

**PEMBUATAN MORTAR DENGAN PENAMBAHAN POLIMER  
*POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET)* DAN *ETHYLENE VINYL  
ACETATE (EVA)* MENGGUNAKAN METODE PERENDAMAN SELAMA  
21 DAN 28 HARI**

**(Skripsi)**

**Oleh:**

**CAHYA SALSABILLA  
2017041005**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### PEMBUATAN MORTAR DENGAN PENAMBAHAN POLIMER *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE* (PET) DAN *ETHYLENE VINYL ACETATE* (EVA) MENGGUNAKAN METODE PERENDAMAN SELAMA 21 DAN 28 HARI

Oleh

**Cahya Salsabilla**

Banyaknya limbah plastik yang berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dapat menyebabkan masalah polusi plastik. Maka salah satu pemanfaatannya yaitu digunakan sebagai substitusi agregat pada mortar polimer. Mortar polimer terbuat dari campuran semen Portland, pasir, polimer polimer *Polyethylene Terephthalate* (PET), polimer *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA), dan air. Penggunaan polimer *Polyethylene Terephthalate* (PET) berfungsi sebagai substitusi dari material pasir dengan variasi 0,2%; 0,5%; 0,8%; 1,1%; dan 1,4%. Sedangkan polimer *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) sebagai substitusi dari semen Portland dengan variasi 2%; 4%; 6%; 8%; dan 10%. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari substitusi polimer PET dan EVA dalam pembuatan mortar polimer. Semua bahan baku material dilakukan karakterisasi XRF, XRD, SEM-EDS, dan FTIR. Lalu, material tersebut dicampurkan dan dicetak dengan cetakan kubus  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$  dan dibiarkan selama 24 jam. Setelah itu sampel direndam dengan waktu perendaman 21 hari dan 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai kuat tekan dari mortar polimer menurun seiring dengan peningkatan kandungan polimer didalamnya. Namun, nilai kuat tekan pada mortar polimer dengan waktu perendaman 28 hari lebih optimum. Hasil karakterisasi XRF menunjukkan senyawa paling dominan pada mortar polimer ialah  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{CaO}$  yaitu sebesar 22,32% dan 47,97% dengan fasa dominan berupa *calcite*, *quartz*, *corundum*, dan *hematite*. Hasil analisis SEM-EDS menunjukkan bentuk morfologi dari mortar polimer dan unsur yang terdeteksi yaitu O, C, Ca, Si, Al, Fe, S, dan Mg. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan panjang gelombang yang menandakan hadirnya gugus fungsi C-O, Si-O-Si, Si-O, dan O-H pada mortar polimer.

**Kata kunci:** mortar polimer, polimer, karakterisasi, dan waktu perendaman.

## **ABSTRACT**

### **MANUFACTURING MORTAR WITH THE ADDITION OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) AND ETHYLENE VINYL ACETATE (EVA) POLYMERS USING SOAKING METHOD FOR 21 AND 28 DAYS**

**Oleh**

**Cahya Salsabilla**

The abundance of plastic waste made from Polyethylene Terephthalate (PET) can cause plastic pollution issues. Therefore, one of its uses is as a substitute for aggregates in polymer mortar. Polymer mortar is made from a mixture of Portland cement, sand, Polyethylene Terephthalate (PET) polymer, Ethylene Vinyl Acetate (EVA) polymer, and water. The use of Polyethylene Terephthalate (PET) polymer serves as a substitute for sand material with variations of 0,2%, 0,5%, 0,8%, 1,1%, and 1,4%. Meanwhile, Ethylene Vinyl Acetate (EVA) polymer serves as a substitute for Portland cement with variations of 2%, 4%, 6%, 8%, and 10%. This research was conducted with the aim of determining the influence of substituting PET and EVA polymers in polymer mortar production. All raw material ingredients undergo XRF, XRD, SEM-EDS, and FTIR characterization. Then, the materials are mixed and molded into  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$  cube molds and left for 24 hours. After that, the samples are immersed for soaking periods of 21 days and 28 days. Based on the research results, the compressive strength values of the polymer mortar decrease with increasing polymer content. However, the compressive strength values of the polymer mortar after 28 days of soaking are more optimal. The XRF characterization results indicate that the most dominant compounds in the polymer mortar are  $\text{SiO}_2$  and  $\text{CaO}$ , at 22,32% and 47,97% respectively, with the dominant phases being calcite, quartz, corundum, and hematite. The SEM-EDS analysis results show the morphological form of the polymer mortar and the detected elements, namely O, C, Ca, Si, Al, Fe, S, and Mg. The FTIR characterization results indicate wavelengths that signify the presence of functional groups C-O, Si-O-Si, Si-O, and O-H in the polymer mortar.

