubuk slag dan basalt.

- b. Selanjutnya menimbang masing-masing komposisi dengan perbandingan 5:1 (pasir:semen) dengan takaran masing-masing komposisi. Berat semen di variasikan dengan persentase komposisi bubuk slag dan basalt yaitu 10 %, 20%, 30%, dan 40% (masing-masing komposisi dibuat 3 benda uji). Kemudian memasukkannya ke dalam wadah pengaduk.
- c. Hal yang dilakukan selanjutnya adalah mengaduk campuran mortar dari masing-masing komposisi menggunakan mixer. Pengadukan dilakukan hingga merata  $\pm$  10 menit.
- d. Memberi air kedalam campuran bahan mortar. Hal ini bertujuan agar komposisi yang dibuat menjadi lunak sehingga mengurangi terjadinya *cracking* atau keretakan.
- e. Setelah campuran bahan teraduk secara merata, bahan dimasukkan di dalam alat pencetak mortar berukuran 5 x 5 x 5 (Cm<sup>3</sup>).
- f. Selanjutnya benda uji didiamkan selama 24 jam dari waktu pencetakan untuk kemudian dimasukkan ke dalam air rendaman (*Curing*) dengan variabel umur mortar perendaman 14 hari.
- g. Selanjutnya adalah pengujian mortar.

**Tabel 7.** Komposisi persentase variasi bubuk slag dan basalt

Bahan	Standar	Persentase penambahan bubuk slag dan basalt (% wt) dari berat semen (gr)			
		10%	20%	30%	40%
Pasir	834 gr	834 gr	834 gr	834 gr	834 gr
Semen	166 gr	149,4 gr	132,8 gr	116,2 gr	99,6 gr
Air	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml
Slag		8,3 gr	16,6 gr	24,4 gr	33,2 gr
Basalt		8,3 gr	16,6 gr	24,4 gr	33,2 gr

#### **h. Pengujian Porositas**

Adapun pengujian porositas berdasarkan SNI 1969-2008 adalah sebagai berikut:

- a. Mencatat nilai mortar sebelum direndam kedalam air.
- b. Merendamkan mortar kedalam air selama 24 jam, tujuannya agar permukaan mortar benar-benar basah.
- c. Selanjutnya menimbang mortar dari masing-masing komposisi ke dalam timbangan digital untuk kemudian dicatat berat mortar setelah direndam dalam air dan dicatat hasilnya.
- d. Mengusap sisi permukaan yang berisi air dari masing-masing komposisi dengan menggunkann kain lap, kemudian menimbangya kembali pada penimbang digital, dan dicatat hasilnya. Terakhir adalah menghitung porositas dari masing-masing komposisi dengan menggunakan persamaan:

$$Porositas = \frac{w_3 - w_2}{w_3 - w_1} \times 100 \% \quad (7)$$

Keterangan:

$w_1$  = berat awal/ kering (gram)

$w_2$  = berat setelah dilap dengan kain (gram)

$w_3$  = berat yang direndam dalam air (gram)

#### **i. Pengujian Absorbsi**

Adapun prosedur uji absorbsi berdasarkan SNI 1969-2008 sebagai berikut:

- a. Mencatat nilai mortar sebelum dimasukkan ke dalam air.
- b. Merendamkan mortar kedalam air selama 24 jam, tujuannya agar permukaan bata benar-benar basah.

- c. Selanjutnya menimbang mortar dari masing-masing komposisi ke dalam timbangan digital untuk kemudian dicatat berat mortar setelah direndam dalam air dan dicatat hasilnya.
- d. Mengusap sisi permukaan yang berisi air dari masing-masing komposisi dengan menggunkan kain lap, kemudian menimbangya kembali pada penimbang digital, dan dicatat hasilnya.
- e. Terakhir adalah menghitung absorpsi dari masing-masing komposisi dengan menggunakan persamaan :

$$Absorpsi = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan:

$w_1$  = Berat awal/ kering (gram)

$w_2$  = Berat setelah dilap dengan kain (gram)

