

**ANALISIS VARIASI BAHAN PEREKAT DAN TEKANAN PADA
BATA RINGAN BERBAHAN DASAR PERLIT DAN BASALT**

Skripsi

Oleh

**Prinanti
1517041104**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

ANALISIS VARIASI BAHAN PEREKAT DAN TEKANAN PADA BATA RINGAN BERBAHAN DASAR PERLIT DAN BASALT

Oleh

Prinanti

Penelitian ini telah dilakukan untuk menganalisa pengaruh bahan perekat dan tekanan terhadap sifat fisis bata ringan berbahan dasar perlit dan basalt, mengetahui komposisi paling optimum dari bahan perekat dan tekanan yang digunakan, serta untuk mengetahui senyawa oksida dan struktur fasa perlit sebelum dan setelah terbentuk bata ringan. Dalam penelitian ini, *expanded perlite* digunakan sebagai bahan utama bata ringan; basalt sebagai *filler*; kaolin, semen putih, dan bentonit sebagai bahan perekat. Penambahan basalt dan bahan perekat untuk meningkatkan mutu bata ringan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tekanan tidak mempengaruhi komposisi kimia dan fasa bata ringan namun berpengaruh pada sifat fisisnya. Densitas terendah sebesar 1,353 g/cm³ dimiliki sampel bata ringan dengan perekat semen putih dengan tekanan pencetakan 1 ton. Kuat tekan optimum dan absorpsi minimum dimiliki bata ringan dengan perekat bentonit yaitu sebesar 2,222 MPa dan 2,778% pada tekanan pencetakan 1 ton dan 2 ton. Porositas tertinggi sebesar 52,941% terjadi pada bata ringan dengan perekat semen putih tekanan pencetakan 1 ton. Hasil analisis XRF menunjukkan konsentrasi SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, dan CaO bahan campuran bahan bata ringan cenderung lebih tinggi dibandingkan setelah terbentuk bata ringan. Hasil analisis XRD pada bahan pembentuk bata ringan menunjukkan fasa *anorthite* dan *hematite* adalah fasa yang paling dominan, hanya saja pada XRD untuk produk bata ringan jumlahnya lebih sedikit. Fasa lain yang muncul pada bata ringan yaitu, *cristobalite*, *muscovite*, *ternesite* dan *diopside*.

Kata Kunci : bata ringan, *expanded perlite*, densitas, kuat tekan, porositas, absorpsi.

ABSTRACT

VARIATION ANALYSIS OF ADHESIVE MATERIALS AND PRESSURE ON LIGHTWEIGHT BRICKS MADE OF PERLITE AND BASALT

By

Prinanti

This research was carried out to analyze the effect of adhesive and pressure on the physical properties of lightweight brick made of perlite and basalt, to determine the optimum composition of the adhesive and the used pressure, as well as to determine the oxide compound and the structure of the perlite phase before and after the lightweight brick was formed. In this research, expanded perlite was used as the main material for lightweight bricks; basalt as a filler; kaolin, white cement and bentonite as an adhesive. The addition of basalt and adhesives to improve the quality of lightweight bricks. The results indicate that the pressure does not affect the chemical composition and phase of the lightweight brick but does affect its physical properties. The lowest density of 1.353 g/cm^3 was obtained from a lightweight brick sample with white cement adhesive which was pressured 1 ton. The optimum compressive strength and minimum absorption of lightweight brick with bentonite adhesive are 2.222 MPa and 2.778% respectively at a pressure of 1 ton and 2 tons. The highest porosity of 52.941% occurred in lightweight bricks with a pressure of 1 ton of white cement adhesive. The results of XRF analysis show that the concentration of SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , and CaO in by dough of lightweight bricks tends to be higher than the lightweight bricks. The results of XRD analysis of the rough material show that anorthite and hematite are the most dominant phases, which is fewer than in the lightweight brick products. Other phases that appear in lightweight bricks are cristobalite, muscovite, ternesite and diopside.

Keywords : lightweight brick, expanded perlite, density, compressive strength, porosity, absorption.

**ANALISIS VARIASI BAHAN PEREKAT DAN TEKANAN PADA
BATA RINGAN BERBAHAN DASAR PERLIT DAN BASALT**

Oleh

Prinanti

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **ANALISIS VARIASI BAHAN PEREKAT DAN
TEKANAN PADA BATA RINGAN
BERBAHAN DASAR PERLIT DAN BASALT**

Nama Mahasiswa : **Prinanti**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1517041104

Jurusan : Fisika

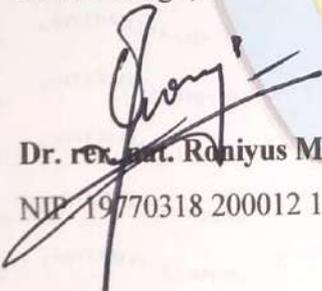
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

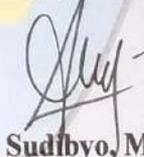
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I,

Pembimbing II,

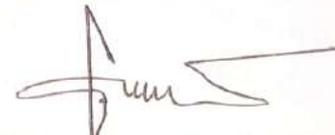

Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si.


Sudlbyo, M.Sc., Ph.D.

NIP. 19770318 200012 1 003

NIP. 19820327 201502 1 002

2. Ketua Jurusan Fisika


Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.

NIP. 19801010 200501 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si.**

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

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Satripto Dwi Yuwono, M.T.

NIP. 19740705 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **29 Juli 2022**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Variasi Bahan Perekat dan Tekanan Pada Bata Ringan Berbahan Dasar Perlit dan Basalt” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang telah diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka pada bagian akhir skripsi ini.

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

Bandar Lampung, 30 Juli 2022



Prinanti
NPM. 1517041104

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Prinanti dilahirkan pada 27 November 1997 di desa Sumber Jaya, Kecamatan Waway Karya, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung sebagai anak kedua dari empat bersaudara pasangan Bapak Poniran dan Ibu Katiyem.

Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat dasar di SD Negeri 2 Sumber Jaya pada tahun 2009. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Waway Karya dan lulus pada tahun 2012. Di tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Tanjung Raya dan lulus pada tahun 2015. Pada tahun 2015, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan mendapatkan bantuan biaya pendidikan BIDIKMISI dari Kemenristekdikti.

Di Jurusan Fisika, penulis memilih kelompok bidang keahlian (KBK) Fisika Material. Selama menjadi mahasiswa S1 Fisika, penulis aktif sebagai pengurus organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) bidang kesekretariatan dan rumah tangga pada tahun 2015-2017, sebagai pengurus organisasi Rohani Islam (Rois) FMIPA bidang kesekretariatan dan rumah tangga pada tahun 2015-2017, sebagai pengurus organisasi Sains dan Teknologi (Saintek) Universitas Lampung

bidang hubungan masyarakat pada tahun 2017, sebagai pengurus organisasi *volunteer Hamada Foundation Lampung* divisi *humanity* pada tahun 2017-2018, sebagai pengurus organisasi Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) FMIPA bidang kelembagaan (Komisi III) pada tahun 2018. Selain itu, penulis juga aktif dalam kepanitiaan organisasi yang diikuti. Penulis melakukan kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di LIPI- Fisika Puspiptek pada awal tahun 2018.

Penulis pernah mengikuti program pengabdian masyarakat melalui desa binaan (Desbin) di desa Suban, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan yang diadakan oleh Himpunan Mahasiswa Fisika pada tahun 2017 dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Bumi Daya, Kecamatan Palas, Kabupaten Lampung Selatan yang diadakan oleh Universitas Lampung pada tahun 2018. Dalam bidang kepenulisan ilmiah, penulis memiliki pengalaman menulis laporan PKL dengan judul “Rekristalisasi Zeolit Alam Tasikmalaya dengan Metode *Ball Mill*” dan menulis Program Kreativitas Mahasiswa (PKM).

Selanjutnya, penulis memilih penelitian bidang non logam sebagai topik skripsi di Universitas Lampung dengan judul “Analisis Variasi Bahan Perekat dan Tekanan Pada Bata Ringan Berbahan Dasar Perlit dan Basalt” dan melakukan penelitian di Laboratorium Non-Logam, Laboratorium Hidrothermal, dan Laboratorium Analisa Badan Penelitian Teknologi Mineral Lembaga Ilmu pengetahuan Indonesia (BPTM-LIPI), Kecamatan Tanjung Bintang Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.

MOTTO

“Janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah” (QS. Az-Zumar: 53)

“Maka, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan” (QS. Al-Insyirah: 5-6)

“Dan milik Allah lah apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi, dan hanya kepada Allah segala urusan dikembalikan” (QS. Ali- Imran: 109)

“Jika pengajaran adalah transfer pengetahuan, maka pendidikan harus menumbuhkan kesadaran” (Najwa Shihab)

“Bila kamu tak tahan penatnya belajar, maka kamu akan menanggung perihnya kebodohan” (Imam Syafi’i)

“Orang-orang sukses itu bukan besar karena ia bergelimang kesenangan, namun ia telah bersimpuh peluh melalui terjalnya perjuangan”
(Dewi Nur Aisyah)

“Jangan pernah berhenti mengejar apa yang kamu impikan, meski yang didamba belum ada di depan mata” (BJ. Habibie)

“Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
Segala puji hanya untuk Allah, Rabb Semesta Alam.”

Kupersembahkan hasil karya sederhana ini seutuhnya kepada :

“Allah Subhanahu Wa Ta’ala”

Allah yang telah mengilhamiku ilmu, mengasihi dan menyayangi serta membimbingku sepanjang hidup.

“Bapak dan Ibu”

Kedua orang tua yang selalu ku rindu. Terima kasih atas segala pengorbanan dan kasih sayang serta doa yang tiada pernah lekang.

“Almarhum Kakek, Nenek, Paman dan Bibi”

Terima kasih karena telah membesarkan dan mendidikku dengan kesabaran dan kasih sayang, memberikan segala upaya dan doa yang selalu mengiringi langkahku.

“Kakak dan Adik-adikku”

Terima kasih atas dukungan, doa dan semangat yang tercurahkan.

“Guru-guru”

Terima kasih karena telah mendidik dan mengajarku dengan kesabaran, memberiku inspirasi hingga aku melangkah sejauh ini.

“Sahabat-sahabatku”

Terima kasih telah menjadi bagian lembaran dalam buku kehidupanku, memberi corak dan warna di setiap halamannya.

“Universitas Lampung”

Almamater Tercinta.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, yang telah memberikan kesehatan, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Variasi Bahan Perekat dan Tekanan Pada Bata Ringan Berbahan Dasar Perlit Dan Basalt**”. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana dan melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis 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. Aamiin.

