

**PENGARUH VARIASI SUHU SINTERING TERHADAP SIFAT FISIS
MORTAR YANG DILAPISI BASALT DAN DAMAR**

(Skripsi)

Oleh

LISANA SHIDQIN 'ALIYA

NPM 1957041008



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI SUHU SINTERING TERHADAP SIFAT FISIS MORTAR YANG DILAPISI BASALT DAN DAMAR

Oleh

LISANA SHIDQIN 'ALIYA

Mortar terbentuk dari campuran air, semen dan pasir. Untuk melindungi dinding dari kerusakan cuaca kelembaban, pencemaran lingkungan, serta untuk meningkatkan daya tahan terhadap tekanan dan guncangan. Maka dibuatlah mortar terlapisi, agar mortar bertahan lama. Bahan pelapis terdiri dari basalt yang dihaluskan dengan ayakan 200 *mesh* dan damar mata kucing yang dihaluskan dengan ayakan 40 *mesh* dengan komposisi perbandingan 2:1. Metode teknik *dip-coating* digunakan dalam pelapisan sampel selama 3 menit. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi suhu sintering pada suhu 700°C, 800°C dan 900°C selama 2 jam. Pengujian sampel terdiri uji kuat tekan, uji densitas, uji porositas, uji porositas dan uji absorptivitas. Sampel di karakterisasi menggunakan XRF, XRD dan SEM-EDS. Sampel terbaik diperoleh pada suhu 700°C dengan nilai kuat tekan 15,276 MPa, densitas 1,77 g/cm³, porositas 11,70% dan absorpsi 6,58%. Berdasarkan hasil karakterisasi sampel menggunakan XRF didominasi oleh senyawa CaO, SiO₂ dan Fe₂O₃. Berdasarkan hasil karakterisasi sampel menggunakan XRD terlihat fasa yang terbentuk pada mortar yang terlapisi adalah *Alite* (Ca₃O₅Si₁), *Coesite* (Si_{16.00}O_{32.00}) dan *Anorthite* (Al₂Ca₀₈Si₂). Berdasarkan hasil karakterisasi sampel menggunakan SEM terlihat butiran-butiran berbentuk seperti gumpalan-gumpalan dan spektrum EDS terlihat bahwa unsur Ca dan Si mendominasi.

Kata Kunci : mortar terlapisi, basalt, suhu, uji fisis, karakterisasi

ABSTRACT

THE EFFECT OF SINTERING TEMPERATURE VARIATIONS ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF BASALT AND DAMMAR COATED MORTAR

By

LISANA SHIDQIN ‘ALIYA

Mortar is formed from a mixture of water, cement and sand. To protect walls from weather damage, humidity, environmental pollution, as well as to increase resistance to pressure and shocks. So a coated mortar is made, so that the mortar lasts a long time. The coating material consists of basalt mashed with a 200 mesh sieve and cat's eye resin mashed with a 40 mesh sieve with a 2:1 ratio composition. The dip-coating technique method is used in coating the sample for 3 minutes. The variables used in this study were variations in sintering temperature at temperatures of 700°C, 800°C and 900°C for 2 hours. Sample testing consists of compressive strength test, density test, porosity test, porosity test and absorptivity test. The sample was characterized using XRF, XRD and SEM-EDS. The best sample was obtained at 700°C with compressive strength value of 15.276 MPa, density 1.77 g/cm³, porosity 11.70% and absorption 6.58%. Based on the results of sample characterization using XRF dominated by CaO, SiO₂ and Fe₂O₃ compounds. Based on the results of sample characterization using XRD, it can be seen that the phases formed in the coated mortar are Alite (Ca₃O₅Si₁), Coesite (Si_{16.00}O_{32.00}) and Anorthite (Al₂Ca₀₈Si₂). Based on the results of sample characterization using SEM, grains shaped like lumps are seen and the EDS spectrum shows that Ca and Si elements dominate.

Keywords: coated mortar, basalt, physical test, characterization

**PENGARUH VARIASI SUHU SINTERING TERHADAP SIFAT FISIS
MORTAR YANG DILAPISI BASALT DAN DAMAR**

Oleh

LISANA SHIDQIN ‘ALIYA

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
2024**

Judul Skripsi

: PENGARUH VARIASI SUHU SINTERING
TERHADAP SIFAT FISIS MORTAR YANG
DILAPISI BASALT DAN DAMAR

Nama Mahasiswa

: *Tisana Shidqin Aliya*

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1957041008

Jurusan

: Fisika

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Syafriadi S.B
Dr. Syafriadi, M.Si.

NIP 196108211992031002

Arief
Dr. Sudibyo, S.T., M.Sc.

NIP 19820327015021002

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

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

NIP 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

Ketua

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

Sekretaris

: **Dr. Sudibyo, S. T., M. Sc.**

Penguji Bukan

Pembimbing

: **Prof. Drs. Posman Manurung, M. Si., P.h.D.**

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

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 24 April 2024

PERNYATAAN

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

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 24 April 2024



Lisana Shidqin 'Aliya

NPM. 1957041008

RIWAYAT HIDUP



Penulis Bernama lengkap Lisana Shidqin 'Aliya, dilahirkan pada tanggal 01 Oktober 2000 di Pringsewu. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Mujiono dan Ibu Dra. Rochimi.

Pendidikan yang telah ditempuh oleh penulis adalah SD Muhammadiyah Waringinsari Barat pada Tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Pringsewu pada Tahun 2016, Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Pringsewu pada Tahun 2019. Penulis diterima di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung pada Tahun 2019 melalui jalur SMMPTN Barat.

Selama menempuh Pendidikan, penulis aktif menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) pada bidang kominfo pada tahun 2020-2021. Penulis telah menyelesaikan kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN), Tanjung Bintang pada Tahun 2022. Penulis juga telah mengikuti program pengabdian Masyarakat dengan mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada Tahun 2022 di Desa Tegal Binangun, Sumberejo, Tanggamus.

Selanjutnya penulis melakukan penelitian bidang non logam sebagai topik skripsi di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung dengan judul “Pengaruh Variasi Suhu Sintering Terhadap Sifat Fisis Mortar Yang Dilapisi Basalt Dan Damar”.

Penulis melakukan penelitian di Laboratorium Non Logam Pusat Riset Teknologi
Pertambangan (PRTP) BRIN, Lampung Selatan.

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan , Sesungguhnya

Bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al – Insyirah: 5 – 6)

“Kita dicintai, oleh Tuhan. Bahkan saat kita merasa sendirian atau saat ingin

menyerah, kita tak pernah dibiarkan menyerah. Tak pernah”

(Syahid Muhammad)

PERSEMBAHAN

Dengan rasa Syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan karya kecil ini

kepada

Bapak Tercinta Mujiono, dan Ibu Tercinta Rochimi

“Terima kasih untuk segala doa dan usaha yang selalu diberikan demi
keberhasilanku dan tak lupa kakakku Hayyan Abdurrohman Al-farizi dan Fahmi
Shiddiq Alqisthi yang selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi
ini”

Keluarga Besar & Sahabat Sahabat Terdekat

Pekan-rekan seperjuangan “FISIKA FMIPA UNILA 2019”

Serta Almamater Tercinta
” Universitas Lampung”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi nikmat, karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Variasi Suhu Sintering Terhadap Sifat Fisis Mortar Yang Dilapisi Basalt Dan Damar**” yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada bidang Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Skripsi ini membahas tentang pengaruh variasi suhu sintering terhadap mortar yang dilapisi basalt dan damar kemudian diuji fisis dan dikarakterisasi menggunakan XRF, XRD, dan SEM-EDS. Penulis menyadari bahwa dalam penyajian skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menjadi rujukan untuk penelitian selanjutnya agar lebih sempurna dan dapat memperkaya ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 04 April 2024

Lisana Shidqin 'Aliya
NPM. 1957041008

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberi kesehatan, hikmat, karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Suhu Sintering Terhadap Sifat Fisis Mortar Yang Dilapisi Basalt Dan Damar”. Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Syafriadi, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Pertama yang telah banyak memberi bimbingan, motivasi, nasihat serta ilmunya.
2. Bapak Dr. Sudibyo, S.T., M.Sc. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan saran, masukan dan arahan dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Muhammad Amin, S.T. selaku Pembimbing Lapangan yang telah membantu selama proses penelitian ini.
4. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si. P.h.D. selaku Penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan selama penulisan skripsi.
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

7. Ibu Humairoh ratu Ayu, S.Pd., M.Si. selaku Pembimbing Akademik yang memberikan masukan-masukan serta nasehat selama masa studi di Jurusan Fisika.
8. Sahabat sahabatku Alya Hafiz, Putri Ramadhani AS, Khairunnisa, Syaima Camilla dan Yuyun Savela yang selalu ada disaat senang dan susah serta menjadi kawan diskusi yang baik. Semoga Allah SWT membalas dengan hal yang lebih baik. Aamiin.
9. Serta teman-teman seperjuangan Fisika 2019.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dengan hal yang lebih baik

Bandar Lampung, 27 Mei 2024

Lisana Shidqin 'Aliya

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Mortar.....	7
2.2 Bahan Pembuat Mortar.....	9
2.2.1 Semen	10
2.2.2 Pasir	13
2.2.3 Air.....	14
2.3 Basalt	15
2.4 Damar	17
2.5 Teknik Celup	18

	Halaman
2.6	Reaksi Hidrolisis19
2.7	<i>Sintering</i>20
2.8	Uji dan Karakterisasi21
2.6.1	Kuat Tekan21
2.6.2	Densitas22
2.6.3	Porositas23
2.6.4	Absorptivitas.....23
2.6.5	<i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>24
2.6.6	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>25
2.6.7	<i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>27

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian29
3.2	Alat dan Bahan29
3.3	Prosedur Penelitian.....30
3.3.1	Preparasi Bahan Pembuatan Mortar30
3.3.2	Karakterisasi Bahan30
3.3.3	Preparasi Larutan pelapis31
3.3.4	Pembuatan Mortar32
3.3.5	Proses Mortar Terlapisi33
3.3.6	Uji Fisis Mortar Terlapisi.....34
3.3.7	Karakterisasi35
3.4	Diagram Alir36
3.4.1	Diagram Alir Karakterisasi Bahan36
3.4.2	Diagram Alir Pembuatan Mortar.....37
3.4.3	Diagram Alir Pembuatan Larutan Pelapisan.....38
3.4.4	Diagram Alir Pembuatan Mortar Terlapisi39
3.4.5	Diagram Alir Uji Fisis Mortar Terlapisi40
3.4.6	Diagram Alir Karakterisasi Mortar Terlapisi41
3.4.7	Diagram Alir Penelitian42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Sifat Fisis Mortar yang Dilapisi Basalt dan Damar44
4.1.1	Uji Kuat Tekan Mortar Terlapisi44
4.1.2	Uji Densitas Mortar Terlapisi 46
4.1.3	Uji Porositas Mortar Terlapisi47
4.1.4	Uji Absorptivitas Mortar Terlapisi 48
4.2	Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Struktur Mikro (Senyawa Penyusun Fasa Dan Morfologi) Mortar yang Dilapisi Basalt dan Damar49
4.2.1	Hasil Karakterisasi Bahan Semen, Basalt dan Damar menggunakan <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i> 50
4.2.2	Hasil Karkaterisasi Sampel Mortar Terlapisi Basalt dan Damar menggunakan <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i> 51

4.2.3	Hasil Karakterisasi Sampel Mortar yang Dilapisi Basalt dan Damar A-700 menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	52
4.2.4	Hasil Karakterisasi Sampel Mortar yang Dilapisi Basalt dan Damar C-900 menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	54
4.2.5	Hasil Karakterisasi Sampel Mortar yang Dilapisi Basalt dan Damar A-700 menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectoscopy</i> (SEM-EDS).....	55
4.2.6	Hasil Karakterisasi Sampel Mortar yang Dilapisi Basalt dan Damar C-900 menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectoscopy</i> (SEM-EDS).....	57

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	62

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 4.10. Hasil Karakterisasi SEM mortar terlapisi dengan kode sampel C-900	58
Gambar 4.11. Hasil Karakterisasi SEM-EDS (a) dan Spektrum EDS mortar terlapisi dengan kode sampel C-900.....	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komposisi Kimia Batuan Basalt	16
Tabel 2.2. Komposisi Kimia Damar Mata Kucing.....	17
Tabel 3.1. Komposisi Bahan Pada Pembuatan Mortar.....	29
Tabel 3.2. Komposisi Bahan Larutan Pelapisan.....	30
Tabel 3.3. Sampel Mortar Terlapisi.....	32
Tabel 4.1. Hasil karakterisasi bahan baku semen, basalt dan damar menggunakan alat XRF	50
Tabel 4.2. Hasil Karakterisasi XRF pada Mortar Terlapisi.....	51
Tabel 4.3. Komposisi massa mortar terlapisi A-700	57
Tabel 4.4. Komposisi massa mortar terlapisi C-900	59

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dalam bidang teknologi konstruksi di Indonesia saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, salah satunya di Provinsi Lampung. Sektor konstruksi di Lampung mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal tersebut terlihat pada Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) di Lampung mencapai Rp 292,4 triliun saat ini. Dari jumlah itu, sekitar 6,95% berasal dari sektor konstruksi (Badan Pusat Statistik, 2021). Beberapa produk dalam sektor konstruksi meliputi gedung bertingkat, infrastruktur, dan fasilitas perumahan rakyat. Pembangunan di bidang konstruksi membutuhkan upaya yang lebih besar untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas pekerjaan, baik dalam manajemen konstruksi maupun struktur, dengan tujuan memperbaiki dan mencapai hasil kerja yang lebih baik.

