

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI MINERAL BASALT DAN
SODIUM HIDROKSIDA TERHADAP SIFAT FISIS DAN
KARAKTERISTIK PRODUK *GEOPOLYMER***

(Skripsi)

Oleh

Dia Raafi Pertiwi



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

ABSTRAK

Pengaruh Variasi Konsentrasi Mineral Basalt dan Natrium Hidroksida Terhadap Sifat Fisis dan Karakteristik Produk *Geopolymer*

Oleh

Dia Raafi Pertiwi

Geopolymer merupakan suatu material yang dihasilkan dari proses geosintesis atau polimerisasi dari partikel aluminosilikat dan alkali silikat sehingga menghasilkan struktur amorf-semi kristal tiga dimensi antara SiO_4 dan AlO_4 . Bahan baku yang digunakan untuk membuat *geopolymer* yaitu basalt, natrium hidroksida, natrium silikat dan air. *Geopolymer* dibuat dengan konsentrasi natrium hidroksida sebanyak 2,5%, 5% dan 7,5% pada mesh 80, 150 dan mesh 270. Proses ini menunjukkan bahwa semakin besar variasi konsentrasi natrium hidroksida maka kuat tekan yang dihasilkan semakin kecil, serta absorpsi semakin besar. *Geopolymer* dengan natrium hidroksida sebesar 2,5% pada mesh 270 memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 7,576 MPa dan absorpsi sebesar 8,89%. Sedangkan pada mesh 150 dan mesh 80 memiliki nilai kuat tekan dan absorpsi sebesar 7,204 MPa dan 6,992 MPa dengan absorpsi sebesar 9,48% dan 11,03%. Sedangkan pada konsentrasi natrium hidroksida sebesar 5% dan 7,5% besarnya kuat tekan yang dihasilkan juga lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi natrium hidroksida 2,5%.

Kata kunci : basalt, *geopolymer*, natrium hidroksida

ABSTRACT

Influence of variability of Basalt Mineral concentration and Sodium hydroxide on the physical properties and characteristics of *Geopolymer* Products

By

Dia Raafi Pertiwi

Geopolymer is a material produced from process of geosynthesis or polymerization of aluminosilicate and alkali silicate particles so as to produce a three-dimensional amorphous semi-crystalline structure between SiO_4 and AlO_4 . The raw materials that used are basalt, sodium hydroxide, sodium silicate and water. *Geopolymer* is made by adding sodium hydroxide as much as 2,5%, 5% and 7,5% on the mesh 80, 150 and mesh 270. This process shows the results that the greater the variation of the concentration of sodium hydroxide then the smaller the strong press is produced, and the absorption become more greater. *Geopolymer* with the amount of sodium hydroxide 2,5% in mesh 270 has strong press highs of 7,576 MPa and absorption of 8,89%. As for mesh 150 and mesh 80 have a strong press and absorptive value of 7,204 MPa And 6,992 MPa with absorption of 9,48% and 11,03%. While at the concentrations of sodium hydroxide is 5% and 7,5%. The amount of strong press produced is also smaller than the concentration of sodium hydroxide 2,5%.

Keywords : Basalt, *geopolymer*, sodium hydroxide

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI MINERAL BASALT DAN
SODIUM HIDROKSIDA TERHADAP SIFAT FISIS DAN
KARAKTERISTIK PRODUK *GEOPOLYMER***

Oleh

Dia Raafi Pertiwi

Skripsi

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

Pada

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



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

Judul Skripsi : **Pengaruh Variasi Konsentrasi Mineral Basalt Dan Sodium Hidroksida Terhadap Sifat Fisis Dan Karakteristik Produk Geopolymer**

Nama Mahasiswa : **Dia Raafi Pertiwi**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1517041130

Program Studi : Fisika

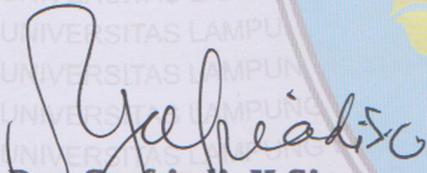
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

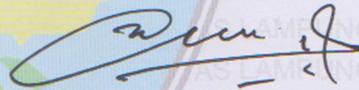
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I,

Pembimbing II,

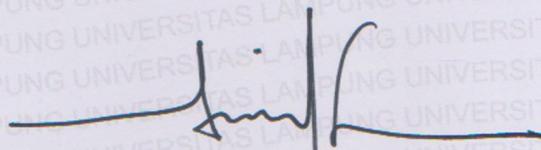


Drs. Syafriadi, M.Si.
NIP. 19610821 199203 1 002



Anton Sapto Handoko, S.T., M.T.
NIP. 197902 1400312 1 005

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

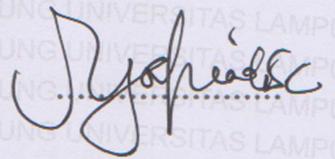


Arif Surtano, M.Si., M.Eng.
NIP. 19710909 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

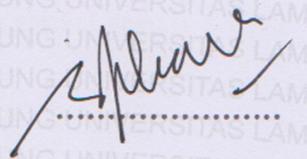
Ketua : Drs. Syafriadi, M.Si.



Sekretaris : Anton Sapto Handoko, S.T., M.T.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 8 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, 08 Oktober 2019



Dia Raafi Pertiwi
NPM. 1517041130

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Dia Raafi Pertiwi dilahirkan di Buana Sakti, Kecamatan Batanghari, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung pada 24 Maret 1997. Penulis merupakan putri pertama dari 2 bersaudara yang lahir dari

Bapak Diono dan Ibu Juriyah. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat TK. Pertiwi 2 Banarjoyo pada tahun 2002-2003, Sekolah Dasar di SDN 2 Buana Sakti pada tahun 2003-2009, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 3 Sekampung pada tahun 2009-2012, serta Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Batanghari pada tahun 2012-2015. Pada tahun 2015, penulis mendaftar sebagai calon Mahasiswa S1 di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung (Unila), diterima melalui ujian tertulis jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan menerima beasiswa bidikmisi angkatan ke-enam.

Selama menempuh jenjang pendidikan S1 di Fisika FMIPA Unila, penulis mengambil konsentrasi keilmuan bidang Fisika Material. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai Anggota Biro Komunikasi dan Informasi HIMAFI FMIPA Unila periode 2017-2018. Pada tahun 2018, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Penelitian Biomaterial-LIPI, Bogor dan mengikuti program KKN di Desa Betengsari, Kecamatan Jabung,

Kabupaten Lampung Timur. Di tahun 2019 penulis melakukan penelitian terkait tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Variasi Konsentrasi Mineral Basalt dan Sodium Hidroksida Terhadap Sifat Fisis dan Karakteristik Produk *Geopolymer*” yang bertempat di Laboratorium Non-Logam, Laboratorium Heat Treatment dan Laboratorium Analisis Kimia Balai Penelitian Teknologi Mineral – LIPI

MOTTO

Tidak ada balasan untuk kebaikan selain kebaikan (pula)

(Ar-Rahman: 60)

*Jadilah seperti bunga yang memberikan keharuman bahkan kepada
tangan yang telah menghancurkannya*

(Ali bin Abi Thalib)

*Tidak ada tempat terbaik untuk mengadu selain di atas sajadahmu
Tidak ada waktu terbaik untuk mengadu selain di sepertiga malammu*

*Sebab saat itulah Rabbmu turun untuk merangkul hatimu dan
melapangkan dadamu*

(Dia Raafi Pertiwi)

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

BAPAK DIONO DAN IBU JURIYAH

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

KELUARGA TERSAYANG

*Terimakasih untuk adikku (Azis Ghany Wicaksono) yang selalu
memberikan semangat dan doa dalam menyelesaikan tugas
akhir ini. Terimakasih untuk orang-orang tersayangku atas
doa, nasehat dan motivasi yang tak terbatas.*

BAPAK-IBU DOSEN

*Terimakasih atas ilmu pengetahuan dan budi pekerti yang
telah membuka hati dan wawasanku*

PARA SAHABAT DAN TEMAN-TEMAN SEPERJUANGANKU

Terima kasih atas kebaikan dan kebersamaan yang kita lalui

dan

ALMAMATER TERCINTA

UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Segala puji kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala kekuatan dan pertolongan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi S1 di jurusan Fisika FMIPA Unila ini serta dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul, **“Pengaruh Variasi Konsentrasi Mineral Basalt Dan Sodium Hidroksida Terhadap Sifat Fisis Dan Karakteristik Produk *Geopolymer*”**. Penelitian ini merupakan studi awal terkait pengaruh pemakaian material basalt sebagai bahan pembuatan geopolimer, dengan indikator kuat tekan, absorpsi, XRF dan XRD.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak, demi penyempurnaan serta perbaikan dari skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat menjadi salah satu rujukan untuk penelitian tentang material basalt berikutnya, serta dapat memperkaya ide-ide penelitian yang lain.