**j. Perawatan Mortar Dalam Air (*Curing*)**

Proses perawatan mortar dimulai dengan menyimpan benda uji dalam ruang yang terhindar dari gangguan dan getaran selama satu hari. Hal ini dapat dimaksudkan agar mortar dapat terbentuk dengan baik. Setelah satu hari didiamkan, maka benda uji dapat dibongkar dari cetaknya untuk selanjutnya dilakukan perawatan terhadap mortar tersebut. Perawatan benda uji adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan mortar selalu lembab, sejak adukan mortar dipadatkan hingga mortar menjadi keras. Cara perawatan yang dilakukan terhadap benda uji kubus pada penelitian ini adalah dengan merendam benda uji dalam air. Perawatan mortar dilakukan hingga mortar tersebut siap untuk dilakukan uji kuat tekan pada masing-masing umur yang telah ditentukan.

### k. Pengujian kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan untuk mengetahui kuat tekan hancur dari benda uji tersebut. Benda uji yang dipakai adalah kubus dengan ukuran sisinya  $5 \times 5 \times 5$  (cm<sup>3</sup>). Pengujian kuat tekan mortar dilakukan saat mortar berumur 14 hari. Jumlah mortar yang di uji pada umur 14 hari yaitu terdiri dari 9 buah sampel untuk masing-masing campuran. Prosedur kerja untuk pengujian kuat tekan pada benda uji mortar, antara lain:

- a. Dikeluarkan benda uji setelah berumur 14 hari dari bak perendaman lalu dikeringkan dengan lap dan dibiarkan selama 24 jam.
- b. Benda uji diletakkan pada mesin penekan benda uji.
- c. Diberikan beban tekan secara perlahan-lahan pada benda uji dengan cara mengoperasikan tuas pompa sehingga benda uji runtuh dan hancur.
- d. Pada saat jarum penunjuk skala beban tidak lagi bergerak atau bertambah maka skala yang ditunjuk oleh jarum tersebut dicatat sebagai beban maksimum yang dapat dipikul oleh benda uji tersebut.
- e. Prosedur ini diulangi untuk sampel benda uji kuat tekan yang lain.

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (9)$$

Keterangan:

$f_c'$  = kuat tekan mortar (MPa)

$P$  = beban maksimum (N)

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

### l. Uji Susut Bakar

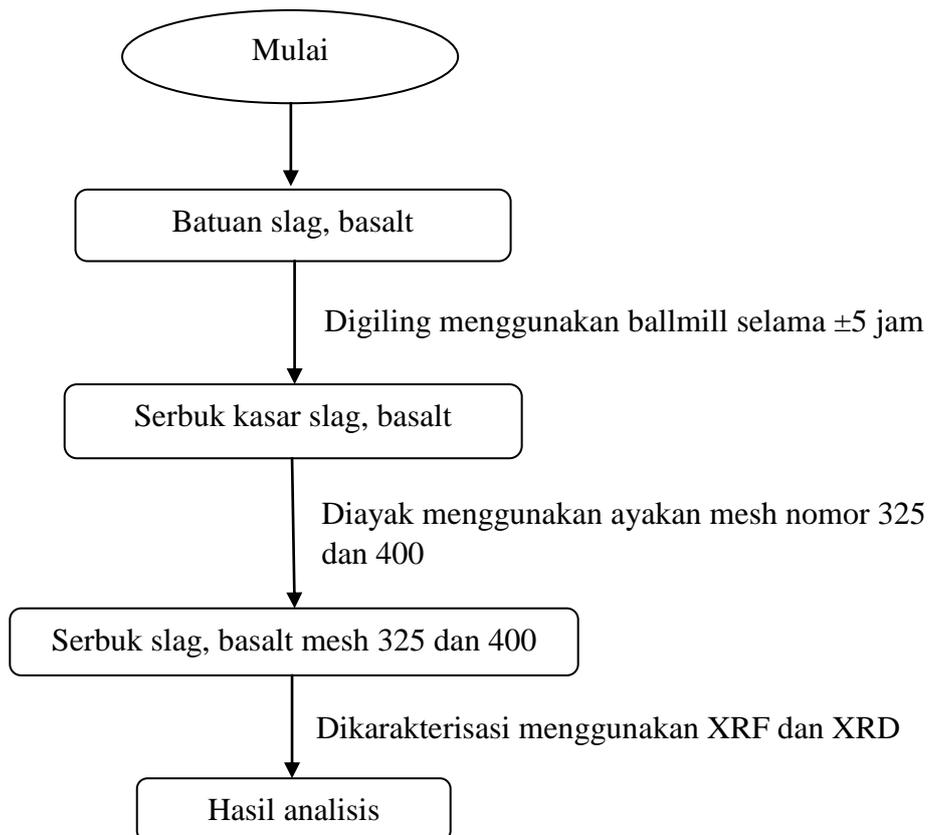
- a. Mengukur setiap sisi mortar dan menimbang beratnya dalam keadaan kering oven (a).