Bandar Lampung, Juli 2022

Penulis

Prinanti

SANWACANA

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

1. Bapak Dr. rer. nat Roniyus M.arjunus, S.Si., M.Si. sebagai Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan nasehat dalam menyelesaikan skripsi ini dari awal sampai akhir penulisan.
2. Bapak Sudibyo, M.Sc., Ph.D. sebagai Pembimbing II yang senantiasa membimbing dalam melakukan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Muhammad Amin, S.T. yang senantiasa memberikan bimbingan dan nasehat dalam melakukan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D. sebagai Penguji yang telah mengoreksi kekurangan, memberikan kritik dan saran selama penulisan skripsi.
5. Bapak Syafriadi, S.Si., M.Sc. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan nasehat selama perkuliahan.
6. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

8. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Balai Pengolahan Teknologi Mineral BPTM-LIPI Lampung yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian, serta para peneliti, staf dan karyawan yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini.
9. Staf dan karyawan di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
10. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah banyak membekali ilmu bagi penulis selama perkuliahan.
11. Rekan Penelitian yang selalu mendukung dan membantu satu sama lain.
12. Teman-teman seperjuangan, Titin, Aisyah, Lilik, Ami, Desi, Nurul, Adel, Ayunis, Diah, Kiki dan seluruh keluarga Fisika angkatan 2015 yang selama ini memberikan dukungan dan semangat hingga akhir.

Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan karuniaNya kepada kita semua.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	

2.1. Perlit	7
2.1.1. Karakteristik Sifat Fisis Perlit	8
2.1.2. Komposisi Kimia Batuan Perlit.....	9
2.2. <i>Expanded Perlite</i>	9
2.3. Bata Ringan (Hebel).....	10
2.4. Semen Putih.....	13
2.5. Kaolin	13
2.6. Bentonit	14
2.7. Basalt	15
2.8. Karakterisasi dan Pengujian	15
2.8.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	15
2.8.2. <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	17
2.8.3. Kuat Tekan.....	19
2.8.4. Porositas.....	20
2.8.5. Absorpsi	21
2.8.6. Densitas (Massa Jenis).....	21

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	23
3.2.1. Alat Penelitian	23
3.2.2. Bahan Penelitian	23
3.3. Prosedur Penelitian	24
3.3.1. Preparasi Bubuk <i>Expanded Perlite</i>	24
3.3.2. Analisis XRF Bubuk <i>Expanded Perlite</i>	24
3.3.3. Analisis XRD Bubuk <i>Expanded Perlite</i>	25
3.3.4. Preparasi Basalt, Kaolin, Semen Putih dan Bentonit	26
3.3.5. Analisis XRF Bubuk Basalt, Kaolin, Semen Putih dan Bentonit	26
3.3.6. Pembuatan Sampel Bata Ringan.....	27
3.3.7. Karakterisasi	28
3.3.7.1. Analisis XRF Campuran Bahan Bata Ringan Sebelum Dicitak	28
3.3.7.2. Analisis XRD Campuran Bahan Bata Ringan Sebelum Dicitak	29
3.3.7.3. Pengujian Absorpsi, Porositas dan Densitas Bata Ringan	30
3.3.7.4. Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan.....	31
3.3.7.5. Analisis XRF Sampel Bata Ringan.....	32
3.3.7.6. Analisis XRD Sampel Bata Ringan	33
3.4. Diagram Alir	34

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisis <i>Expanded Perlite</i>	37
4.1.1. Hasil Analisis XRF <i>Expanded Perlite</i>	37
4.1.2. Hasil Analisis XRD <i>Expanded Perlite</i>	38
4.2. Hasil Analisis Basalt, Kaolin, Semen Putih dan Bentonit	39
4.2.1. Hasil Analisis XRF Basalt.....	39

4.2.2. Hasil Analisis XRF Bahan Perekat	40
4.3. Hasil Analisis Sampel Bata Ringan	41
4.3.1. Hasil Analisis XRF Campuran Bahan Bata Ringan Sebelum Dicitak	41
4.3.2. Hasil Analisis XRF Bata Ringan.....	43
4.3.3. Hasil Analisis XRD Campuran Bahan Bata Ringan Sebelum Dicitak	47
4.3.4. Hasil Analisis XRD Bata Ringan.....	50
4.3.5. Hasil Pengujian Sifat Fisis Bata Ringan.....	54
4.3.5.1. Hasil Pengujian Densitas.....	54
4.3.5.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	55
4.3.5.3. Hasil Pengujian Porositas.....	57
4.3.5.4. Hasil Pengujian Absorpsi	58

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	62

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Batuan perlit.....	7
2.2. <i>Expanded perlite</i>	10
2.3. Difraksi sinar-X menurut Hukum Bragg.....	16
2.4. Prinsip kerja XRF.....	18
2.5. <i>Compression machine</i>	20
3.1. Diagram alir preparasi bubuk <i>expanded perlite</i>	34
3.2. Diagram alir preparasi basalt dan bahan perekat	35
3.3. Diagram alir proses pembuatan bata ringan	36
4.1. Pola difraktogram XRD bubuk <i>expanded perlite</i>	38
4.2. Grafik konsentrasi senyawa oksida pada campuran bahan bata ringan sebelum dicetak	42
4.3. Grafik konsentrasi rata-rata senyawa oksida pada bata ringan.....	46
4.4. Pola difraktogram XRD sampel campuran bahan bata ringan	48
4.5. Pola difraktogram XRD sampel bata ringan	51
4.6. Grafik hasil pengujian densitas bata ringan	54
4.7. Grafik hasil pengujian kuat tekan bata ringan	56
4.8. Grafik hasil pengujian porositas bata ringan	57
4.9. Grafik hasil pengujian absorpsi bata ringan	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Komposisi mineral perlit.....	9
2.2. Hasil analisis bata ringan pada penelitian sebelumnya.	11
3.1. Variasi komposisi bahan campuran sampel bata ringan.	27
4.1. Hasil analisis XRF <i>expanded perlite</i>	37
4.2. Hasil analisis XRF basalt	38
4.3. Hasil analisis XRF bahan perekat	40
4.4. Hasil analisis XRF campuran bahan bata ringan sebelum dicetak	42
4.5. Hasil analisis XRF sampel bata ringan tanpa perekat	43
4.6. Hasil analisis XRF sampel bata ringan dengan perekat kaolin	44
4.7. Hasil analisis XRF sampel bata ringan dengan perekat semen putih	44
4.8. Hasil analisis XRF sampel bata ringan dengan perekat bentonit	45
4.9. Fasa-fasa pada sampel campuran bahan bata ringan sebelum dicetak	48
4.10. Fasa-fasa pada sampel bata ringan	52

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan di bidang teknologi konstruksi bangunan turut mendorong perkembangan pada bidang fisika material untuk berkontribusi menemukan material baru yang berbasis bahan alam. Dinding merupakan salah satu bagian fundamental dari suatu konstruksi bangunan. Material yang digunakan dalam pembuatan dinding dari tahun ke tahun juga mengalami kemajuan, seperti pada bata. Sebelumnya pada konstruksi bangunan digunakan bata konvensional berwarna merah yang terbuat dari tanah liat. Namun, seiring dengan perkembangan zaman, penggunaan bata konvensional mengalami perubahan dengan adanya produk bata baru yaitu bata ringan (*lightweight brick*). Bata ringan sebagai konstruksi dinding memiliki nilai yang lebih ekonomis dibandingkan dengan bata konvensional. Hal ini dikarenakan densitasnya yang rendah dapat memberikan pengurangan beban pada bangunan yang dibuat, mempercepat proses pelaksanaan pembangunan, meminimalisir terjadinya sisa pemakaian material yang digunakan selama proses pembangunan. Sehingga biaya yang dikeluarkan dalam proses pembangunan suatu bangunan menjadi lebih murah (Memon *et al.*, 2006; Susanto *et al.*, 2014).

Densitas (berat jenis) yang ringan pada bata ringan juga sangat cocok digunakan di Indonesia yang memiliki tingkat kegempaan tinggi karena akan mengurangi

beban mati bangunan (Pamungkas, 2017). Beban mati bangunan merupakan berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk dinding dan segala beban tambahan, *finishing*, mesin-mesin serta peralatan tetap yang menjadi bagian tak terpisahkan dari gedung tersebut (SNI-1726-2002; SNI 03-2847-2002).

Indonesia dengan sumber daya alam yang melimpah memiliki material mentah untuk manufaktur bata ringan (Kifli *et al.*, 2017). Selain itu, Indonesia merupakan daerah vulkanik yang kaya akan bahan galian industri seperti batuan gelas vulkanik berupa perlit. Jumlah cadangan batuan perlit di Indonesia cukup banyak, yaitu 72 juta Ton dengan indeks pemuaiannya 120-160 kali (Amin, 2013). Perlit (*perlite*) merupakan *volcanic glass* amorf yang memiliki kadar air relatif tinggi (2-5%) dan biasanya terbentuk dari hidrasi obsidian (Mladenovic *et al.*, 2004). *Volcanic glass* pada umumnya terbentuk dari letusan gunung berapi yang membeku dengan cepat akibatnya terbentuk kristal secara sempurna dan tidak ada kesempatan air keluar dari material tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian, batuan perlit mengandung senyawa kimia berupa 68,97% SiO₂, 13,06% Al₂O₃, 9,68% LOI, 4,10% K₂O, 2,51% Na₂O, 0,86% TiO₂, 0,12% Fe₂O₃, 0,12% MnO (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 biasanya berwarna abu-abu, kehijauan sampai kehitaman. Apabila terjadi pemanasan dengan suhu antara 760-1.100°C, kandungan air di dalam perlit berubah menjadi tekanan uap yang menyebabkan perlit mengembang 4-20 kali

volume semula atau disebut *expanded perlite*. *Expanded perlite* memiliki densitas rendah dan porositas tinggi (Nusa, 2016; Allameh-Haeryet *al.*, 2017). Melihat dari segi komposisi senyawa yang terdapat dalam batuan perlit dan kegunaannya dalam konstruksi bangunan, pada penelitian ini dilakukan pembuatan bata ringan dengan memanfaatkan perlit sebagai bahan dasar.