Terkumpulnya air yang tidak terkendali pada sebuah dinding bangunan disebabkan karena adanya pori pada permukaan dinding. Dampaknya termasuk kerusakan seperti pembusukan kayu, karat pada besi, atau pengelupasan plesteran dinding. Keadaan lembab pada bangunan juga merusak estetika penampilannya. Dinding menjadi mudah tembus air karena bahan plester dan aci yang biasa dipakai kurang tahan air atau kelembabannya menurun karena retak, menguap, tarik, dan erosi permukaan dinding yang terpapar sinar matahari (Sutrisno, 2017).

Lapisan pelindung pada permukaan dinding ini merupakan bagian dari industri konstruksi yang memiliki pengaruh positif terhadap sifat mekanik sistem.

Mortar menjadi salah satu material yang memiliki peranan penting dalam bidang konstruksi. Sebagai bahan pengikat, mortar harus mempunyai kekentalan standart. Kekentalan standart mortar ini nantinya akan berguna dalam menentukan kekuatannya, sehingga diharapkan mortar yang menahan gaya tekan akibat beban yang bekerja padanya tidak hancur (Rao *et al.*, 2018). Salah satu penggunaan semen yaitu sebagai bahan pembuat mortar yang terdiri dari semen, agregat halus dan air, baik dalam keadaan dikeraskan ataupun tidak dikeraskan. Sebagai bahan bangunan, mortar umumnya memiliki sifat-sifat yang diukur, seperti kekuatan tekan, kekuatan tarik, berat jenis, daya serap air, kekuatan rekat dan lain sebagainya (Chouhan *et al.*, 2019). Untuk melindungi dinding dari kerusakan cuaca kelembaban, pencemaran lingkungan, serta untuk meningkatkan daya tahan terhadap tekanan dan guncangan. Maka dibuatlah mortar terlapisi, agar mortar betahan lama.

Beberapa penelitian terkait mortar, yaitu melakukan penelitian pengaruh suhu dan waktu pembakaran terhadap kuat tekan mortar pada umur 28 hari. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan durasi pembakaran mortar dapat menyebabkan penurunan kekuatan mortar. Pengujian kuat tekan dengan variasi suhu 100°C, 250°C dan 500°C memperoleh nilai kuat tekan terendah pada suhu 500°C, yaitu sebesar 7,15 MPa, disertai perubahan warna dan bentuk mortar menjadi putih keabu-abuan, munculnya pori-pori, serta keadaan rapuh dan retak seperti rambut (Wiranda *et al.*, 2016).

Batuan basalt memiliki potensi besar di Provinsi Lampung, namun hanya digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan. Serat basalt memiliki sifat ketahanan terhadap korosi, sukar bereaksi dengan senyawa kimia, tahan terhadap penyerapan air dan kekuatan tariknya tinggi (Kamid *et al*, 2019). Telah dilakukan penelitian sebelumnya menggunakan komposit yang digunakan sebagai campuran cat pelapis korosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran komposit polianilin dan serbut SiO_2 dengan cat dapat mereduksi laju korosi pada baja lebih baik daripada pelapisan yang hanya menggunakan cat (Putri, 2016). Silika memiliki potensi untuk menjadi material *coating* karena memiliki daya adhesi yang baik dan dapat menahan difusi uap air, ion-ion, maupun oksigen (Rochmat, 2016).

Penelitian terhadap getah damar untuk pembuatan pernis memberikan ide untuk kelengkapan pada paduan polimer alam dengan silika sehingga sifat rapuh dan tidak stabil dapat distabilkan (Edriana *et al*, 2019). Telah dilakukan penelitian sebelumnya menggunakan bahan baku basalt, getah damar, dan tinner sebagai campuran larutan glasir untuk mengglasir bata tahan api. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada temperatur pembakaran 1100°C memberikan hasil terbaik untuk titik leleh glasir. Hal ini terlihat dari nilai uji densitasnya yang tinggi sebesar $3,33 \text{ g/cm}^3$ dan nilai porositasnya yang kecil sebesar 0,24 %. Berdasarkan hasil analisis XRF bahan baku basalt memiliki komposisi kimia yang didominasi oleh SiO_2 dan Al_2O_3 (Aldiansyah, 2022) .

Berdasarkan permasalahan diatas, dilakukan penelitian mengenai pelapisan pada mortar menggunakan bahan baku basalt sebagai bahan utama pembuatan larutan pelapis yang dicampurkan dengan larutan getah damar. Dimana damar dilarutkan

dengan tiner, dipakai sebagai perekat basalt sebagai material pelapisan. Penelitian ini merupakan penelitian terbaru untuk pelapisan yang ramah lingkungan. Sintering yang dilakukan pada suhu 700°C, 800°C dan 900°C dengan waktu sintering selama 2 jam. Pada penelitian ini dilakukan uji porositas, absorptivitas dan densitas dengan waktu perendaman 24 jam. Untuk mengetahui karakteristik struktur mikro (unsur penyusun, fasa dan morfologi) dari lapisan mortar terlapis dalam penelitian ini menggunakan analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) serta *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) .

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh suhu sintering terhadap sifat fisis dari hasil mortar yang dilapisi basalt dan damar?
2. Bagaimana pengaruh suhu sintering terhadap struktur mikro (unsur penyusun, fasa dan morfologi) dari hasil mortar yang dilapisi basalt dan damar?
3. Bagaimana membuat mortar yang dilapisi material basalt dan damar?
4. Bagaimana membuat mortar terlapis yang tahan terhadap serapan air?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh suhu sintering terhadap sifat fisis dari hasil mortar dilapisi yang basalt dan damar.

2. Mengetahui pengaruh suhu sintering terhadap struktur mikro (unsur penyusun, fasa dan morfologi) dari hasil mortar yang dilapisi basalt dan damar.
3. Membuat mortar yang dilapisi material basalt dan damar.
4. Membuat mortar terlapisi yang tahan terhadap serapan air.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan penelitian ini terdiri dari semen, pasir, air, basalt dan getah damar.
2. Semen, pasir, air dan basalt berasal dari Tanjung Bintang, Lampung Selatan.
3. Getah damar berasal dari Liwa, Lampung Barat.
4. Komposisi semen dan pasir yaitu 1:5 dengan total bahan sebesar 1000 g.
5. Ukuran sampel $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$.
6. Pelapisan dilakukan dengan teknik celup.
7. Variasi suhu sintering yang digunakan 700°C , 800°C dan 900°C selama 2 jam.
8. Melakukan uji fisis seperti kuat tekan, porositas, absorptivitas dan densitas.
9. Bahan dan sampel dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) .

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memanfaatkan mineral basalt yang melimpah agar lebih ekonomis.

2. Mendapatkan informasi mengenai proses pelapisan menggunakan teknik celup.
3. Memberikan kontribusi baru dalam dunia konstruksi terutama dalam bidang finishing dinding mortar supaya tahan terhadap air.
4. Dapat digunakan referensi bagi penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mortar

Mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), air suling dan semen Portland dengan komposisi tertentu. Bahan pengikat antara semen dan air bereaksi secara kimia, sehingga membuat suatu bahan yang padat dan tahan lama. Syarat mortar untuk bahan adukan adalah cukup plastis, sehingga mudah untuk dikerjakan, dapat menghasilkan rekatan dan lekatan yang baik, dapat membagi tegangan tekan secara merata serta tahan lama (SNI 03-6825-2002).

Secara umum, mortar adalah bahan bangunan berupa adukan semen yang biasa digunakan dalam pekerjaan tukang batu yaitu sebagai plesteran. Fungsi utama mortar adalah menambah lekatan dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi. Kekuatan mortar tergantung pada kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halusnya. Mortar mempunyai nilai penyusutan yang relatif kecil. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air serta kekuatan gesernya dapat memikul gaya-gaya yang bekerja pada mortar tersebut. Jika penyerapan air pada mortar terlalu besar/cepat, maka mortar akan mengeras dengan cepat dan kehilangan ikatan adhesinya (Simanullang 2014).

Mortar menjadi salah satu material yang memiliki peranan penting dalam bidang konstruksi. Sebagai bahan pengikat, mortar harus mempunyai kekentalan standart.

Kekentalan standart mortar ini nantinya akan berguna dalam menentukan kekuatannya, sehingga diharapkan mortar yang menahan gaya tekan akibat beban yang bekerja padanya tidak hancur (Rao *et al.*, 2018).

Mortar di spesifikasikan dalam 5 tipe menurut kekuatan mortar dan ketentuan spesifikasi proporsi bahan yang terdiri dari bahan bersifat semen, agregat, dan air yang digunakan. Tipe – tipe mortar adalah sebagai berikut.

1. Mortar tipe M

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 (SNI 03-6882-2002).

2. Mortar tipe S

Mortar tipe S adalah mortar yang mempunyai kekuatan 12,5 MPa. Mortar ini direkomendasikan untuk struktur yang akan memikul beban tekan normal tetapi dengan kuat lekat lentur yang diperlukan untuk menahan beban lateral besar yang berasal dari tekanan tanah, angin dan beban gempa, karena keawetannya yang tinggi. Mortar tipe S juga digunakan untuk struktur pada bawah tanah, serta yang selalu berhubungan dengan tanah, seperti pondasi, dinding penahan tanah, perkerasan, saluran pembuangan dan *mainhole*(SNI 03-6882-2002).

3. Mortar tipe N

Mortar tipe N adalah mortar yang mempunyai kekuatan 5,2 MPa. Mortar tipe N ini merupakan mortar yang umum digunakan untuk konstruksi pasangan diatas

tanah. Mortar ini direkomendasikan untuk dinding interior maupun eksterior. Mortar dengan kekuatan sedang ini memberikan kesesuaian yang paling baik antara kuat tekan dan kuat lentur, dan workabilitas (*SNI 03-6882-2002*).

4. Mortar tipe O

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, yang tidak menjadi beku dalam keadaan jenuh. Mortar ini sering digunakan pada pekerjaan setempat dan memiliki workabilitas yang baik (*SNI 03-6882-2002*).

5. Mortar tipe K

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 hanya untuk konstruksi bangunan lama yang umumnya menggunakan mortar kapur karena kuat tekannya yang rendah (*SNI 03-6882-2002*).

2.2 Bahan Pembuatan Mortar

Mortar didapat melalui penggabungan bahan-bahan agregat halus, semen sebagai perekat, dan air sebagai bahan bantu yang diperlukan untuk reaksi kimia selama proses pengerasan (Dipohusodo, I, 1994). Kualitas mortar tergantung pada bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan, dan alat yang digunakan. Semakin baik bahan bakunya, komposisi campuran yang direncanakan dengan baik, dan proses

pembuatan yang optimal, maka mortar yang dihasilkan akan berkualitas baik. Berikut adalah bahan dasar pembuatan mortar:

2.2.1 Semen

Semen memiliki fungsi utama sebagai perekat. Bahan-bahan penyusun semen terdiri dari batu kapur (*gamping*) yang mengandung senyawa seperti kalsium oksida (CaO), serta lempung atau tanah liat (*clay*) yang mengandung senyawa seperti silika oksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), dan magnesium oksida (MgO). Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut mengalami proses pembakaran hingga mencapai titik peleburan, sebagian digunakan untuk membentuk klinker. Klinker kemudian dihancurkan dan dicampur dengan gips (*gypsum*) sebagai tambahan (Rais, 2007).