- b. Dibakar di *furnance* pada suhu  $\pm 950$ .
- c. Didinginkan.
- d. Ditimbang dan diukur kembali pada setiap sisi (b) dan menghitung dengan persamaan:

$$Uji\ susut\ bakar = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (10)$$

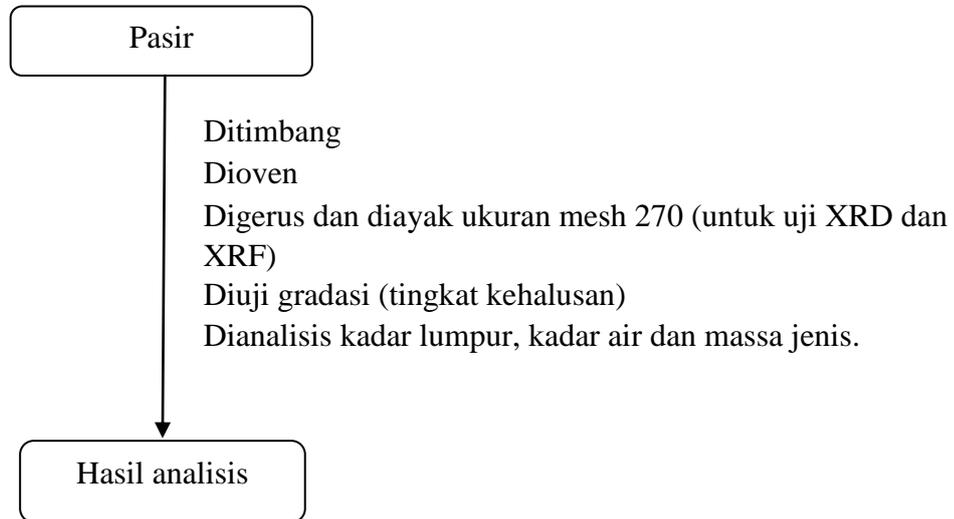
#### D. Diagram Alir

Diagram alir untuk penelitian ini terdiri dari proses preparasi bubuk slag dan basalt yang dihasilkan dari batu basalt dan slag, preparasi sampel pasir dan pembuatan mortar dengan penambahan bubuk slag dan basalt. Diagram alir proses preparasi dapat dilihat pada Gambar 3.



