

**PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL DAN KOMPOSISI PERLIT
TERHADAP SIFAT FISIS DAN KUAT TEKAN
SEBAGAI BAHAN MORTAR**

(Skripsi)

Oleh

Via Apri Setiani



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL DAN KOMPOSISI PERLIT TERHADAP SIFAT FISIS DAN KUAT TEKAN SEBAGAI BAHAN MORTAR

Oleh

VIA APRI SETIANI

Ukuran partikel perlit *mesh* 40 dan lolos *mesh* 40 dengan komposisi perbandingan semen dan perlit (S:P) 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 dan 1:6 mempengaruhi sifat fisis dan kuat tekan. Uji kuat tekan dan sifat fisis dilakukan sebelum dan setelah dikalsinasi pada suhu 1000°C. Hasil uji menunjukkan kuat tekan optimum diperoleh pada mortar sebelum dikalsinasi dengan ukuran perlit lolos *mesh* 40 pada komposisi 1:2 sebesar 179,2 kg/cm² yang merupakan mortar tipe M, didukung dengan sifat fisis porositas kecil yaitu 10,36 %, dan absorpsi sebesar 5,31 %. Kuat tekan terkecil diperoleh pada mortar setelah dikalsinasi dengan ukuran perlit *mesh* 40 pada komposisi 1:6 yaitu 4,62 kg/cm² yang merupakan mortar tipe K, didukung dengan sifat fisis porositas tinggi yaitu 35,37 % dan absorpsi sebesar 33,19 %. Kuat tekan menurun setelah dikalsinasi dan semakin menurun seiring bertambahnya komposisi perlit. Sampel dikarakterisasi menggunakan XRF dan XRD. Hasil karakterisasi XRF dan XRD perlit menunjukkan adanya kandungan silika sebesar 57,06 % dan berbentuk fasa *quartz*. Hasil karakterisasi pada mortar menunjukkan adanya kandungan kalsium dan silika dengan berbentuk fasa *quartz* dan *calcite*, sedangkan setelah dikalsinasi berbentuk fasa *wollastonite-2M*.

Kata kunci: perlit, mortar, sifat fisis, kuat tekan, XRF, XRD.

ABSTRACT

EFFECT OF PARTICLE SIZE VARIATION AND PERLITE COMPOSITION ON PHYSICAL PROPERTIES AND COMPRESSIVE STRENGTH AS MORTAR MATERIAL

By

VIA APRI SETIANI

The size of 40 mesh and passes 40 mesh with composition ratio of cement and perlite (S:P) 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 and 1:6 affect the physical properties and compressive strength. The compressive strength test and the physical properties were performed before and after calcination at 1000°C. The results test showed that the optimum compressive strength was obtained on the mortar before it was calcined with the size of pass 40 mesh in the 1:2 composition is 179.2 kg/cm² which is the of M type mortar, supported by the small porosity physical properties of 10,36 %, and the absorption of 5.31 %. The smallest compressive strength was obtained on the mortar after it was calcined with size of 40 mesh in the 1:6 composition is 4,62 kg/cm², supported by high porosity physical properties of 35,37 % and the absorption is 33,19 %. The compressive strength will decrease after sample is calcinated and sharply decreased with increases of perlite composition. Samples were characterized using XRF and XRD. The result of perlite XRF and XRD characterization showed that silica content was 57,06 % and quartz phase. The mortar characterization results indicate the presence of calcium and silica content in the form of quartz and calcite phases, whereas after calcination is a wollastonite-2M phase.

Keywords: perlite, mortar, physical properties, compressive strength, XRF, XRD.

**PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL DAN KOMPOSISI PERLIT
TERHADAP SIFAT FISIS DAN KUAT TEKAN
SEBAGAI BAHAN MORTAR**

Oleh

VIA APRI SETIANI

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

Judul Laporan

: **PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL
DAN KOMPOSISI PERLIT TERHADAP SIFAT
FISIS DAN KUAT TEKAN SEBAGAI BAHAN
MORTAR**

Nama Mahasiswa

: **Via Apri Setiani**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1317041048

Jurusan

: Fisika

KBK

: Fisika Material

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. **Komisi Pembimbing**

Drs. Syafridi, M.Si.

NIP. 19610821 199203 1 002

Bramantyo Bayu Aji, S.T., M.Sc.

NIP. 198506 19201502 1 001

2. **Ketua Jurusan Fisika**

Arif Surtoto, M.Si., M.Eng.

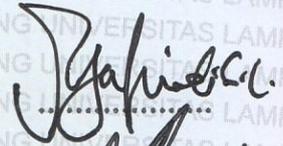
NIP. 19710909 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

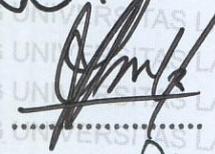
Ketua

: Drs. Syafriadi, M.Si.



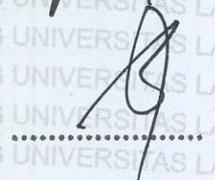
Sekretaris

: Bramantyo Bayu Aji, S.T., M.Sc.



Penguji

Bukan Pembimbing : Prof. Simon Sembiring, Ph.D.

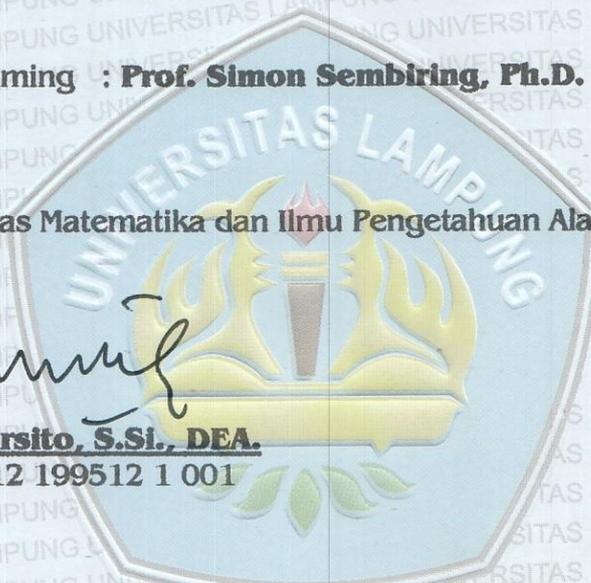


Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Warsito, S.Si., DEA.

NIP. 19710212 199512 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 14 Februari 2018

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagai mana disebutkan dalam daftar pustaka. 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, 19 Februari 2018



Via Apri Setiani
NPM. 1317041048

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kaliwungu Kec. Kalirejo Kab. Lampung Tengah pada tanggal 26 April 1995. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Untung dan Ibu Susi Nenferi. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 02 Sridadi Kec. Kalirejo Kab. Lampung Tengah pada tahun 2007, SMPN 01 Kalirejo pada tahun 2010, dan SMAN 01 Kalirejo pada tahun 2013. Pada tahun 2013 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur ujian tulis SNMPTN. Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan di UPT. BPML-LIPI Lampung dengan judul “Karakterisasi Pasir Besi dan Uji Coba Reduksi menggunakan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Reduktor” dan melaksanakan Kerja Kuliah Nyata (KKN) di Desa Tias Bangun Kec. Pubian Kab. Lampung Tengah. Penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Ukuran Partikel dan Komposisi Perlit terhadap Sifat Fisis dan Kuat Tekan sebagai Bahan Mortar” sebagai tugas akhir di Jurusan Fisika FMIPA Unila.

MOTTO

"IKHLAS"
"SABAR"
"SYUKUR"

Dalam hidup selalu ada kesulitan dalam menggapai keinginan kita yang tidak bisa kita paksakan dan itu kita harus "IKHLAS"

(Prof. Warsito, S.Si., DEA.)

Bersikap "SABAR" dalam mengatasi kesulitan dan bertindak bijaksana dalam mengatasinya adalah hal yang paling utama.

(Anonym)

Dengan ber"SYUKUR" hidup kita merasa bahagia selalu bertambah, tetapi dengan mengeluh hidup kita akan terasa serba kekurangan.

Ikhlas, sabar dan bersyukur atas mencapai keberhasilan dengan usaha maksimal adalah kunci utama untuk mendapatkan ridho Allah SWT

Ridho Allah SWT menjadi tujuan dalam dalam hidup ini agar menjadi berkah dan bermanfaat

"Senyum bahagia orangtua ku adalah bahagia ku"

"Everything gonna be succes"

(Via Apri Setiani)

"HARTA WARISAN TAHTA YANG PALING BERHARGA SEJAGAT RAYA INI ADALAH ORANG TUA"

(Drs. Syafriadi, M.Si.)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Menyebut Nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang
Dengan baitan-baitan syukur ku panjatkan kepada-Nya
“Alhamdulillahirabbil ‘alamin”

Kupersembahkan hasil karya yang sederhana ini kepada:

“Ayah dan Ibu Tercinta”

Terimakasih atas cinta kasih sayang tulus yang selalu tercurahkan untukku, membimbingku dengan penuh kesabaran, mendidikku, menemaniku, selalu menyemangatiku untuk tetap maju menata masa depan dengan kelembutan doa dan restu yang selalu terpanjatkan kepada-Nya teruntuk keselamatanku yang tiada hentinya hingga sekarang dan sampai nanti. Sungguh ridho ayah ibuku tercinta adalah ridho Allah SWT.

“Keluargaku”

Terima kasih untuk kakak terbaikku, kakak iparku dan keponakan tersayang yang lucu. Terimakasih atas kasih sayang dan semangat yang telah kalian berikan

“Pembimbing-Pembimbingku”

Terima kasih telah senantiasa membimbingku dalam penyusunan karya sederhana ini, memberi nasihat, motivasi dan dukungan untukku agar menjadi lebih baik.

“Bapak dan Ibu Dosenku”

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

Universitas Lampung
Almamater Tercinta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Ukuran Partikel dan Komposisi Perlit terhadap Sifat Fisis dan Kuat Tekan sebagai Bahan Mortar”**. Skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana dan melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Bandar Lampung, Februari 2018

Penulis,

Via Apri Setiani

SANWACANA

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang menciptakan langit dan bumi serta penguasa atas semua makhluk. Dengan kerendahan diri dan ketulusan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Drs. Syafriadi, M.Si. selaku Pembimbing I yang senantiasa memberikan bimbingan dan nasehat untuk menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Bramantyo Bayu Aji, S.T., M.Sc. selaku Pembimbing II yang senantiasa membimbing dan memberikan masukan-masukan serta nasehat juga motivasi untuk menyelesaikan skripsi.
3. Bapak Muhammad Amin, S.T. selaku Pembimbing Lapangan yang senantiasa membimbing dalam melakukan penelitian sampai menyelesaikan skripsi.
4. Bapak Prof. Simon Sembiring, Ph.D selaku Penguji yang telah memberikan kritik dan saran selama penulisan skripsi.
5. Bapak Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran dan nasehat dalam menjalani perkuliahan.

6. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Sekertaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang senantiasa memberi motivasi, nasihat, semangat dan masukan-masukan yang membangun masa depan.
8. Bapak dan ibu Dosen di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah membagi dan membekali ilmu yang sangat bermanfaat untukku.
9. Seluruh staf dan karyawan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung atas segala bantuannya.
10. Kepala Balai Penelitian Teknologi Mineral-LIPI Lampung yang telah memberikan izin penelitian untuk menyelesaikan skripsi ini, beserta seluruh peneliti dan staf-staf yang telah membantu dalam melaksanakan dan menyelesaikan penelitian.
11. Kepala Laboratorium Beton Teknik Sipil yang telah memberikan izin untuk melaksanakan uji penelitian dan beserta staf-staf yang telah membantu menyelesaikan uji kuat tekan.
12. Teristimewa Ayah dan Ibuku yang tercinta terkasih tersayang tersegalanya untukku yang menjadi penyemangatku, pelindungku, penguatku, selalu memberikan dukungan moril untukku, menyayangiku tanpa batas dan doa yang tiada henti untuk perjuanganku dalam menggapai kesuksesan masa depan. Sungguh ridho ayah dan ibu untukku adalah ridho Allah SWT.
13. Kakakku tersayang Dedi Sularso, S.Pd., kakak iparku terkasih Puji Rahayu, S.Pd dan keponakan kesayanganku Fahmi Amar Anandera yang telah menjadi keluarga terbaikku, terkasih, tersayang dan tersegalanya untukku.

14. Keluarga Alm. Pakde Yoyok dan Bude Eni tersayang yang begitu tulus ikhlas menyayangi dengan segenap perhatian penuh kepada keluargaku.
15. Sahabat terhebatku calon ibu hakim Vina Amelia Aristantia, S.H yang telah sukses menjadi sahabat terhebat tertulis dengan memberikan semangat, dukungan, nasihat dan motivasi-motivasi yang hebat untukku dan menjadi yang terdepan saat mendampingiku dalam keadaan susah dan selalu ingin menjadi yang terbaik dalam mendukungku saat bahagiaku datang.
16. Sahabat terbaikku Eka Yuliana Vita Sari yang telah hadir dalam suka maupun duka dengan ketulusan kasih sayang yang tiada mengharap balasan dariku selalu mendukungku kala bahagiaku datang dan berada disampingku kala kesedihan menghampiriku.
17. Sahabat-sahabat terkasih Fenita Binangkit, Amd. Kep., Tri Tunggal Dewi, S.Pd., Putri Ayu Yunita., S.AB., Fitri Dwi Cahyani, S.Sos., Dwi Astari Shandra, Riri Rikma Ratri, Ira Yurike, S.Pd dan Cut Zahrela, yang selalu memberikan semangat dan dukungan untukku. Terimakasih telah menjadi sahabat-sahabat terbaik dari semasa SMP sampe sekarang.
18. Sahabat-sahabat seperjuangan Maulida Elviayana Dewi dan Latifah Desti Lustika Sari yang selalu memberikan semangat dalam menjalani hari-hari di Bandar Lampung yang indah ini dan menjernihkan suasana dengan canda tawa yang tak pernah habis serta saling memotivasi agar menjadi lebih baik.
19. Sahabat-sahabat tercantik para Sarjana Hukum: Safira Salsabila Annisa Musthofa, Vania Maretha, Tansu Kanawa dan Terawati, yang telah menjadikan hidupku dan hari-hariku menjadi berwarna di Bandar Lampung yang indah dan semegah ini.

20. Adik-adik tersayangku walaupun tak sedarah namun saudara seiman setanah air Indonesia Lisa, Lusi, Juwita, Pewe, Desta, Riska, Eli, Ami yang telah menjadi adik-adik tergoxil abis. Tak lupa adikku Nizar si adik manis yang baik, solehah, selalu mengingatkan ku untuk selalu berserah diri kepada-Nya dan selalu bersyukur atas karunia nikmat-Nya.
21. Teman-teman KKN dari berbagai penjuru fakultas Riska, Indah, Chindy, Dinda, Isti, Sofi, Irfan, Menachem, Guritno, Olaf dan Bagus yang telah menjadikan masa-masa saat KKN lebih asik.
22. Teruntuk Melisa yang tidak hanya menjadi teman dekat saat KKN saja tetapi setelah KKN menjadi sahabat dekat yang baik dan saling memberi semangat dalam menggapai wisuda dan masa depan.
23. Teman-teman Tim Hore para Sarjana Sains yang hebat Reza Andika, Herullah, Nurlita Novitri, Neta Oktavia, Riska Adriana, Windy Mustika Sari, Reni Septiana, Siti Isma, Letia Oktridiana dan Gusti Ayu Made Sangga yang telah meramaikan dan menjadikan kompreku seru.
24. Teman-teman Fisika 2013, kakak dan adik tingkat, maupun semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu dan memberikan kritik saran dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan niat baik yang telah dilakukan oleh berbagai pihak, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Aamiin ya Rabbal'alamin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xx
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Mortar	4
2.1.1 Tipe-tipe Mortar	4
2.1.2 Fungsi Mortar	5

2.1.3	Jenis-jenis Mortar	6
2.1.4	Metode Pengujian Mortar	7
2.2	Bahan Penyusun Mortar	9
2.2.1	Semen	9
2.2.2	Pasir	12
2.2.3	Air	12
2.3	Perlit	13
2.3.1	Karakteristik Sifat Fisis dan Manfaat Perlit	14
2.3.2	Komposisi Kimia Perlit	15
2.4	Ukuran Partikel Agregat	16
2.4.1	Agregat Kasar	16
2.4.2	Agregat Halus	17
2.5	Kuat Tekan	18
2.5.1	Faktor Air Semen dan Sifat Agregat	19
2.5.2	Proporsi dan Jenis Semen	20
2.6	Porositas	20
2.7	Absorpsi	21
2.8	XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>)	22
2.9	X-Ray Diffraction (XRD)	23

III. METODE PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2	Alat dan Bahan	26
3.2.1	Alat	26
3.2.2	Bahan	27
3.3	Metode Penelitian	27
3.3.1	Preparasi sampel	28
3.3.2	Analisa Berat Jenis Pasir dengan <i>Picnometer</i>	28
3.3.3	Analisa Kadar Lumpur Pasir	29
3.3.4	Analisa Absorpsi Pasir	29
3.3.5	Uji Gradasi	30
3.3.6	Analisa Kadar Air	30
3.3.7	Pembentukan Mortar dengan Perlit sebagai Agregat Halus	31
3.3.8	Pembentukan Mortar dengan Pasir sebagai Perbandingan	31
3.3.9	Pengujian Porositas dan Absorpsi	32
3.3.10	Pengujian Kuat Tekan Sampel	33
3.3.11	Karakterisasi XRF dan XRD	34
3.4	Diagram Alir	35

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Bahan Baku	37
4.2	XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>)	38
4.3	XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	40
4.3.1	Karakterisasi XRD Mortar Ukuran Partikel Perlit <i>Mesh 40</i>	42

4.3.2	Karakterisasi XRD Mortar Ukuran Partikel Perlit Lolos <i>Mesh</i> 40	43
4.3.3	Karakterisasi XRD Mortar Standar	44
4.4	Kuat Tekan	46
4.4.1	Kuat Tekan Sebelum Dikalsinasi	46
4.4.2	Kuat Tekan Setelah Dikalsinasi	49
4.5	Sifat Fisis Mortar	50
4.5.1	Porositas Sebelum Dikalsinasi	50
4.5.2	Porositas Setelah Dikalsinasi	52
4.5.3	Absorpsi Sebelum Dikalsinasi	53
4.5.4	Absorpsi Setelah Dikalsinasi	55
4.6	Pengaruh Suhu Kalsinasi	56

V. KESIMPULAN

5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Mesin pengaduk (<i>mixer</i>)	8
Gambar 2.2. Cetakan kubus mortar	8
Gambar 2.3. Batuan perlit	13
Gambar 2.4. Jenis-jenis perlit	14
Gambar 2.5. <i>Compressing strength muchin</i>	19
Gambar 2.6. Prinsip kerja XRF	22
Gambar 2.7. Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD (1)	24
Gambar 2.8. Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD (2)	24
Gambar 3.1. Diagram alir preparasi sampel perlit	35
Gambar 3.2. Diagram alir preparasi sampel pasir	35
Gambar 3.3. Diagram alir pembuatan, pengujian dan karakterisasi mortar	36
Gambar 4.1. Hasil karakterisasi XRD pada sampel perlit.....	40
Gambar 4.2. Hasil karakterisasi XRD mortar ukuran partikel perlit <i>mesh</i> 40. (A=sebelum dikalsinasi, B=setelah dikalsinasi suhu 1000°C).....	42
Gambar 4.3. Hasil karakterisasi XRD mortar ukuran partikel perlit lolos <i>mesh</i> 40 (A=sebelum dikalsinasi, B=setelah dikalsinasi suhu 1000°C	43
Gambar 4.4. Hasil karakterisasi XRD mortar standar. S adalah mortar standar	.44
Gambar 4.5. Hubungan variasi ukuran partikel dan komposisi perlit terhadap kuat tekan mortar sebelum dikalsinasi pada suhu 1000°C	46
Gambar 4.6. Hubungan variasi ukuran partikel dan komposisi perlit terhadap kuat tekan mortar setelah dikalsinasi pada suhu 1000°C	49

Gambar 4.7. Hubungan variasi ukuran partikel dan komposisi perlit terhadap porositas mortar sebelum dikalsinasi pada suhu 1000°C	51
Gambar 4.8. Hubungan variasi ukuran partikel dan komposisi perlit terhadap porositas mortar setelah dikalsinasi pada suhu 1000°C	52
Gambar 4.9. Hubungan variasi ukuran partikel dan komposisi perlit terhadap absorpsi mortar sebelum dikalsinasi pada suhu 1000°	53
Gambar 4.10. Hubungan variasi ukuran partikel dan komposisi perlit terhadap Absorpsi mortar setelah dikalsinasi pada suhu 1000°	55
Gambar 4.11. Pengaruh suhu kalsinasi 1000°C terhadap kuat tekan	56
Gambar 4.12. Pengaruh suhu kalsinasi 1000°C terhadap sifat fisis porositas dan absorpsi	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Persyaratan spesifikasi tipe-tipe mortar	4
Tabel 2.2. Susunan oxida semen <i>portland</i>	9
Tabel 2.3. Hasil karakteristik pasir asal Tanjung Bintang Lampung	12
Tabel 2.4. Komposisi batuan perlit	15
Tabel 2.5. Komposisi kimia perlit	15
Tabel 2.6. Syarat-syarat kelolosan agregat tiap ayakan	17
Tabel 2.7. Batas gradasi agregat halus menurut British Standart	18
Tabel 4.1. Hasil analisa bahan baku perlit dan pasir	37
Tabel 4.2. Hasil karakterisasi XRF perlit	38
Tabel 4.3. Hasil karakterisasi XRF mortar ukuran partikel perlit <i>mesh</i> 40.....	38
Tabel 4.4. Hasil karakterisasi XRF mortar ukuran partikel perli lolos <i>mesh</i> 40	39
Tabel 4.5. Hasil karakterisasi XRF mortar standar	39

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan daerah vulkanik yang kaya akan bahan galian industri seperti batuan gelas vulkanik berupa perlit. Perlit kebanyakan berwarna abu-abu gelap dan apabila perlit dipanaskan dengan suhu 900–1000°C akan mengalami pengembangan sebesar 4–20 kali dari volume sebelumnya (Ismayanto dan Agustinus, 2007). Persediaananya banyak terdapat di daerah Lampung di desa Sungai Mukal kompleks Gunung Muhal desa Sukabumi Kec. Batubara Lampung Barat. Jumlah cadangannya mencapai 72 juta ton dengan indeks pemuaiannya 120-160 kali (Amin, 2013). Perlit dapat dimanfaatkan dalam konstruksi bangunan sebagai bahan baku beton ringan, isolasi bangunan, bahan plesteran, *concrete aggregate* (10%), *oil drilling mud* (6%), *filter aid* (2%), bahan baku *pozzolan*, bahan bangunan/elemen konstruksi seperti mortar, namun pemanfaatan perlit masih sangat kurang teroptimalkan (Isikdag, 2015).