Bandar Lampung, 08 Oktober 2019

Dia Raafi Pertiwi

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT, penulis telah menyelesaikan skripsi ini berkat bantuan dan motivasi dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Drs. Syafriadi, M.Si selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan serta nasehat untuk menyelesaikan tugas akhir.
2. Bapak Anton Spto Handoko, S.T., M.T selaku Pembimbing II yang senantiasa memberikan masukan-masukan serta nasehat untuk menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Drs. Pulung Karo-Karo, M.Si selaku Pembahas yang telah mengoreksi kekurangan, memberi kritik dan saran selama penulisan skripsi.
4. Bapak Muhammad Amin, S.T selaku Pembimbing Lapangan yang telah memberi bimbingan lapangan dalam melakukan penelitian tugas akhir.
5. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan serta nasehat dari awal perkuliahan sampai menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak Drs. Suratman, M.Sc. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak Arif Surtono, M.Si., M.Eng selaku Ketua Jurusan Fisika 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. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah banyak membekali ilmu bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung atas segala bantuannya.
12. Kedua Orang Tuaku dan keluarga yang telah mendoakan serta memberikan semangat.
13. Novita Anggraeni, Siti Khoiriah Assriyani, dan Niken Rahayu sebagai “keluarga badai” yang selalu bersama untuk memberikan dukungan, motivasi, dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
14. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) dan teman-teman fisika angkatan 2015 yang telah memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 08 Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
COVER DALAM	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 <i>Geopolymer</i>	6
2.2 Basalt	9
2.3 Alkali Aktivator (Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida).....	13
2.4 <i>Ball Milling</i>	15
2.5 Pengujian Fisik	16
2.5.1 Kuat Tekan	16
2.5.2 Absorpsi.....	17
2.6 Sinar-X.....	17
2.6.1 XRF	18
2.6.2 XRD	20

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	22
3.2.1 Alat Penelitian	22
3.2.2 Bahan Penelitian.....	22
3.3 Prosedur Penelitian	23
3.3.1 Pemeriksaan Bahan	23
3.3.2 Preparasi Mineral Basalt	23
3.3.3 Komposisi Sampel	24
3.3.4 Pembuatan Sampel	24
3.3.5 Pengujian Sampel	25
3.4 Diagram Alir Penelitian	27
3.4.1 Diagram Alir Preparasi Bahan	27
3.4.2 Diagram Alir Pembuatan Alkali Aktivator	27
3.4.3 Diagram Alir Pembuatan Sampel	28

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan	29
4.1.1 Mineral Basalt	29
4.1.1.1 Karakterisasi Mineral Basalt Menggunakan Alat XRF	29
4.1.1.2 Karakterisasi Mineral Basalt Menggunakan Alat XRD.....	30
4.1.2 Air	32
4.2 Hasil Uji Fisik Sampel <i>Geopolymer</i>	33
4.2.1 Kuat Tekan <i>Geopolymer</i>	33
4.2.2 Absorpsi <i>Geopolymer</i>	35
4.3 Hasil Karakterisasi XRF Sampel <i>Geopolymer</i>	37
4.4 Hasil Karakterisasi XRD Sampel <i>Geopolymer</i>	38

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan 40

5.2 Saran 40

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Konsep model geopolimerisasi.....	8
Gambar 2. Struktur amorf-semi kristal <i>geopolymer</i>	8
Gambar 3. Basalt	11
Gambar 4. Ikatan kimia antara silika dan alumina	15
Gambar 5. <i>Ball mill</i>	16
Gambar 6. Prinsip kerja alat XRF	19
Gambar 7. Skema difraksi sinar X	20
Gambar 8. Diagram alir preparasi bahan	27
Gambar 9. Diagram alir pembuatan larutan aktivator	27
Gambar 10. Diagram alir pembuatan sampel	28
Gambar 11. Hasil XRD sampel basalt	30
Gambar 12. Hubungan konsentrasi sodium hidroksida dengan kuat tekan <i>geopolymer</i>	33
Gambar 13. Hubungan konsentrasi sodium hidroksida dengan absorpsi <i>geopolymer</i>	35
Gambar 14. Difraktogram sampel <i>geopolymer</i>	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kandungan Mineral Batuan Basalt.....	11
Tabel 2. Komposisi Benda Uji	24
Tabel 3. Hasil karakterisasi XRF mineral basalt	39
Tabel 4. Hasil karakterisasi XRF <i>geopolymer</i>	37

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang banyak melakukan pembangunan fisik, salah satunya pada dunia konstruksi. Dunia konstruksi sudah berkembang pesat seiring dengan bertambahnya zaman. Hal tersebut sangat erat kaitannya dengan penggunaan material konstruksi yang mengandung bahan-bahan tidak ramah lingkungan. Beton sebagai salah satu komponen struktur yang banyak digunakan untuk konstruksi bangunan. Peningkatan permintaan beton menyebabkan tingginya kebutuhan akan semen sebagai salah satu material utama penyusun beton. Penggunaan semen portland yang semakin meningkat setiap tahunnya mengakibatkan peningkatan industri-industri semen portland di Indonesia. Perkembangan industri semen portland memberikan dampak lain terhadap lingkungan.

Akibat dari produksi semen secara terus-menerus memberikan dampak negatif terhadap kerusakan lingkungan. Industri semen menjadi penyumbang utama emisi gas CO₂ diudara karena untuk memproduksi 1 ton semen maka gas CO₂ yang dihasilkan sebesar 1 ton juga. Oleh karena itu, adanya dampak tersebut menyebabkan pemanasan global sehingga terjadi perubahan iklim yang semakin tidak teratur. Sekarang ini tidak hanya penggunaan

semen yang menjadi masalah, adanya limbah dari sisa pembakaran batu bara menjadi persoalan yang perlu dicari solusinya. Proses pembuangan ini dapat menimbulkan pencemaran serta membutuhkan fasilitas pembuangan yang relatif mahal. Oleh karena itu, alternatif yang akan digunakan dengan adanya permasalahan diatas adalah dengan *geopolymerisasi* yaitu penggantian semen dengan limbah hasil pembakaran batu bara yang disebut abu terbang atau *fly ash*. *Geopolymer* adalah campuran material penyusun beton dimana penggunaan material semen portland sebagai salah satu bahan pengikat digantikan oleh bahan lain seperti abu terbang, abu kulit padi, basalt dan lain-lain yang mengandung silika dan alumina (Triandini, 2018).

Geopolymer merupakan sintesis dari bahan alam non organik lewat proses polimerisasi. Bahan baku utama yang diperlukan untuk pembuatan semen *geopolymer* adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3), salah satu bahan baku yang banyak mengandung unsur silika dan alumina adalah batu basalt yang komposisi kimianya $\text{SiO}_2=40-55\%$ dan $\text{Al}_2\text{O}_3=12-17\%$ (Arioz, 2013).

Reaksi geopolimer dibantu dengan alkali aktivator yaitu berupa sodium hidroksida dan sodium silikat. Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur Si dan Al yang terkandung di dalam mineral basalt. Sedangkan sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi yang terjadi (Prasetyo, 2015).

Pada penelitian ini, kami menggunakan alkali aktivator sodium hidroksida dengan variasi sebesar 2,5%, 5% dan 7,5% serta sodium silikat sebesar 13%.

Hal ini merujuk pada penelitian sebelumnya bahwa penggunaan sodium hidroksida dengan konsentrasi dibawah 2,5% akan menghasilkan kuat tekan yang lebih kecil, hal ini diungkapkan oleh Januarti dan Triwulan pada penelitiannya yang menggunakan sodium hidroksida sebagai alkali aktivator *fly ash*, *trass* dan lumpur Sidoarjo dalam beton *geopolymer* (Januarti, 2013). Gagasan ini diperkuat lagi dengan pernyataan Hardjito, bahwa semakin tinggi perbandingan larutan alkali aktivator yang digunakan maka kuat tekan yang dihasilkan akan meningkat (Hardjito, 2005).