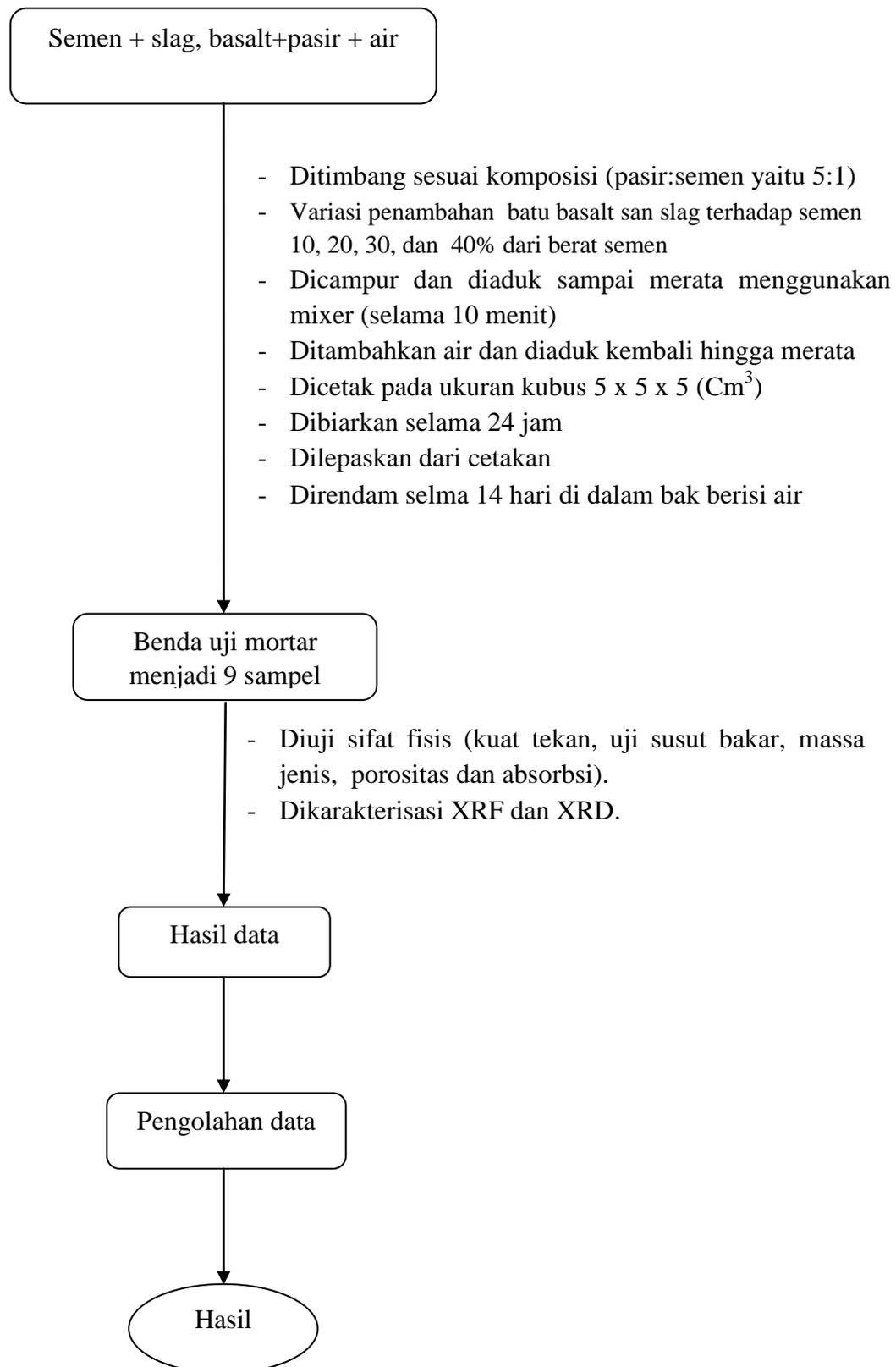
**Gambar 3.** Diagram alir preparasi sampel slag, basalt

Selanjutnya Gambar 4, menunjukkan preparasi pada sampel pasir untuk dilakukan karakterisasi XRD dan XRF.



**Gambar 4.** Diagram alir preparasi sampel pasir.

Proses selanjutnya yaitu pembuatan benda uji dan pengujian mortar yang ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Proses pembuatan mortar semen komposit.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan karakterisasi yang dilakukan pada sampel slag kandungan senyawa terbanyak pada  $\text{SiO}_2$  sebesar 25,898%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 16,938%, dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 25,420% dan pada sampel basalt kandungan senyawa terbanyak pada  $\text{SiO}_2$  sebesar 48,463%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 20,143%, dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 11,510%. Dan untruk struktur fasa yang terbentuk pada slag terdapat pada *Gehlenite*, sedangkan untuk sampel basalt terdapat fase pada *Anorthite*.
2. Nilai porositas tertinggi sebesar 7,2% dan 5,33% pada mesh 325 dan mesh 400 dengan penambahan slag dan basalt 40%. Nilai absorpsi tertinggi sebesar 47,71% dan 40,17% pada mesh 325 dan mesh 400 dengan penambahan slag dan basalt 40%. Nilai massa jenis tertinggi sebesar 2,36% dan 2,02% pada mesh 325 dan mesh 400 dengan penambahan slag dan basalt 10%. Pada susut bakar persentase tertinggi pada mesh 325 dan mesh 400 terdapat pada penambahan slag dan basalt 10% sebesar 10,566% dan 6,26%.
3. Berdasarkan hasil karakterisasi XRF dapat dicirikan dengan adanya senyawa oksida  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CaO}$ , sedangkan pada hasil karakterisasi XRD pada mortar dengan penambahan bubuk slag dan basalt terdapat fase *quartz*.