Perlit memiliki komposisi kimia: minimal 69% SiO₂, maksimal 18% Al₂O₃, 6% (CaO+MgO), 8% (Na₂O + K₂O), 3% Fe₂O₃ (Karo Karo, 2013). Kandungan silika dan alumina yang tinggi pada perlit menjadikan perlit dapat digunakan sebagai bahan mortar. Mortar merupakan campuran bahan bangunan yang terdiri dari agregat halus, semen dan air. Mortar dapat dikelompokkan menjadi 4 jenis, antara lain: mortar lumpur, mortar kapur, mortar khusus dan mortar semen. Mortar

semen merupakan jenis mortar yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibanding jenis mortar lainnya. Tingkat perbandingan semen dan pasir dalam campuran mortar berkisar antara 1:2 sampai 1:6. Mortar yang berkualitas baik harus memiliki sifat fisis dan kuat tekan yang baik (Setiawan dan Widodo, 2013).

Penelitian ini memanfaatkan perlit sebagai agregat halus pada mortar dengan komposisi berat hampir 70% - 80%, sehingga agregat mempunyai pengaruh penting terhadap sifat fisis seperti porositas, absorpsi dan kekuatan mortar (Rengkeng dkk, 2013). Apabila butiran-butiran agregat mempunyai ukuran yang sama maka volume pori-pori pada mortar menjadi besar, begitupun sebaliknya jika ukuran butirannya bervariasi maka volume pori-pori pada mortar menjadi kecil. Hal tersebut dikarenakan butiran yang kecil dapat mengisi pori-pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga nilai kerapatannya lebih tinggi (Dumbi, 2014). Sampel akan dilakukan karakterisasi menggunakan alat XRF (*X-Ray Fluorescence*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui fasa kristal yang terbentuk pada sampel baik sebelum dan setelah dikalsinasi suhu 1000°C.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi ukuran partikel dan komposisi perlit terhadap sifat fisis dan kuat tekan sebelum dan setelah dikalsinasi pada suhu 1000°C?
2. Bagaimana karakteristik kandungan unsur dan fasa kristal yang terbentuk pada perlit sebelum dan setelah dikalsinasi pada suhu 1000°C?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Variasi ukuran partikel perlit yang digunakan adalah *mesh* 40 (butiran-butiran perlit seragam) dan lolos *mesh* 40 (butiran-butiran perlit bervariasi). Sedangkan, variasi komposisi perbandingan semen dan perlit (S:P) 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 dan 1:6.
2. Pengujian yang akan dilakukan adalah uji sifat fisis seperti porositas, absorpsi dan kuat tekan dengan umur uji 14 hari. Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan XRF dan XRD. Pengujian dan karakterisasi sampel dilakukan sebelum dan setelah dikalsinasi pada suhu 1000°C.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam melakukan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel dan komposisi perlit terhadap sifat fisis dan kuat tekan sebagai bahan mortar.
2. Mengetahui fasa kristal perlit dan mortar substitusi perlit yang terbentuk pada sebelum dan setelah dikalsinasi suhu 1000°C.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Mampu mengembangkan perlit menjadi suatu hal yang lebih bermanfaat.
2. Memberi informasi baru mengenai perlit yang dapat dijadikan sebagai referensi penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mortar

Mortar merupakan campuran bahan bangunan yang terdiri dari agregat halus, semen dan air. Bahan air dan semen disatukan sehingga membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat, sedangkan agregat halus sebagai pengisi. Mortar yang baik harus memiliki kuat tekan tinggi dan sifat fisis yang baik sehingga kualitas mortar memenuhi syarat SNI (Adi, 2009).

2.1.1 Tipe-tipe Mortar

Berdasarkan SNI 03-6882-2002 tipe – tipe mortar disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Persyaratan spesifikasi tipe-tipe mortar.

Mortar	Tipe	Kekuatan rata-rata 14 hari Min. (Mpa)	Retensi air Min. (%)	Kadar udara Maks. (%)	Rasio agregat (Pengukuran kondisi lembab dan gembur)
Semen Pasangan	M	17,2	75	... b)	2,25-3,5 kali jumlah volume bersifat semen
	S	12,4	75	... b)	
	N	5,2	75	... b)	
	O	2,4	75	... b)	

(Sumber: SNI 03-6882).

Keterangan tipe-tipe mortar:

1. Mortar tipe M adalah mortar yang mempunyai kekuatan 17,2 MPa. Mortar ini direkomendasikan untuk pasangan bertulang maupun tidak bertulang yang

memikul beban tekan yang besar, karena mortar ini memiliki kuat tekan yang tinggi.

2. Mortar tipe S adalah mortar yang mempunyai kekuatan 12,5 MPa. Mortar ini direkomendasikan untuk struktur yang akan memikul beban tekan normal tetyang berhubungan dengan tanah, seperti pondasi, dinding penahan tanah, dan saluran pembuangan.
3. Mortar tipe N adalah mortar yang mempunyai kekuatan 5,2 MPa. Mortar ini umum digunakan untuk konstruksi pasangan diatas tanah seperti dinding interior maupun eksterior.
4. Mortar tipe O adalah mortar yang mempunyai kekuatan 2,4 MPa. Mortar ini direkomendasikan untuk dinding penahan interior dan eksterior yang tidak menahan beban struktur dan menjadi beku dalam keadaan jenuh.
5. Mortar tipe K memiliki kuat tekan yang sangat rendah yaitu di bawah 2,4 Mpa. Mortar tipe K jarang digunakan untuk konstruksi baru yang direkomendasikan dalam ASTM C270. Mortar ini hanya untuk konstruksi bangunan lama seperti mortar kapur (SNI 03-6882-2002).

2.1.2 Fungsi Mortar

Fungsi mortar dibedakan menjadi dua jenis yaitu konstruksi struktural dan non struktural:

1. Mortar konstruksi struktural digunakan sebagai spesi dinding dan pondasi. Mortar direncanakan untuk menahan gaya tekan (sebagai pengikat batu bata pada dinding maupun pondasi) (Adi, 2009).

2. Mortar konstruksi non-struktural digunakan sebagai pelapis dinding. Ada beberapa fungsi lain dari mortar yaitu untuk menambah lekatan dan ketahanan pada bagian-bagian konstruksi, sebagai pengikat batubata, keramik dan pekerjaan plesteran. Secara estetika, mortar memberikan warna dan tekstur pada dinding tembok (Kusumah dkk, 2016).

2.1.3 Jenis-jenis Mortar

Berdasarkan jenis bahan ikatannya mortar dapat dibagi menjadi empat jenis diantaranya mortar lumpur, mortar kapur, mortar semen dan mortar khusus. Penjelasan dari jenis-jenis mortar tersebut adalah sebagai berikut:

1. 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 (Tjokrodimuljo, 1996).
2. 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 susutan sehingga jumlah pasir yang umum digunakan adalah tiga kali volume kapur. Jenis kapur yang biasa digunakan yaitu *fat lime* dan *hydraulic lime* (Tjokrodimuljo, 1996).
3. Mortar semen terbuat dari adukan semen, pasir dan air. Mortar ini rapat aor sehingga memiliki kekuatan yang jauh lebih kokoh dibanding yang lain.

Mortar semen sering digunakan untuk bagian luar (dinding/tembok) dan yang berada di bawah 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 (Tjokrodinuljo, 1996).

4. Mortar khusus diperoleh dengan menambahkan berupa zat aditif seperti *asbestos fibres*, *jutes fibres* (serat alami), butir – butir kayu, serbuk gergaji kayu dan serbuk kaca. Mortar khusus digunakan dengan tujuan dan maksud tertentu, contohnya sebagai mortar tahan api yang diperoleh dengan penambahan serbuk bata merah dan *aluminous cement*, dengan perbandingan satu *aluminous cement* dan dua serbuk batu api (Simanullang, 2014).

2.1.4 Metode Pengujian Mortar

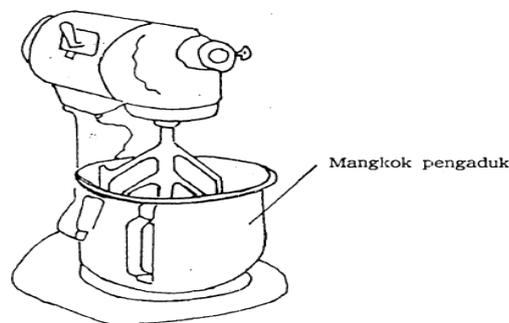
Metode pengujian mortar antaranya:

2.1.4.1 Proporsi Campuran Mortar

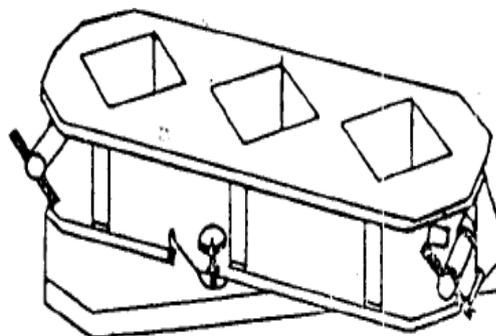
Mortar yang dibuat dilaboratorium untuk menentukan sifat – sifat menurut spesifikasi dalam SNI yang harus berisi bahan – bahan konstruksi dalam susunan campuran yang telah ditetapkan dalam spesifikasi proyek (SNI 03-6882-2002) dan komposisi mortar biasanya menggunakan perbandingan semen dan agregat 1:4 sampai dengan 1:6 (Lomboan dkk, 2016).