Bata ringan dinilai sangat penting mengingat perannya dalam konstruksi suatu bangunan. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pembuatan bata ringan berbahan perlit (*expanded perlite*) dan bahan campuran berupa bentonit sebanyak 5% yang berfungsi sebagai perekat dan air. Kemudian pada saat pencetakan ditekan dengan kekuatan 5 ton. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa bata ringan yang terbuat dari *expanded perlite* cukup ringan terlihat dari berat jenisnya tidak berbeda jauh dengan yang ada di pasaran, yaitu sebesar $0,75 \text{ g/cm}^3$ sedangkan yang ada di pasaran adalah $0,79\text{-}0,84 \text{ g/cm}^3$. Tingkat porositasnya sebesar 34,43%, nilai porositas tersebut lebih besar dibandingkan bata ringan yang ada di pasaran, yaitu 19,57-26,45%. Namun, dari hasil kuat tekan bata ringan tersebut lebih rendah dibandingkan dengan yang ada di pasaran, yaitu $41,64 \text{ kg/cm}^3$ sedangkan yang ada di pasaran sebesar $42,49 - 51,20 \text{ kg/cm}^2$. Bata ringan ini akan menyusut ketika dibakar pada suhu 800°C (Amin, 2013). Kemudian, penelitian lain menyatakan bahwa penggunaan perlit dapat meningkatkan nilai kuat tekan dari produk bata beton ringan. Nilai optimal dicapai untuk penambahan perlit hingga 12% dari bobot semen (Suardjo dan Basuki, 2009).

Bahan lain yang dapat digunakan sebagai perekat pada pembuatan bata ringan adalah kaolin dan semen putih. Kaolin atau Cina *clay* merupakan salah satu jenis lempung yang dalam keadaan kering berwarna putih. Kaolin memiliki komposisi

kimia mendekati rumus mineral kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sehingga banyak digunakan sebagai bahan pengikat, *filler*, dan bahan pelapis kertas (Jamo dan Abdu, 2014). Semen putih merupakan salah satu dari jenis semen portland yang memiliki kandungan silikon dioksida (SiO_2) yang biasa digunakan sebagai perekat. Semen ini umumnya berfungsi untuk merekatkan butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat, walaupun semen hanya mengisi kira-kira 10%-30% dari volume benda. Kelebihan semen putih dibanding semen portland jenis lainnya adalah semen putih lebih cepat mengeras karena lebih banyak mengandung silikon dioksida (Satyarno, 2004).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dilakukan penelitian tentang analisis variasi bahan perekat dan tekanan pada bata ringan berbahan dasar perlit dan basalt. Menganalisis dengan melakukan pengujian kuat tekan, porositas, berat jenis dan absorpsi pada sampel bata ringan serta mengkarakterisasi sampel menggunakan peralatan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF).

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh bahan perekat dan tekanan terhadap sifat fisis bata ringan berbahan dasar perlit ditinjau dari uji fisis berupa densitas, kuat tekan, porositas, dan absorpsi?
2. Bagaimana analisis komposisi bahan penyusun dan tekanan paling optimum pada pembuatan bata ringan berbahan dasar perlit?

3. Bagaimana karakteristik kandungan senyawa oksida dan struktur fasa perlit sebelum dan setelah terbentuk produk bata ringan?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Ukuran partikel perlit yang digunakan adalah mesh 40.
2. Ukuran partikel perlit *expanded* yang digunakan adalah mesh no. 200.
3. Bata ringan tanpa menggunakan pasir.
4. Bahan pengisi (*filler*) berupa basalt dengan ukuran partikel mesh no. 270.
5. Bata ringan dicetak dengan variasi penekanan 1 ton, 2 ton, dan 3 ton.
6. Perekat yang digunakan berupa bentonit 5%, kaolin 5% dan semen putih 5%.
7. Suhu pemanasan yang digunakan adalah 1.100°C.
8. Pengujian sampel bata ringan yang akan dilakukan meliputi uji densitas, kuat tekan, porositas, absorpsi, XRF dan XRD.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh bahan perekat dan tekanan terhadap sifat fisis bata ringan berbahan dasar perlit ditinjau dari uji fisis berupa berat jenis, kuat tekan, porositas dan absorpsi.
2. Menganalisis komposisi bahan penyusun dan tekanan yang paling optimum sesuai dengan variasi yang telah ditentukan pada bata ringan.
3. Mengetahui karakteristik kandungan senyawa oksida dan struktur fasa perlit sebelum dan setelah terbentuk produk bata ringan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Mampu mengoptimalkan mineral perlit menjadi yang lebih bernilai ekonomis.
2. Memberi informasi mengenai mineral perlit yang dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan bata ringan.
3. Sumber literatur mengenai perlit yang dapat dijadikan penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perlit

Perlit (*perlite*) merupakan salah satu jenis gelas vulkanik (*volcanic glass*) yang mengembang dan berpori ketika dipanaskan dan dapat juga didefinisikan sebagai batuan gelas silikat yang mengandung sekitar 70% SiO₂ dan jika dipanaskan pada suhu tertentu bisa mengembang 4 hingga 20 kali volume semula (Ismayanto dan Agustinus, 2007). *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 2.1.



Gambar 2.1. Batuan perlit (Amin, 2013).

Batuan ini berwarna abu-abu kehijauan atau abu-abu kehitaman. Ketika dipanaskan warnanya akan berubah menjadi abu-abu cerah atau putih (Sari dkk.,

2011). Gambar 2.1 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 760-1.100°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).

2.1.1. Karakteristik Sifat Fisis Perlit

Pada umumnya, perlit memiliki karakteristik yang berbeda-beda disetiap daerah penemuan perlit. Perbedaan tersebut disebabkan jumlah air yang terikat dan sejarah erupsinya. Namun, karakteristik perlit secara umum adalah ringan dan tahan api. Oleh karena itu, perlit dapat digunakan sebagai paduan agregat dalam pembentukan panel beton ringan (Sari dkk., 2011). 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 baku 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).

2.1.2. Komposisi Kimia Batuan Perlit

Batuan perlit memiliki beberapa komposisi kimia seperti yang disajikan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1. Komposisi mineral perlit (Amin, 2013).

No.	Senyawa	Presentase (%)
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

Kandungan silika yang cukup tinggi akan menambah daya ikat pasta semen dalam beton (hasil reaksi hidrasi semen) sehingga dapat memberikan nilai kuat tekan pada produk (Suhardjo dan Basuki, 2009).

2.2. *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 (Celik *et al.*, 2016). Perlit disebut obsidian ditandai dengan *spherulites* yang memberikan penampakan jenis batuan seperti mutiara bila dilihat dengan mikroskop (Rodriguez *et al.*, 2017). Obsidian memiliki sejumlah elemen dengan konsentrasi lebih rendah dari perlit yaitu <0,1% yang disebut *trace element*

(Bulut, 2013). Perlit yang volumenya telah mengembang (*expanded perlite*) telah digunakan sebagai isolasi panas (*thermal insulation*) untuk pipa dan peralatan pabrik lainnya yang beroperasi dalam kondisi suhu tinggi (Suhardjo dan Basuki, 2009).



Gambar 2.2. *Expanded perlite* (Amin, 2013).

2.3. Bata Ringan (Hebel)

Bata ringan adalah material yang menyerupai beton dan memiliki sifat kuat, tahan air dan api, awet (*durable*). Bata ini cukup ringan, halus, dan memiliki tingkat kerataan yang baik. Bata ringan ini diciptakan agar dapat memperingan beban struktur dari sebuah bangunan konstruksi, mempercepat pelaksanaan, serta meminimalisasi sisa material yang terjadi pada saat proses pemasangan dinding berlangsung. Pada dasarnya pembuatan beton ringan dilakukan dengan cara menyertakan udara dalam komposisinya, dengan cara *No-Fines Concrete*, *Lightweight Aggregate Concrete* dan *Aerated Concrete* (Kristanti dan Tansajaya, 2008). Bata ringan pertama kali dikembangkan di Swedia pada tahun 1923 sebagai alternatif material bangunan. Pada tahun 1943 bata ringan dikembangkan lagi oleh Joseph Hebel di Jerman. Di Indonesia bata ringan dikenal pada tahun 1995 saat didirikan PT Hebel Indonesia di Karawang Timur, Jawa Barat (Wijayanti, 2012). Ada 2 jenis bata ringan yang sering digunakan pada dinding

bangunan, yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Kedua jenis bata ringan ini terbuat dari bahan dasar semen, pasir dan kapur, yang berbeda adalah cara pembuatannya. Bata ringan AAC adalah beton selular dimana gelembung udara yang ada disebabkan oleh reaksi kimia, yaitu ketika bubuk aluminium atau aluminium pasta mengembang seperti pada proses pembuatan roti saat penambahan ragi untuk mengembangkan adonan (Lee, Abe. (2005). Sedangkan bata ringan CLC adalah beton selular yang mengalami proses *curing* secara alami, CLC adalah beton konvensional yang mana agregat kasar (kerikil) digantikan oleh udara, dalam prosesnya menggunakan busa organik yang sangat stabil dan tidak ada reaksi kimia ketika proses pencampuran adonan. *Foam*/busa berfungsi sebagai media untuk membungkus udara (Kristanti dan Tansajaya, 2008).

Tabel 2.2. Hasil analisis bata ringan pada penelitian sebelumnya.

No.	Peneliti	Komposisi Bahan	Kesimpulan
1	Atila Gurhan Celik, Tolga Depci, dan Ahmet Mahmut Kilic (2014).	Penambahan colematite 5%, 10%, 15%, 20% dari berat bahan, 5% CMC (<i>carboxy methyl cellulose</i>), 2% debu batubara dan air pada bata ringan berbahan <i>expanded perlite</i> .	Penambahan colemanite 10% kuat tekan meningkat. Kuat tekan maksimum sebesar 3 N/mm ² , penambahan colemanite 5% memiliki densitas terendah sebesar 533 kg/m ³ , porositas 26% dan absorpsi 48%.
2	Kung-Yuh Chianga, Ping-Huai Choua Ching-Rou Huaa Kuang-Li Chiena, Chris Cheeseman (2009).	Penambahan 10%, 15%, 20% sekam padi pada bata ringan dengan campuran lumpur pengolahan air kering.	Penamabahan sekam padi menurunkan densitas seirirng dengan penurunan suhu. Penambahan 15% sekam padi menjadikan densitas lebih rendah dari 1,8 g/cm ³ dan kuat tekan 540 kg/cm ² .