*low*, sedangkan untuk mortar tanpa penambahan bubuk slag dan basalt terdapat pada fase *Calcium Silicide Hydride*.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan pada penelitian ini baik pada pelaksanaan penelitian maupun pada hasil yang diperoleh, maka diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukannya analisis menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk mengetahui struktur morfologis bubuk andesit sebelum dan sesudah kalsinasi.
2. Penelitian lebih lanjut diperlukan pada pembuatan mortar dengan persentase bubuk slag dan basalt yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Rudi Yuniarto. 2009. Kuat Tekan Mortar Dengan Berbagai Campuran Penyusun dan Umur. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*. Vol. 17. No. 1. Hal: 67-84.
- Afif, M. 2013. Pengaruh Penambahan Silika Fume Dan Superplasticizer Dengan Pemakaian Semen Tipe PPC dan Tipe PCC Terhadap Peningkatan Mutu Beton. [*Skripsi*]. Universitas Negeri Malang : Semarang.
- Al-Rawas, A.A., Hago, A.W., Corcoran, T.C., Al-Ghafri, K.M. 1998. Properties of Omani artificial pozzolana sarooj. *Applied Clay Science*. Vol. 13. pp. 275-292.
- Amin, Muhammad dan Suharto. 2017. The Producing of Environmental Friendly Geopolymer Cement With Raw Material of Basalt Minerals to Accomplish Welfare Lampung. *Balai Penelitian Mineral-LIPI*. Tanjung Bintang, Lampung Selatan.
- Aruntas, H. Y., Guru, M., Mustafa, D., and Ilker, T. 2010. Utilization Of Waste Marble Dust As An Additive In Cement Production. *Materials and Design*. 31:4039-4042.
- Asokan, P., Osmani, M. and Price, A.D.P. 2009. Assessing the Recycling Potential of Glass Fibre Reinforced Plastic Waste in Concrete and Cement Composites. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 17. Pp. 821- 829.
- Assie, S., Escadeillas, G. and Waller, V. 2007. Estimates of Self-Compacting Concrete 'Potential' Durability. *Journal of Construction and Building Materials*. Vol.21. Pp. 1909–1917.
- Astuti, A. W., 2006. Perancangan Kegiatan Perawatan Yang Optimal Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) [*Tugas Akhir*]. Surabaya: ITS.
- Bekir, Topçu, I., Turhan, B. and T. Uygunog. 2009. Effect of Waste Marble Dust Content as Filler on Properties of Self-Compacting Concrete. *Journal of Construction and Building Materials*. Vol. 23. Pp. 1947–1953.