Sebagai bahan yang sangat penting untuk membangun gedung dan jalan, **Standar Nasional Indonesia (SNI)** menjamin kualitas semen yang beredar di seluruh wilayah Indonesia. Standar ini memastikan bahwa setiap jenis semen yang digunakan dalam pembangunan memenuhi kriteria keselamatan dan kualitas yang telah ditetapkan. Berikut adalah beberapa jenis semen yang umum ditemukan di pasaran:

1. Semen Portland Putih, mengacu pada SNI-15-0129-2004

Semen Portland Putih dapat digunakan untuk semua tujuan didalam pembuatan adukan semen serta beton yang tidak memerlukan persyaratan khusus, kecuali warna putihnya. Warna putih semen ini dihasilkan dari pemilihan bahan baku yang memiliki kandungan besi oksida dan magnesium

oksida (dalam semen akan memberikan warna abu-abu yang menjadi ciri khas semen Portland).

2. Semen Portland, mengacu pada SNI 15-2049-2004

Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terbuat dari batu kapur (CaCO_3) yang terdiri dari silikat –silikat kalsium, dengan gips sebagai bahan tambahan (Wenda *et al.*, 2018).

Terdapat lima jenis semen Portland yang diklasifikasikan oleh ASTM, yaitu:

a) Tipe I, merupakan semen Portland untuk keperluan umum yang paling umum diproduksi dan digunakan dalam berbagai jenis konstruksi.

b) Tipe II, merupakan modifikasi semen Portland yang memiliki sifat setengah dari tipe IV dan setengah dari tipe V (moderat). Saat ini, tipe II lebih banyak diproduksi sebagai pengganti tipe IV.

c) Tipe III, merupakan semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi. Kekuatan pada umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu, meskipun periode pengujian umumnya adalah 28 hari. Semen tipe ini umumnya digunakan ketika konstruksi harus segera digunakan atau ketika struktur harus cepat siap digunakan.

d) Tipe IV, merupakan semen Portland dengan panas hidrasi yang rendah, digunakan dalam kondisi di mana kecepatan dan jumlah panas yang dihasilkan harus minimal. Contohnya adalah pada konstruksi besar seperti bendungan gravitasi. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat dibandingkan dengan semen tipe

I.

e) Tipe V, merupakan semen Portland tahan terhadap aksi sulfat yang agresif. Digunakan di daerah yang memiliki kadar sulfat tinggi pada tanah atau airnya.

3. Semen Portland Komposit, mengacu pada SNI 15-70642004

Semen Portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum, seperti pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus (seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton dan bata beton/paving block). Untuk memenuhi standar SNI 15-7064-2004, ke dalam semen Portland komposit telah ditambahkan bahan anorganik material tertentu atau kombinasinya guna mendapatkan karakteristik semen seperti yang diinginkan.

4. Semen Portland pozolan, mengacu pada SNI 15-0302-2004

Berdasarkan jenis penggunaannya, standar ini membagi semen Portland pozolan menjadi lima jenis sebagai berikut.

- Jenis IP-U, yaitu semen Portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
- Jenis IP-K, yaitu semen Portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
- Jenis P-U, yaitu semen Portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk membuat beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.
- Jenis P-K, yaitu semen Portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

2.2.2 Pasir

Menurut SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi batuan atau pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai butiran sebesar 4,76 mm.

Agregat halus yang juga dikenal sebagai pasir, digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar. Agregat halus dapat berupa butiran mineral alami atau buatan, dan memiliki ukuran butiran antara 0,075 mm hingga 4,80 mm. Pasir dengan modulus kehalusan antara 2,5-3,2 sangat cocok untuk digunakan dalam pembuatan mortar (Kartasamita dan Nugroho, 2008).

Pasir umumnya ditemukan di sungai-sungai yang besar, namun untuk keperluan bahan bangunan, pasir yang dipilih harus memenuhi beberapa syarat tertentu. Syarat-syarat tersebut adalah sebagai berikut: (Dipohusodo, 1999 dalam Husin 2003).

1. Ukuran butir pasir: Pasir yang digunakan untuk bahan bangunan harus memiliki ukuran butir antara 0,15 mm dan 5 mm. Rentang ukuran ini memastikan pasir memiliki konsistensi yang baik dan cocok untuk penggunaan dalam konstruksi.
2. Kekerasan dan bentuk butir: Pasir yang baik harus keras dan memiliki bentuk butir yang tajam. Hal ini penting agar pasir tidak mudah hancur atau terpengaruh oleh perubahan cuaca atau iklim. Pasir dengan butiran yang keras dan berbentuk tajam akan memberikan kekuatan dan stabilitas yang diperlukan dalam konstruksi.

3. Kandungan lumpur: Pasir tidak boleh mengandung lumpur dalam jumlah lebih dari 5% dari berat pasir dalam keadaan kering. Kandungan lumpur yang berlebihan dapat mempengaruhi sifat-sifat pasir dan menyebabkan masalah dalam penggunaannya. Jika pasir mengandung lumpur melebihi batas tersebut, maka pasir harus dicuci untuk menghilangkan kandungan lumpur tersebut.
4. Jika pasir mengandung lumpur lebih dari 5%, pasir tersebut harus dicuci sebelum digunakan. Proses pencucian akan membantu menghilangkan kandungan lumpur yang berlebihan dan meningkatkan kualitas pasir untuk digunakan dalam konstruksi.
5. Tidak mengandung bahan organik, garam, minyak, dan lain-lain. Pasir yang digunakan untuk bahan bangunan harus bebas dari kandungan bahan organik, garam, minyak, dan sejenisnya. Kandungan-kandungan tersebut dapat merusak kualitas pasir dan mengganggu proses konstruksi.

2.2.3 Air

Air adalah bahan utama dalam pembuatan beton yang memiliki harga paling terjangkau. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen Portland dan berperan sebagai pelumas antara butiran agregat, sehingga memudahkan dalam proses pengerjaan (Tjokrodimulyo, 2007).

Air sebagai bahan pencampur semen berperan sebagai bahan perekat, sehingga penambahan air dalam pembentukan spesi mortar merupakan unsur yang sangat penting. Peranan air sebagai bahan perekat terjadi melalui reaksi hidrasi, yaitu semen dan air akan membentuk pasta semen dan mengikat fragmen-fragmen

agregat. Air yang digunakan dalam campuran mortar harus memenuhi persyaratan fisika dan kimiawi (Hidayat, 2009).

Pada dasarnya sekitar 25% dari total berat semen adalah kebutuhan semen akan air untuk proses hidrasi . Jika jumlah air yang digunakan kurang dari 25%, maka akan terjadi masalah kelecakan dan sulit mencapai tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) yang diinginkan. Adonan semen yang mudah dikerjakan dapat didefinisikan sebagai adonan yang mudah diaduk, mudah diangkut, dan mudah dituangkan ke dalam cetakan untuk pembentukan (Hewes, 1949).

2.3 Basalt

Basalt yaitu suatu kelompok mineral berbutir-halus dan berwarna gelap yang sering juga disebut batuan terperangkap (*trap rock*), adalah salah satu batuan ekstrusif yang banyak terdapat. Basalt kaya akan mineral ferromagnesium dan biasanya berwarna abu-abu tua, hijau tua, coklat atau hitam. Basalt adalah batuan yang sangat keras dan berbutir-halus, dan apabila dipecahkan sangat baik untuk kontruksi jalan (Bowles, 1991).



Gambar 2.1 Batuan basalt

Batu basalt hingga saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Ketersediaan batu basalt tersebar di Jawa Barat Cirebon, Jampang Kulon, Tangkuban Perahu, Jawa

Tengah Kebumen. Itulah sekedar batuan yang secara alamiah termasuk pula dalam kelompok bahan galian atau hasil tambang (Sanusi, 1984). Pemanfaatan batu basalt ini masih terbatas oleh penduduk setempat sebagai bahan fondasi rumah tinggal (Suharto *et al.*, 2020). Tabel 2.1 menunjukkan hasil analisis kimia batuan basalt.

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Batuan Basalt (Amin *et al.*, 2019).

Komposisi Kimia	Komposisi (%wt)
SiO ₂	42,830
Al ₂ O ₃	13,579
Fe ₂ O ₃	18,926
CaO	20,560
MnO	0,487
K ₂ O	1,142
SrO	0,101
TiO ₂	1,920

Batuan beku basa (*basic*), contohnya Gabbro dan Basalt (Noor, 2011). Batuan basalt juga memiliki kandungan silika (SiO₂) antara 45% - 52%, dengan memiliki ciri warna berwarna gelap atau buram, mempunyai ukuran butir mineral dari halus hingga kasar (Chaerul, 2008).

2.4 Damar

Pohon damar adalah pohon anggota tumbuhan runjung dan merupakan flora asli Indonesia. Pohon ini tersebar di daerah hutan Jawa, Maluku, Sulawesi hingga Palalawan dan Samar di Filipina. Di wilayah pesisir barat, Lampung, Produksi Damar berkontribusi dalam menopang perekonomian warga. Kabupaten Pesisir Barat yang 60% wilayahnya terdiri dari hutan, memiliki produk unggulan berupa Damar mata kucing, terutama yang dihasilkan dari daerah krui. Krui merupakan daerah penghasil Damar terbaik di dunia (Latumahina *et al.*, 2022).



Gambar 2.2 Getah damar kucing

Damar mata kucing memiliki bentuk bongkahan yang tidak beraturan, bersifat rapuh, mudah melekat pada tangan, dan berwarna kuning bening. Selain itu damar mata kucing juga bersifat sebagai isolator dan tidak tahan panas serta mudah terbakar tetapi tidak bersifat volatil bila tidak terdekomposisi. Warnanya mudah berubah jika disimpan dalam waktu yang lama (Namiroh, 1998 dan Setianingsih, 1992). Komposisi kimia damar mata kucing ditunjukkan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2. Komposisi Kimia Damar Mata Kucing

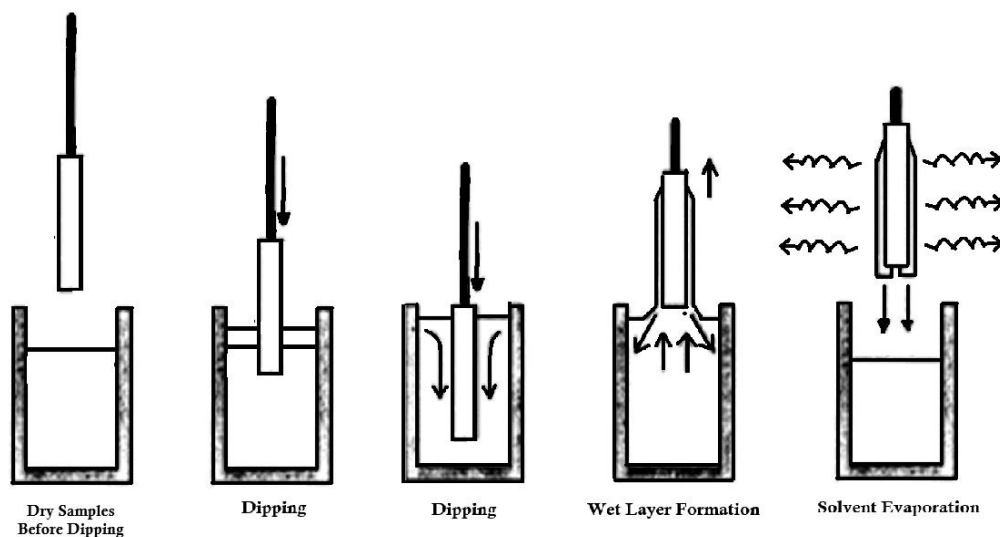
Bahan	Jumlah (%)
Asam damarloat	23,0
Senyawa α -damarresen	40,0
Senyawa β -damarresen	22,5
Abu	3,5
Air	2,5
Minyak astiri	0,5
Kotoran	8,0

Damar dimanfaatkan dalam pembuatan korek api (untuk mencegah api membakar kayu terlalu cepat), plastik, plester, vernis dan lak. Secara tradisional, damar digunakan sebagai bahan bakar obor penerang, penambal perahu, dan kerajinan tangan. Damar juga digunakan sebagai pelapis dinding dan atap, perekat kayu lapis dan asbes (Suryana, 2013).