(Lanjutan Tabel 2.2)

No	Peneliti	Komposisi Bahan	Kesimpulan
3	Novi Suryani dan Munasir (2015)	Penambahan <i>foam agent</i> 40% Wt pada bata ringan dengan campuran <i>fly ash</i> dan tanpa <i>fly ash</i> .	Penambahan <i>fly ash</i> menurunkan densitas bata ringan. Densitas bata ringan tanpa <i>fly ash</i> sebesar 1,851 kg/m ³ , absorpsi 24,27%, kuat tekan 15,42 MPa. Sedangkan bata ringan dengan campuran <i>fly ash</i> menghasilkan densitas sebesar 472 kg/m ³ , 22%, kuat tekan 9,79 MPa, banyak pori-pori pada permukaan dalam maupun luar yang berakibat air mudah merembes dan rapuh.
4	Febrianto (2016)	Penambahan <i>silica fume</i> sebesar 20%, 30%, 40% dan 50% pada campuran <i>porous concrete block</i> .	Penambahan <i>silica fume</i> meningkatkan nilai porositas beton untuk masing-masing komposisi campuran sebesar 0,31%, 0,32%, 0,36% dan 0,37%. Nilai kuat tekan maksimum dihasilkan 14,04 MPa pada komposisi 20% <i>silica fume</i> .
5	Hamsyah dan Jumardi, S (2020)	Penambahan serbuk bentonit 10%, 25% dan 50% pada campuran beton.	Penambahan serbuk bentonit meningkatkan nilai kuat tekan beton. Nilai kuat tekan tertinggi rata-rata 22,175 MPa pada komposisi 10% serbuk bentonit. Kadar penambahan serbuk bentonit 25% dan 50% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 16,301 Mpa dan 9,979 MPa.

2.4. Semen Putih

Semen portland putih adalah semen hidrolis yang berwarna putih dan dihasilkan dengan cara menggiling tarak (klinker) semen portland putih yang terutama terdiri atas kalsium silikat yang digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Semen portland putih dapat digunakan untuk semua tujuan di dalam pembuatan adukan semen yang tidak memerlukan persyaratan khusus, kecuali warna putihnya (SNI 15-0129-2004). Semen portland putih atau *White Portland Cement* (WPC) merupakan jenis semen bermutu tinggi. Semen ini dibuat dari bahan-bahan baku pilihan yang memiliki kandungan senyawa besi oksida dan magnesium oksida rendah (bahan-bahan tersebut menyebabkan semen berwarna abu-abu). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) semen portland putih memiliki derajat warna putih harus mencapai angka minimal 90% jika menggunakan alat Hunter Lab dan minimal 80% jika ditentukan menggunakan alat Kett Meter. Semen portland putih dihasilkan dari klinker semen yang banyak mengandung trikalsium aluminat (C_3A), trikalsium silikat (C_3S) dan sedikit tetrakalsium aluminoferrite (CA_4F) maksimal 0,4 % berat (SNI 15-0129-2004). Warna putih dihasilkan dari senyawa kapur $CaCO_3$, sedangkan warna abu-hijau berasal dari senyawa besi (Fe_2O_3) dan mangan (Mn_2O_3), magnesium (MgO) dan kromium (Cr_2O_3). Derajat warna putih semen (*whiteness*) pada produk semen portland putih yang beredar di pasaran umumnya memiliki rentang nilai sebesar 80-84 % (Akbar, 2010).

2.5. Kaolin

Kaolin adalah material putih halus yang memiliki banyak kegunaan. Nama kaolin berasal dari bukit di Cina (Kao-ling) yang ditambang selama berabad-abad (Rytwo, 2008; Wallenfeldt, 2013). Dalam keadaan alami kaolin merupakan bubuk putih lembut terutama terdiri dari mineral kaolinit, yang di bawah mikroskop elektron terlihat heksagonal, kristal lempengan mulai dari ukuran sekitar 0,1 mikrometer hingga 10 mikrometer atau bahkan lebih besar (Aleanizy *et al*, 2014). Kaolin yang ditemukan di alam biasanya mengandung berbagai jumlah mineral lain seperti muskovit, kuarsa, feldspar, dan anatase (Richerson, 2005). Komposisi kimia kaolin mendekati rumus mineral kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Kaolin adalah tanah liat yang sangat tahan api dan memiliki titik leleh di atas 1.800°C . Pada praktiknya, biasanya kaolin ditambahkan bahan lainnya untuk meningkatkan kemampuan kerja dan menurunkan suhu guna menghasilkan produk yang keras dan padat. Hal ini dikarenakan kaolin kurang plastis dibandingkan dengan kebanyakan lempung sedimen (Jamo dan Abdu, 2014).

2.6. Bentonit

Bentonit merupakan salah satu jenis lempung yang mempunyai kandungan utama mineral *smectit* (*monmorillonite*) dengan kadar 85-95%, bersifat plastis dan koloidal tinggi. Sifat khas dari mineral ini adalah mempunyai kemampuan mengembang serta kemampuan untuk diinterkalasi dengan senyawa organik membentuk material komposit organik-anorganik. Selain itu, memiliki kapasitas tukar kation yang tinggi sehingga ruang antar lapis monmorillonit mampu mengakomodasi kation dalam jumlah besar (Lubis, 2007). Karena kemampuannya

tersebut penggunaan bentonit hingga saat ini semakin luas dan beragam. Istilah bentonit secara umum digunakan untuk sejenis lempung yang bersifat plastis, koloidal, dan *swelling*. Menurut *L. D. Wesley* (2012), bentonit dapat terbentuk dari proses vulkanis hasil pelapukan, *hydrothermal*, *transformasi*, dan sedimentasi (Jembise, 2014).

2.7. Basalt

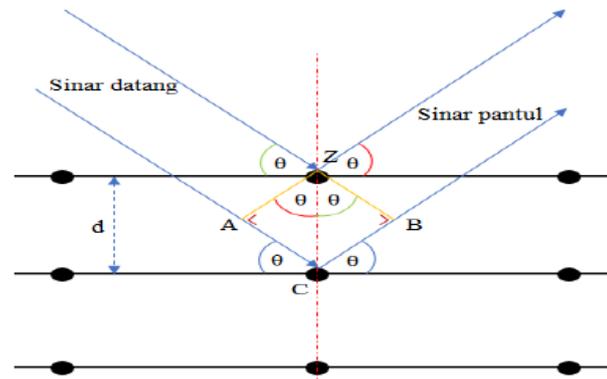
Basalt adalah batuan beku dengan kandungan kuarsa di bawah 20% dan feldspathoid di bawah 10% dari volume serta kandungan feldspar yang hadir sebagai plagioklas tidak kurang dari 65%. Basalt memiliki sifat *pozzolanic* besar dan memberikan kualitas yang lebih tinggi ketika dicampur dengan semen dan umumnya digunakan sebagai bagian dari pengembangan kekuatan (*Asadi et al.*, 2017). Komposisi kimia batuan basalt didominasi oleh oksida silika dan alumina serta kalsium dan besi oksida. Sedangkan komposisi mineraloginya didominasi oleh plagioklas, piroksen dan amfibol (*Dobiszewska and Beycioglu*, 2017).

2.8. Karakterisasi dan Pengujian

2.8.1. X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) adalah alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat. Suatu tabung Sinar-X harus mempunyai suatu sumber elektron, tegangan tinggi, dan logam sasaran. Selanjutnya elektron-elektron yang ditumbukkan ini mengalami pengurangan kecepatan dengan cepat dan energinya diubah menjadi foton (*Nopianingsih*, 2015).

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).



Gambar 2.3. Difraksi Sinar-X menurut Hukum Bragg (Beiser, 1995).

Suatu berkas sinar X dengan panjang gelombang λ jatuh pada kristal dengan sudut θ terhadap permukaan bidang kristal yang jaraknya adalah d . Seberkas sinar pertama (*I*) yang mengenai atom A pada bidang pertama dan sinar kedua (*II*) yang mengenai atom B pada bidang berikutnya mengakibatkan masing-masing atom menghambur ke segala arah (acak). Interferensi konstruktif hanya terjadi antara sinar terhambur sejajar dan beda jarak jalannya tepat λ , 2λ , 3λ dan seterusnya. Jadi beda jarak harus $n\lambda$, dengan n adalah bilangan bulat. Kondisi ini dirumuskan oleh Bragg dalam persamaan yang dikenal sebagai Hukum Bragg.

Adapun Hukum Bragg sebagaimana ditunjukkan oleh Persamaan 2.1.

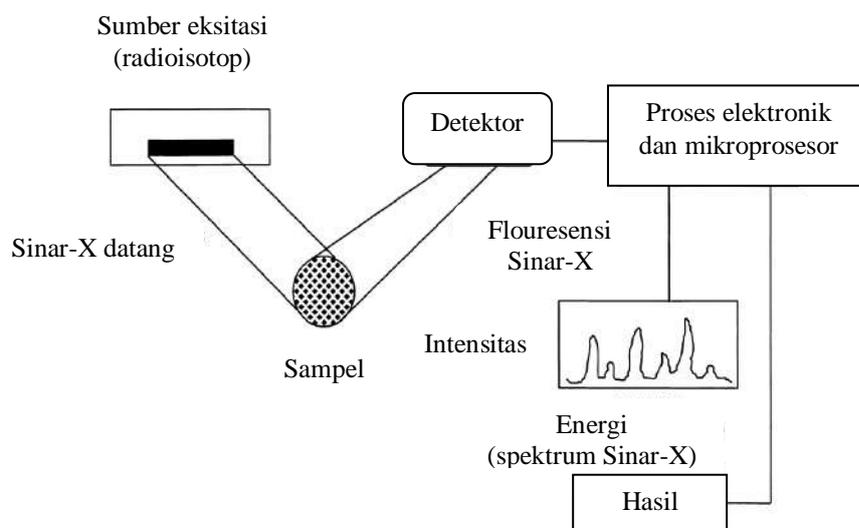
$$n\lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.1)$$

dengan d adalah beda lintasan hamburan antara atom pertama dan kedua (m), θ adalah sudut hamburan ($^{\circ}$), n adalah orde bilangan bulat ($n = 1, 2, 3, \dots$), dan λ adalah panjang gelombang (m). Berdasarkan persamaan Bragg, jika seberkas sinar dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang itu akan membiaskan Sinar-X yang panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, makin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya (Wardani, 2010).

2.8.2. X-Ray Fluorescence (XRF)

X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam suatu sampel. 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). 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 kedetektor (Tambunan dkk, 2016).

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan Sinar-X karakteristik yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena sinar berenergi tinggi (radiasi gamma, Sinar-X). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi daripada energi ikat elektron dalam orbit K, L atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan mengalami kekosongan elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar diikuti pelepasan energi yang berupa Sinar-X (Jamaludin dan Adiantoro, 2012). 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 menyediakan garis spektral yang masing-masing. Sebagai contoh, transisi dari kulit L dan M ke kulit K menyediakan garis spektral yang masing-masing disebut $K\alpha$ dan $K\beta$. Adapun prinsip kerja XRF ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Prinsip kerja XRF (Kalnicky and Singhvi, 2001).