- Binici H. 2007. Effect of Crushed Ceramic and Basaltic Pumice as Fine Aggregates on Concrete Mortars Properties. *Journal of Construction and Building Material*. Vol 21. Pp.1191–1197.
- Binici H., Aksogan O., Cagatay I.H., Tokyay M. And Emsen E. 2007. The Effect of Particle Size Distribution on the Properties of Blended Cements Incorporating GGBFS and Natural Pozzolan (NP). *Journal of Powder Technology*. Vol 177. Pp. 140-147.
- Celik, K., Jackson, M.D., Mancio, M., Meral, C., Emwas, A.H., Mehta, P.K. and Monteiro, P.J.M. 2014. High-volume natural volcanic pozzolan and limestone powder as partial replacements for portland cement in self-compacting and sustainable concrete. *Cement & Concrete Composites*. Vol. 45. pp. 136–147.
- Diederich, P., Mouret, M., Alain, D.R., Phoncon, F. and Gilles, E. 2012. The Nature of Limestone Filler and Self-Consolidating Feasibility-Relationships Between Physical, Chemical and Mineralogical Properties of Fillers and The Flow at Different States, From Powder to Cement-Based Suspension. *Journal of Powder Technology*. Vol. 218. Pp. 90-101.
- Duan, P., Zhonghe, S., Chen, W and Chunhua, S. 2012. Effects of Metakaolin, Silica Fume and Slag on Pore Structure, Interfacial Transition Zone and Compressive Strength of Concrete. *Journal of Construction and Building Materials*. Vol 44. Pp. 1-6.
- Duggal, S.K. 2008. *Building Material*. New Age International (P) Limited, Publishers. Ansari Road, Daryaganj, New Delhi.
- Dumyanti, A., and Manalu, D. F. 2015. Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Fropil*. 3(1): 1-13.
- Ercenk, Erdiz., Bilgehan, G. and Senol Yilmaz. 2018. Crystallization kinetics of machinable glass ceramics produced from volcanic basalt rock. *Journal of Non-Crystalline Solids*. Departemen of Metallurgical and Materials Engineering, Esentepe Campus, 54187. Sarakarya. Turkey.
- Hambali, M., Lesmania, I., Midkasna, A. 2013. Pengaruh Komposisi Kimia Bahan Penyusun Paving Block terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Airnya. *Jurnal Teknik Kimia*. 19(4): 14-21.
- Hamsi, A. 2011. Analisa Pengaruh Ukuran Butir dan Tingkat Kelembaban Pasir Terhadap Performansi Belt Conveyor Pada Pabrik Pembuatan Tiang Beton. *Jurnal Dinamis*. 11(8): 14-20. ISSN 0216-7492.

- Hastuti, Erna. 2012. Pengaruh Temperatur Pembakaran dan Penambahan Abu Terhadap Kualitas Batu Bara. *Jurnal Neutrino*. Vol. 4. No. 2.
- Heryadi dan Mujtahid. 2003. *Gunung Api Nusa Tenggara Barat, Publikasi Khusus*. Ikatan Ahli Geologi Indonesia Nusa Tenggara.
- Irawati, N., Putri, N. T., dan Alexie, H. 2015. Strategi Perencanaan Jumlah Material Tambahan Dalam Memproduksi Semen Dengan Pendekatan Taguchi Untuk Meminimalkan Biaya Produksi (Study Kasus PT Semen Padang). *Jurnal Optimasi Sistem Industri*. 14(1):159-172. ISSN 2088- 4842.
- Jamaludin, A. dan Adiantoro, D. 2012. Analisis kerusakan x-ray fluorecence (XRF). *PIN Pengelolaan Instalasi Nuklir*. No. 09-10 / Tahun V.
- Kadhafi. Muhammad. 2015. Pemanfaatan cooper slag sebagai substitusi semen pada campuran beton mutu K-225. *Jurusan Teknik Sipil*. Universitas Sriwijaya. Vol 3. No. 1. ISSN: 2355-374X.
- Kalnicky, D.J. and Singhvi, R. 2001. Field portable XRF analysis of enviromental samples. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 83. pp. 93-122.
- Karyanto O, Naiem M, and Suhardi. 2001. *Additional activities to ex situ conservation of Paraserianthes falcataria*. UGM. Yogyakarta.
- Khan, M.I. 2003. Isoresponses for Strength, Permeability and Porosity of High Performance Mortar. *Journal of Building and Environment*. Vol. 38. Pp. 1051-1056.
- Khosama, L. K. 2012. Kuat Tekan Beton Beragregat Kasar batuan Tuff Merah, Batuan Tuff Putih, dan Batuan Andesit. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. 2(1): 1-10. Hal 273-278. ISSN 2087-9334.
- Kolias, S. and Georinou, C. 2005. The Effect of Paste Volume and of Water Contenton the Strength and Water Absorption of Concrete. *Journal of Cement and Concrete Composite*. Vol. 27. Pp. 211-216.
- Kusumantara, Diah dan Basoenondo, A. 2009. utilization of Waste from Concrete Mixes Truck to Create Low Grade Quality Concrete for Building Materials. [*Skripsi*]. Departemen Teknik Sipil . Universitas Indonesia : Depok. Hal. 30-33.
- Laoli, M. E., Kaseke, O. H., Manopo, M. R. E., and Jansen, F. 2013. Kajian Penyebab Perbedaan Nilai Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal Panas yang Dihitung Berdasarkan Metode Marshall dengan yang Dicari Langsung Berdasarkan Aashto T209. *Jurnal Sipil Statik*. 1(2): 128-132.