Berdasarkan data yang berasal dari Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian ESDM pada tahun 2011 bahwa sumber daya mineral non logam batuan basalt di Indonesia berjumlah 5.571.251.000 ton dan menurut sumber yang berasal dari Dinas Pertambangan dan Energi Lampung sejumlah cadangan batu basalt yang tersebar di seluruh kabupaten berjumlah 318.480.000 ton (Azwar, 2011). Dengan jumlah cadangan mineral basalt yang melimpah, diharapkan dapat menciptakan inovasi-inovasi yang ramah lingkungan agar dapat mengoptimalkan penggunaan mineral basalt sehingga memiliki nilai ekonomi yang tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini:

1. Bagaimana pengaruh ukuran material basalt pada pembuatan produk *geopolymer* dilihat dari nilai kuat tekan dan absorpsi?
2. Bagaimana pengaruh penambahan sodium hidroksida (NaOH) dengan sodium silikat (Na_2SiO_3) konstan terhadap kuat tekan *geopolymer* ?

3. Bagaimana pengaruh variasi komposisi konsentrasi senyawa pada sampel terhadap karakteristik *geopolymer*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini:

1. Mengetahui pengaruh ukuran material basalt pada pembuatan produk *geopolymer* dilihat dari nilai kuat tekan dan absorpsi.
2. Mengetahui pengaruh penambahan sodium hidroksida (NaOH) dengan sodium silikat (Na_2SiO_3) konstan terhadap kuat tekan *geopolymer*.
3. Mengetahui pengaruh variasi komposisi konsentrasi senyawa pada sampel terhadap karakter *geopolymer*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini:

1. Variasi mineral basalt sebesar 69,5%, 67%, dan 64,5%.
2. Variasi sodium hidroksida (NaOH) sebesar 2,5%, 5%, dan 7,5% dengan sodium silikat (Na_2SiO_3) konstan sebesar 13%.
3. Temperatur yang digunakan pada saat pemanasan dan pengeringan yaitu dari temperatur ruang hingga temperatur 100 °C selama 8 jam.
4. Mineral basalt dari Lampung Timur.
5. Uji fisis sampel yaitu kuat tekan dan absorpsi.
6. Karakterisasi bahan dan sampel menggunakan alat XRD dan XRF.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini:

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

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Geopolymer*

Geopolymer merupakan bahan pengikat yang berasal dari bahan alami dan telah mengalami reaksi polimerisasi dalam proses pengoperasiannya yang biasa dikembangkan sebagai alternatif pengganti beton semen di masa mendatang. Sebagai terobosan baru, kini berhasil ditemukan jenis material beton baru “*Geopolymer*” yang konon lebih ramah lingkungan. Bahan dasar utama *geopolymer* adalah bahan yang banyak mengandung silikon dan aluminium yang tinggi. Kebutuhan akan tingginya kandungan oksida silika dan alumina disebabkan karena oksida ini merupakan bahan utama yang akan mengalami proses polimerisasi yang menghasilkan binder atau pengikat dalam beton *geopolymer*. Unsur-unsur ini, diantaranya banyak terdapat pada material buangan hasil sampingan industri, seperti abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara dan abu sekam padi (*rice husk ash*) sisa pembakaran sekam padi (Triandini, 2018).

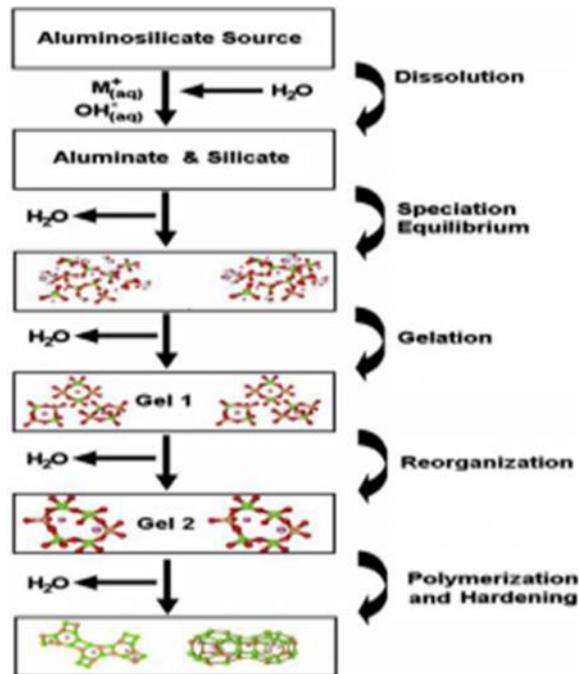
Untuk membuat suatu kristal *geopolymer* dibutuhkan reaksi polimerisasi, yaitu reaksi pelepasan molekul kecil seperti H_2O untuk membentuk ikatan rantai monomer yang lebih panjang. Untuk mendapatkan reaksi polimerisasi dibutuhkan suatu reaktan dari golongan alkalin yang dapat melepas ion-ion yang tidak diperlukan. Dalam hal ini digunakan sodium hidroksida (NaOH)

yang memiliki sifat basa kuat sebagai reaktan alkalin dan sodium silikat sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi polimerisasi (Adiningtyas, 2008) .

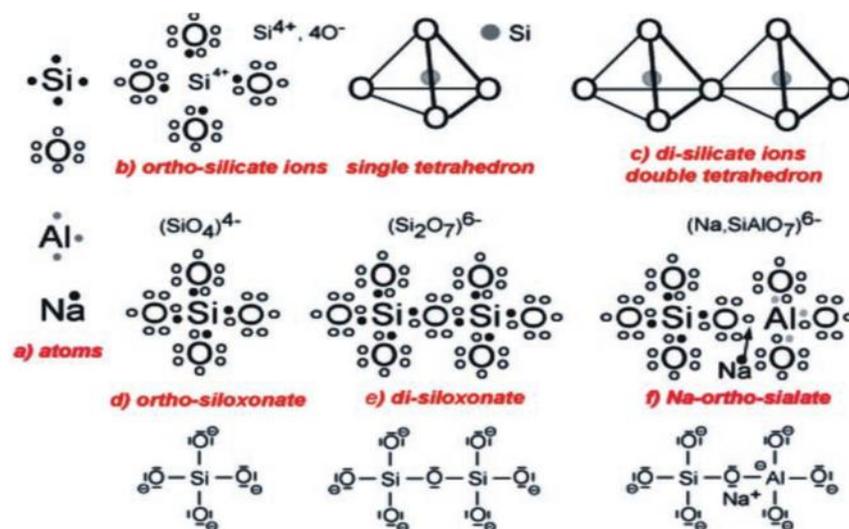
Bahan *geopolymer* didefinisikan sebagai suatu material atau bahan yang dihasilkan dari proses geosintesis atau polimerisasi dari partikel aluminosilikat dan alkali silikat sehingga menghasilkan struktur amorf-semi kristal tiga dimensi antara SiO_4 dan tetrahedral AlO_4 . Mineral aluminosilikat seperti kaolin dapat terlarut dalam larutan alkali silikat membentuk keramik yang keras. Sedikit larutan alkali yang ditambahkan pada kaolin akan melarutkan sebagian mineral aluminosilikat membentuk larutan alkali aluminosilikat yang akan berikatan dengan partikel aluminosilikat polimer yang ada dan membentuk suatu fasa baru bersifat keras setelah mengering (Davidovits, 2013).

Penambahan sodium silikat yang berfungsi sebagai aktivator dan sodium hidroksida (NaOH) yang berfungsi sebagai pereaksi alkali pada material geopolimer yang berasal dari alam atau buatan akan menghasilkan ikatan polimer (Mughtar, 2014). Pembentukan rantai polimer Si–O–Al yang dalam geopolimerisasi terjadi aktivasi oleh larutan alkali pada material yang kaya akan SiO_2 dan Al_2O_3 dengan mekanisme yang melibatkan pelarutan Si dan Al yang membentuk struktur amorf.