Pada gambar di atas, apabila sumber eksitasi (tabung sinar-X, radioisotop, dll.) 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 untuk mendeteksi atau menganalisis sinar-X karakteristik yang dilepaskan oleh sampel (Kalnicky and Singhvi, 2001).

2.8.3. Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani gaya tekan tertentu (Zulhijah dkk., 2015). Pada mesin uji kuat tekan benda yang akan diuji diletakkan dan diberikan beban sampai benda pecah, yaitu pada saat beban maksimum bekerja. Untuk menghitung besarnya kuat tekan digunakan persamaan matematis seperti yang ditunjukkan oleh persamaan 2.2.

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

dengan f_c = kuat tekan mortar (N/mm^2), P gaya tekan maksimum (N) dan A luas penampang benda uji (mm^2) (Hunggurami, 2014). Pengujian kuat tekan menggunakan alat *Compression Machine*, sebagaimana yang disajikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. *Compression machine* (Hendik dan Teguh, 2018).

2.8.4. Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah volume lubang-lubang kosong yang dimiliki oleh zat padat (volume kosong) dengan jumlah dari volume zat padat yang ditempati oleh zat padat (Vlack, 1989). Pori-pori benda uji biasanya berisi udara atau air yang saling berhubungan dan dinamakan kapiler (Nugroho, 2010).

Pengukuran porositas merupakan persentase perbandingan volume kosong (rongga) dengan volume benda padatnya. Ada dua jenis porositas, yakni porositas terbuka dan porositas tertutup. Pada porositas tertutup, rongga di dalam suatu benda tidak dapat ditembus oleh air, sehingga pengukuran porositas tertutup sulit dilakukan. Sedangkan porositas terbuka, mempunyai akses dengan permukaan luar meskipun rongga berada di tengah-tengah benda (Sari dkk, 2011). Sehingga yang dihitung adalah porositas terbuka, persamaannya 2.3.

$$\emptyset (\%) = \frac{m_b - m_a}{m_b - m_c} \times 100\% \quad (2.3)$$

dengan \emptyset adalah porositas, m_b adalah massa jenuh setelah direndam 24 jam (g), m_a adalah massa awal sampel setelah dikeringkan (g), m_c merupakan massa sampel yang digantung di dalam air (g).

2.8.5. Absorpsi

Penyerapan air (absorpsi) adalah perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat kering bata dan dinyatakan dalam persen (Hunggurami, 2015). Besar kecilnya nilai absorpsi ini akan mempengaruhi nilai kuat tekan benda uji. Semakin banyak atau besar pori dalam benda uji akan membuat benda uji menyerap air semakin banyak sehingga akan mengakibatkan berkurangnya ketahanan atau kekuatan pada benda uji tersebut. Salah satu penyebab dari banyaknya pori adalah pemadatan yang kurang baik atau jenis material pencampur yang digunakan. Selain itu, tidak tepatnya komposisi material penyusun dapat membuat benda uji memiliki rongga udara (Jacky dkk., 2018). Perhitungan untuk memperoleh nilai absorpsi air ditunjukkan oleh persamaan 2.4.

$$\text{Serapan air (\%)} = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \quad (2.4)$$

dengan m_b adalah massa basah benda uji (g) dan m_k adalah massa kering benda uji (g) (Suryani dan Munasir, 2015).

2.8.6. Densitas (Massa Jenis)

Densitas adalah perhitungan massa dari suatu volume bahan pada suatu suhu terhadap massa air dengan volume yang sama pada suhu tersebut (Laoli dkk., 2013). Densitas didefinisikan sebagai kepadatan suatu zat yang dirumuskan secara matematika berupa perbandingan massa dengan volumenya. Namun, jika pengukuran volume benda sulit dilakukan karena bentuk benda tidak teratur, pengukuran dapat pula menggunakan prinsip Archimedes, sebagaimana ditunjukkan oleh persamaan 2.5.

$$\rho = \frac{m_a}{m_b - m_c} \times \rho_{H_2O} \quad (2.5)$$

dengan ρ adalah densitas (g/cm^3), m_a adalah massa kering sampel (g), m_b massa jenuh setelah direndam selama 24 jam (g), m_c adalah massa basah sampel yang digantung di dalam air setelah sebelumnya direndam di dalam air (g), massa jenis air ($\rho_{\text{H}_2\text{O}}$) adalah $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ (Standards ASTM, 2016).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Oktober 2021 sampai Desember 2021 di Laboratorium Analisis Kimia dan Laboratorium Non-Logam, Balai Penelitian Teknologi Mineral-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Tanjung Bintang, Lampung Selatan.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *ball mill*, neraca digital, *furnace*, *jaw crusher*, *shaker mill*, mesin press hidrolik, ayakan mesh no. 40, ayakan mesh no. 200, ayakan mesh no. 270, cetakan silinder berdiameter 2,2 cm dan tinggi 7 cm, mistar, jangka sorong, mortar besi, *mixer*, spatula, nampan, sarung tangan, gelas *beaker* 100 ml, gelas aqua, mesin uji kuat tekan, XRF PANalitycal dan XRD PANalitycal X'Pert³ Powder.

3.2.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah perlit, basalt, perekat berupa kaolin, semen putih dan bentonit serta air.

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur kerja pada penelitian ini adalah:

3.3.1. Preparasi Bubuk *Expanded Perlite*

Preparasi bubuk *expanded perlite* diawali dengan bongkahan perlit (*perlite*) digiling menggunakan *jaw crusher* selama 4 jam. Selanjutnya, perlit yang telah digiling, diayak menggunakan ayakan mesh no. 40, lalu perlit hasil ayakan dipanaskan menggunakan *muffle furnace* dengan suhu 1.100°C selama 4 jam sehingga terbentuk *expanded perlite*. *Expanded perlite* dikeluarkan dari *furnace* dan dibiarkan hingga dingin. Kemudian, *expanded perlite* digiling menggunakan *ball mill* selama 6 jam. Selanjutnya, bubuk *expanded perlite* hasil *ball mill* diayak dengan ayakan mesh no. 200. Hasil ayakan *expanded perlite* mesh no. 200 siap digunakan sebagai bahan pembuatan bata ringan (Amin, 2013).

3.3.2. Analisis XRF Bubuk *Expanded Perlite*

Langkah-langkah pengujian bubuk *expanded perlite* dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF) adalah:

- a. Bubuk *expanded perlite* lolos mesh no.270 disiapkan.
- b. Sampel dimasukkan ke dalam *tube* sampel sebanyak $\pm 1/3$ ketinggian *tube* sampel. Sampel dipress hingga permukaan rata.
- c. XRF dan UPS dinyalakan kemudian tekan *power*. Tunggu hingga beberapa saat baru kemudian kunci diputar kearah *on*.
- d. Kunci alat XRF diputar searah jarum jam sebesar 90°C.
- e. *Tube* sampel dimasukkan ke dalam tempat sampel pada alat.
- f. Penutup XRF ditutup.

- g. Program Epsilon^{3XLE} dalam komputer dijalankan.
- h. Menu “*measure*” → “*measure omnian*” → “*omnian*” → “*open*” dipilih dan diklik.
- i. “*Enter your sample identification*” diklik kemudian isi nama sampel.
- j. Pengukuran sampel dimulai. Setelah pengukuran sampel selesai spektrogram yang didapat di analisa.
- k. Tombol “*power*” pada XRF dan UPS ditekan (Ario, 2018).

3.3.3. Analisis XRD Bubuk *Expanded Perlite*

Langkah-langkah pengujian bubuk *expanded perlite* dengan X-Ray Diffraction (XRD) adalah:

- a. Sampel bubuk *expanded perlite* lolos mesh no. 200 disiapkan.
- b. Sampel diletakkan pada tempat sampel (*sample holder*) kemudian diratakan menggunakan kaca.
- c. Sampel dimasukkan ke dalam difraktometer untuk kemudian dilakukan penembakan dengan sinar-X.
- d. Pengujian difraksi dimulai (menekan tombol “*start*” pada menu di komputer) dan Sinar-X akan meradiasi sampel yang terpancar dari target Cu dengan panjang gelombang 1,5406 Å.
- e. Setelah pengukuran selesai maka akan diperoleh data hasil difraksi dalam bentuk *soft data* yang dapat disimpan dalam bentuk *xrdml*.
- f. Selanjutnya data yang diperoleh akan diolah menggunakan *software High Score Plus v.3.0.5* untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari sampel (Ario, 2018).

3.3.4. Preparasi Bubuk Basalt, Kaolin, Semen Putih dan Bentonit

Bubuk basalt, kaolin, semen putih dan bentonit diayak dengan ayakan mesh no. 270 secara terpisah. Hasil ayakan bubuk basalt, kaolin, semen putih dan bentonit siap digunakan sebagai bahan perekat pada pembuatan bata ringan.

3.3.5. Analisis XRF Bubuk Basalt, Kaolin, Semen Putih dan Bentonit

Langkah-langkah pengujian bubuk basalt, kaolin, semen putih dan bentonit dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF) adalah:

- a. Bubuk basalt, kaolin, semen putih dan bentonit lolos mesh no.270 disiapkan secara terpisah.
- b. Sampel dimasukkan ke dalam *tube* sampel sebanyak $\pm 1/3$ ketinggian *tube* sampel. Sampel dipress hingga permukaan rata.
- c. XRF dan UPS dinyalakan kemudian tekan *power*. Tunggu hingga beberapa saat baru kemudian kunci diputar kearah *on*.
- d. Kunci alat XRF diputar searah jarum jam sebesar 90°C.
- e. *Tube* sampel dimasukkan ke dalam tempat sampel pada alat.
- f. Penutup XRF ditutup.
- g. Program Epsilon^{3XLE} dalam komputer dijalankan.
- h. Menu “*measure*” → “*measure omnian*” → “*omnian*” → “*open*” dipilih dan diklik.
- i. “*Enter your sample identification*” diklik kemudian isi nama sampel.
- j. Pengukuran sampel dimulai. Setelah pengukuran sampel selesai spektrogram yang didapat di analisa.
- k. Tombol “*power*” pada XRF dan UPS ditekan (Ario, 2018).

3.3.6. Pembuatan Sampel Bata Ringan

Langkah-langkah dalam pembuatan benda uji bata ringan adalah sebagai berikut:

- a. Komposisi campuran bahan ditimbang dengan variasi perekat masing-masing 5% dari massa bubuk *expanded perlite* seperti Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variasi komposisi bahan campuran sampel bata ringan.