- Lawrence, P., Cyr, M., Ringot, E. 2005. Mineral admixtures in mortars effect of type, amount and fineness of fine constituents on compressive strength. *Cement Concrete Research*. Vol. 35. pp. 1092–1105.
- Malau, Febrianto Blasius. 2014. Penelitian Kuat Tekan dan Berat Jenis Mortar untuk Dinding Panel dengan membandingkan Penggunaan Pasir Bangka dan Pasir Baturaja dengan Tambahan Foaming Agent dan Silica Fume. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol. 2, No. 2. Hal: 287-296.
- Maryoto, A. 2010. *Pengaruh Penggunaan High Volume Fly Ash Pada Kuat Tekan Mortar*. PT. Jaya Readymix : Semarang.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Andi Offset : Yogyakarta.
- Munasir., Triwikantoro., M. Zainuri., dan Darminto. 2012. Uji XRD dan XRF pada Bahan Mineral (Batu and Pasir) sebagai Sumber Material Cerdas ( $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{SiO}_2$ ). *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*. 2 (1): 20-29. ISSN 2087-9946.
- Mustika, Wayan., I M. Alit K. Salain., I K. Sudarsana. 2016. Penggunaan Terak Nikel Sebagai Agregat Dalam Campuran Beton. *Jurnal Spektron*. Vol. 4. No. 2.
- Nadia, Ir. MT., 2011. Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus Campuran Beton Terhadap Peningkatan Kuat Tekan. *Jurnal Konstruksia*. Vol. 3. No. 1. Hal: 35-43.
- Najimi M., Sobhani J., Ahmadi B. and Shekarchi M. 2012. An Experimental Study on Durability Properties of Concrete Containing Zeolite as a Highly Reactive Natural Pozzolan. *Journal of Construction and Building Materials*. Vol. 35. Pp. 23–33.
- Nurwidyanto M.I., Meida Y., Sugeng W. 2006. Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Porositas dan Permeabilitas pada batu Pasir. *Jurnal Berkala Fisika*. Vol. 9, No.4. Hal. 191-195.
- Pangaribuan, M. R dan Narlis. 2015. Penggunaan Batu Karang, Tanah Sebagai Pengganti Agregat Dalam Pembuatan Beton K-175 Untuk Bangunan Sederhana. *Prosiding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur dan Teknik Sipil)*. Volume 6. ISSN 1858-2559.
- Pasaribu, L. 2011. Studi Analisis Pengaruh Jenis Tanah, Kelembaban, Temperatur dan Kadar Air Garam terhadap Tahnan Pertanahan Tanah [Tesis]. Depok: Universitas Indonesia.