2.1.4.2 Pencampuran Mortar

Semen dan agregat harus dicampur dengan sejumlah air secukupnya selama 3 – 5 menit dengan menggunakan alat pengaduk mekanis sesuai standar ASTM C 305 yaitu *mixer* yang kecepatan perputarannya dapat diatur, dilengkapi dengan mangkok pengaduk kapasitas 2500 cc seperti yang disajikan pada Gambar 2.1 agar homogen dan mudah dikerjakan. Campuran yang sudah homogen dimasukkan kedalam cetakan kubus seperti yang terlihat pada Gambar 2.2 dengan ukuran 5x5x5 cm menggunakan cetakan mortar (*speciment mold*) yang telah diberi pelumas dan dibiarkan selama 24 jam (Adi, 2009). Pencampuran mortar dengan tangan diperbolehkan bila ada ijin dari pihak yang menentukan persyaratan dengan memberikan prosedur cara pencampuran yang dimaksud (SNI 03-6882-2002).



Gambar 2.1. Mesin pengaduk (*mixer*) (sumber: SNI 03-6825-2002).



Gambar 2.2. Cetakan kubus mortar (sumber: SNI 03-6825-2002).

Setelah mortar berumur 24 jam cetakan dibuka dan dilanjutkan dengan perendaman selama waktu uji yang ditentukan (Dahlan dan Mulyati, 2011). Tahap pengujian sampel dilakukan sesuai dengan ASTM dan SNI. Alat uji kuat tekan yang biasa digunakan adalah *compression strenght apparatus* sesuai dengan ASTM C 109. Mortar yang telah mencapai lebih dari 2,5 jam sejak dicampur tidak boleh dipakai lagi (SNI 03-6882-2002).

2.2 Bahan Penyusun Mortar

Bahan-bahan penyusun mortar diantaranya, semen, pasir dan air.

2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan pengikat hidraulis (*hidrolic binder*) yang artinya, senyawa-senyawa yang terkandung dalam semen tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru yang bersifat sebagai perekat. Bahan baku pembuat semen berupa *klinker* (berasal dari batu kapur, tanah liat dan pasir silika), gipsum, serta penambahan *pozzolan* (Malau, 2014). Semen mengandung senyawa-senyawa oksida seperti yang disajikan pada Tabel 2.2 (Nadia, 2011).

Tabel 2.2. Susunan oksida semen *portland*.

Oksida	Rata-rata(%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	17-25
Alumunia (Al ₂ O ₃)	3-8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5-6
Magnesia (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO ₃)	1-2
Soda/ <i>potash</i> (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5-1

(Sumber: Tjokrodinuljo, 1989).

Kandungan terbesar dalam semen adalah CaO yang memiliki fungsi pada proses perekatan, SiO₂ berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*), Al₂O₃ mempercepat proses pengerasan, sedangkan Fe₂O₃ memiliki suhu leleh rendah sebagai bahan bakar pada proses pembakaran klinker (Wiryasa dkk, 2008).

2.2.1.1 Semen Portland

Semen *portland* yaitu semen hidrolis atau bubuk halus yang dihasilkan dengan menggiling klinker. *Klinker* adalah penamaan untuk gabungan komponen produk semen yang belum diberikan tambahan bahan lain untuk memperbaiki dari sifat semen. Semen *portland* terbuat dari campuran kalsium, silika, alumina dan oksida besi. Kalsium biasa didapat dari bahan-bahan berbasis kapur, seperti batu kapur, sedangkan silika alumina dan zat besi dapat ditemukan pada lempung dan batuan serpih (Putra dan Deswita, 2015). Senyawa kimia utama yang menyusun semen *portland* ada empat, yaitu: *tricalcium aluminate* (C₃A), *tricalcium silikat* (C₃S), *dicalcium Silikat* (C₂S) dan *tetra calsium aluminoferrite* (C₄AF) (Nadia, 2011).

2.2.1.2 Portland Composite Cement (PCC)

Portland composite cement adalah bahan pengikat hidrolis yang merupakan hasil penggilingan terak semen *portland* dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen *portland* dengan dengan bubuk anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), *pozzolan*, senyawa silikat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6 – 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 *portland composite cement* adalah: mudah pengerjaannya, tidak mudah retak, kedap air, tahan terhadap serangan sulfat, menghasilkan kuat tekan tinggi dan bangunan atau konstruksi menjadi tahan lama (Wiryasa dkk, 2008).

2.2.1.3 Portland Pozzoland Cement (PPC)

Portland pozzolan cement (PPC) terdiri dari campuran yang homogen antara semen *portland* dengan *pozzolan* halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen *portland* dan *pozzolan* bersama-sama. Penggunaan semen ini biasanya untuk bangunan yang mendapatkan gangguan garam sulfat atau panas rendah. Kadar *pozzolan* yang digunakan biasaainya 6 % sampai dengan 40 % 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 (SNI 15-0302-2004). Bahan *pozzolan* terbagi menjadi dua yaitu:

1. *Pozzolan* alam, yaitu bahan *pozzolan* yang berasal dari alam seperti: tuba, abu vulkanik dan tanah diatomae. *Pozzolan* alam dikenal sebagai trass.
2. *Pozzolan* buatan, yaitu bahan *pozzolan* yang dihasilkan dari buatan yaitu dengan hasil pembakaran tanah liat dan hasil pembakaran batu bara (*fly ash*) (Nusa, 2016).

2.2.2 Pasir

Pasir merupakan butiran mineral alami yang digunakan sebagai bahan pembuatan mortar. Komposisi pasir sangat bervariasi, tergantung pada sumber-sumber lokal dan kondisi (Putra dan Deswita, 2015). Pasir tergolong dalam agregat halus. Syarat untuk agregat halus yaitu harus terdiri dari butir-butiran tajam, keras, kekal dengan gradasi yang beraneka ragam (Hairullah, 2015). Pasir pada umumnya memiliki karakteristik seperti kadar lumpur, berat jenis, kadar air seperti yang disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Hasil karakteristik pasir asal Tanjung Bintang Lampung.

Karakteristik	Nilai	Syarat
Kadar lumpur (%)	4,13	<5
Berat jenis (gr/cm^3)	2,50	-
Penyerapan air (%)	9,15	-
Modulus halus pasir	2,65	1,5-3,8
Kadar air (%)	2,09	-
<i>Bulk density</i> (gr/cm^3)	1,21	-

(Sumber: Amin, 2013 (Laboratorium BPTM-Lipi Lampung)).

2.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar yang penting dalam pembuatan mortar untuk bereaksi dengan semen *portland* dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan (Arum, 2013). Air yang digunakan tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat menghalangi pengerasan semen *portland* atau dapat merusak beton itu sendiri. Misalnya lumpur, tanah liat, zat organik dan bahan-bahan yang terlarut seperti garam sulfat, asam dan basa (Nurlina dkk, 2014). Air yang baik adalah air yang memiliki pH 6,5 - 9 yang biasanya mengandung unsur

kalsium, bikarbonat, sulfat, nitrat dan kadang-kadang mengandung karbonat (Sasongko dkk, 2014).

2.3 Perlit

Perlit (*perlite*) didefinisikan sebagai *volcanic glass* dengan struktur perlitis, terutama jika gelas tersebut berasal dari batuan rhyolitik (bersifat asam) dan kaya akan kandungan air. *Volcanic glass* terbentuk dari letusan gunung berapi dimana saat lava mengalir, bagian bawahnya bersentuhan dengan media air dan akibat beban di atasnya aliran lava yang tertahan menyebabkan terjadinya pendinginan yang sangat cepat sehingga tidak ada kesempatan untuk air keluar dari material tersebut maka terbentuklah perlitisasi (Nusa, 2016). Batuan perlit digambarkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Batuan perlit (sumber: Amin, 2013).

Perlit biasanya berwarna abu-abu, kehijauan sampai kehitaman. Gambar 2.3 menunjukkan bentuk dan warna batuan perlit yang berasal dari Lampung. Perlit mengandung komposisi *rhyolithic* biasanya terbentuk dari hidrasi obsidian. Sehingga apabila terjadi pemanasan dengan suhu antara 760-1100°C, kandungan air dalam perlit berubah menjadi tekanan uap yang menyebabkan perlit

mengembang 4-20 kali volume semula dan menjadikan perlit sangat berpori (Allameh-Haery *et al.*, 2017). Sedangkan jenis-jenis perlit digambarkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Jenis-jenis perlit (sumber: Ichsanirtotonotolife, 2015).

Gambar 2.4 menunjukkan jenis batuan perlit, perlit yang dihancurkan dan *expanded perlite*. *Expanded perlite* merupakan perlit yang mengembang setelah mengalami pemanasan pada suhu 900-1200°C (Rashad, 2016). Perlit memiliki 2-5 % komposisi air dan karakter asam terdiri dari 3-10 % mineral kristal termasuk obsidian juga (Celik *et al.*, 2016). Perlit disebut obsidian ditandai dengan *spherulites* yang memberikan penampakan jenis batuan seperti mutiara bila dilihat dengan *microscopically* (Rodriguez *et al.*, 2017). Obsidian memiliki sejumlah elemen dengan konsentrasi lebih rendah dari perlit yaitu <0,1% yang disebut *trace element* (Bulut, 2013).

2.3.1 Karakteristik Sifat Fisis dan Manfaat Perlit

Karakteristik perlit berdasarkan analisis mikroskopis memperlihatkan tekstur gelas masif dan retakan konkoidal (mengulit bawang). Komposisi mineral sebagian besar terdiri dari gelas perlit (90-97%) serta mineral opak dan plagioklas (masing-masing kurang dari 1%) (Ismayanto dan Agustinus, 2007). Perlit

memiliki beberapa sifat fisis ringan, tahan api, insulator yang baik, ketahanan fisik yang baik, densitas rendah, porositas tinggi dan retensi air yang baik (Allameh-Haery *et al.*, 2017). Perlit memiliki manfaat sebagai bahan bakku beton ringan, isolasi bangunan, plesteran, *concrete agregate* (10%), *oil drilling mud* (6%), *filter aid* (2%), bahan baku *pozzolan* dan bahan bangunan/elemen konstruksi (Isikdag, 2015).

2.3.2 Komposisi Kimia Perlit

Ada beberapa komposisi kimia batuan perlit yang telah disajikan pada Tabel 2.4 dan 2.5.

Tabel 2.4. Komposisi batuan perlit.

No	Senyawa	Persentase (%)
1	SiO ₂	68,97
2	Fe ₂ O ₃	0,12
3	TiO ₂	0,86
4	K ₂ O	4,10
5	Al ₂ O ₂	13,06
6	MnO	0,12
7	Na ₂ O	2,51
8	LOI	9,69

(Sumber: Amin, 2013).

Tabel 2.5. Komposisi kimia perlit.

No		Raw perlite	Standard sand
1	SiO ₂ (%)	74,41	92,1
2	Al ₂ O ₃ (%)	12,6	2,02
3	Fe ₂ O ₃ (%)	0,8	0,43
4	MgO (%)	-	0,03
5	SO ₃ (%)	-	0,07
6	Na ₂ O (%)	3,08	0,93
7	K ₂ O (%)	4,4	1,3
8	CaO (%)	-	0,2
9	Loss on ignition (%)	3,79	0,55
10	Loss on moisturation (%)	0,25	-
11	Density (g/cm ³)	2,38	2,36
12	Blain fineness (cm ² /g)	5044	-

(Sumber: Bulut, 2013).