Kode Sampel	Variasi Sampel	Massa Bahan Perekat (g)	Massa <i>Expanded Perlite</i> (g)	Massa Basalt (g)	Air (ml)	Jumlah Sampel Tekanan (Ton)		
						1	2	3
A	Tanpa Perekat	0	450	50	100	3	3	3
B	Perekat Kaolin	25	425	50	100	3	3	3
C	Perekat Semen Putih	25	425	50	100	3	3	3
D	Perekat Bentonit	25	425	50	100	3	3	3

- b. Semua bahan pada masing-masing komposisi campuran dimasukkan ke dalam wadah *mixer* dengan perbandingan persentase *expanded perlite* : basalt : perekat adalah 85% : 10% : 5% untuk adonan dengan bahan perekat dan 90% : 10% untuk adonan tanpa perekat.
- c. *Mixer* dihidupkansambil diberi air dan diaduk hingga homogen.
- d. *Mixer* dimatikan, lalu adonan dikeluarkan.
- e. Adonan yang telah dikeluarkan dari *mixer* dimasukkan ke dalam cetakan silinder berdiameter 2,2 cm dan tinggi 7 cm.
- f. Pengisian adonan dilakukan hingga permukaan silinder rata.
- g. Cetakan silinder berisi adonan diletakkan pada mesin press hidrolik.
- h. Pompa pada mesin press hidrolik ditekan sampai jarum menunjukkan tekanan 1 ton, lalu menahannya sekitar 5 menit.

- i. Hasil cetakan dikeluarkan dengan memindahkan penahan dan mesin press hidrolik sehingga memberikan dorongan hingga sampel keluar dari cetakan.
- j. Pencetakan diulangi sampai memperoleh sampel sebanyak 3 buah, lalu pencetakan sampel diulangi dengan tekanan 2 ton dan 3 ton masing-masing berjumlah 3 buah sampel.
- k. benda uji diberi kode sampel dan didinginkan selama 2×24 jam.
- l. Sampel dikeringkan dengan cara dioven menggunakan suhu 120°C selama 6 jam.
- m. Sampel dikeluarkan dari oven kemudian dimasukkan sampel ke dalam *furnace*, dan dipanaskan menggunakan suhu 1.100°C dengan waktu penahanan 2 jam.
- n. Sampel dari *furnace* dikeluarkan dan didiamkannya selama 3×24 jam.

3.3.7. Karakterisasi

3.3.7.1. Analisis XRF Campuran Bahan Bata Ringan Sebelum Dicitak

Langkah-langkah pengujian campuran bahan bata ringan sebelum dicetak menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) adalah:

- a. Sampel campuran bahan bata ringan sebelum dicetak yang terdiri dari campuran bahan tanpa perekat, campuran bahan dengan perekat kaolin, campuran bahan dengan perekat semen putih, dan campuran bahan dengan perekat bentonit disiapkan secara terpisah.
- b. Sampel dimasukkan ke dalam *tube* sampel sebanyak $\pm 1/3$ ketinggian *tube* sampel. Sampel dipress hingga permukaan rata.

- c. XRF dan UPS dinyalakan kemudian tekan *power*. Tunggu hingga beberapa saat baru kemudian kunci diputar ke arah *on*.
- d. Kunci alat XRF diputar searah jarum jam sebesar 90°C.
- e. *Tube* sampel dimasukkan ke dalam tempat sampel pada alat.
- f. Penutup XRF ditutup.
- g. Program Epsilon^{3XLE} dalam komputer dijalankan.
- h. Menu “*measure*” → “*measure omnian*” → “*omnian*” → “*open*” dipilih dan diklik.
- i. “*Enter your sample identification*” diklik kemudian isi nama sampel.
- j. Pengukuran sampel dimulai. Setelah pengukuran sampel selesai spektrogram yang didapat di analisa.
- k. Tombol “*power*” pada XRF dan UPS ditekan (Ario, 2018).

3.3.7.2. Analisis XRD Campuran Bahan Bata Ringan Sebelum Dicetak

Langkah-langkah pengujian campuran bahan bata ringan sebelum dicetak menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) adalah:

- a. Sampel campuran bahan bata ringan sebelum dicetak yang terdiri dari campuran bahan tanpa perekat, campuran bahan dengan perekat kaolin, campuran bahan dengan perekat semen putih, dan campuran bahan dengan perekat bentonit disiapkan secara terpisah.
- b. Sampel diletakkan pada tempat sampel (*sample holder*) kemudian diratakan menggunakan kaca.
- c. Sampel dimasukkan ke dalam difraktometer untuk kemudian dilakukan penembakan dengan sinar-X.

- d. Pengujian difraksi dimulai (menekan tombol “*start*” pada menu di komputer) dan Sinar-X akan meradiasi sampel yang terpancar dari target Cu dengan panjang gelombang 1,5406 Å.
- e. Setelah pengukuran selesai maka akan diperoleh data hasil difraksi dalam bentuk *soft data* yang dapat disimpan dalam bentuk *xrdml*.
- f. Selanjutnya data yang diperoleh akan diolah menggunakan *software High Score Plus v.3.0.5* untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari sampel (Ario, 2018).

3.3.7.3. Pengujian Absorpsi, Porositas dan Densitas Bata Ringan

Pengujian absorpsi, porositas dan densitas dilakukan dengan cara massa sampel ditimbang menggunakan timbangan digital. Massa sampel kering hasil pemanasan dicatat sebagai massa kering sampel (m_a). Sampel direndam dalam air selama 24 jam, selanjutnya massa sampel basah ditimbang setelah perendaman dan dicatat sebagai massa jenuh (m_b). Kemudian, sampel dalam air ditimbang dan dicatat sebagai massa sampel dalam air (m_c). Nilai absorpsi sampel bata ringan dapat diperoleh dari pengukuran massa kering sampel dan massa jenuh sampel. Penentuan nilai absorpsi sampel bata ringan dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.4.

Langkah-langkah pengujian absorpsi, porositas dan densitas:

- a. Sampel bata ringan kering ditimbang dan dicatat sebagai massa kering sampel (m_a).
- b. Sampel dimasukkan ke dalam aqua gelas berisi air hingga terendam dan membiarkannya selama 24 jam.
- c. Sampel yang telah direndam diangkat, kemudian dilap dengan kain atau tisu.
- d. Sampel basah ditimbang dan dicatat sebagai massa jenuh sampel (m_b).

- e. Nilai absorpsi dihitung dengan Persamaan 2.4.
- f. Selanjutnya, kawat digantung pada neraca digital dan massa kawat pada neraca dinolkan.
- g. Kawat dimasukkan pada ember berisi air sampai terendam namun posisi kawat masih melayang dalam air.
- h. Sampel dalam air ditimbang dengan meletakkan sampel pada kawat dan massa sampel dicatat sebagai massa sampel dalam air (m_c).
- i. Nilai porositas sampel dihitung dengan Persamaan 2.3.

Kemudian, untuk nilai densitas sampel bata ringan dapat diperoleh dari pengukuran massa kering sampel, massa jenuh dan massa sampel saat direndam dalam air, kemudian menggunakan massa jenis air (ρ_{H_2O}) sebagai faktor pengali.

Penentuan nilai densitas dapat menggunakan Persamaan 2.5.

3.3.7.4. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan sampel bata ringan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Prinsip kerja UTM yaitu dengan memberikan gaya tekan sedikit demi sedikit secara teratur pada benda uji semaksimal mungkin sampai benda uji (sampel) retak atau patah.

Langkah-langkah pengujian kuat tekan yaitu sebagai berikut.

- a. Diameter sampel yang akan diuji diukur menggunakan jangka sorong.
- b. Sampel diletakkan di tengah area pembebanan pada pembukaan mesin uji kuat tekan.
- c. Permukaan alat penekan pada mesin diatur sehingga bersentuhan dengan permukaan sampel.

- d. Mesin UTM dinyalakan dan mesin akan memberl beban tekan otomatis yang bergerak secara konstan sampai mencapai beban maksimum.
- e. Proses uji tekan dihentikan setelah sampel patah, kemudian melihat hasil rekaman data mesin UTM di monitor komputer yang berupa grafik.
- f. Parameter beban maksimum sampel yang diperoleh dari grafik hasil pengujian kuat tekan dicatat.
- g. Nilai uji kuat tekan dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1.

3.3.7.5. Analisis XRF Sampel Bata Ringan

Langkah-langkah pengujian sampel bata ringan dengan *X-Ray Fluorescence* adalah:

- a. Sampel bata ringan tanpa perekat atau blanko (A1, A2, A3), sampel dengan perekat kaolin (B1, B2, B3), sampel dengan perekat semen putih (C1, C2, C3) dan sampel dengan perekat bentonit (D1, D2, D2) ditumbuk secara terpisah menggunakan mortar sampai halus, kemudian mengayak masing-masing sampel dengan ayakan mesh no. 270.
- b. Sampel bubuk bata ringan kode A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1,C2, C3, D1, D2, D3 lolos mesh no. 270 disiapkan.
- c. Sampel dimasukkan kedalam *tube* sampel sebanyak $\pm 1/3$ ketinggian *tube* sampel. Sampel dipress hingga permukaan rata.
- d. XRF dan UPS dinyalakan kemudian tombol *power* ditekan. Tunggu hingga beberapa saat baru kemudian kunci diputar kearah on.
- e. Kunci alat XRF diputar searah jarum jam sebesar 90°C.
- f. *Tube* sampel dimasukkan ke dalam tempat sampel pada alat.
- g. Penutup XRF ditutup.

- h. Program Epsilon^{3XLE} dalam komputer dijalankan.
- i. Menu “*measure*” → “*measure omnian*” → “*omnian*” → “*open*” dipilih dan diklik.
- j. “*Enter your sample identification*” diklik kemudian isi nama sampel.
- k. Pengukuran sampel dimulai. Setelah pengukuran sampel selesai spektrogram yang didapat dianalisa.
- l. Tombol “*power*” pada XRF dan UPS ditekan (Ario, 2018).