Seperti pada gambar 1 menunjukkan konsep model geopolimerisasi sedangkan pada gambar 2 tampak struktur amorf-semi kristal *geopolymer*. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Konsep model geopolimerisasi



Gambar 2. Struktur amorf-semi kristal *geopolymer*
(Sumber: Davidovits, 1994)

2.2 Basalt

Basalt merupakan salah satu batuan beku yang terbentuk dari magma yang mendingin dan mengeras, dengan atau tanpa proses kristalisasi di atas permukaan sebagai batuan ekstrusif (vulkanik). Magma ini dapat berasal dari batuan setengah cair ataupun batuan yang sudah ada, baik di mantel ataupun kerak bumi. Umumnya proses pelelehan terjadi oleh salah satu dari proses-proses seperti kenaikan temperatur, penurunan tekanan atau perubahan komposisi. Batuan beku ekstrusif adalah batuan beku yang proses pembekuannya berlangsung dipermukaan bumi dengan lelehan lava yang memiliki berbagai struktur yang memberi petunjuk mengenai proses yang terjadi pada saat pembekuan lava tersebut (Noor, 2012). Penggunaan batuan basalt untuk suatu konstruksi jalan dapat memberikan suatu alternatif pengganti bahan batu sungai yang jumlahnya semakin terbatas. Batuan ini memiliki kemampuan untuk memenuhi persyaratan yang sesuai dengan spesifikasi bahan untuk suatu konstruksi jalan (Tarmizi, 2018).

Batuan basalt memiliki karakteristik diantaranya bertekstur afanitik atau porfiritik afanitik. Kadar SiO_2 atau silika berkisar 45% sampai 52% sehingga masuk dalam kelompok batuan beku basa, indeks warna berkisar 40 hingga 70 dan jumlah mineral mafik yang banyak sehingga menyebabkan batuan berwarna abu abu gelap hingga hitam (Soetoto, 2013). Batuan basalt juga memiliki beberapa struktur seperti *fine grained* atau masif dan struktur *vesicular* atau rongga (Bonewitz, 2012). Struktur masif merupakan struktur yang memperlihatkan suatu masa batuan yang terlihat seragam. Sedangkan struktur berongga merupakan struktur yang memperlihatkan lubang lubang

sejajar yang terbentuk akibat pelepasan gas pada saat pembekuan berlangsung (Travis, 1955).

Dalam bentuk bubuk, basalt memiliki diameter partikel berada dikisaran 1,5 hingga 200 μm . Volume terbesar yaitu sebesar 51% ditempati oleh partikel dengan diameter sekitar 19,89 μm . Berat jenis bubuk basalt sekitar 2,99 gr/cm^3 dan permukaan spesifik Blaine yaitu 3500 cm^2/gr serta memiliki permukaan dengan bentuk sudut (Dobiszewska, 2017).

Basalt terdiri dari batuan basa dimana persentase silika relatif tinggi, sedangkan persentase besi, magnesium relatif rendah, dan sodium serta potasium rendah. Basalt sangat mudah terkena alterasi dengan sedikit uap air dan air panas di daerah vulkanik yang akan menghasilkan oksida besi dari mineral magnetik (mineral bijih), mineral non bijih dan kaya akan Fe serta Mg yaitu mineral olivin. Sedangkan nilai resistivitas batuan basalt dengan kandungan air yaitu 4×10^4 (untuk % H_2O sebesar 0,95%) dan untuk basalt kering sebesar $10 - 1,3 \text{ m}$ (Karyanto, 2004).

Basalt dapat terbentuk pada posisi tektonik konvergen, divergen, di tengah lempeng samudera ataupun di tengah lempeng benua dengan memperlihatkan vulkanik dan karakteristik magma yang berbeda-beda. Batuan basalt memiliki banyak kegunaan, antara lain sebagai bahan bangunan atau pondasi bangunan dan sebagai agregat. Untuk mendapatkan agregat batuan basalt perlu dilakukan suatu pengolahan material bahan galian yang disebut kominusi (*size reduction*) yang merupakan salah satu tahap dalam proses pengolahan bahan galian yang bertujuan untuk memperkecil ukuran dari suatu padatan

dengan cara memecah, memotong, atau menggiling bahan tersebut sampai didapat ukuran yang diinginkan agar memudahkan untuk proses selanjutnya. Kominusi dapat dibagi menjadi dua tahap yaitu peremukan atau pemecahan (*crushing*) dan penggerusan atau penghalusan (*grinding*). Proses pemecahan dapat pula diterapkan pada pengolahan basalt untuk mendapatkan kualitas terbaik dan untuk mendapat ukuran partikel yang terbaik maka dibutuhkan waktu penggilingan yang memadai, maka variasi waktu sangatlah penting untuk proses penggilingan pada *ball mill* setelah melewati proses pemecahan serta penghalusan (Asis, 2018). Bentuk basalt dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Basalt (Sumber: Laboratorium Non-Logam Balai Penelitian Teknologi Mineral - LIPI)

Komposisi kimia mineral basalt dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia mineral basalt

Komposisi Kimia Batuan Basalt	%
SiO ₂	56,15
Al ₂ O ₃	17,37
Fe ₂ O ₃	4,62
CaO	8,25
MgO	6,90
K ₂ O	3,28
TiO ₂	0,99
MnO ₂	0,46

(Sumber: Amin, 2016).

Basalt juga memiliki kandungan mineral utama yang dikelompokkan seperti kelompok mineral plagioklas seperti *anorthite* atau *calcium aluminum silicate* ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), kelompok mineral piroksen seperti *augite* atau *calcium iron magnesium silicate* ($\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mg})\text{Si}_2\text{O}_6$) maupun *augite, aluminian* ($\text{Ca}(\text{Mg},\text{Al},\text{Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$), lalu kelompok mineral olivin seperti *forsterite* atau *magnesium silicate* ($\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)$) dan mineral gelas vulkanik seperti *quartz* maupun *silicon oxide* (SiO_2).

Basalt menghasilkan fasa bervariasi tergantung dari kandungan unsur yang paling dominan. Pada umumnya basalt mempunyai fasa utama dari kelompok mineral plagioklas. Apabila kandungan unsur Na lebih dominan dari Ca maka akan terbentuk fasa utama dengan mineral Na-Plagioklas, namun jika kandungan unsur Na rendah atau bahkan tidak ada, maka akan terbentuk fasa utama dengan mineral Ca-Plagioklas. Kemudian diikuti dengan kehadiran kelompok mineral mafik seperti piroksen, olivin maupun kuarsa.

Seperti penelitian lain tentang pengujian sampel basalt menunjukkan fasa-fasa dari kelompok mineral plagioklas seperti *albite* ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), *anorthite* ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) dan *labradorite* ($\text{Ca}_{0,65}\text{Na}_{0,32}(\text{Al}_{1,62}\text{Si}_{2,38}\text{O}_8)$), kelompok mineral piroksen yaitu *augite aluminian* $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_6$, dan SiO_2 (Veronika and Zuzana, 2014; Laibao, 2013). Untuk fasa dari mineral plagioklas dengan komposisi *anorthite* ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), kelompok mineral Olivin dengan komposisi *forsterite* (Mg_2SiO_4) dan kelompok mineral klinopiroksen dengan komposisi *diopside* ($\text{MgCaSi}_2\text{O}_6$) (Celik, 2014),

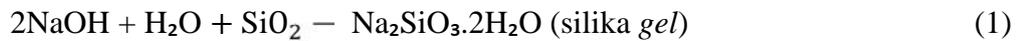
selain itu fasa dari mineral-mineral seperti *Chlorite*, *Calcite*, *Labradorite*, *Augite*, *Hematite* dan *Quartz* (Labacci, 2016).

2.3 Alkali Aktivator (Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida)

Alkali aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan unsur atau zat lain bereaksi. Alkali aktivator yang digunakan adalah sodium silikat dan sodium hidroksida. Sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi, sedangkan sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam basalt sehingga dapat menghasilkan ikatan *polymer* yang kuat. Dimana dalam penelitian ini sodium silikat yang digunakan berupa *gell* agak lengket sedangkan sodium hidroksida berupa serpihan dengan kadar 98% (Prasetyo, 2015).