2.4 Ukuran Partikel Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar. Agregat menempati 70 % - 75 % dari total volume mortar maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas mortar. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat distribusi ini dibedakan menjadi 3 yaitu, gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continous grade*). Gradasi agregat dapat menentukan modulus kehalusan butiran (mkb). Modulus kehalusan butiran didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas suatu sel ayakan yang dibagi seratus (Zulhijah dkk, 2015).

Butiran yang memiliki ukuran yang sama (seragam) menjadikan volume pori-pori akan besar, sebaliknya jika ukuran butirannya bervariasi maka volume pori-pori menjadi kecil. Hal ini disebabkan butiran yang lebih kecil akan mengisi pori antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit dan mortar memiliki kemampuan yang tinggi (Wiryasa dkk, 2008).

Secara umum ukuran partikel agregat dapat dibedakan menjadi 2 yaitu agregat kasar dan agregat halus. Batasan ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4.80 mm (*British Standard*) atau 4.75 mm (Standar ASTM).

2.4.1 Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan *mesh* 4 (5,00 mm) (Wiryasa dkk, 2008). Persyaratan agregat kasar (kerikil (*split*) atau batu pecah) dan syarat-syarat kelolosan agregat pada setiap ayakan dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut:

Tabel 2.6. Syarat-syarat kelolosan agregat tiap ayakan.

No. Ayakan	Lubang ayakan (mm)	Agregat kasar (%)		Agregat halus (%)	
		Batas bawah	Batas atas	Batas bawah	Batas atas
1 in	25	95	100	-	-
½ in	12,5	25	60	-	-
3/8 in	10	0	50	100	100
4	5	0	10	95	100
8	2,5	-	-	80	100
16	1,2	-	-	50	85
30	0,6	-	-	25	60
50	0,3	-	-	10	30
100	0,15	-	-	2	10

(Sumber: Kusharto, 2007).

Syarat-syaratnya:

- a. Jumlah butiran-butiran pipih dan memanjang maksimal 2% dari berat agregat seluruhnya.
- b. Tidak pecah atau hancur oleh cuaca.
- c. Kadar lumpur maksimal 1%.
- d. Tidak mengandung zat relatif alkali.
- e. Kekerasan butiran diperiksa dengan mesin pengeras *Los Angles* (kehilangan berat maksimal 50%).
- f. Susunan gradasi agregat mengikuti persyaratan agregat campuran (Tilik dan Sulianti, 2012).

2.4.2 Agregat halus

Agregat halus adalah bahan pengisis mortar yang berupa butiran lebih kecil dari 4.75 mm yang bereaksi kimia dengan semen dan air dan membentuk suatu campuran yang padat dan keras (Wirayasa dkk, 2008). Kekasaran agregat halus

dibagi menjadi empat zona disajikan pada Tabel 2.7 yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar (British Standart).

Tabel 2.7. Batas gradasi agregat halus menurut British Standart.

Lubang ayakan (mm)	Persentase lolos saringan (%)			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	75-100	95-100
1,2	30-70	55-90	55-90	90-100
0,6	15-34	35-59	35-59	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber: Nugraha dan Antoni, 2007).

Persyaratan untuk agregat halus adalah sebagai berikut:

- a. Butiran halus, tajam dan keras.
- b. Tidak pecah atau hancur oleh cuaca (bersifat kekal).
- c. Kadar lumpur maksimum 5% (ditentukan terhadap berat kering).
- d. Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5% diperiksa dengan percobaan warna (dengan larutan NaOH).
- e. Memiliki modulus kehalusan 3,0 mm atau lebih (Murdock and Brook, 1986).

2.5 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani gaya tekan tertentu. Nilai kuat tekan diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji kubus yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum menggunakan rumus:

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.2)$$

(Zulhijah dkk, 2015).

Berdasarkan persamaan 2.2 diketahui bahwa f'_c adalah kuat tekan mortar (kg/cm^2), P adalah gaya tekan (kg) dan A adalah luas penampang (cm^2). Kuat tekan didapatkan melalui tata cara pengujian standar menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji berbentuk kubus sampai hancur (Malau, 2014). Alat uji kuat tekan yang disebut adalah *compressing strength machine* yang telah disajikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. *Compressing strength machine* (Sumber: Laboratorium Beton Teknik Sipil Unila).

2.5.1 Faktor Air Semen dan Sifat Agregat

Kuat tekan mortar sangat dipengaruhi oleh faktor air semen dan sifat agregat. Faktor air semen adalah perbandingan berat air terhadap berat semen. Faktor semen harus dihitung sehingga campuran air dan semen menjadi pasta yang baik, artinya tidak kelebihan air dan tidak kelebihan semen. Rumus untuk menghitung faktor air semen adalah:

$$\text{Faktor Air Semen (FAS)} = \frac{w}{c} \dots\dots\dots (2.3)$$

(Malau, 2014).

Berdasarkan persamaan 2.3 w adalah berat air (gr) dan c adalah berat semen (gr). Secara umum, semakin besar nilai FAS semakin rendah mutu kekuatan mortar (Hairullah, 2015). Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. Pemilihan FAS tidak hanya mempengaruhi porositas tetapi juga keawetannya (*durability*), dimana FAS sangat menentukan kandungan udara dalam mortar dan keawetannya (Mulyono, 2005). Selain itu, sifat agregat berpengaruh terhadap kekuatan meliputi bentuk, kekasaran permukaan, kekerasan dan ukuran maksimum butir agregat. Bentuk dari agregat akan berpengaruh terhadap interlocking antar agregat.

2.5.2 Proporsi dan Jenis Semen

Mortar dengan kandungan semen lebih banyak belum tentu mempunyai kekuatan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang banyak, demikian pula pastinya, menyebabkan kandungan pori-pori lebih banyak daripada mortar dengan kandungan semen yang lebih sedikit (Hairullah, 2015).

2.6 Porositas

Porositas merupakan ruang kosong (*void*) di dalam sampel komposit. Menentukan porositas suatu bahan dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.4.

$$\text{Porositas} = \frac{w_3 - w_1}{(w_3 - w_2)} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- w_1 adalah berat sampel kering (gr)
- w_2 adalah berat sampel saat ditimbang dalam air (gr)
- w_3 adalah berat sampel basah setelah direndam (gr)

(Susanto, 2007).

Nilai porositas berhubungan langsung dengan sifat mekanik mortar seperti kekedapan, keawetan bahkan dengan kekuatan mortar dalam hal kuat tekan mortar (Nadia, 2011). Semakin kecil air yang mengisi ruang dari tiap unit semen (semakin kecil w/c) pada awal proses pengikatan, maka proporsi pori-pori kapiler dalam semen akan semakin baik. Semakin kecil porositas kuat tekan semakin besar, sebaliknya semakin besar porositasnya maka kuat tekannya semakin kecil (Anggraini, 2008).

Besar dan kecilnya porositas dipengaruhi oleh besar kecilnya faktor air semen (fas) yang digunakan. Semakin besar fas yang digunakan semakin besar porositas, sebaliknya semakin kecil fas maka semakin kecil porositas. Porositas juga dapat diakibatkan adanya partikel-partikel bahan penyusun mortar yang relatif besar, sehingga kerapatan tidak dapat maksimal (Tilik dan Sulianti, 2012). Semakin kecil nilai porositas menunjukkan semakin sedikit rongga-rongga mikro (*micro void*) di dalam mortartersebut, begitupun sebaliknya semakin banyak porositas semakin banyak rongga-rongga pada mortar (Zulfia dkk, 2011).

2.7 Absorpsi

Absorpsi adalah terserapnya atau terikatnya suatu substansi (*absorbet*) pada permukaan yang dapat menyerap (*absorbent*). Absorpsi dapat terjadi diantara zat padat dan zat cair, zat padat dengan gas, zat cair dengan zat cair, dan zat cair dengan gas. Absorpsi merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk memprediksi dan mengetahui kekuatan dan kualitas mortar yang dihasilkan. Mortar yang berkualitas baik memiliki daya serap air yang kecil dimana jumlah

pori-pori pada permukaan sedikit dan rapat (Zulfia dkk, 2011). Perhitungan absorpsi menggunakan rumus:

$$\text{Water Absorpsi (\%)} = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

WA = Penyerapan air (%).

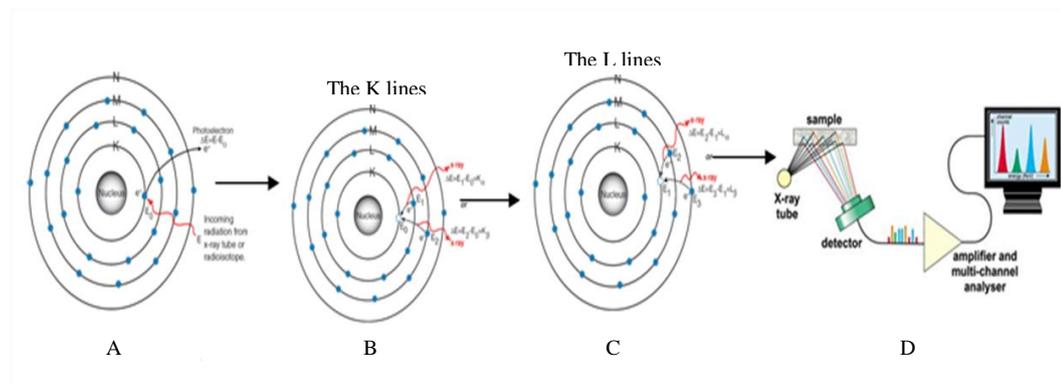
m_b = Massa basah sampel setelah direndam (gr).

m_k = Massa kering sampel setelah direndam (gr).

(Vlack, 1989).

2.8 XRF (X-Ray Fluorescence)

XRF merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam suatu sampel. Prinsip kerja XRF digambarkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Prinsip kerja XRF. (Sumber: Wahyu, 2011).

Analisis XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target pada sampel terkena sinar berenergi tinggi (radiasi

gamma (sinar-X). Gambar 2.6 merupakan prinsip kerja XRF, berikut penjelasannya:

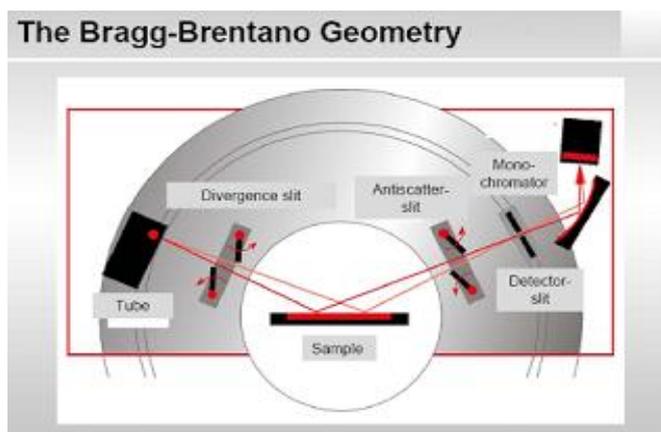
1. Elektron di kulit K terpental keluar dari atom akibat dari radiasi sinar X yang datang. Akibatnya, terjadi kekosongan/vakansi elektron pada orbital (Gambar A).
2. Elektron dari kulit L atau M “turun” untuk mengisi vakansi tersebut disertai oleh emisi sinar X yang khas dan meninggalkan vakansi lain di kulit L atau M (Gambar B).
3. Saat vakansi terbentuk di kulit L, elektron dari kulit M or N “turun” untuk mengisi vakansi tersebut sambil melepaskan Sinar X yang khas (Gambar C).
4. Spektrometri XRF memanfaatkan sinar-X yang dipancarkan oleh bahan yang selanjutnya ditangkap detector untuk dianalisis kandungan unsur dalam bahan (Gambar D) (Munasir dkk, 2012).