- Prasetya, Adi. 2013. Kajian Jenis Agregat dan Proporsi Campuran Terhadap Kuat Tekan dan Daya Tembus Beton Porus. *Jurnal Teknik*. Vol.3 No.2 Oktober 2013. Hal.100-106.
- Prasetyo, Adhitya Ihwan., Agus Taufik., dan Diana Widiastuti. 2011. *Variasi Komposisi Aditif Batu Kapur Dalam Semen Campuran (Blended Cement)*. Universitas Pakuan Bogor.
- Putra, Alif Lamra Amal dan Rahmi Karolina. 2015. Penggunaan Steel Slag Sebagai Agregat Beton Mutu Tinggi (Studi Eksperimental). Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Putra, Y. E dan Sutikno. 2015. Pemanfaatan Limbah Sandblasting Sebagai Bahan Campuran Paving Block. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*. 1(1):81-86.
- Rajiman., Sofia W Alisjahbana., Hery Riyanto<sup>1</sup>., Cholil Hasyim., Muhammad Ikhsan Setiawan., Dani Harmanto., dan Muh Barid Nizarudin Wajdi. 2018. Substitution Local Resources Basalt Stone Scoria Lampung, Indonesia, as a Third Raw Material Aggregate to Increase The Quality of Portland Composite Cement (PCC). *International Journal of Engineering & Technology*.
- Refnita, G., Zuki, Z., dan Yulizar, Y. 2012. Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen Tipe PCC Serta Analisis Air Laut Yang Digunakan Untuk Perendaman. *Jurnal Kimia Unand*. 1(1):1-7.
- Simanullang, Dian Yunita. 2014. Kajian Kuat Tekan Mortar menggunakan Bahan Tambah Fly Ash dan Conplast dengan Perawatan (Curing). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol. 2, No. 4. Hal: 621-631.
- Sucipto, Edi. dan Sadisun, Imam. 2000. Studi Petrografi Batuan Vulkanik sebagai Agregat Bahan Baku Beton. *Buletin Geologi*. Vol. 32. No. 3. Hal. 145-157.
- Suryo, Alfaolis Suriarso., Anis Rahmawati., dan Roemintoyo. 2018. Tinjauan terak baja sebagai bahan pengganti agregat kasar terhadap kuat tarik beton, dengan metode perbandingan 1:1,5:2,5 (Suplemen bahan ajar mata kuliah teknologi beton). *IJCEE*. Vol. 4. No. 1. ISSN 2598-2931.
- Syamsuddin, R., Wicaksono, A., dan Fauzan, F. M. 2011. Pengaruh Air Laut Pada Perawatan (Curing) Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton Dengan Variasi Faktor Air Semen Dan Durasi Perawatan. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 5(2): 68-75. ISSN 1978-5658.
- Tugino. 2010. Model Kuat Tekan dan Tarik Proporsi Tras Muria Dengan Kapur Untuk Kapur Untuk Bahan Dasar Mortar. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*. 12(1): 1-10.

- Tumingan, Tjaronge, M. W., Victor, S., dan Rudy, D. 2016. Penyerapan dan Porositas Pada Beton Menggunakan Bahan Pond Ash Sebagai Pengganti Pasir. *POLITEKNOLOGI*. 15(1).
- Veronika, K. and Zuzana, S. 2014. Effect of basalt powder on workability and initial strength of cement mortar. *Journal of Civil Engineering and Architecture Research*. Vol. 1. No. 4. pp. 260-267.
- Waseda, Y., Eiichiro, M., Kozo, S. 2011. X-Ray Diffraction Crystallography Introduction, Examples and Solved Problem. *London New York: Springer Heidelberg Dordrecht*.
- Wenno, Rudolfo. 2014. Kuat tekan mortar dengan menggunakan abu terbang (*fly ash*) asal PLTU amurang sebagai substitusi parsial semen. *Jurnal sipil statik*. Vol. 2. No. 5. (252-259) ISSN: 2337-6732.
- Widari, L. A., Fasdarsyah., dan Iva, D. 2015. Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Pada Paving Block. *Teras Jurnal*. 5(1):51-59. ISSN 2008-0561.
- Widjojoko, L. 2010. Pengaruh Sifat Kimia Terhadap Unjuk Kerja Mortar. *Jurnal Teknik Sipil UBL*. 1(1): 52-59.
- Wiryasa, N. M. A., I Nyoman, S., Agus, S. W. 2008. Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Pembuatan Paving Block. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. 12(1): 29-36.
- Yahya, M. 2003. Pemanfaatan Limbah Industri Baja (Blast Furnance Iron Slag) sebagai Bahan Bangunan Studi Kasus. *Temu Ilmiah IPLBI*.
- Yusuf, Y., Zuki, Z, dan Gifyul, R. 2013. Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) terhadap Kuat Tekan Mortar Semen tipe PCC serta analisis Air Laut yang digunakan untuk Perendaman. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*.
- Zulhijah, Dilla., Sri Handani., dan Sri Mulyadi. Pengaruh Variasi Ukuran Agregat Terhadap Karakteristik Beton Dengan Campuran Abu Sekam Padi. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*. Vol 7. No. 2. Hal: 50-55.