Sodium silikat merupakan salah satu bahan tertua dan paling aman yang digunakan dalam industri kimia, hal ini dikarenakan proses produksi yang lebih sederhana maka sejak 1818 sodium silikat berkembang dengan cepat. Sodium silikat dapat dibuat dengan dua proses yaitu proses basah dan proses kering. Sodium silikat terdapat dalam dua bentuk yaitu padatan dan larutan. Untuk campuran beton lebih banyak digunakan dalam bentuk larutan, sodium silikat atau yang lebih dikenal dengan *water glass*. Sodium silikat ini merupakan salah satu larutan alkali yang memainkan peranan penting dalam proses polimerisasi karena sodium silikat mempunyai fungsi mempercepat reaksi polimerisasi. Natrium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam basalt sehingga dapat menghasilkan

ikatan polimer yang kuat (Kasyanto, 2012). Reaksi kimia yang dihasilkan antara silika dengan natrium hidroksida sebagai berikut:



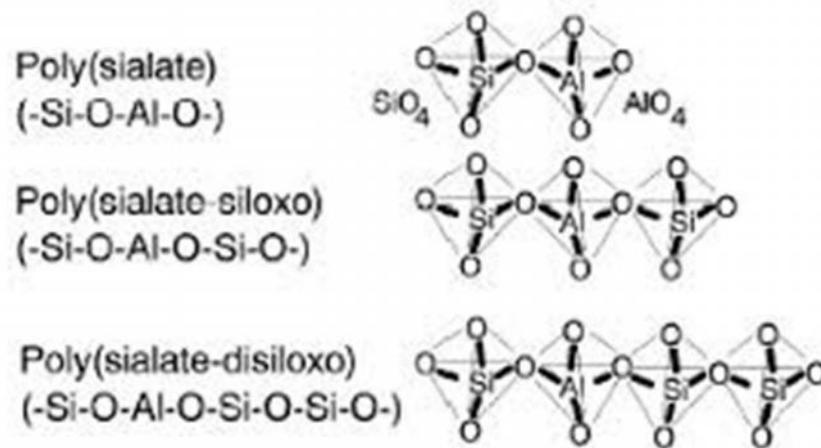
Untuk membuat larutan alkali kita mereaksikan natrium hidroksida dengan air kemudian memasukkan silika *gell* lalu diaduk hingga homogen. Alkali tinggi yang kita gunakan yaitu natrium hidroksida yang memiliki kadar pH sekitar 13-14 (Neville, 2004).

Pada prinsipnya senyawa silika dan alumina merupakan komponen yang sangat penting di dalam reaksi *geopolymer* yang akan membentuk senyawa oksida *alumino-silicate oxide* dengan alkali polisialates di dalam larutan alkali lain dan akan menghasilkan ikatan polimer Si-O-Al. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Dimana M adalah unsur alkali, z adalah 1,2 atau 3 dan n adalah tingkat polimerisasi. Selanjutnya *alumino-silicate* yang terbentuk digolongkan pada kelompok yang tergantung pada ratio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ pada harga 2 atau 3 dan berada di luar harga diatas, sehingga pada pembuatannya perlu penambahan bahan adiktif untuk membuat silika dan alumina lebih reaktif sehingga akan lebih cepat dalam pembentukan *geopolymer* (Davidovits, 1994).

Ikatan kimia antara silika dan alumina diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ikatan kimia antara silika dan alumina

2.4 *Ball Milling*

Ball milling merupakan suatu proses penghancuran serbuk karbon dengan menggunakan mekanisme tumbukan antara sampel dengan bola-bola baja berukuran heterogen. Proses ini diasumsikan dapat memperkecil ukuran pori karena ketika serbuk karbon dicetak maka struktur pori akan lebih mengikuti morfologi partikel karbon yang dihasilkan dari proses *ball milling* tersebut (Sari, 2014). Metode *ball milling* ini berprinsip pada penghancuran bahan menggunakan sejumlah bola penumbuk dalam sebuah tabung horizontal yang berputar. Bola-bola akan terangkat pada sisi tabung kemudian jatuh ke bahan yang ditumbuk dan menyebabkan fragmentasi pada struktur bahan menjadi ukuran yang sangat halus. Keunggulan metode *ball milling* adalah waktu penepungan lebih cepat dan tepung yang dihasilkan relatif lebih halus sehingga mampu meningkatkan hidrasi tepung dengan air (Widjanarko, 2014).



Gambar 5. *Ball mill* (Sumber: Laboratorium Non-Logam Balai Penelitian Teknologi Mineral - LIPI).

2.5 Pengujian Fisik

Pengujian fisik pada *geopolymer* meliputi :

2.5.1 Kuat Tekan

Kekuatan tekan adalah sifat kemampuan menahan atau memikul suatu beban tekan (Irawati, 2015). Kuat tekan adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji *geopolymer* hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan pada saat pengujian. Kuat tekan ditentukan oleh ukuran mineral basalt, variasi % sodium hidroksida, air dan berbagai jenis bahan tambahan (Tjokrodimuljo, 1996). Uji Kuat Tekan berupa *test strenght* pada semen *geopolymer* dengan prinsip menekan semen *geopolymer* pada luas permukaan tertentu dengan beban tertentu (Amin, 2017).

Kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan:

$$f'c = \frac{P}{A} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) \quad (1)$$

dengan:

$f'c$ = Kuat tekan beton (Kg/cm^2)

P = Beban (Kg)

$A = \text{Luas permukaan benda uji (cm}^2\text{)}$

Menurut SNI 03-1974-1990 faktor- faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah faktor air, sifat dan kualitas bahan, perbandingan bahan susun, cara pengerjaan dan cara perawatan pada *geopolymer* itu sendiri (Triandini, 2018).

2.5.2 Absorpsi

Absorpsi merupakan salah satu tolak ukur apakah beton nantinya dari segi keawetan dapat diandalkan atau tidak. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya absorpsi antara lain yaitu faktor air dan susunan butir (gradasi) mineral basalt (Syamsuddin, 2011). Persamaan absorpsi dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Absorpsi} = \frac{w_2 - w_1}{w_2} \times 100\% \quad (2)$$

dengan:

$w_1 = \text{berat sampel awal (gr)}$

$w_2 = \text{berat sampel setelah direndam air selama 4 jam (gr)}$

(SNI 1969:2008).

2.6 Sinar-X

Sinar-X merupakan pancaran berkas elektron dari katoda menuju anoda yang termasuk ke dalam gelombang elektromagnetik. Sinar-X mempunyai panjang gelombang 0,01 nm –10 nm, sehingga sinar-x mempunyai daya tembus yang sangat besar. Sinar-X dapat terjadi jika terdapat perbedaan potensial arus searah yang besar diantara kedua elektroda (katoda dan anoda) dalam sebuah tabung hampa udara. Sinar-X adalah foton-foton yang mempunyai energi

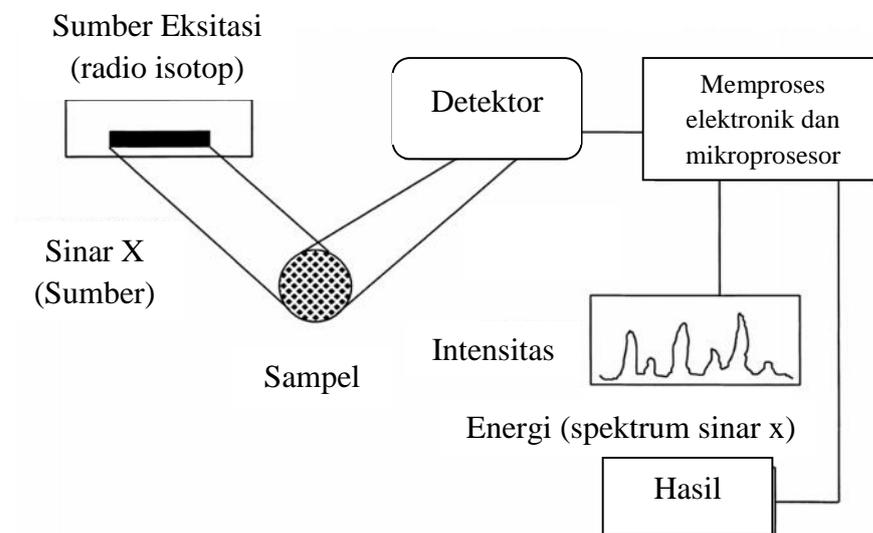
tinggi yang dihasilkan dengan menembaki suatu sasaran dengan elektron yang berenergi tinggi (Wiryoimin, 1995).

2.6.1 XRF

XRF adalah alat uji yang digunakan untuk menganalisis unsur yang terkandung dalam bahan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif memberikan informasi jenis unsur yang terkandung dalam bahan yang dianalisis, yang ditunjukkan oleh adanya spektrum unsur pada energi sinar-X karakteristiknya. Sedangkan analisis kuantitatif memberikan informasi jumlah unsur yang terkandung dalam bahan yang ditunjukkan oleh ketinggian puncak spektrum (Jenkins, 1999).