2.5 Teknik Celup

Terdapat beberapa teknik aplikasi pelapisan diantaranya pencelupan, tekanan, aliran dan semprot. Faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan teknik pelapisan adalah morfologi produk, kemudahan aplikasi, keefektifan dan keefisienan penggunaan bahan pelapisan. Pencelupan adalah teknik yang umum dan banyak digunakan karena merupakan teknik yang paling mudah (Nava *et al.*, 2019).

Teknik celup dapat digambarkan sebagai sebuah proses pelapisan substrat dengan cara direndam dalam cairan (*dripping*), kemudian ditarik dengan kecepatan penarikan tertentu. Dalam prosesnya, substrat ditarik secara vertikal dari bak pelapisan dengan kecepatan yang konstan. Substrat terangkat dari bak pelapisan yang berisi cairan kental, sehingga menyebabkan cairan terbagi menjadi dua permukaan bebas (*wet layer formation*). Lapisan terluar pada substrat akan kembali ke bak pelapisan karena pengaruh gravitasi. Setelah substrat diangkat, terjadi penguapan pelarut yang terdapat pada lapisan, proses glasi, dan pembentukan sebuah film yang transparan karena kecilnya ukuran partikel (Nandiyanto *et al*, 2017). Proses dalam teknik celup tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3.

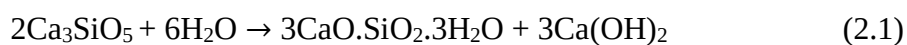


Gambar 2.3. Skema proses teknik celup (Lisana, 2024).

2.6 Reaksi Hidrolisis

Hidrolisis merupakan reaksi kimia pemecah molekul menjadi dua bagian dengan penambahan molekul air (H_2O). Reaksi hidrolisis dapat berlangsung dengan adanya bantuan dari katalis ataupun tanpa katalis. Namun, reaksi akan lebih cepat berlangsung dan produk yang dihasilkan lebih sempurna apabila menggunakan katalis. Katalis tersebut dapat berupa basa (seperti NaOH atau NH_3) ataupun asam (seperti HF atau CH_3COOH). Sedangkan, prekursor yang dapat digunakan umumnya berasal dari ion logam. Prekursor yang sering digunakan adalah logam alkoksida dan *alkoxysilanes*, karena keduanya mudah bereaksi dengan air (hidrolisis) (Filipponi dan Duncan, 2013).

Hidrolisis ialah suatu proses kimia yang memecah molekul menjadi dua bagian dengan menambahkan molekul air (H_2O), dengan maksud untuk mengubah polisakarida menjadi monomer-monomer yang lebih sederhana. Salah satu bagian dari molekul akan memiliki ion hidrogen (H^+) dan bagian lainnya akan memiliki ion hidroksil (OH^-). Secara umum, hidrolisis terjadi ketika garam dari asam lemah atau basa lemah (atau keduanya) terlarut dalam air. Reaksi umumnya adalah sebagai berikut: $AB + H_2O \rightarrow AH + BOH$. Namun, pada keadaan normal, hanya beberapa reaksi yang dapat terjadi antara air dengan komponen organik. Untuk membuat reaksi hidrolisis terjadi ketika air ditambahkan, asam, basa, atau enzim umumnya ditambahkan sebagai katalis. Katalis adalah zat yang dapat mempercepat terjadinya reaksi hidrolisis (Lowry, 1988). Reaksi yang terjadi pada mortar terlapisi sebagai berikut :

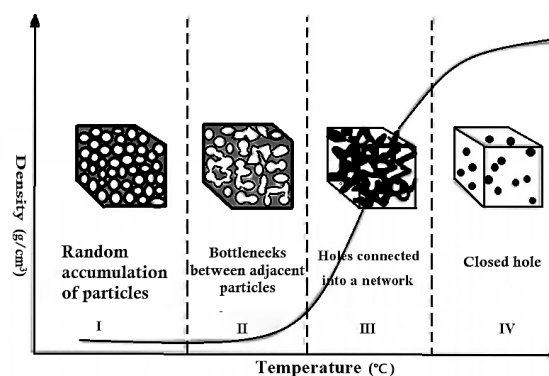


$$\Delta G = 121.779.049 \text{ kJ/mol}$$

silika gel mengendap di dalam mikrostruktur material berpori melalui proses dehidrasi/kondensasi sehingga mortar semakin kuat dan memadat. Pemadatan mortar disebabkan karena proses hidrolisis (dengan air di pori-pori dan uap air di atmosfer) (Farida *et al*, 2018).

2.7 Sintering

Serbuk-nano yang telah dikompaksi, selanjutnya dilakukan sintering untuk densitas > 90% dari densitas teoritis. Sintering merupakan proses pemanasan serbuk yang telah dikompaksi. Temperatur pemanasan untuk material konvensional biasanya pada $0,5 - 0,75 T_m$ (titik leleh material). Ada juga yang menyatakan pada $2/3 T_m$, sedangkan untuk nanopartikel logam dan keramik mulai $0,2 - 0,4 T_m$. Temperatur sintering nanopartikel lebih rendah dari material konvensional (Nurhasanah, 2017). Proses sintering seperti diilustrasikan pada Gambar 2.4 dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:



Gambar 2.4 Tahapan proses sintering kurva densitas sebagai fungsi temperatur (Mayo *et al.*, 2002).

1. Tahap awal, yaitu pembentukan lanjutan (neck) pada titik kontak antara dua partikel yang berdekatan.
2. Tahap intermediat, pembentukan struktur seperti spon yang tersusun dari pori-pori turbular terbuka. Densifikasi 70-80% dicapai pada tahap ini.

3. Tahap akhir, penyusutan pori turbular menjadi diameter lebih kecil yang berakhir menjadi pori sferis tertutup (Nurhasanah, 2017).

2.8 Uji dan Karakterisasi

Beberapa pengujian mekanis dan fisis yang di analisis dalam penelitian ini adalah:

2.8.1 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan dari mortar untuk memikul atau menahan beban maupun gaya-gaya mekanis sampai terjadi kegagalan. Nilai kuat tekan mortar didapatkan melalui tata cara pengujian standart, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji sampai retak atau hancur (Wenda *et al.*, 2018).

Cara pengujian yang secara umum digunakan adalah standar (ASTM C-305-82, 2001) dengan menggunakan rumus perhitungan kuat tekan mortar sebagai berikut.

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

dengan

P = Kuat tekan Mortar (Mpa)

F = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Standart kuat tekan adalah kuat tekan (*strength*), mortar yang direncanakan sesuai dengan keperluan-keperluan yang akan dicapai. Kekuatan tekan karakteristik ialah kekuatan tekan dimana dari sejumlah besar hasil-hasil pemeriksaan benda uji, kemungkinan adanya kekuatan tekan yang kurang dari itu terbatas sampai 5% saja (Nadia, 2011).

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 silinder maupun kubus sampai hancur. Mortar diuji kuat tekan dengan berbagai variasi komposisi penyusun dan umur (Malau, 2014).

2.8.2 Densitas

Densitas merupakan salah satu sifat penting dari suatu zat adalah kerapatan atau massa jenisnya atau disebut densitas dimana perbandingan massa terhadap volume zat. Dimana ρ adalah massa jenis zat (kg/m^3), m adalah massa zat (kg) dan V adalah Volume zat (m^3) (Pertiwi et al., 2015). Densitas dari sebuah batuan dapat didefinisikan melalui beberapa jenis, diantaranya adalah densitas asli yang merupakan densitas dari batuan pada kondisi semula, densitas kering yang merupakan densitas batuan setelah mengalami penyusutan akibat pemanasan, dan densitas jenuh yang merupakan densitas batuan dalam keadaan terjenuh di dalam fluida tertentu (Ridha & Darminto, 2016).

Menurut ASTM-C 642-06 nilai massa jenis dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.3)

$$\rho = \frac{w_1}{w_2 - w_3} \times \rho_{air} \quad (2.3)$$

dengan

W_1 = berat awal (g)

W_2 = berat setelah dikeringkan (g)

W_3 = berat direndam dalam air (g)

$\rho_{air} = 1 \text{ gr/cm}^3$

2.8.3 Porositas

Porositas merupakan salah satu karakteristik fisis yang diperlukan terutama untuk mengkararakteristik fisis yang diperlukan terutama untuk mengkarakterisasi bahan padatan hasil proses maupun yang akan diproses kembali (Pertiwi et al., 2015). Pengujian porositas mengacu pada ASTM C642 dengan tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai porositas yaitu ukuran dari ruang kosong di antara material dan merupakan fraksi dari volume ruang kosong terhadap total volume suatu mortar (Rahmayani et al., 2017).

Menurut ASTM-C 642-06 nilai porositas dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.4).

$$P = \frac{w_2 - w_1}{w_2 - w_3} \times 100\% \quad (2.4)$$

dengan

P = nilai porositas (%)

w_2 = berat setelah dikeringkan (g)

w_1 = berat awal (g)

w_3 = berat di dalam air (g)

2.8.4 Absorptivitas

Persentase berat air yang mampu diserap agregat di dalam air disebut Absorptivitas atau serapan air, Besar kecilnya penyerapan air sangat dipengaruhi pori atau rongga yang terdapat pada mortar (Karimah et al., 2023). Menurut ASTM-C 642-06 nilai absorptivitas dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.5).

$$A = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100\% \quad (2.5)$$

dengan

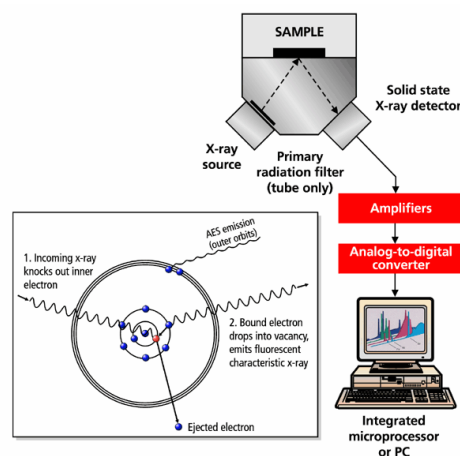
A = Absorbtivitas (%)

w_1 = berat awal (g)

w_2 = berat setelah dikeringkan (g)

2.8.5 X-Ray Fluorescence (XRF)

Karakterisasi XRF merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui komposisi kimia dari semua jenis bahan. Dengan teknik yang digunakan untuk menentukan konsentrasi unsur berdasarkan pada panjang gelombang dan jumlah sinar-X yang dipancarkan kembali setelah suatu material ditembak dengan sinar-X berenergi tinggi. Bahan dapat berupa padat, cair, bubuk, hasil penyaringan atau bentuk lainnya (Brouwer,2010) . Prinsip kerja alat XRF ditampilkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Skema Proses XRF.

Gambar 2.5 menunjukkan skema proses dan alat XRF yang digunakan. Prinsip dasar dari XRF spectroscopy adalah Elektron yang terdapat pada kulit bagian paling dalam (misalnya kulit K) dalam suatu atom akan dikeluarkan oleh sinar-X, dan kekosongan elektron pada bagian ini akan disebabkan oleh sinar-X, sehingga kekosongan elektron pada kulit bagian dalam akan diisi oleh elektron pada kulit yang lebih luar (misalnya

kulit L, M, N) yang menyebabkan pelepasan energi berupa energi foton atau pemancaran sinar X (Girard, 2010).