XRF dibagi menjadi 2 jenis yaitu WDXRF (Wavelength-dispersive X-ray Fluorescence) dimana dispersi sinar-X didapat dari difraksi dengan menggunakan analyzer yang berupa kristal yang berperan sebagai grid dan EDXRF (Energy dispersive X-ray Fluorescence) dimana spektrometri bekerja tanpa menggunakan kristal, namun menggunakan software yang mengatur seluruh radiasi dari sampel ke detector (Tambunan dkk, 2016).

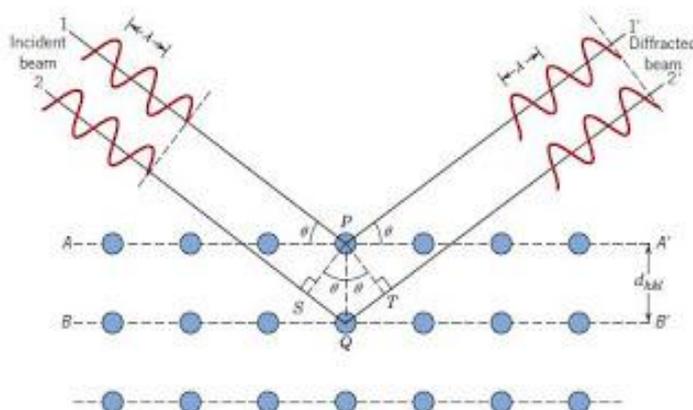
2.9 X-Ray Diffraction (XRD)

XRD (*X-Ray Powder Diffraction*) merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat.

Identifikasi struktur dan fasa kristal suatu sampel dapat dilakukan menggunakan metode difraksi sinar-X. Sinar-X merupakan radiasi elektromagnetik yang mirip dengan sinar tampak, tetapi panjang gelombangnya lebih pendek. Panjang gelombang sinar-X berkisar antara 0,5 - 2,5 dalam satuan angstrom (\AA) (10^{-10} m) (Cullity, 1977). Suatu tabung sinar-X harus mempunyai suatu sumber elektron, *voltase* tinggi, dan logam sasaran. Selanjutnya elektron elektron yang ditumbukan ini mengalami pengurangan kecepatan dengan cepat dan energinya diubah menjadi foton (Nopianingsih, 2015). Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD dapat dilihat pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8.



Gambar 2.7. Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD (1). (Sumber: I'Imi, 2009).



Gambar 2.8. Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD (2). (Sumber: I'Imi, 2009).

Berdasarkan Gambar 2.7 prinsip kerja XRD adalah ketika berkas sinar-X berinteraksi dengan suatu material, maka sebagian berkas akan diabsorpsi, ditransmisikan, dan sebagian lagi dihamburkan terdifraksi. Hamburan terdifraksi inilah yang dideteksi oleh XRD. Berkas sinar X yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasanya sama. Berkas sinar X yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi. Hukum Bragg merumuskan tentang persyaratan yang harus dipenuhi agar berkas sinar X yang dihamburkan tersebut merupakan berkas difraksi (Abdullah dan Khairurrijal., 2009).

Berdasarkan Gambar 2.8 menunjukkan sinar datang yang menumbuk pada titik pada bidang pertama dan dihamburkan oleh atom P. Sinar datang yang kedua menumbuk bidang berikutnya dan dihamburkan oleh atom Q, sinar ini menempuh jarak $SQ + QT$ bila dua sinar tersebut paralel dan satu fasa (saling menguatkan). Dalam hal ini dapat dikatakan fasa suatu bahan berupa fasa murni dan fasa kristal dapat ditentukan setelah diamati oleh XRD menggunakan difraktometer serbuk. Semakin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkan. Tiap puncak yang muncul pada pola difraktogram mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi (Fuente *et al.*, 2016).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Mei 2017 sampai Agustus 2017. Pengujian sampel seperti uji prositas, absorpsi, karakterisasi XRF dan XRD dilakukan Laboratorium Uji Kimia Balai Penelitian Teknologi Mineral-LIPI yang bertempat di Jl. Ir Sutami Km. 15 Tanjung Bintang, Lampung Selatan. Pengujian kuat tekan akan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan yang di perlukan sebagai berikut.

3.2.1 Alat

Alat yang dilakukan pada penelitian ini berupa mesin uji kuat tekan merk *Wykeham Farrance Engineering made in England* model 55104 capacity 1500 KN, XRF Made in the *Netherlands*, XRD Type nr 9430 030 40602 Made in the *Netherlands*, cetakan kubus ukuran 5x5x5 cm, timbangan analog merk *Five Goat made in China* capacity 5 kg serta graduation 20 gr, timbangan digital merk *gold series ohaus*, panel electrical furnace, oven merk *Memmert*, ball mill merk *Yuema Helical Geat type TR67-A-D112.M4* no. 01307.30166, mixer B10 made in China

capacity 10 Liter serta *rotation* 360/164 rpm, *beaker glass pyrex made in* Thailand, 500 mL; 100 mL; 50 mL, gelas ukur *pyrex* 25 mL, ayakan (*mesh* no. 5, 10, 20, 35, 40, 45, 60, 80, 100 dan 200), sendok semen, sarung tangan, masker, pengepres sampel.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah material perlit dari Lampung, semen tipe *portland*, pasir Tanjung Bintang dan air bersih.

3.3 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 perlit 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 analisa bahan-bahan baku seperti berat jenis pasir dengan *picnometer*, analisa kadar lumpur pasir, analisa kadar air pada perlit dan pasir serta analisa absorpsi pada pasir. Selanjutnya melakukan uji sifat fisis pada benda uji mortar antara lain: pengujian porositas dan absorpsi serta dilakukan pengujian kuat tekan mortar pada umur 14 hari sebelum dan setelah dikalsinasi suhu 1000°C. Langkah-langkah yang dilakukan dalam percobaan langsung adalah sebagai berikut:

3.3.1 Preparasi Sampel

Langkah-langkah dalam proses preparasi sampel adalah:

- a. Menyiapkan bahan-bahan yang dibutuhkan seperti: semen, pasir, air dan bongkahan batuan perlit.
- b. Menghancurkan bongkahan batuan perlit menggunakan *jaw crusher*.
- c. Menghaluskan perlit menggunakan *ball mill*.
- d. Mengayak perlit ukuran partikel *mesh* 40 dan >40 (lolos *mesh* 40).
- e. Memisahkan hasil ayakan antara ukuran 40 dan >40 (lolos *mesh* 40).

3.3.2 Analisa Berat Jenis Pasir dengan *Picnometer*

Langkah-langkah dalam proses analisa berat jenis menggunakan metode *picnometer* sesuai ASTM D-854 adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan *picnometer*.
- b. Menimbang *picnometer* kosong (w_1).
- c. Menimbang *picnometer* yang sudah diisi air penuh (w_2), lalu airnya dibuang kembali.
- d. Menimbang *picnometer* yang diisi pasir sebanyak 1/3 bagian (w_3).
- e. Menambahkan aquades ke dalam *picnometer* yang sudah terisi pasir sampai penuh. Kemudian menutup *picnometer* dan mendiarkannya selama 24 jam.
- f. Setelah 24 jam, menimbang *picnometer* (w_4) kembali, serta mencatat suhunya (T_2).
- g. Menghitung berat jenis pasir dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Berat jenis} = \frac{w_2 - w_1}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)} \dots\dots\dots (3.1)$$

3.3.3 Analisa Kadar Lumpur Pasir

Langkah-langkah pengujian kadar lumpur pasir sebagai berikut:

- a. Menimbang 10 gr pasir dengan timbangan digital (w_1).
- b. Memasukkan pasir yang telah ditimbang ke dalam *beaker glass* 50 mL.
- c. Memasukkan air bersih sedikit demi sedikit sambil mengaduk pasir secara perlahan-lahan sampai warna air menjadi jernih.
- d. Menaruh pasir di cawan dan mengeringkan di dalam oven selama 24 jam.
- e. Setelah 24 jam, menimbang pasir yang di dalam cawan (w_2).
- f. Menghitung kadar lumpur pasir.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

3.3.4 Analisa Absorpsi Pasir

Langkah-langkah analisa absorpsi pada pasir yang digunakan:

- a. Menimbang masing-masing benda uji yaitu perlit ukuran *mesh* 10, 20, 40, >40 dan pasir sebanyak 10 gr menggunakan timbangan digital (A).
- b. Memasukkan pasir ke dalam masing-masing 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 terbuang.
- e. Menimbang masing-masing benda uji kembali (B).
- f. Menghitung persentase absorpsi dengan rumus:

$$\text{Absorpsi} = \frac{A - B}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

3.3.5 Uji Gradasi

Langkah-langkah pengujian gradasi pasir atau perlit sebagai berikut:

1. Menimbang 500 gr pasir atau perlit menggunakan timbangan digital.
2. Menyusun ayakan sesuai dengan urutannya yaitu 2 mm (*mesh* no. 10), 0,5 mm (*mesh* no. 35), 0,475 mm (*mesh* no. 40), 0,354 mm (*mesh* no. 45), 0,250 mm (*mesh* no.60), 0,149 mm (*mesh* no. 100).
3. Memasukkan pasir atau perlit ke dalam ayakan paling atas, lalu mengaduk-aduk pasir menggunakan kuas hingga tidak ada pasir yang lolos ayakan lagi.
4. Menimbang pasir atau perlit yang tertinggal dalam masing-masing ayakan beserta wadahnya.
5. Menghitung komulatif persentase butir-butir pasir yang lolos pada masing-masing ayakan. Modulus kehalusan pasir dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{MHB} = \frac{\text{total berat komulatif}}{100} \dots\dots\dots (3.4)$$

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

3.3.6 Analisa Kadar Air

Langkah-langkah pemeriksaan kadar air berdasarkan ASTM D-2216 sebagai berikut:

- a. Menimbang masing-masing cawan yang akan digunakan (a) dan memasukkan benda uji yaitu perlit ukuran *mesh* 40, >40 dan pasir ke dalam masing-masing cawan dan menimbanginya (b).