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, 2012). Jika elektron kulit yang diganti adalah elektron kulit K, maka emisi sinar-X dikenal sebagai sinar-X deret K. Demikian pula, transisi kulit L menghasilkan sinar-X deret L. Garis-garis spektrum sinar-X dikelompokkan secara seri (K, L, M). Semua garis dalam rangkaian hasil transisi elektron dari berbagai tingkatan ke kulit yang

sama. Sebagai contoh, transisi dari kulit L dan M ke kulit K menyediakan garis spektral yang masing-masing disebut $K\alpha$ dan $K\beta$. Spektrum sinar-X dihasilkan oleh semua elemen dalam sampel. Setiap elemen akan memiliki banyak garis karakteristik dalam spektrum, karena sinar-X yang berbeda akan dipancarkan untuk setiap jenis transisi orbital (Bertin, 1975). Adapun prinsip kerja XRF dapat dilihat pada Gambar 6.



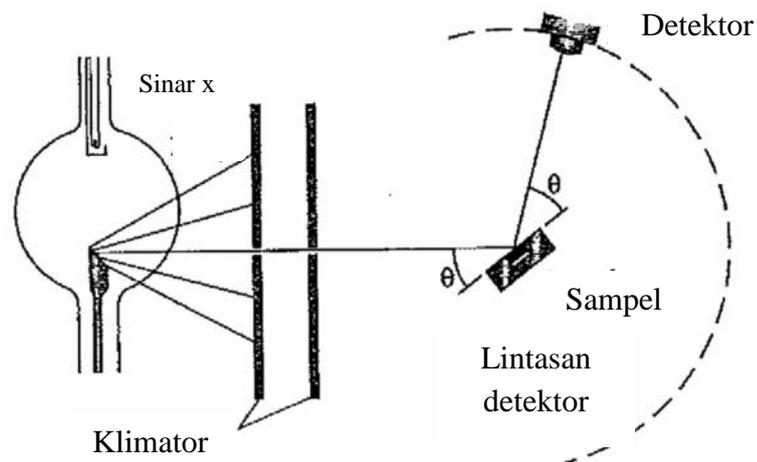
Gambar 6. Prinsip kerja XRF (Kalnicky, 2001).

Terlihat pada diatas apabila sumber eksitasi (tabung sinar-X, radioisotop dan lain-lain) digunakan untuk menyinari sampel dalam proses pemedaran. Kemudian fluoresensi sinar-X karakteristik dideteksi dan dianalisis. Seluruh proses dihubungkan dengan komputer yang menyediakan kontrol instrumen umum, pembuatan data, dan pengolahan. Beberapa teknik yang berbeda dapat digunakan untuk menginduksi fluoresensi dalam sampel dan mendeteksi atau

menganalisis sinar-X karakteristik yang dilepaskan oleh sampel (Kalnicky, 2001).

2.6.2 XRD

XRD adalah alat karakterisasi yang digunakan untuk mengetahui senyawa kristal yang terbentuk. Teknik XRD dapat digunakan untuk menganalisis struktur kristal karena setiap unsur atau senyawa memiliki pola tertentu. Apabila dalam analisis ini pola difraksi unsur diketahui, maka unsur tersebut dapat ditentukan. Metode difraksi sinar-X merupakan metode analisis kualitatif yang sangat penting karena kristalinitas dari material pola difraksi serbuk yang karakteristik, oleh karena itu metode ini disebut juga metode sidik jari serbuk (*powder fingerprint method*). Penyebab utama yang menghasilkan bentuk pola-pola difraksi serbuk tersebut, yaitu ukuran dan bentuk dari setiap selnya serta nomor atom dan posisi atom-atom di dalam sel (Smallman, 2000). Adapun skema difraksi sinar-X dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema difraksi sinar-X (Beiser, 1963)

Peristiwa pembentukan sinar-X dapat dijelaskan yaitu pada saat menumbuk logam, elektron yang berasal dari katoda (elektron datang) menembus kulit atom dan mendekati kulit inti atom. Pada waktu mendekati inti atom, elektron ditarik mendekati inti atom yang bermuatan positif, sehingga lintasan elektron berbelok dan kecepatan elektron berkurang atau diperlambat. Karena perlambatan ini, maka energi elektron berkurang. Energi yang hilang ini dipancarkan dalam bentuk sinar-X (Beiser, 1963).

Sinar-X tersebut kemudian menembak sampel padatan kristalin, kemudian mendifraksikan sinar ke segala arah dengan memenuhi Hukum Bragg. Detektor bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar-X yang didifraksikan oleh sampel. Sampel serbuk atau padatan kristalin memiliki bidang-bidang kisi yang tersusun dengan berbagai kemungkinan arah, begitu pula partikel-partikel kristal yang terdapat di dalamnya. Setiap bidang kisi tersebut memiliki beberapa arah sudut tertentu, sehingga jarak antar bidang dalam kristal memiliki persamaan sebagai berikut:

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (3)$$

dengan:

d = jarak antar bidang dalam kristal

= sudut difraksi

n = orde difraksi (0,1,2,3,.....)

= panjang gelombang (Cullity, 1956).

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2019 sampai Agustus 2019 di Laboratorium Non-Logam, Laboratorium Heat Treatment dan Laboratorium Analisis Kimia Balai Penelitian Teknologi Mineral Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Jl. Ir Sutamin Km. 15 Tanjung Bintang, Lampung Selatan.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa *ball mill*, *mixer*, *beaker glass* (500 ml, 100 ml dan 50 ml), gelas ukur 25 ml, timbangan analog, timbangan digital, oven, ayakan (mesh 80, 150 dan mesh 270), cetakan kubus ukuran (5 x 5 x 5) cm³, ember, cawan, spatula, sarung tangan, masker, mesin uji kuat tekan, alat XRF dan XRD.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang dipakai pada penelitian terdiri dari mineral basalt, natrium silikat, natrium hidroksida, aquades dan air.

3.3 Prosedur kerja

Prosedur kerja dari penelitian, yaitu:

3.3.1 Pemeriksaan Bahan

a. Mineral Basalt

Mineral basalt yang telah halus di karakterisasi menggunakan alat XRF dan XRD sebelum dicampurkan dengan bahan lain, yaitu sodium hidroksida, sodium silikat dan air.

b. Air

Pemeriksaan kualitas air dilakukan secara visual yaitu air harus terlihat bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan sesuai dengan persyaratan air bersih untuk minum (tidak berbau, berasa dan berwarna) yang telah memenuhi syarat sesuai yang tercantum pada SK-SNI-S-04-1989-F.

3.3.2 Preparasi Mineral Basalt

Preparasi mineral basalt sebagai berikut:

- a. Menghaluskan mineral basalt menggunakan mesin *ball mill*.
- b. Setelah mineral basalt halus selanjutnya diayak menggunakan ayakan mesh 80, mesh 150 dan mesh 270.
- c. Mineral basalt yang telah halus lalu dikarakterisasi menggunakan XRF dan XRD.

3.3.3 Komposisi Sampel

Variasi komposisi konsentrasi senyawa pada sampel dalam persentase berat (wt%) dengan sodium silikat sebesar 97,5 gr dan aquades sebesar 112,5 gr dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi konsentrasi senyawa pada sampel

No.	Senyawa	Mesh 80, 150 dan 270		
		2,5% (gr)	5% (gr)	7,5% (gr)
1	Natrium Hidroksida	18,75	37,50	65,25
2	Mineral Basalt	521,25	502,50	483,75

3.3.4 Pembuatan Sampel

a. Proses Pencampuran

Proses pencampuran sebagai berikut:

1. Membuat campuran sodium hidroksida dengan variasi konsentrasi 2,5%, 5%, dan 7,5% yang dilarutkan pada air sebesar 15%. Setelah sodium hidroksida larut dalam air lalu ditambahkan sodium silikat sebesar 13%.
2. Selanjutnya memasukkan bubuk basalt dengan variasi 69,5%, 67% dan 64,5% pada campuran larutan diatas ke dalam *mixer*, dan mengaduk bahan campuran yang telah dimasukkan hingga homogen selama ± 20 menit.

b. Proses Pencentakan Sampel dalam Bentuk Kubus

Memasukkan campuran yang telah dibuat ke dalam cetakan kubus (5 x 5 x 5) cm³. Kemudian diisi sesendok demi sesendok dan setiap lapis dipadatkan. Setelah selesai, meratakan permukaan kubus dengan menggunakan sendok perata. Lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100 °C selama 8 jam. Setelah 8 jam, membuka cetakan dan memberi kode sampel pada benda uji.