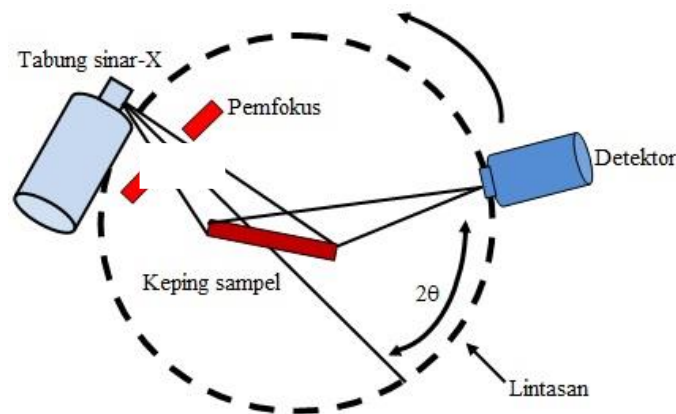
2.8.6 X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X merupakan teknik yang umum untuk mempelajari struktur kristal dan jarak atom. Difraksi sinar-X didasarkan pada interferensi konstruktif sinar-X monokromatik dan sampel kristal. Sinar-X ini dihasilkan oleh tabung katoda, disaring untuk menghasilkan radiasi monokromatik, terkumpul untuk berkonsentrasi dan diarahkan ke sampel. Interaksi sinar datang dengan sampel menghasilkan interferensi konstruktif dan sinar difraksi ketika kondisi memenuhi hukum Bragg (Bunaciu *et al.*, 2015).

Tiga metode untuk memastikan bahwa kedudukan bidang tertentu daripada hablur / material yang dikaji memenuhi syarat-syarat Bragg pengukuran penyinaran, difraksi. Ketiga metode ini adalah: (1) Metode difraksi Laue; (2) Metode hablur bergerak; dan (3) Metode difraktometri serbuk (Cullity, 1956).

XRD atau difraksi sinar-X memiliki beragam kegunaan dan aplikasi di dalam dunia ilmu material. Salah satunya adalah untuk membedakan material yang bersifat kristal dengan amorf. Selain itu, XRD dapat digunakan untuk menentukan struktur kristal melalui teknik *rietveld refinement*, menganalisis kuantitatif dari mineral, dan mengkarakterisasi sampel film. Kristal tunggal dapat dijadikan objek untuk mempelajari struktur kristal tersebut, tetapi kerugiannya adalah kesulitan untuk memperoleh senyawa dalam bentuk kristal. Sebaliknya, jika senyawa berbentuk bubuk, maka lebih mudah untuk mendapatkannya, tetapi sulit untuk menentukan strukturnya. Oleh karena itu, XRD menjadi alat penting dalam penelitian material dan

industri untuk memahami struktur dan sifat dari berbagai material. Skema difraksi sinar-X oleh bahan kristal ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6. Skema alat XRF oleh bahan kristal (Cullity, 1992)

Sinar-X dihasilkan ketika elektron yang memiliki kecepatan dan tekanan tinggi menembakkan bahan dalam tabung vakum. Elektron-elektron dipercepat oleh anoda menumbuk target (katoda) yang berada dalam tabung sinar-X, sehingga kecepatan elektron diturunkan (Cullity, 1978). Sampel ditembak oleh sinar-X kemudian didifraksikan ke segala arah. Berkas sinar-X dideteksi oleh detektor yang bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan. Kisi bidang yang tersusun secara tidak teratur dengan berbagai kemungkinan orientasi dimiliki oleh sampel yang berbentuk serbuk atau padatan kristalin, begitu pula dengan partikel-partikel kristal yang ada di dalamnya. Persamaan Hukum Bragg dipenuhi oleh difraksi sinar-X yang memiliki banyak sudut orientasi sudut tertentu. Persamaan Hukum Bragg ditunjukkan oleh persamaan (2.6).

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (2.6)$$

dengan

d = jarak antar bidang

θ = sudut difraksi

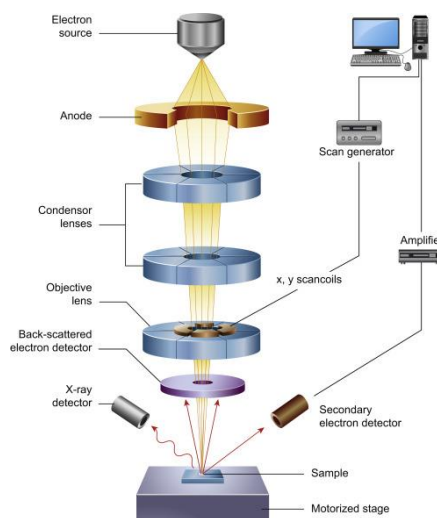
n = orde difraksi (1,2,3,.....)

λ = panjang gelombang

2.8.7 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Mikroskop pemindai elektron digunakan dalam situasi yang membutuhkan pengamatan permukaan kasar dengan perbesaran berkisar antara 20-500.000 kali. Sebelum melalui lensa elektromagnetik, *scanning raster* mendefleksi berkas elektron untuk men-*scan* permukaan sampel. Hasil *scan* ini tersinkronisasi dengan tabung sinar katoda dan gambar sampel akan tampak pada area yang di-*scan*. Tingkat kontras yang tampak pada tabung sinar katoda timbul karena hasil refleksi yang berbeda-beda dari sampel (Anggraeni, 2008).

SEM adalah sebuah mikroskop elektron yang di desain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung, yang memiliki perbesaran 10 – 3000000x, depth of field 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm (Prasetyo, 2011). Prinsip kerja SEM ditunjukkan pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7. Prinsip Kerja SEM

Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS) juga dapat digunakan untuk mempelajari sifat-sifat permukaan suatu objek, yang di dalamnya dapat menimbulkan kekosongan. Keadaan atom yang tidak stabil dihasilkan oleh kekosongan ini. Elektron dari kulit luar dipindahkan ke kulit yang lebih dalam apabila atom kembali pada keadaan stabil. Energi X-Ray tertentu dan perbedaan antara dua energi ikatan pada kulit tersebut dihasilkan oleh proses ini. Proses ini menghasilkan energi *X-Ray* tertentu dan menghasilkan perbedaan antara dua energi ikatan pada kulit tersebut (Viklund, 2008).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dari bulan Januari 2023 sampai dengan Agustus 2023 di Laboratorium Non Logam, Laboratorium *Heatreatment* dan Laboratorium Analisa Kimia, Pusat Riset Teknologi Pertambangan – BRIN yang bertempat di Jl. Ir. Sutami KM. 15 Tanjung Bintang, Lampung Selatan, 35361 Telp. (0721) 350054.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa *beaker glass* Pyrex 500 mL, ayakan *mesh* 200, ayakan *mesh* 325, sendok semen, plastik sampel, ember, wadah nampan, pemadat besi, cetakan kubus ukuran 5 x 5 x 5 cm³, *mixer*, *ball mil*, timbangan digital merk Five Goat made in China *capacity* 5 kg, oven merk Memmert, *Electric Furnance*, mesin uji kuat tekan merk *universal testing machines* (UTM) made in Thailand Type HT-2402 *capacity* 50 kN, *X-Ray Fluorescence* (XRF) PanAnalytical Type minipal 4, *X-Ray Diffraction* (XRD) PanAnalytical type expertpro, *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) Quattro S.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa semen aktif merk Semen Padang, pasir, air bersih, getah damar kucing berasal dari daerah Liwa, basalt berasal dari daerah Tanjung Bintang dan tinner merk Cobra.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Preparasi Bahan Pembuatan Mortar

1. Semen aktif disiapkan, kemudian semen aktif ditimbang dengan komposisi sebanyak 166,67 g.
2. Pasir disiapkan, kemudian pasir ditimbang dengan komposisi sesuai dengan sebanyak 833,33 g.

Komposisi bahan pada pembuatan mortar ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Komposisi bahan pada pembuatan mortar

Kode Sampel	Komposisi Bahan (g)			Variasi Suhu (°C)
	Pasir	Semen	Air (ml)	
A	833,33	166,67	83,33	700
B	833,33	166,67	83,33	800
C	833,33	166,67	83,33	900

3.3.2 Karakterisasi Bahan

1. Semen

Semen dikarakterisasi menggunakan alat karakterisasi yaitu XRF.

2. Pasir

Pasir dikarakterisasi menggunakan alat karakterisasi yaitu XRF.

3. Basalt

Basalt diayak dengan ukuran lolos 325 *mesh*, kemudian dikarakterisasi menggunakan alat karakterisasi yaitu XRF.

4. Damar

Damar diayak dengan ukuran lolos 325 *mesh*, kemudian dikarakterisasi menggunakan alat karakterisasi yaitu XRF.

3.3.3 Preparasi Larutan Pelapis

1. Sampel bahan mineral basalt 500 g digiling menggunakan *ball mill* selama 5 jam hingga halus, kemudian masing-masing bahan diayak menggunakan ayakan 200 *mesh*. Setelah itu timbang sesuai dengan Tabel 3.2.
2. Sampel bahan getah damar yang digunakan pada penelitian ini adalah getah damar mata kucing. Preparasi getah damar dimulai dengan menghaluskan getah damar menggunakan mortar hingga halus, yang bertujuan untuk memudahkan dalam melarutkan getah damar. Kemudian bahan di ayak menggunakan ayakan 40 *mesh*. Setelah itu ditimbang sesuai dengan Tabel 3.2.
3. Larutan damar terbuat dari 50 g getah damar yang sudah dihaluskan dan dilarutkan dalam 100 ml tinner. Kemudian larutan damar dicampurkan dengan basalt dan di hasilkan larutan pelapis sesuai dengan Tabel 3.2.

Komposisi bahan larutan pelapis ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Komposisi Bahan Larutan Pelapis

Bahan	Komposisi Bahan
Basalt (g)	100
Damar (g)	50
Tinner (ml)	100
Total (g)	250

3.3.4 Pembuatan Mortar

Adapun prosedur penelitian pada pembuatan mortar pada penelitian ini adalah :

1. Bahan baku mortar disiapkan berupa pasir, semen aktif, dan air.
2. Semen aktif dan pasir ditimbang sesuai dengan komposisi yang terdapat pada Tabel 3.1.
3. Semen aktif dan pasir dimasukkan ke dalam wadah.
4. Bahan dicampur per komposisi menjadi satu menggunakan mixer hingga homogen selama 15 menit.
5. Air ditambahkan sebanyak 83,33 ml menggunakan gelas ukur secara bertahap.
6. Bahan dicetak menggunakan cetakan mortar ukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ sebanyak 3 sampel per satu komposisi.
7. Mortar dipadatkan menggunakan padatan mortar.
8. Mortar didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam agar mortar mengeras.
9. Mortar dilepaskan dari cetakan.
10. Mortar dituliskan kode sampel.
11. Mortar didiamkan selama 24 jam.
12. Sampel mortar dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 2 jam.

3.3.5 Proses Mortar Terlapisi

Proses mortar terlapisi dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

1. 12 sampel mortar dilapisi dengan larutan pelapis pada masing-masing sisi menggunakan teknik celup.

2. 12 mortar setelah dilapisi, didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam dan di keringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 4 jam.
3. 12 mortar disintering dengan menggunakan *muffle furnace* pada suhu 700°C, 800°C dan 900°C pada masing-masing sampel selama 2 jam.
4. 12 sampel mortar terlapisi didiamkan selama 24 jam.