- b. Memasukan cawan yang berisi benda uji ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam .
- c. Menimbang cawan yang berisi benda uji yang sudah dioven (c).
- d. Menghitung persentase kadar air masing-masing benda uji dengan rumus:

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

3.3.7 Pembentukan Mortar dengan Perlit sebagai Agregat Halus

Langkah-langkah pembentukan mortal dengan perlit adalah:

- a. Menyiapkan material pembentuk mortar yaitu perlit, semen dan air.
- b. Menimbang perlit dan semen sesuai dengan variasi komposisi perbandingan semen dan pasir (S:P) 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 dan 1:6 menggunakan timbangan digital.
- c. Mengaduk perlit dan semen sesuai dengan variasi komposisi menggunakan *mixer* dan menambahkan air sesuai dengan faktor air semen = 0,4.
- d. Mencetak sampel dengan menggunakan cetakan mortar berbentuk kubus 5x5x5 cm.
- e. Membiarkan sampel pada cetakan selama 24 jam.
- f. Mengeluarkan mortar dari cetakan setelah didiamkan selama 24 jam.
- g. Merendam benda uji mortar pada wadah yang berisi air selama 14 hari.

3.3.8 Pembuatan Mortar dengan Agregat Pasir sebagai Pembanding

Langkah-langkah dalam proses pembuatan mortar dengan pasir adalah:

- a. Menyiapkan sampel material pembentuk mortar yaitu pasir, semen dan air.

- b. Menimbang pasir dan semen sesuai dengan variasi komposisi. Variasi komposisi yang digunakan sesuai dengan SNI yaitu perbandingan semen dan pasir (S:P) 1:4, 1:5, 1:6 menggunakan timbangan digital.
- c. Mengaduk perlit dan semen sesuai dengan variasi komposisi menggunakan *mixer* dan ditambahkan air sesuai dengan FAS = 0,4 (Faktor Air Semen).
- d. Mencetak sampel menggunakan cetakan mortar kubus 5x5x5cm.
- e. Membiarkan sampel pada cetakan selama 24 jam.
- f. Mengeluarkan mortar dari cetakan setelah didiamkan selama 24 jam.
- g. Merendam benda uji mortar pada wadah yang berisi air selama 14 hari.

3.3.9 Pengujian Porositas dan Absorpsi

Langkah-langkah untuk melakukan uji porositas, absorpsi dan berat jenis sebagai berikut:

- a. Mengeringkan sampel-sampel yang akan diuji menggunakan oven dengan suhu 110°.
- b. Menimbang masing-masing sampel kering dengan menggunakan timbangan digital dan mencatat hasilnya (w_1).
- c. Merendam seluruh sampel di dalam air bersih dan mendiamkannya selama 24 jam.
- d. Menimbang sampel di dalam sebuah wadah (keranjang kecil) yang digantung tepat di bawah timbangan dengan posisi mengapung di dalam air pada bagian tengah (w_2).
- e. Mengelap sampel secara perlahan lalu menimbanginya kembali dan mencatat hasilnya (w_3).

f. Menghitung:

$$\text{Porositas} = \frac{w_3 - w_1}{(w_3 - w_2)} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.6)$$

$$\text{Absorpsi} = \frac{w_3 - w_1}{w_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana:

w_1 : berat sampel kering (gr).

w_2 : berat sampel saat ditimbang dalam air (gr).

w_3 : berat sampel saat setelah dilap (gr).

g. Melakukan pengujian porositas dan absorpsi pada sampel benda uji mortar setelah dikalsinasi 1000°C.

3.3.10 Pengujian Kuat Tekan Sampel

Langkah-langkah untuk melakukan uji kuat tekan sebagai berikut:

- a. Mengambil masing-masing sampel benda uji mortar yang sudah direndam selama 14 hari untuk ditiriskan/dikeringkan selama 24 jam.
- b. Melakukan kalsinasi pada masing-masing sampel benda uji yang sudah dikeringkan pada kalsinasi 1000°C dengan waktu penahanan selama 2 jam.
- c. Melakukan uji kuat tekan pada masing-masing benda uji mortar sebelum dan setelah dikalsinasi 1000°C menggunakan alat *compressing strength muchin*.

Kuat tekan dihitung menggunakan persamaan:

$$f^c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana:

F_c = Kuat tekan mortar (kg/cm^2).

P = Gaya tekan (kg).

A = Luas penampang (cm^2) (Zulhijah dkk, 2015).

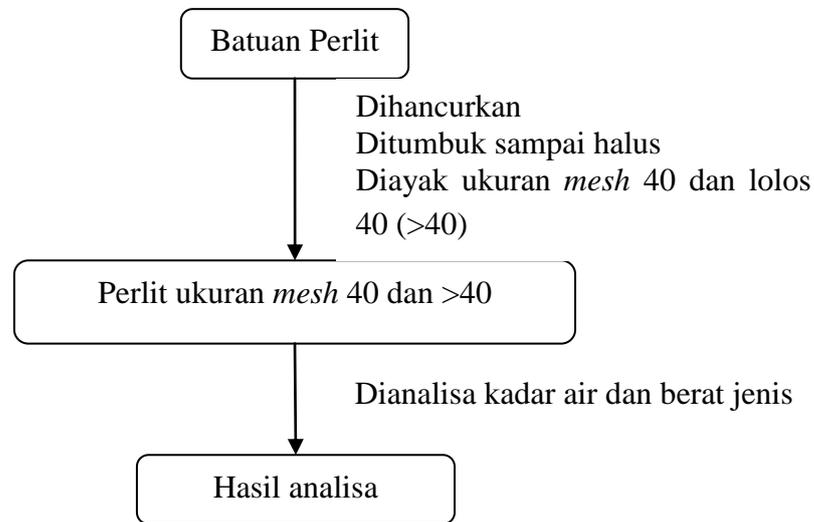
3.3.11 Karakterisasi XRF dan XRD

Langkah-langkah untuk karakterisasi sampel adalah:

1. Menyiapkan sampel yang akan dikarakterisasi menggunakan XRF dan XRD.
2. Menumbuk sampel sampai halus hingga lolos *mesh* 200 sebanyak 100 gr.
3. Melakukan karakterisasi XRF dan XRD pada masing-masing sampel terbaik yang akan dikarakterisasi di Laboratorium Uji Kimia Balai Penelitian Teknologi Mineral-LIPI.

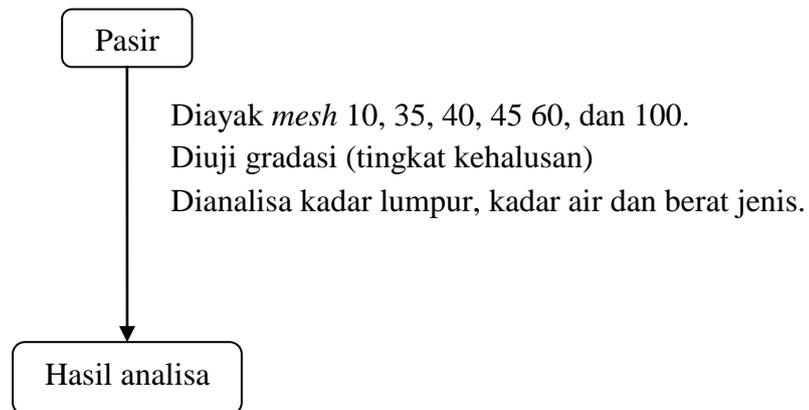
3.4 Diagram alir

Adapun diagram alir preparasi sampel perlit ditunjukkan pada Gambar 3.1.



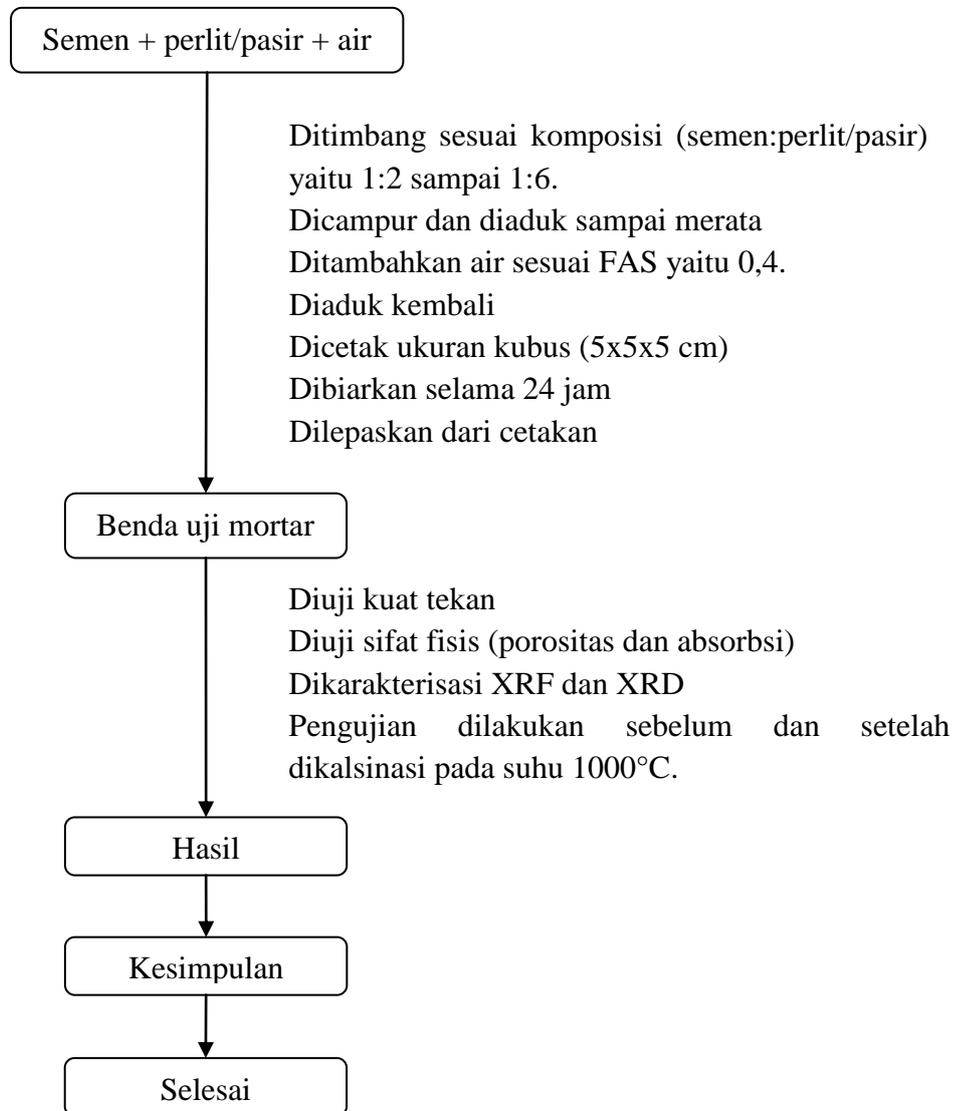
Gambar 3.1. Diagram alir preparasi sampel perlit.

Diagram alir preparasi sampel pasir ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram alir preparasi sampel pasir.