3.3.5 Pengujian Sampel

Tahap pelaksanaan pengujian sampel sebagai berikut:

a. Kuat Tekan

Prosedur pengujian kuat tekan sesuai dengan SNI 03-2493-1991 sebagai berikut:

1. Menyiapkan sampel.
2. Meletakkan sampel simetris dengan mesin uji kuat tekan.
3. Melihat sampel pada alat uji kuat tekan apabila sudah hancur dan *dial* tidak naik lagi lalu mencatat beban tekan maksimum yang diterima oleh benda uji (P).
4. Menghitung kuat tekan dengan persamaan sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (4)$$

dengan:

A = luas penampang sampel (cm²)

P = beban (kg)

f'c = kuat tekan (kg/cm²).

b. Absorpsi

Pengujian absorpsi sesuai dengan SNI 1969:2008 sebagai berikut:

1. Mengambil sampel sebanyak 10 gr untuk setiap sampel sebelum direndam.
2. Memasukkan sampel ke dalam *beaker glass* 100 ml.
3. Memasukkan air hingga sampel terendam seluruhnya dan mendiamkan selama 4 jam.
4. Menimbang sampel yang telah direndam dan menghitung absorpsi dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Absorpsi} = \frac{w_2 - w_1}{w_2} \times 100\% \quad (5)$$

dengan:

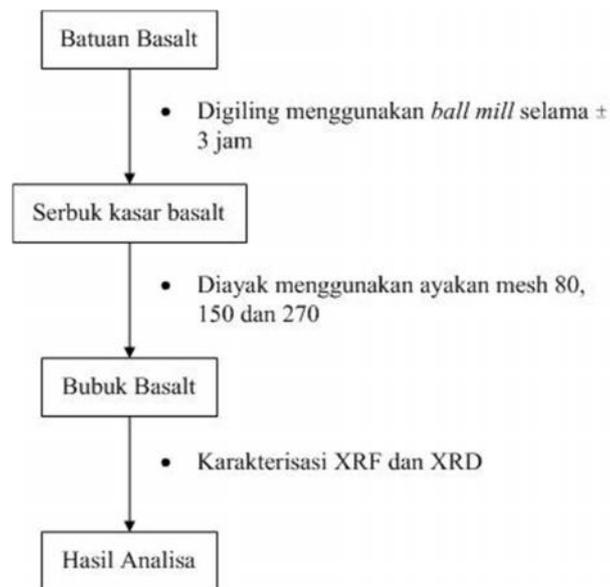
w_1 = berat sampel sebelum direndam (gr)

w_2 = berat sampel setelah direndam air selama 4 jam (gr)

3.4 Diagram Alir

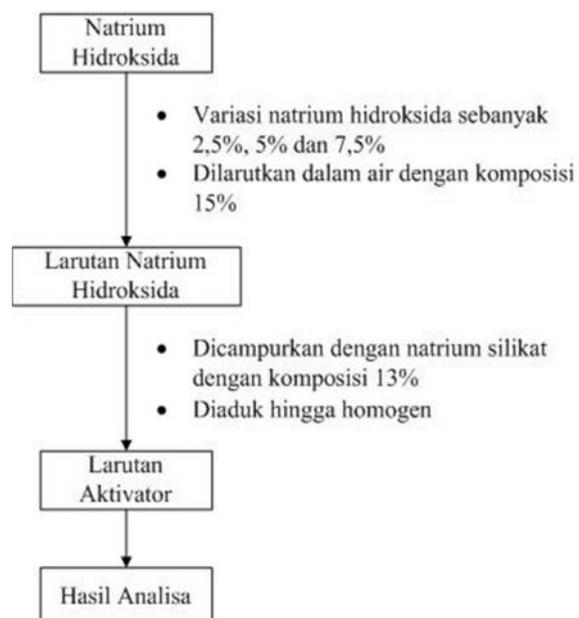
Secara garis besar, tahapan yang dilakukan pada penelitian ini disajikan dalam diagram alir.

3.4.1 Diagram alir preparasi bahan disajikan dalam Gambar 8.



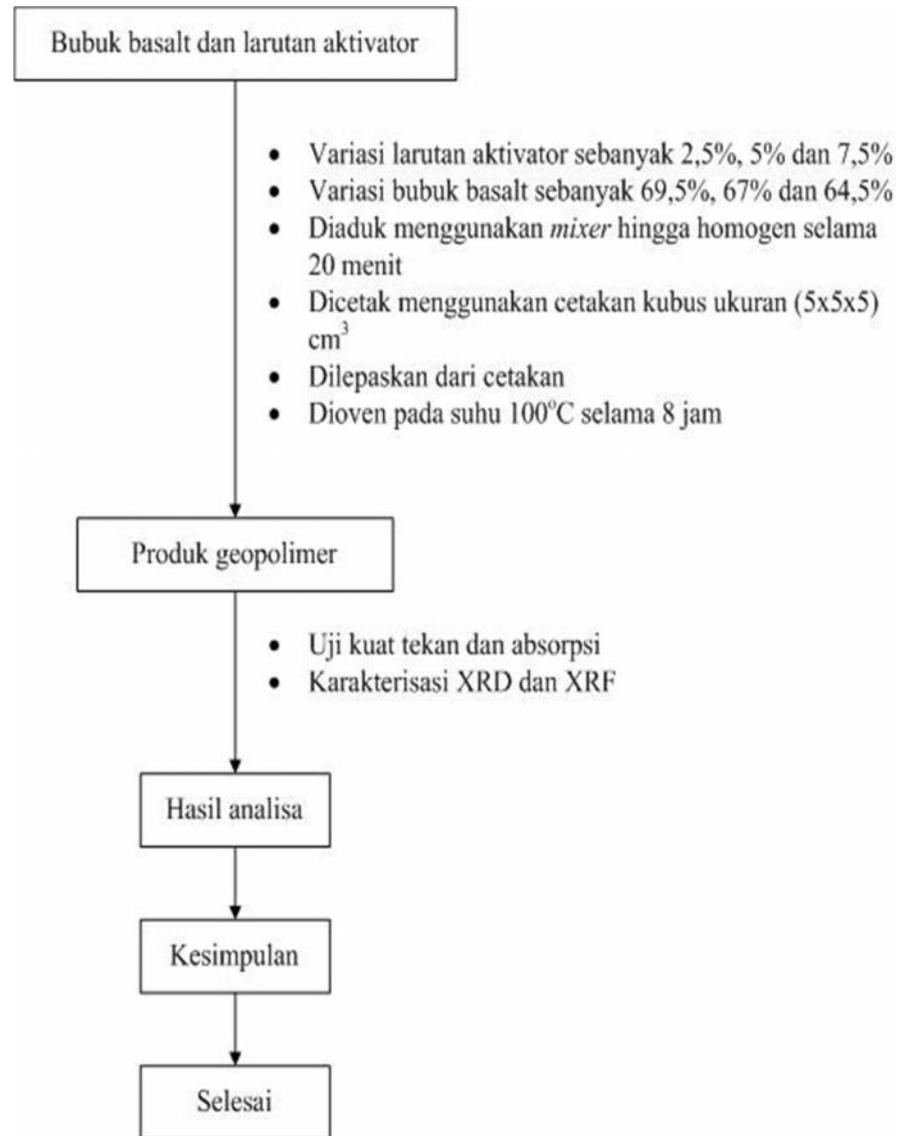
Gambar 8. Diagram alir preparasi bahan

3.4.2 Diagram alir pembuatan larutan aktivator disajikan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Diagram alir pembuatan larutan aktivator

1.4.3 Diagram alir pembuatan sampel disajikan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Diagram alir pembuatan sampel

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pembuatan produk *geopolymer* berbahan dasar mineral basalt pada penelitian ini didapatkan nilai kuat tekan optimum yaitu dengan konsentrasi sodium hidroksida 2,5% pada mesh 270 sebesar 7,576 MPa dengan nilai absorpsi optimum sebesar 8,89%.
2. Hasil karakterisasi dengan menggunakan XRD pada sampel *geopolymer* terlihat bahwa fasa dominan dan puncak tertinggi yang terbentuk adalah *Albite*. Kemudian terdapat fasa *Cristobalite*, *Forseterit*, *Magnetid*, dan *Anorthite*.

5.2 Saran

Saran dalam upaya meningkatkan dan mengembangkan penelitian ini yaitu perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan konsentrasi sodium hidroksida antara 2,5% - 5% dan perlu dilakukan uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur morfologi yang terbentuk pada permukaan sampel *geopolymer*.