Komposisi sampel mortar terlapisi ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Sampel Mortar Terlapisi

Komposisi	Suhu 700 °C	Suhu 800 °C	Suhu 900 °C
A	A-700-1	A-800-1	A-900-1
B	B-700-2	B-800-2	B-900-2
C	C-700-3	C-800-3	C-900-3

3.3.6 Uji Fisis Mortar Terlapisi

a) Kuat Tekan

Langkah-langkah untuk melakukan uji kuat tekan sebagai berikut:

- a. 9 sampel mortar terlapisi disiapkan untuk uji mekanis.
- b. Sampel mortar terlapisi diletakkan simetris dengan mesin uji kuat tekan.
- c. Sampel mortar terlapisi diuji kuat tekan menggunakan alat kuat tekan merk *universal testing machines* (UTM) made in Thailand Type HT-2402 capacity 50 kN , apabila sudah hancur dan *dial* tidak naik lagi lalu dicatat beban tekan maksimum yang bisa diterima oleh benda uji (P).
- d. Setelah itu, dihitung kuat tekan sampel mortar terlapisi.

b) Porositas

Langkah-langkah untuk melakukan uji porositas sebagai berikut:

- a. 3 sampel mortar terlapisi yang akan diuji dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 110° .
- b. 3 sampel mortar terlapisi yang sudah dikeringkan masing- masing ditimbang dengan menggunakan timbangan digital dan dicatat hasilnya (w_1).
- c. Seluruh sampel diangkat dan diusap setiap sisi menggunakan kain lap, lalu ditimbang menggunakan timbangan digital serta dicatat hasilnya (w_2).
- d. Setelah itu, dihitung presentase porositas dengan persamaan 2.3.

c) Absorptivitas

Langkah-langkah untuk melakukan uji absorptivitas sebagai berikut:

- a. 3 sampel mortar terlapisi yang akan diuji dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 110° .
- b. 3 sampel mortar terlapisi yang sudah dikeringkan masing- masing ditimbang dengan menggunakan timbangan digital dan dicatat hasilnya (w_1).
- c. Seluruh sampel diangkat dan diusap setiap sisi menggunakan kain lap, lalu ditimbang menggunakan timbangan digital serta dicatat hasilnya (w_2).
- d. Seluruh sampel ditimbang kembali dengan posisi digantung didalam air, lalu dicatat hasilnya (w_3).
- e. Setelah itu, dihitung presentase absorptivitas dengan persamaan 2.4.

d) Densitas

Langkah-langkah untuk melakukan uji densitas sebagai berikut:

- a. 3 sampel mortar terlapisi yang akan diuji dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 110° .

- b. 3 sampel mortar terlapisi yang sudah dikeringkan masing- masing ditimbang dengan menggunakan timbangan digital dan dicatat hasilnya (w_1).
- c. Seluruh sampel diangkat dan diusap setiap sisi menggunakan kain lap, lalu ditimbang menggunakan timbangan digital serta dicatat hasilnya (w_2).
- d. Seluruh sampel ditimbang kembali dengan posisi digantung didalam air, lalu dicatat hasilnya (w_3).
- e. Setelah itu, dihitung presentase densitas dengan persamaan 2.5.

3.3.7 Karakterisasi

Proses karakterisasi mortar terlapisi dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

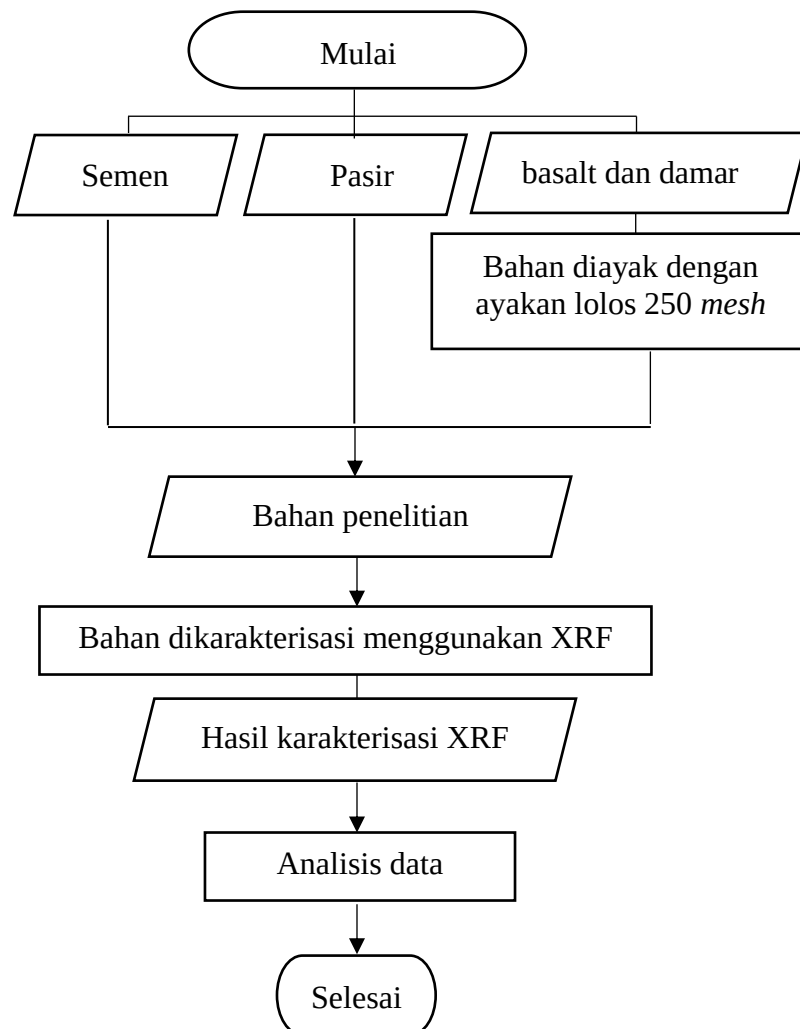
- 1. Sampel mortar terlapisi yang sudah dilakukan uji mekanis dan fisis dihaluskan menggunakan mortar.
- 2. Sampel mortar terlapisi yang telah halus, diayak menggunakan mesh 325.
- 3. Sampel ditimbang sebanyak 5 g.
- 4. Sampel dikarakterisasi menggunakan XRF, XRD dan SEM-EDS.

3.4 Diagram Alir

Proses penelitian secara keseluruhan disajikan dalam bentuk diagram alir seperti berikut:

3.4.1 Diagram Alir Karakterisasi Bahan

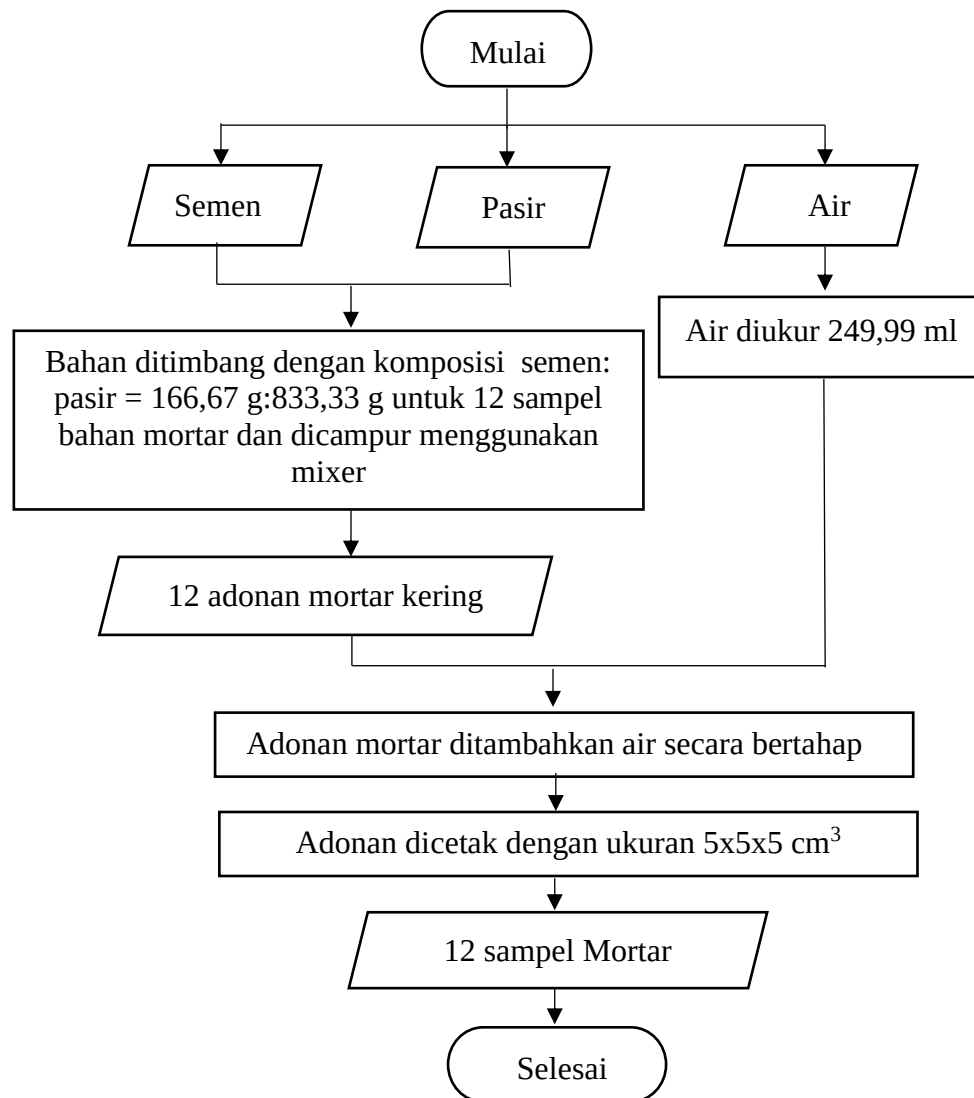
Diagram alir karakterisasi bahan ditunjukkan seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Karakterisasi Bahan

3.4.2 Diagram Alir Pembuatan Mortar

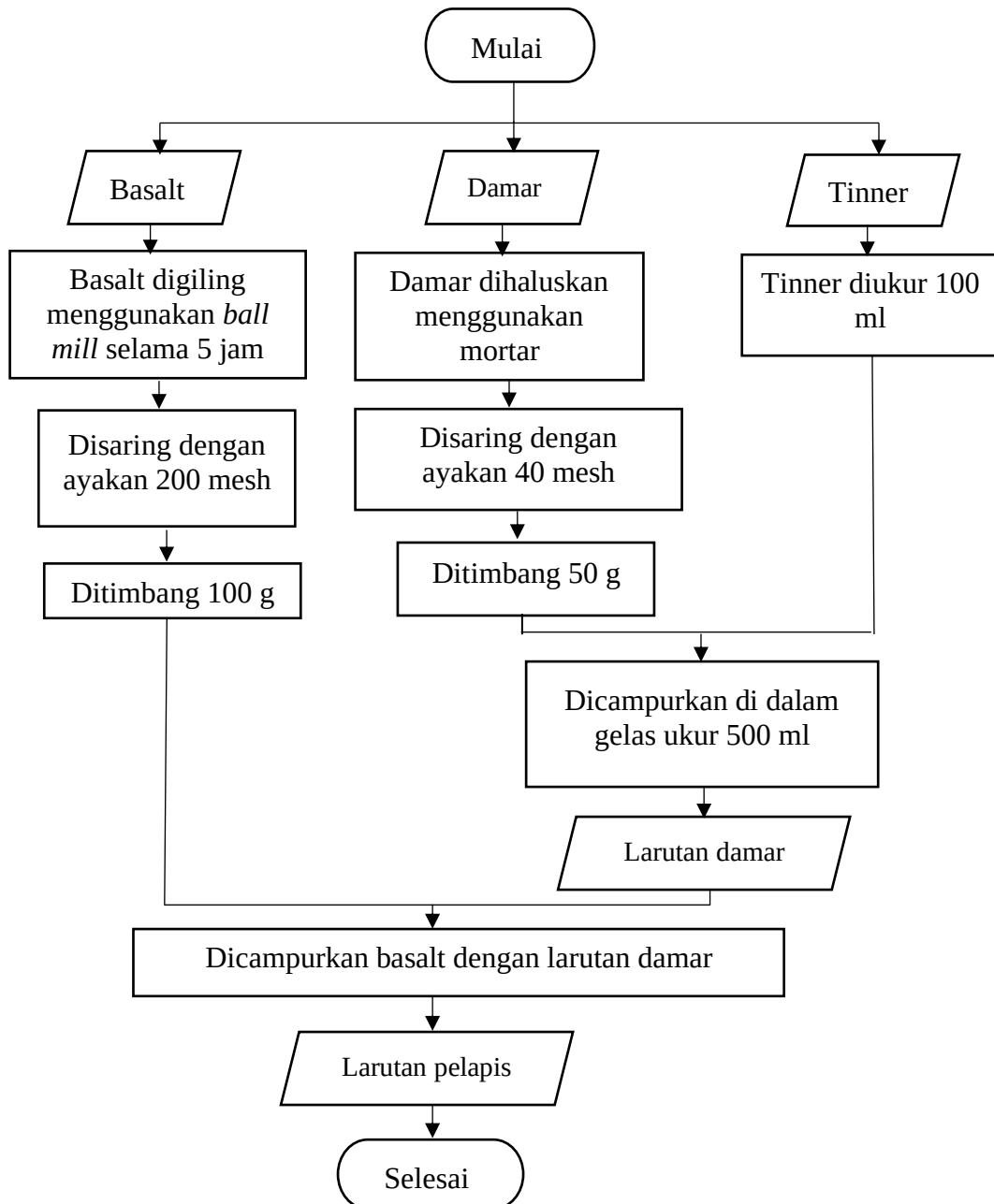
Diagram alir pembuatan mortar ditunjukkan seperti Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Mortar