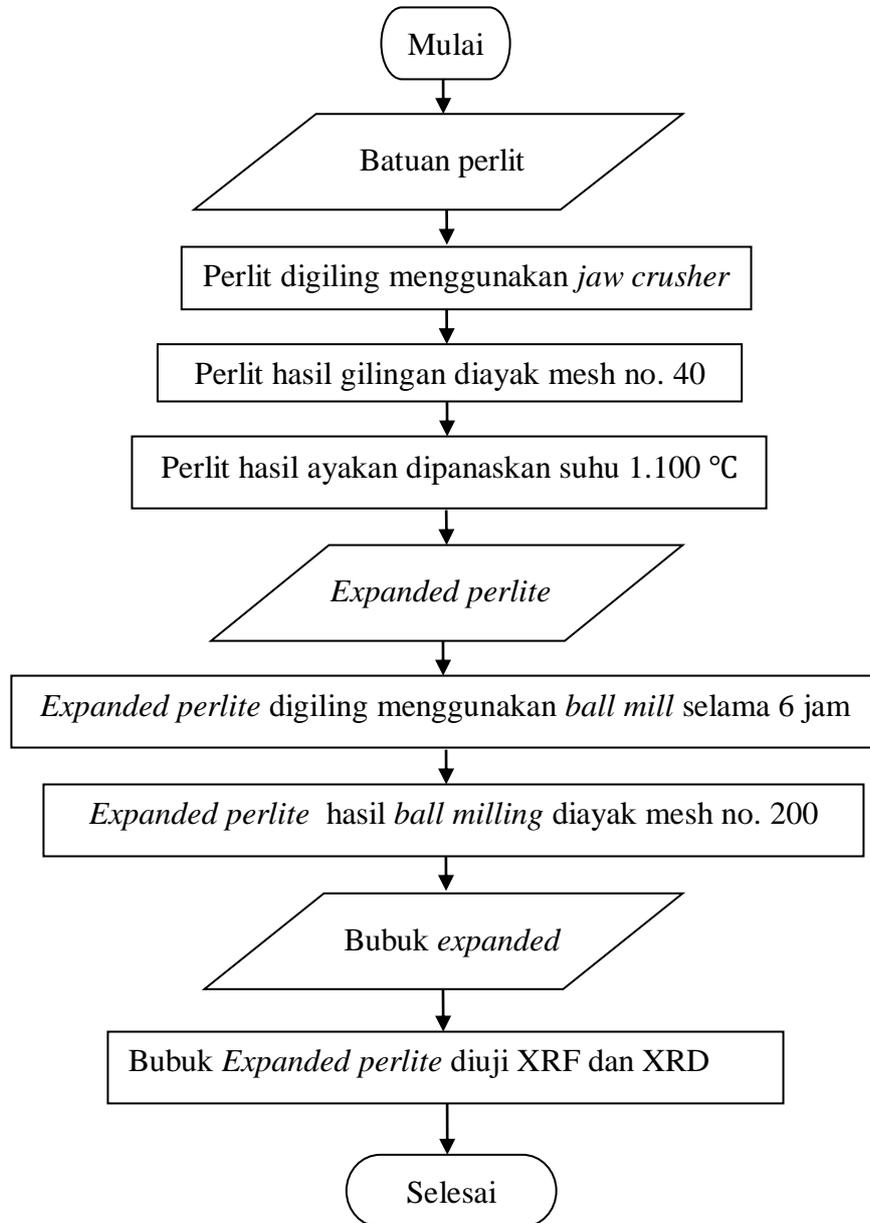
3.3.7.6. Analisis XRD Sampel Bata Ringan

Langkah-langkah karakterisasi sampel bata ringan dengan *X-Ray Diffraction* adalah:

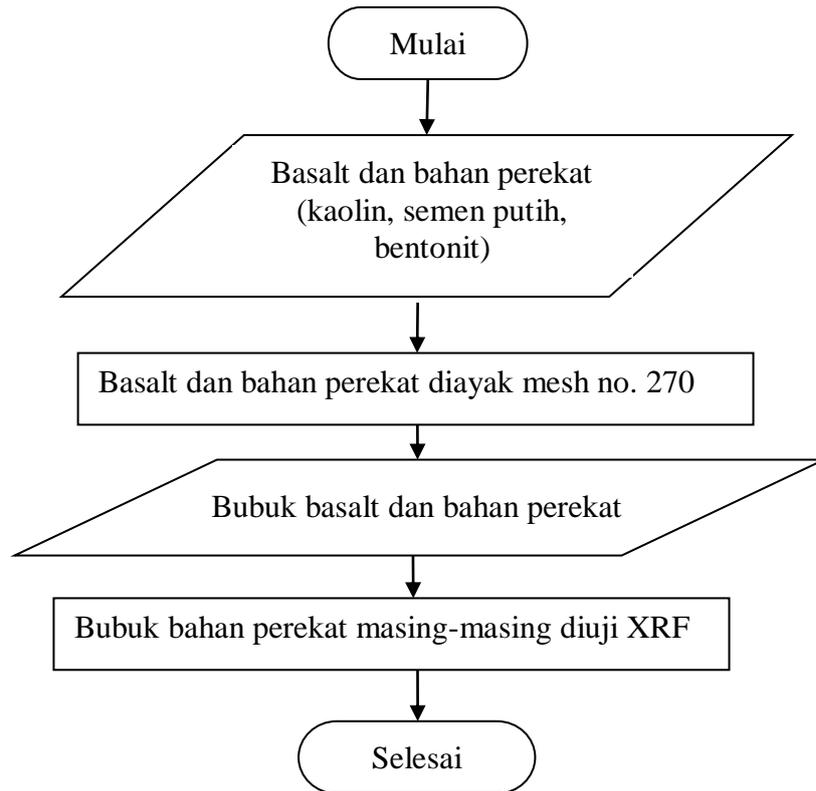
- a. Sampel bubuk bata ringan kode A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, D1, D2, D3 lolos mesh no. 270 disiapkan.
- b. Sampel diletakkan pada tempat sampel (*sample holder*) kemudian diratakan menggunakan kaca.
- c. Sampel dimasukkan ke dalam difraktometer untuk kemudian dilakukan penembakan dengan sinar-X.
- d. Pengujian difraksi dimulai (menekan tombol “*start*” pada menu di komputer) dimana sinar-X akan meradiasi sampel yang terpancar dari target Cu dengan panjang gelombang 1,5406 Å.
- e. Setelah pengukuran selesai maka akan diperoleh data hasil difraksi dalam bentuk *soft data* yang dapat disimpan dalam bentuk *xrdml*.
- f. Selanjutnya data yang diperoleh akan diolah menggunakan *software High Score Plus v.3.0.5* untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari sampel (Ario, 2018).

3.4. Diagram Alir

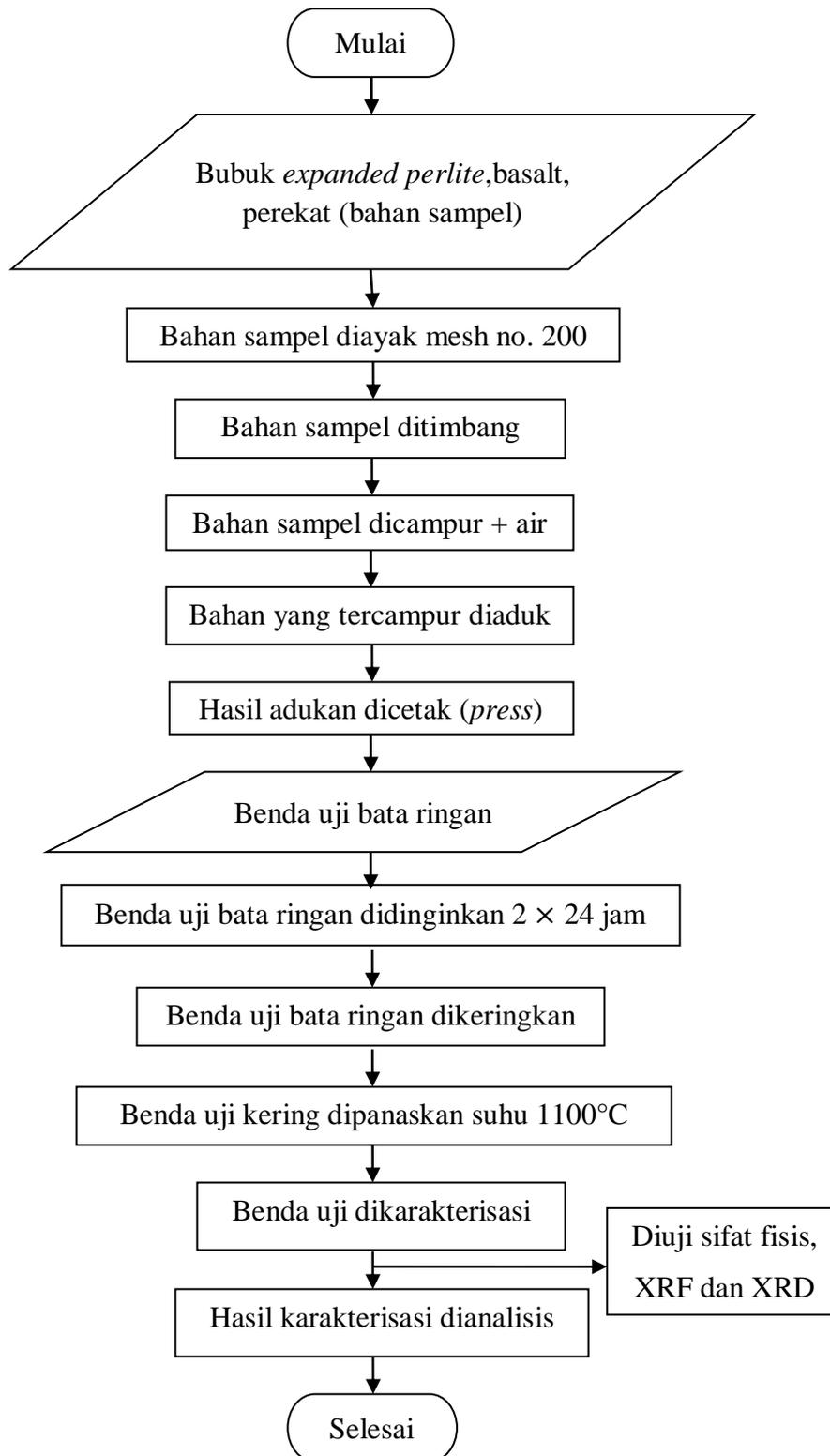
Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan 3.2.



Gambar 3.1.Diagram alir preparasi bubuk *expanded perlite*



Gambar 3.2. Diagram alir preparasi basalt dan bahan perekat.