.DAFTAR PUSTAKA

- Adiningtyas dan Tami. 2008. Analisa Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dan Lumpu Porong Kering Sebagai Pengisi dengan Aktivator Sodium Hidroksida Molaritas 8M dan 10M. *Prosiding Sipil FTSP*.
- Amin, M., dan Suharto. 2016. Pembuatan Semen Geopolimer Ramah Lingkungan Berbahan Baku Mineral Basalt Guna Menuju Lampung Sejahtera. *Jurnal Kelitbangan*. Vol. 05. No. 01. Hal. 30-45.
- Amin, Muhammad dan Suharso. 2017. Pembuatan Semen Geopolimer Ramah Lingkungan Berbahan Baku Mineral Basalt Guna Menuju Lampung Sejahtera. *Jurnal KELITBANGAN*. VOL. 05 No. 01. Hal. 30-45.
- Arioz, E., Arioz O., dan O.M. Ko Okar. 2013. The Effect of Curing Conditions on the Properties of Geopolymer Samples. *International Journal of Chemical Engineering and Application*. Vol 4. No. 6. Hal. 423-426.
- Asis, Sardin. 2018. Pengaruh Waktu Pengilingan Menggunakan *Ball Mill* Terhadap Ukuran Partikel Batuan Basalt. *Jurnal Dintek*. Vol. 11. No. 1.
- Aziz M., dan Azhari, 2014. Pembuatan Bahan Geopolimer Berbasis Residu Bauksit Untruk Bahan Bangunan. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. Vol. 10. No. 1. Hal. 32 – 4.
- Azwar, M. 2011. *Geologi dan Mineralogi Tanah, Identifikasi Batuan*. Paper Mata Kuliah, Fakultas Pertanian Jurusan Tanah Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Bayuseno, P. A., Widyanto, A. S., dan Juwantonno. 2010. Sintesis Semen Geopolimer Berbahan Dasar Abu Vulkanik dari Erupsi Gunung Merapi. *Jurnal Rotasi*. Vol. 12. No. 4. Hal. 10-16.
- Beiser, A. 1963. *Konsep Fisika Modern*. Erlangga. Jakarta.
- Bertin, E.P. 1975. *Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis, 2nd Edition*. Plenum Press. New York.

- Bonewitz, R.L. 2012. *Nature Guide Rocks and Minerals*. Dorling Kindersley Publishing. United States, New York. Hal. 273.
- Celik, K., Jackson, M.D., Mancio, M., 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 and Concrete Composites*. Vol. 45. Hal. 136-147.
- Cullity, B.D. 1956. *Element of X-ray Diffraction*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. United States of America.
- Davidovits, J. 1994. Geopolmer: Inorganic Polymeric New Materials. *Journal of Materials Engineering*. Vol. 16. No. 1. Hal. 91-139.
- Davidovits, J. 1994. Geopolymer: Man-made rock geosynthesis and the resulting development of very early high strength cement. *Journal of Materials Education*, 16 [2-3], p. 91-137.
- Davidovits, J. 2013. *Geopolymer Cement*. Institute Geopolymer. France.
- Dobiszewska, M., and Baycioglu, A. 2017. Investigating The Influence of Waste Basalt Powder On Selected Properties of Cement Paste and Mortar. *Materials Science and engineering*. Vol. 245. Hal. 1-10.
- Ekaputri, J.J, dan Triwulan. 2013. Sodium sebagai Aktivator Fly Ash, Trass dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer. *Jurnal Teknik Sipil*. ISSN 0853-2982. Vol. 20. No. 1.
- Ekaputri, J.J, Triwulan dan Damayanti O. 2007. Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Jawa Power Paiton sebagai Material Alternatif. *Jurnal Pondasi*. Vol. 13. No. 2.
- Hardjito, D., Wallah, S. E, Sumajouw, D. M. J, dan Rangan, B. V. 2005. On the Development of Fly Ash Based Geopolymer Concrete. *ACI Materials Journal*. 101(6), 467-472.
- Harmaji, Andrie., Claudia., Asri, L., Sunendar, B., dan Nurudin, A. 2018. Pengaruh Waktu *Curing* Terhadap Kuat Tekan Geopolimer Berbasis *Fly Ash*. *Ensains Journal*. Vol. 2. No. 1. Hal. 50-54.
- 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*. Vol. 14. No. 1. Hal. 159-172.
- Jamaludin, A. dan Adiantoro, D. 2012. Analisis kerusakan x-ray fluorescence (XRF). *PIN Pengelolaan Instalasi Nuklir*. No. 09-10 / Tahun V.

- Jenkins, R. 1999. *X-Ray Fluorescence Spectrometry. Second Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York. Hal. 75-85.
- Kalnicky, D.J. and Singhvi, R. 2001. Field portable XRF analysis of environmental samples. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 83. Hal. 93-122.
- Karyanto. 2004. Cross Diagonal Survey Geolistrik Tahanan Jenis 3D untuk Menentukan Pola Penyebaran Batuan Basal di Daerah Pakuan Aji Lampung Timur. *Jurnal Sains Teknologi*. Vol. 10. No. 3.
- Kasyanto, Heri. 2012. Tinjauan Kuat Tekan Geopolimer Berbahan Dasar *Fly Ash* Dengan Aktivator Natrium Hidroksida Dan Natrium Silikat. *Industrial Research Workshop and National Seminar 2012*. ISBN 978-979-3541-25-9 Hal. 254-259.
- Labbaci, Y., Abdelaziz, Y., Mekkaoui, A., Alouani, A., Lebbaci, B. 2017. The Use of The Volcanic Powders as Supplementary Cementitious Materials for Environmental Friendly Durable Concrete. *Construction and Building Materials*. Vol. 133. Hal. 468-481.
- Laibao, L., Yunsheng, Z., Wenhua, Z., Zhiyong, L., and Lihua, Z. 2013. Investigating The Influence of Basalt as Mineral Admixture On Hydration and Microstructure Formation Mechanism of Cement. *Construction Building Materials*. Vol. 48. Hal. 434-440.
- 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*. Vol. 1. No. 2. Hal. 128-132.
- Neville, A.M. 2004. *Properties of Concrete*. Pearson Education Limited. England. Hal. 1-56.
- Noor, D. 2012. *Pengantar Geologi*. Pakuan University Press. Bogor. Hal. 53-108.
- Prasetyo, Ginanjar Bagus, Trinugroho Suhendro, dan Solikin, Mochamad. 2015. Tinjauan Kuat Tekan Beton Geopolymer Dengan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Sari, F. P., Taer E., dan Sugianto. 2014. Efek Variasi Ball Milling Terhadap Karakteristik Elektrokimia Sel Superkapasitor Berbasis Karbon. *JOM FMIPA*. Vol. 1. No. 2. Hal. 217-227.
- Smallman, R.E. and Bishop, R. J. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Erlangga. Jakarta.
- Soetoto, S.U. 2013. *Geologi Dasar*. Ombak. Yogyakarta. Hal. 37.

- Sucipta, I G B E., dan Sadisun I A., 2000. Studi Petrografi Batuan Vulkanik Sebagai Agregat Bahan Baku Beton. *Buletin Geologi*. Vol. 32. No. 3.
- SK SNI S-04-1989-F. *Bata Beton Berlubang (Hollow Brick)*. Badan Standarisasi Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 1969:2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Indonesia.
- 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*. Vol. 5. No. 2. Hal. 68-75.
- Tarmizi, Saleh, S.M., dan Isya, M. 2018. Pengaruh Substitusi Semen Portland dan Fly Ash Batu Bara pada Filler Abu Batu Terhadap Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC). *Jurnal Teknik Sipil*. Vol 1. No. 3. Hal. 749-760.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Andi. Yogyakarta.
- Travis, R.B. 1955. *Classification of Rocks 4th Edition*. Colorado School of Mines. Colorado.
- Triandini, Ira Janna dan Wardhono, Arie. 2018. Pengaruh Kepekatan Larutan Aktivator Terhadap Kuat Tekan Geopolymer Mortar Berbahan Dasar Abu Terbang Dan Naoh 12 Molar Pada Kondisi Ss/Sh 1.0 dan 3.0. *Jurnal Mahasiswa Universitas Surabaya*. Hal 1-13.
- 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. Hal. 260 267.
- Widjanarko, S. B., dan Suwasito, T. S. 2014. Pengaruh Lama Penggilingan dengan Metode Ball Mill Terhadap Rendemen dan Kemampuan Hidrasi Tepung Porang (*Amorphopallus Muelleri Blume*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Vol. 2. No. 1. Hal. 79 85.
- Wiriyosimin, S. 1995. *Mengenal Asas Proteksi Radiasi*. Bandung: ITB.