3.4.3 Diagram Alir Pembuatan Larutan Pelapis

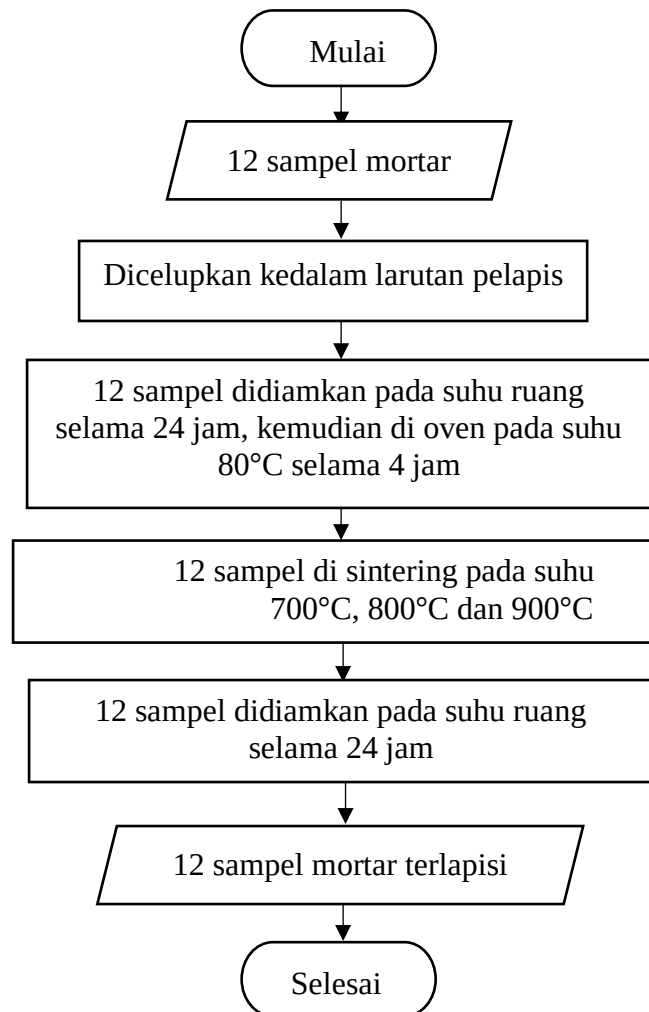
Diagram alir pembuatan larutan pelapis ditunjukkan seperti Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Larutan Pelapis

3.4.4 Diagram Alir Pembuatan Mortar Terlapisi

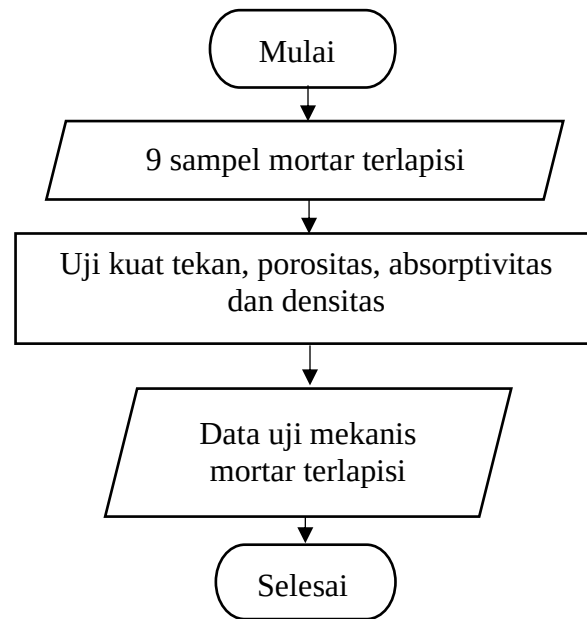
Diagram alir pembuatan mortar terlapisi ditunjukkan seperti Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Alir Pembuatan Pembuatan Mortar Terlapisi

3.4.5 Diagram Alir Uji Fisis Mortar Terlapisi

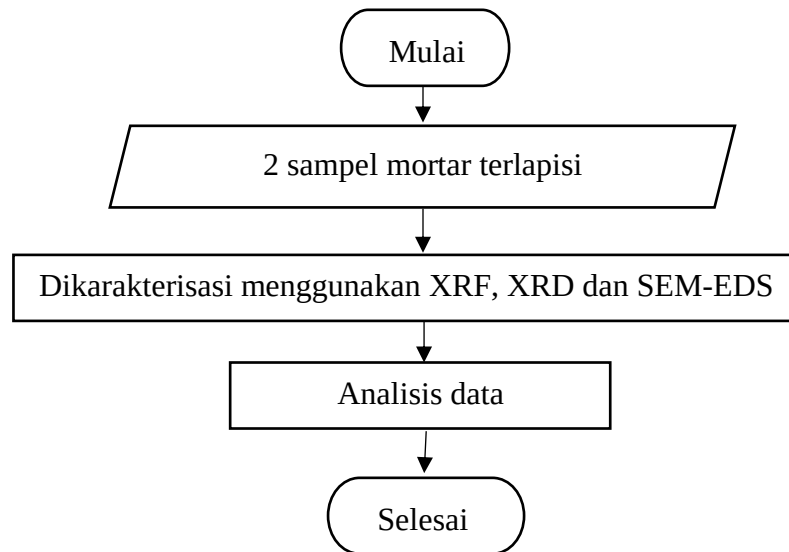
Diagram alir uji fisis mortar terlapisi ditunjukkan seperti Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram Alir Uji Fisis Mortar Terlapisi

3.4.6 Diagram Alir Karakterisasi Mortar Terlapisi

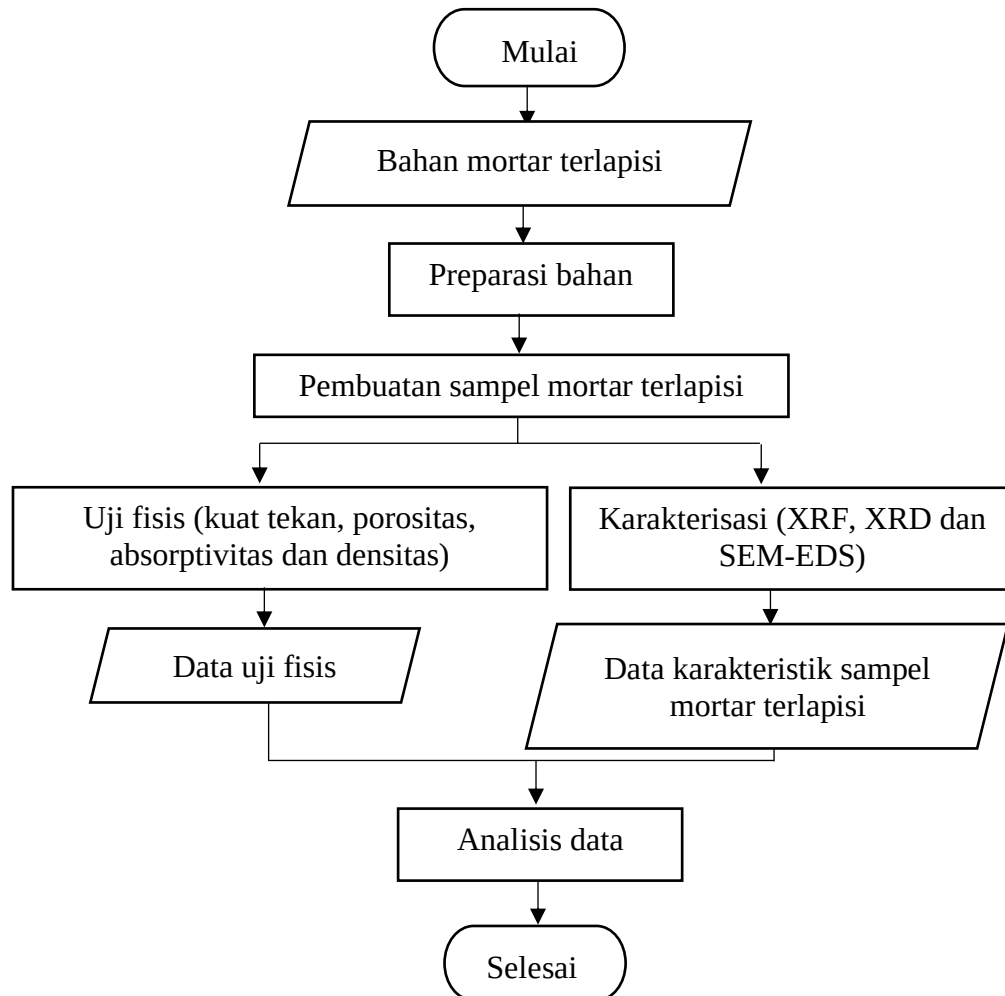
Diagram alir karakterisasi mortar terlapisi ditunjukkan seperti Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram Alir Karakterisasi Mortar Terlapisi

3.4.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan seperti Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Diagram alir penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Mortar terlapisi dipengaruhi oleh suhu sintering. Nilai kuat tekan terbaik pada sampel suhu 700°C selama 2 jam diperoleh kuat tekan sebesar 15,276 MPa, densitas sebesar 1,77 g/cm³, porositas sebesar 11,70% dan absorptivitas sebesar 6,58%.
2. Hasil karakterisasi sampel terbaik menggunakan XRF, XRD dan SEM-EDS yaitu pada suhu 700°C komposisi kimia yang dominan dari mortar terlapisi adalah CaO sebanyak 42,856%, SiO₂ sebanyak 34,727%, Fe₂O₃ sebanyak 8,878%, kristal yang terbentuk *Alite* (Ca₃O₅Si₁), *Coesite* (Si_{16.00}O_{32.00}) dan *Anorthite* (Al₂Ca₀₈Si₂) , Ca dan Si merupakan unsur penyusun dominan yang terdapat pada mortar terlapisi memiliki massa komposisi terbesar yaitu sebesar 49,02% dan 38,08% .
3. Basalt dan damar bisa digunakan sebagai bahan pelapis mortar karena dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan porositas.
4. Berdasarkan dari nilai porositas dan absorptivitas bahwa mortar yang dilapisi tahan terhadap serapan air.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh saran yaitu untuk peneliti selanjutnya untuk menambahkan variasi lain seperti media pelapisan, bahan baku, suhu dan bahan tambahan yang digunakan sebagai penyusun komponen lapisan serta teknik pengaplikasian lapisan pada mortar untuk menghasilkan mortar terlapisi yang lebih baik dan maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldiansyah, F. (2022). *Proses Pengglasiran Bata Tahan Api Menggunakan Material Basal Dengan Variasi Suhu dan Komposisi Material*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- Amin, M., Supriyatna, Y. I., Hendronursito, Y., Birawidha, D. C., Maulida, Latifah, & Karokaro, P. (2019). *Addition of feldspart minerals as a substitution material on ceramics clay manufacture*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 478(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/478/1/012038>.
- Andi HJ., Arifin Z., dan Darminto. (2012). *Fabrikasi Komposit PANi/CaCO₃ berbasis Material Alam sebagai Pelapis Anti Korosi*. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. Vol 8 No 2. DOI: <http://dx.doi.org/10.12962/j24604682.v8i2>.
- Anggaeni, N. D. (2008). *Analisa SEM (Scanning Electron Microscope) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetit Menjadi Hematite*. *Jurnal Rekayasa Aplikasi Teknik Mesin*.
- ASTM C-305-82. (2001). *Portland and Blended Cements for Mortar Testing*. Standards Australia. Queensland: Australia.
- ASTM C-642-06. *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*. ASTM International.
- Bunaciu, A. A., Udristioiu, E. G., and Aboul-Enein, H. Y. (2015). *X-Ray Diffraction: Instrumentation and applications*. *Critical Riviews in Analytical Chemistry*. 45: 289-299.
- Bowles, J. E. (1991). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta : Erlangga.
- Brouwer, P. (2010). *Theory of XRF: Getting Acquainted with The Principles*. Panalytical BV. Almelo . Amsterdam.
- Chaerul, M. (2008) . *Pengantar Ilmu Batuan*. Jakarta : YCAB Publisher. ISBN: 978-602-607-693-9.