Gambar 3.3. Diagram alir proses pembuatan bata ringan

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Perlakuan tekanan pencetakan 1 ton, 2 ton, 3 ton tidak memberikan pengaruh pada komposisi kimia bahan, namun bahan perekat dan tekanan pencetakan memberikan pengaruh pada sifat fisis bata ringan. Densitas terendah dimiliki oleh bata ringan dengan perekat semen putih tekanan 1 ton yaitu sebesar $1,353 \text{ g/cm}^3$. Kuat tekan tertinggi terjadi pada bata ringan dengan perekat bentonit tekanan 1 ton, yaitu sebesar 2,222 Mpa. Nilai absorpsi minimum sebesar 2,778% dimiliki bata ringan dengan perekat bentonit tekanan 2 ton, dan porositas tertinggi sebesar 52,941% terjadi pada bata ringan dengan perekat semen tekanan pencetakan 1 ton.
2. Komposisi bahan penyusun dan tekanan paling optimum sesuai dengan variasi yang telah ditentukan adalah bentonit karena memiliki nilai kuat tekan tertinggi dan nilai absorpsi yang rendah dibandingkan dengan perekat lainnya.
3. Senyawa oksida SiO_2 yang terdapat pada perlit sebelum terbentuk bata ringan lebih tinggi jika dibandingkan dengan SiO_2 setelah terbentuk bata ringan. Kandungan senyawa Fe_2O_3 lebih tinggi dibandingkan sebelum terbentuk bata ringan. Sedangkan, senyawa Al_2O_3 cenderung sama pada *expanded perlite*

sebelum dan setelah terbentuk bata ringan. Fasa *anorthite* yang muncul setelah terbentuk bata ringan lebih sedikit dibandingkan sebelum terbentuk bata ringan. Sebelum terbentuk bata ringan, selain *anorthite*, *hematite*, *crystalite*, dan *muscovite*, muncul fasa *quartz* dan *rankinite*. Namun, setelah terbentuk bata ringan fasa *quartz* dan *rankiniet* hilang dan muncul fasa baru *ternesite* dan *polyhalite*.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan, maka saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Penelitian lebih lanjut dapat melakukan perubahan komposisi, rasio volume dan tekanan yang lain serta penambahan persentase bahan perekat untuk dan meningkatkan kuat tekan, karena variasi komposisi campuran bahan dasar *expanded* perlit menentukan karakteristik bata ringan.
2. Penelitian selanjutnya dapat menghilangkan atau mengganti basalt dengan bahan lain sebagai bahan pengisi untuk mengurangi nilai densitas bata ringan.
3. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan abu sekam padi, *fly ash*, abu gergaji kayu sebagai *filler*.
4. Penelitian selanjutnya juga dapat melakukan pengujian susut bakar untuk mengetahui ketahanan bata ringan terhadap api, dan pengujian daya hantar panas untuk mengetahui seberapa jauh bata ringan berbahan dasar perlit mampu mengisolasi panas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M dan Khairurrijal. 2009. Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nano Sainstek*. Vol. 2 No. 1. Hal : 1-9.
- Akbar, M. A. 2010. *Pembuatan Membran Mikrofilter Zeolit Alam dengan Penambahan Semen Portland Putih*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Allameh, H. H., Erich, K., Jubert, P., Laxmi, P. S., and Thomas, F. 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, R. 2008. Porositas Beton Mutu Tinggi Pasca Bakar Porosity of High Strength Concrete Post Fire. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. Vol. 4. No. 3. Hal : 1-10.
- Ario, S. 2018. Pengaruh Variasi Konsentrasi Berat Mineral Basalt Lampung sebagai Material Substitusi Semen pada Mortar. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- ASTM Standards. 1999. ASTM C 869-91-1999. *Specification for Foaming Agents Used in Making Preformed Foam for Cellular Concrete*. ASTM International. West Conshoocken, PA.
- ASTM Standards. 2016. ASTM C 134-95-2016. *Standart Test Methods for Size, Dimentional Measurement, and Bulk Desity of Refractory Brick and Insulating Firebrick*. ASTM International. West Conshoocken, PA.
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. SNI 03-0349-1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 15-0129-2004. *Semen Portland Putih*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Birawidha, D.C., Kusno, I.Y., Hendronursito., M. Amin., M.A. Muttaqii. 2021.

- Study Of Making Polyester Resin Matrix Composites Using Basalt Scoria Powder Fillers To Tensile Strength And Compressive Strength. *Jurnal Sinergi*. Vol. 25. No. 3. Hal : 299-308.
- Bulut, U. 2013. Use of Perlite as a Pozzolanic Addition in Lime Mortars. *Journal of Science*. Vol. 3. No.23. Hal : 305-313.
- Celik, A. G., Depci, T dan Ahmet, M. K. 2014. New lightweight colemanite-added perlite brick and comparison of its physicomechanical properties with other commercial lightweight materials. *Journal Construction and Building Materials*. Vol. 62. Hal : 59-66.
- Celik, S., Roxana F., and M. P. Menguc. 2016. Analysis of perlite and pumice based building insulation materials. *Journal of Building Engineering*. Vol. 16. No. 9. Hal : 1-16.
- Chianga, K.Y., Choua, P. H., Huaa, C. R., Kuang-Li, C., dan Chris, C. 2009. Lightweight bricks manufactured from water treatment sludge and rice husks. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 171. Hal : 76-82.
- Flack, V. 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam) Edisi kelima*. Erlangga. Jakarta.
- Gumilar, T., Zakwandi, R., Rima, RJ. F., dan Rena, D. 2016. Pengukuran Massa Jenis Fluida dengan Menggunakan Roberval Balance. *Prosiding SKF*. Hal : 367-373.
- Hendik, S dan Teguh, D. 2018. Komparasi Pengujian Mutu Beton dengan Menggunakan Metode SNI 03-4430-1997 dan SNI 1974-1990 dalam Kegiatan Pengabdian Masyarakat di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Universitas Brawijaya. *Jurnal Aplikasi Sains dan Teknologi*. Vol. 2. No.1. Hal : 1-5.
- Hunggurami, E., Utomo, S., dan Amy, W. 2014. Pengaruh Masa Perawatan (Curing) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 3. No. 2. Hal : 103-110.
- Isikdag, B. 2015. Characterization of lightweight ferrocement panels containing expanded perlite-based mortar. *Journal of Construction and Building Materials*. Vol. 81 Hal : 15–23.
- Ismayanto, A.F dan Eko, T.S.A. 2007. Batuan Perlit Karangnunggal sebagai Bahan Sintesa Atapulgit. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*. Jilid 17. No. 2. Hal : 1-17.
- Jembise 2014. Penambahan Campuran Bentonit Dan Kaolin Pada Tanah Pasir Terhadap Koefisien Permeabilitas Dengan Kondisi Plastisitas Berbeda Pada

- Tingkat Kepadatan Maksimum. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. Vol. 4.No.2 Hal : 127-134.
- Jitchaiyaphum, K., Sinsiri, T., dan C. Prinya. 2011. Cellular Lightweight Concrete Containing Pozzolan Materials. *Procedia Engineering*. Hal : 1157–1164.
- Kalnicky, D.J. and Singhvi, R. 2001. Field portable XRF analysis of enviromental samples. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 83. Hal : 93-122.
- Kristanti, N., Tansajaya, A. 2008. “Studi Pembuatan Cellular Lightweight Concrete (CLC) dengan Menggunakan Beberapa Foaming Agent”. Tugas Akhir No. 11011592/SIP/2008. *Unpublished Undergraduate. Thesis*. Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Laoli, M. E., Kaseke,O.H., Manopo, M. R. E., dan 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 Stastik*. Vol.1, No.2. Hal : 128-132.
- Nadia, M.T dan A. Fauzi. 2011. Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus Campuran Beton Terhadap Peningkatan Kuat Tekan. Jakarta. *Jurnal Konstruksia*. Vol. 3. No. 1. Hal : 35-43.
- Nopianingsih, N. N. S., Sudiarta, I. W., dan W. D. Sulihingtyas 2015. Sintesis Silika Gel Terimobilisasi Difenilkabazon dari Abu Sekam Padi Melalui Teknik Sol Gel. *Jurnal Kimia 9*. Vol. 2. Hal : 226-234.
- 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.
- Oktavian, R. S., Pramusanto., dan H. E, Mamby. 2018. Studi Simulasi Menentukan Kondisi Ideal *Furnace* Untuk Proses Produksi *Expanded Perlite* dengan Menggunakan *Software Metsim*. *Prosiding Teknik Pertambangan*. Vol. 4. No. 2. Hal : 481-482.
- Permatasari, N. V., Kawigraha, A., Hapid, A., dan Wibowo, N. 2018. Identifikasi Perubahan Mineral Selama Proses Pemanasan Pelet Komposit Nikel Dengan Analisis Difraksi Sinar X. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*. Vo. 12. No.1. Hal : 11-14.
- Rashad, A. 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.
- Rodriguez, J., F. Soria., Geronazzo, H., and Hugo, D. 2017. Modification and characterization of natural aluminosilicates, expanded perlite, and its

- application to immobilise amylase from *A. oryzae*. *Journal of Molecular Catalysis B Enzymatic*. Vol. 17. No. 7. Hal : 1-35.
- Sari, A.Y., Perdamean, S., Muljadi dan Styah, K.R. 2011. Pembuatan Panel Beton Berbasis Perlit dan Aplikasinya sebagai Insulator Panas. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Telaah*. Vol. 29. Hal : 1-8.
- Sengul O, Azizi S, Karaosmanoglu F, Tasdemir MA. 2011. Effect of expanded perlite on the mechanical properties and thermal conductivity of lightweight concrete. *Journal of Energy and Building*. Vol. 43. Hal : 671-676.
- Suardjo, K. A dan Ariyadi, B. 2009. Pemanfaatan Limbah Perlit sebagai Material Bata Beton Ringan. *Jurnal Material Industri*. Vol. 3. No. 2. Hal 139-144.
- Suryani, N dan Munasir. 2015. Fabrikasi Bata Ringan Tipe *Celluler Lightweight Concrete* Dengan Bahan Dasar Pasir Vulkanik Gunung Kelud Sebagai Pengganti *Fly Ash*. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*. Vol. 4 No. 3. Hal : 106-111
- Suseno, H., Wahyuni, E dan Hariono, B. 2008. Pengaruh Variasi Proporsi Campuran Dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Slump, Berat Isi Dan Kuat Tekan Beton Ringan Struktural Beragregat Batuan Andesit Piroksen. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol 2. No.3. Hal : 241-253.
- Sutapa, A. A. G. 2011. Porositas, Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Agregat Kasar Batu Pecah Pasca Dibakar. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. Vol. 15. No. 1. Hal : 50-57.
- Wesley, L. D. 2012. *Mekanika Tanah, Untuk Tanah Endapan dan Residu*. ANDI. Yogyakarta
- Wijayanti, W. 2012. *Membuat Genteng dengan Batu Bata*. Tangerang : Tirtamedia.
- Zulhijah, D., Handani, S., dan Sri, M. 2015. Pengaruh Variasi Ukuran Agregat Terhadap Karakteristik Beton Dengan Campuran Abu Sekam Padi. *Jurnal Ilmu Fisika*. Vol. 7. No. 2. Hal: 50-55.