Diagram alir pembuatan benda uji dan pengujian mortar ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Diagram alir pembuatan, pengujian dan karakterisasi mortar.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat tekan optimum diperoleh pada mortar sebelum dikalsinasi ukuran partikel perlit lolos *mesh* 40 pada komposisi 1:2 sebesar $179,2 \text{ kg/cm}^2$ yang merupakan jenis mortar tipe M, didukung dengan porositas kecil yaitu 10,36 % dan absorpsi = 5,31 %. Kuat tekan terkecil diperoleh mortar setelah dikalsinasi ukuran perlit *mesh* 40 pada komposisi 1:6 sebesar $4,62 \text{ kg/cm}^2$ didukung dengan porositas tinggi sebesar 35,37 % dan absorpsi = 33,19 %. Kuat tekan menurun setelah dikalsinasi pada suhu 1000°C dan semakin menurun seiring bertambahnya komposisi perlit.
2. Perlit memiliki kandungan silika sebesar 57,06% dan berbentuk fasa *quartz*. Mortar memiliki kandungan kalsium dan silika didukung dengan adanya fasa *quartz* dan *calcit*, sedangkan pada mortar setelah dikalsinasi fasa dominan yang terbentuk adalah *wollastonite-2M*.

5.2 Saran

Pada penelitian lebih lanjut disarankan melakukan katrakterisasi SEM-EDS agar mengetahui besar konsentrasi setiap unsur yang terkandung dalam fasa-fasa yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M & Khairurrijal. 2009. Review: Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nano Saintek*. Vol. 2 No. 1, Feb.
- 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.
- Allameh-Haery, Haleh., Erich Kisi., Jubert Pineda., Laxmi Prasad Suwal., and Thomas Fiedler. 2017. Elastic properties of green expanded perlite particle compacts. *Journal of Powder Technology*. Vol. 310. Hal: 329–342.
- Amin, M. 2013. Proses Produksi Expanded Perlit Lampung Sebagai Material Industri Bata Ringan. *Prosiding Semirata FMIPA Unila*. Hal: 185-188.
- Anggraini, Retno. 2008. Porositas Beton Mutu Tinggi Pasca Bakar Porosity of High Strength Concrete Post Fire. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. Vol. 4. No. 3. Hal: 1-10.
- Arum, Tanjung Garnrsih. 2013. Kajian Optimasi Kuat Tekan Beton Dengan Simulasi Gradasi Ukuran Butir Agregat Kasar. *Jurnal Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Bulut, Ulger. 2013. Use of Perlite as a Pozzolanic Addition in Lime Mortars. *Journal of Science*. No.23. Vol. 3. Hal: 305-313.
- Celik, Serdar., Roxana Family., and M. Pinar Menguc. 2016. Analysis of perlite and pumice based building insulation materials. *Journal of Building Engineering*. No. 9. Vol. 16. Hal: 1-16.
- Cullity B. D. 1977. *Element of X-Ray Diffraction Second Edition*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. California. Hal. 3, 4, 82.
- Dahlan, Dahyunir dan Sri Mulyati. 2011. Pengaruh Porsen Hasil Pembakaran Serbuk Kayu Dan Ampas Tebu Pada Mortar Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisisnya. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*. Vol. 3 No. 2. Hal: 48-54.

- Damayanti, Mentari Catur., Nurlaela Rauf dan Eko Juarlin. 2014. Pengaruh Peredaman Air Laut Terhadap Kualitas Mortar Semen. *Jurnal Fisika*. Vol. 1. No. 1. Hal. 1-4.
- Dumbi, Pratiwi. 2014. Pengaruh Penambahan Material Halus Bukit Pasolo sebagai Pengganti sebagian Pasir terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*. No. 1. Vol. 1.
- Erdem, T.K., C. Meral., M. Tokyay., and T.Y. Erdog̃an. Use of perlite as a pozzolanic addition in producing blended cements. *Cement & Concrete Composites*. 29 (2007) 13–21.
- Fuente, D. de la., J. Alcántara., B. Chico., I. Díaz., J.A. Jimenez., dan M. Morcillo. 2016. Characterisation of rust surfaces formed on mild steel exposed to marine atmospheres using XRD and SEM/Micro-Raman techniques. *Journal of Corrosion Science*. Vol. 30. No. 2. Hal: 1-12.
- Hairullah. 2015. Perencanaan Beton Struktur Mutu Kelas III Dengan Menggunakan Pasir Waringgap Nanggo (Merauke) dan Pasir Luwu (Sulawesi Tengah). *Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha*. Vol. 4. No. 1. Hal. 42-60.
- Hariyunita dan Rani F. (2007). *Penelitian Penelitian Pengaruh Waktu Terhadap Kuat Tekan Pada Mortar Untuk Berbagai Macam proporsi campuran*. Tugas Akhir. Universitas Diponegoro Semarang.
- Isikdag, Burak. 2015. Characterization of lightweight ferrocement panels containing expanded perlite-based mortar. *Journal of Construction and Building Materials*. Vol. 81 Hal: 15–23.
- Ismayanto, Ahmad Fauzi dan Eko Tri Sumarnadi Agustinus. 2007. Batuan Perlit Karangnunggal sebagai Bahan Sintesa Atapulgit. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*. Jilid 17. No. 2. Hal: 1-17.
- Karo Karo, Pulung. 2013. Perbandingan Hasil Uji Fisis Komposit Polimer Berbasis Perlit Dengan Batu Apung. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 1. No. 02. Hal: 131-135.
- Kusharto, Harry. 2007. Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Perilaku Campuran Beton Aspal. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*. Vol. 9. No. 1. Hal: 55-63.
- Kusumah, Andi., Anita Setyowati Srle Gunarti dan Sri Nuryati. 2016. Perbandingan Kuat Tekan Mortar Menggunakan Air Saluran Tarum Barat dan Air Bersih. *Jurnal Bentang*. Vol. 4. No. 2. Hal: 30-37

- Lomboan, Felisa Octaviani., Ellen J. Kumat., dan Reky S. Windah. 2016. Pengujian Kuat Tekan Mortar dan Beton Ringan dengan menggunakan Agregat Ringan Batu Apung dan Abu Sekam Padi sebagai Substitusi Parsial. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 4. No. 2. April 2016. Hal: 271-278.
- 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.
- Mulyono, T. 2005. *Teknologi Beton*. Andi Offset: Yogyakarta.
- Munasir., Triwicantoro., dan Zainuri, M. 2012. Uji XRF pada Bahan Mineral sebagai Sumber Material. *Jurnal Penelitian Fisika*. 2(1):20-29.
- Murdock, L.J., dan Brook, K.. 1986. *Bahan Dan Praktek Beton*. Terjemahan Ir. Stephanus Hindarko. Erlangga: Jakarta.
- 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.
- Nopianingsih, N. N. S., Sudiarta, I. W., dan Sulihingtyas, W. D. 2015. Sintesis Silika Gel Terimobilisasi Difenilkabazon dari Abu Sekam Padi Melalui Teknik Sol Gel. *Jurnal Kimia* 9. Vol. 2. Hal. 226-234.
- Nugraha., Paul dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Andi: Yogyakarta.
- Nurlina, Siti., Taufik Hidayat., Hendro Suseno dan Estetika Matra Kharisma. 2014. Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Bata Sebagai Semen Merah Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Mortar. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol. 8. No. 2. Hal. 136-141.
- Nusa, Cipta. 2016. Enthalpy Studi Material Isolator Berbahan Dasar Fly Ash, Perlit dan Gypsum. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*. Vol. 1, No.1. Hal: 13-22.
- Picho´r, Waldemar and Agnieszka Janiec. 2009. Thermal stability of expanded perlite modified by mullite. *Ceramics International*. 35 (2009) 527–530.
- Putra, Ardian., dan Pipi Deswita. 2015. Penentuan Resistivitas Listrik Mortar Menggunakan Metode Probe Dua Elektroda. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*. Vol. 4. No. 2. Hal: 62-66.
- Rashad, Alaa M. 2016. A Synopsis About Perlite As Building Material – A Best Practice guide. *Journal of Construction and Building Materials*. Vol. 121 No. 2. Hal: 338–353.

- Rengkeng, Verra Deivy., H. Manalip., R. Pandleke dan W. J. Tamboto. 2013. Pemeriksaan Kuat Tarik Belah & Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar Batu Ape Dari Kepulauan Talaud. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 1. No. 7. Hal: 486-492.
- Rodriguez, J., F. Soria., H. Geronazzo., and H. Destefanis. 2017. Modification and characterization of natural aluminosilicates, expanded perlite, and its application to immobilise amylase from *A. oryzae*. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. No. 7. Vol. 17. Hal: 1-35.
- Sasongko, Endar Budi., Endang Widyastuti dan Rawuh Edy Priyono. 2014. Kajian Kualitas Air Dan Penggunaan Sumur Gali Oleh Masyarakat Di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol. 12. No. 2. Hal: 72-82.
- Setiawan, Danny dan Slamet Widodo. 2013. Efek Variasi Faktor Air Semen Terhadap Kuat Lentur Pasangan Beton Ringan Aerasi (Autoclaved Aerated Concrete) Dengan Menggunakan Thin Bed Mortar. *Jurnal Tugas Akhir*. Hal: 1-4.
- 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.
- SK. SNI T-15-1991-03. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Smallman, R.E., dan Bishop, R.J. 2000. *Metalurgi Fisika Modern dan Rekayasa material*, Edisi Keenam (Terjemahan Djaprie). Erlangga. Jakarta. Hal 221.
- SNI 03-6825-2002. *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-6882-2002. *Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan*. Badan Standardisasi Nasional.
- Susanto, Aep. 2007. *Pengaruh Variasi Penambahan Dalam Komposit Beton-Perlit*. Jurusan Fisika: Universitas Lampung.
- Tambunan., Barwan., Supriyadi., dan Juliansyah. 2016. Desain dan Simulasi Tungku Bakar untuk Pengolahan Pasir Besi menjadi Sponge Iron dengan Teknologi Tunnel Klin. *Jurnal M.P.I*. 10(1): 65-72.
- Tilik, Lina Flaviana dan Ika Sulianti. 2012. Pengaruh Pemasangan Beton Segar Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Pilar Jurusan Teknik Sipil*. Vol. 7. No. 1. Hal: 1-8.
- Tjokrodinuljo, Kardiono. 1996. *Teknologin Beton*. Nafigiri: Yogyakarta.

- Van Vlack, Lawrence H. 1989. Ilmu dan Teknologi Bahan. Erlangga: Jakarta.
- Wirryasa, Ngk Made Anom., I Nyoman Sugita., dan Agus Surya Wedasana. 2008. Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Pembuatan Paving Block. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. Vol. 12. No. 1. Hal: 29-36.
- Zulfia, Anne., Taufik Abimanyu., dan Verina Warga Dalam. 2011. Penambahan Tembaga Pada Komposit PP/C dan Pengaruhnya Pada Sifat Mekanik dan Konduktivitas Listrik Pelat Bipolar Komposit PP/C-Cu. *Jurnal Makara Teknologi*. Vol. 15. No. 2. Hal: 101-106.
- Zulhijah, Dilla., Sri Handani., dan Sri Mulyadi. 2015. Pengaruh Variasi Ukuran Agregat Terhadap Karakteristik Beton Dengan Campuran Abu Sekam Padi. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*. Vol 7. No. 2. Hal: 50-55.