- Christina, S., Kristanto, D., Hafisuddin, F., & Olivia, M. (2022). *Ketahanan Mortar Ringan Campuran Gula Aren dan Ragi pada Suhu Tinggi: Narrative Review*. *Rekayasa Sipil*, 16(3), 148-155.
- Cullity, B.D. (1978). *Element of X-Ray Diffraction*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. United States of America.
- Daryanto. (1994). *Pengetahuan Teknik Bangunan*. Jakarta. Penerbit Rineka Cipta.
- Dipohusodo, I. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Dipohusodo, I. (1999). *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Edriana, E., Dahlian, E., dan Sumadiwangsa, E. S. (2004). *Teknik Pembuatan Pernis dari Damar untuk Usaha Kecil*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 22(4): 205 - 213.
- Abudel-Hussein, F. K., Mahdi, Z. H., & Al-Shaikhli, M. S. (2021). *A Review of Cement Mortars Exposed to Elevated Temperatures*. *Journal of Madenat Alelem University College*, 13(1), 327-338.
- Farida, C., Nahar., dan Nuryono. (2018). *Penggunaan Litium Silikat sebagai Konsolidan Anorganik pada Batu Bata Melalui Uji Pembuatan Mortar*. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya Borobudur*. 12(1). Hal 24-28.
- Fatihah, N. I., dan Tias, F. M. (2019). *Pengaplikasian Engineered Cementitious Composites (Eccs) untuk Mortar pada Dinding Tahan Air*. *Undergraduate Thesis*, Universitas Internasional Semen Indonesia.
- Filipponi, L., dan S, Duncan. (2013) . *Nanotechnologies : Principles, Application, Implications and Hands-on Activities*. Luxembourg : Publications Office of The European Union. ISBN 978-92-79-21437-0.
- Gieken, R. E. V., dan Marcowicz A. A. (2002). *Handbook of X-Ray Spectrometry Second Edition, Revised and Expanded*. Marcel Dekker, Inc. New York. 341-405.
- Hendronursito, Y., Saputra, A. A., Rajaguguk, T. O., Sumardi, S., Supriyatna, Y. I., Isnugroho, K., Birawidha, D. C., & Amin, M. (2021). *Pengaruh Sintering Serbuk Batuan Basalt sebagai Bahan Penguat pada Komposit Polyester terhadap Sifat Fisik dan Mekanik*. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(2), 391–399. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.02.16>.
- Hewes, L. I. (1949). *“American highway practice (volume II)”*. John Willey & sons, Inc, New York.

- Horszczaruk, E., Sikora, P., Cendrowski, K., & Mijowska, E. (2017). *The Effect Of Elevated Temperature On The Properties Of Cement Mortars Containing Nanosilica And Heavyweight Aggregates*. *Construction and Building Materials*, 137, 420-431. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.003>.
- Indra, K., dan Sandi, N. (2008). *Kuat Tekan Mortar dengan Pasir Waste Water Treatment sebagai Bahan Parsial Agregat Halus*. Skripsi. Universitas Katolik Soegijapranata. Semarang.
- Borucka-Lipska, J., Brzozowski, P., Błyszko, J., Bednarek, R., & Horszczaruk, E. (2020). *Effects of Elevated Temperatures on the Properties of Cement Mortars with the Iron Oxides Concentrate*. *Materials*, 14(1), 148. <https://doi.org/10.3390/ma14010148>.
- Kamid, T. S., Subagia, A. I. D. G., dan Wirawan I. K. G. (2019). *Karakteristik Komposit Hibrida Serat Basalt-Karbon Epoksi Resin pada Perendaman Air Laut*. *Jurnal METTEK*. 5(1);57.
- Karimah, R., Abadi, K., Ridwan, M., dan Kamila, I. L. (2023). *Tinjauan Kuat Tekan dan Absorpsi Mortar yang Mengandung Air Garam*. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 11(1), 68–73.
- Latumahina, S.F., Cornelia., Wattimena, M.A., Mustamu, S., Komul, Y., H, Juglas., Pietersz., dan Kewilaa, L.N. (2022). *Potensi Hasil Hutan Bukan Kayu untuk Peningkatan Nilai Ekonomi di Kabupaten Seram Barat*. Indramayu : Adab. ISBN: 978-623-5687-69-8.
- Levashov, N., Akulova, M., & Sokolova, Y. (2019). *Modifying Composition Of Plastering Mortar For The Purpose Of Enhancing Fire Resistance Of Building Structures By Means Of Silicate Additives*. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 97, p. 03014). EDP Sciences. DOI : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199703014>.
- Lowry, M. M. (1987). *Laser-Induced Change in Nuclear Reaction Rate: $6\text{ Li } (A, I'')$* . *Physical Review Letters*, 59(10).1088.
- Malau, FB. (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.
- Marko Pavlović, Marina Dojčinović, Radica Prokić-Cvetković, Ljubiša Andrić, (2019). *“The Mechanisms of Cavitation Erosion of Raw and Sintered Basalt. Science of Sintering”*, 51 (2019) 409-419. <http://www.doiserbia.nbs.bg.ac.yu/Article.aspx?id=0350820X0701003N#>.

- Mulyadi, S., Edril, E., dan Dahlan, D. (2012). *Pengaruh Persen Massa Hasil Pembakaran Serbuk Kayu Dan Ampas Tebu Pada Mortar Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Fisisnya*. *Jurnal Ilmu Fisika*. Universitas Andalas. 4(1), 31-39.
- Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Munasir., Triwikantoro., Zainuri. M., dan Darminto, D. (2012). *Uji Xrd dan Xrf pada Bahan Meneral (Batuan dan Pasir) sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO_3 dan SiO_2)*. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)* ISSN: 2087-9946, 2(1), 20–29.
- Murty, K. G., Kumar, S., dan Ray, S. S. (2013). *A Review On The Mechanical Properties of Polymer Nanocomposites*. *Polymer Engineering & Science*, 53(11), 2436-2451.
- Nadia, N., & Fauzi, A. (2011). *Pengaruh Kadar Silika pada Agregat Halus Campuran Beton terhadap Peningkatan Kuat Tekan*. *Konstruksia*, 3(1).
- Namiroh, N. (1998). *Pemurnian Damar (Shorea javanica) dengan Kombinasi Pelarut Organik*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nandiyanto, A.B.D. (2017). *Pengantar Sains dan Teknologi Nano*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia Press. ISBN: 978-979-3786-81-0.
- Nava, N., Darmawati, E., & Suyatma, N. E. (2019). *Studi Coating dengan Metode Semprot Berbasis Bahan Baku Pektin untuk Mempertahankan Kesegaran Buah Rambutan*. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 7(1), 41–48.
- Noor, D. (2011). *Geologi untuk Perencanaan Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu. x + 362 hlm Jilid 1 : 23 cm.
- Nurhasanah, L. (2017). *Dasar-Dasar Nanomaterial; Sintesis dan Aplikasinya*. Yogyakarta. Innosain.
- Pertiwi, P. K., Leny, A., Yusro, K., dan Si, P. M. (2015). *Uji Densitas dan Porositas pada Batuan dengan Menggunakan Neraca O Houss dan Neraca Pegas*. *Fisika Laboratorium*, 1–5.
- Putri, A. L. (2016). *Identifikasi Produk Korosi Baja SS304 Coating PANi/SiO₂ Pada Larutan Salinitas Tinggi NaCl 3,5 M*. Thesis. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

- Rahmayani, I. S., Saputra, E., dan Olivia, M. (2017). *Kuat Tekan dan Porositas Mortar Menggunakan Bahan Tambah Bubuk Kulit Kerang di Air Gambut*. In *Pros. Konf. Nas. Tek. Sipil dan Perenc* (Vol. 15, No. 1, pp. 57-65).
- Rais, A. (2007). *Pengaruh Air Payau Terhadap Beton yang Memakai Semen Padang di Kota Padang Sumatera Barat*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Rao, V. V., Parameshwaran, R., dan Ram, V. V. (2018). *PCM-Mortar Based Construction Materials For Energy Efficient Buildings: A Review On Research Trends*. *Energy and Buildings*. 158, 95-122.
- Ridha, M., dan Darminto, D. (2016). *Analisis Densitas, Porositas, dan Struktur Mikro Batu Apung Lombok dengan Variasi Lokasi dan Kedalaman*. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 12(3), 124–130. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v12i3.1403>.
- Rochmat, A., Putra B. P., Nuryani E., dan Pramudita M. (2016). *Karakterisasi Material Campuran SiO₂ dan Getah Flamboyan (*Delonix regia*) Sebagai Material Coating Pencegah Korosi pada Baja*. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 5(2)27-36.
- Samekto, W., dan Rahmadiyanto, C., (2001). *Teknologi Beton*. Kanisius, ISBN: 979-672-564-9, Yogyakarta.
- Sanusi, B. (1984). *Mengenal Hasil Tambang Indonesia*. Jakarta : PT. Bina Aksara.
- Setianingsih, N. (1992). *Pemurnian Damar Shorea Javanica dengan Menggunakan Bahan Pelarut dan Pemucat*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- SNI 03-6882-2002. (2002). *Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan*. Badan Standardisasi Nasional BSN. Jakarta.
- SNI 15-2049-2004. (2003). *Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional BSN. Jakarta.
- Suharto, S., Amin, M., Al Muttaqii, M., Syafriadi, S., dan Nurwanti, K. (2020). *Pengaruh Penggunaan Batu Basalt Lampung dan Batubara dalam Bahan Baku terhadap Karakteristik Klinker*. *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, 10(1), 49. <https://doi.org/10.37209/jtbtt.v10i1.167>.
- Sutrisno, W. (2017). *Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Kaca pada Mortar*. *RENOVASI : Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 2(2), 17–25.
- Suryana, D. (2013). *Cara Membuat Cat: Kategori dan Aplikasi Teori*. Bandung : CreateSpace Independent Publishing Platform. ISBN: 1492268577.
- Suryanita, R., Maizir, H., Zulapriansyah, R., Subagiono, Y., dan Arshad, M. F. (2022). “*The effect Of Silica Fume Admixture On The Compressive Strength Of The Cellular Lightweight Concrete*”, *Results in Engineering*, 14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100445>.

- Syarif, H. A., Rahmi, A., dan Ariyanto, A. (2022). *Kuat Tekan dan Absorpsi Mortar Geopolimer Abu Sawit Portland Composite Cement dengan Variasi Suhu Tinggi*. *Aptek*, 34-41.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- Todic, A., Nedeljkovic, B., Cikara, D., dan Ristic, I. (2011). *Particulate basalt-polymer composites characteristics investigation*. *Materials and Design*, 32(3), 1677–1683. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.09.023>
- Wahjoedi, Kusdiyono, Supriyadi, W, H. L., dan Jamal, M. (2022). *Pengaruh Variasi Substitusi Semen Portland dengan Menggunakan Tras Terhadap Kekuatan Tekan Mortar Tipe M*. *Jurnal Polines*, 182–189.
- Wenda, K., Zuraidah, S., dan Hastono, B. (2018). *Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan*. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 1(1), 8–13. <https://doi.org/10.25139/jprs.v1i1.801>.
- Wiranata, A., Afrizal, Y., dan Gunawan, A. (2016). *Pengaruh Suhu dan Waktu Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Mortar Pada Umur 28 Hari*. *Jurnal Inersia*, 8(1), 69-74.
- Wu, X., dan Opsommer, A. (2015). *Fire Protection Mortar*. *Promat Research and Technology Centre NV*, 2(12).
- Yuda, P. (2022). *Kuat Tekan Mortar untuk Beberapa Merek Semen*. *Jurnal Teknik Sipil*, L(1494094006), 1–59.
- Zuraidah, S., dan Hastono, B. (2018). *Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar terhadap Kuat Tekan*. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 1(1), 8–13. <https://doi.org/10.25139/jprs.v1i1.801>.