**Keywords:** polymer mortar, polymer, characterization, and soaking time.

**PEMBUATAN MORTAR DENGAN PENAMBAHAN POLIMER  
*POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET)* DAN *ETHYLENE VINYL  
ACETATE (EVA)* MENGGUNAKAN METODE PERENDAMAN SELAMA  
21 DAN 28 HARI**

**Oleh**

**Cahya Salsabilla**

**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 : **PEMBUATAN MORTAR DENGAN PENAMBAHAN POLIMER *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE* (PET) DAN *ETHYLENE VINYL ACETATE* (EVA) MENGGUNAKAN METODE PERENDAMAN SELAMA 21 DAN 28 HARI**

Nama Mahasiswa : **Cahya Salsabila**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2017041005

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

Pembimbing I

Pembimbing II

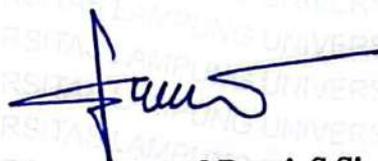


**Suprihatin, S.Si., M.Si.**  
NIP. 197304141997022001



**Dr. Sudiby, S.T., M.Sc.**  
NIP. 19820327015021002

**2. Ketua Jurusan Fisika**

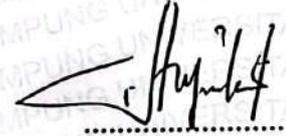


**Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**  
NIP. 198010102005011002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

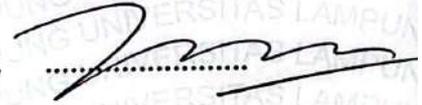
**Ketua : Suprihatin, S.Si., M.Si.**



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



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



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



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**  
NIP. 197110012005011002



**Tanggal Ujian Skripsi: 20 Juni 2024**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain. Sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis disebut dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandar Lampung, 20 Juni 2024

Penulis,



**Cahya Salsabilla**  
NPM. 2017041005

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Cahya Salsabilla, dilahirkan di Bandar Lampung, pada 18 Juli 2003. Anak pertama dari pasangan Bapak Cahyadi dan Ibu Endang Sri Lestari. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Madrasah Islamiyah pada tahun 2008, Sekolah Dasar di SDN 02 Pesawahan pada Tahun

2014, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 17 Bandar Lampung pada tahun 2017, Sekolah Menengah Atas di SMA Taman Siswa Teluk Betung Bandar Lampung pada tahun 2020. Penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung, pada tahun 2020 melalui jalur SNMPTN.

Penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Riset Teknologi Pertambangan BRIN pada tahun 2023 dengan laporan yang berjudul “Pembuatan Geopolimer dengan Menggunakan Material Terak Tanur Tinggi dengan Konsentrasi NaOH 10, 14, dan 18 M Pada Suhu 70°C dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Rekso Binangun, Kecamatan Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) pada bidang kaderisasi pada tahun 2021-2022.

Selanjutnya penulis melakukan penelitian bidang non logam sebagai topik skripsi di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung dengan Judul “Pembuatan Mortar

dengan Penambahan Polimer *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) Menggunakan Metode Perendaman Selama 21 dan 28 Hari”. Penulis melakukan penelitian di Laboratorium Non Logam Pusat Riset Teknologi Pertambangan BRIN, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.

MOTTO

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

**“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”**

**(Al-Baqarah:286)**

***“No matter what situation, just don’t give up even if  
u feel like giving up”***

**(Mark Lee)**

***“When you believe something can be done, really  
believe, your mind will find ways to do”***

## **PERSEMBAHAN**

Dengan mengucap rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan karya ini kepada

### **Bundaku Tercinta Endang Sri Lestari dan Ayahku Cahyadi**

“Terimakasih atas pengorbanan, kesabaran dan kasih sayang dalam membimbing, mendidik, mengusahakan, dan menyemangati dengan do’a yang tiada kesudahan untuk menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas sebagai Sarjana Fisika”

### **Adik-adikku Tercinta Raffi, Rafa, dan Rama**

Terimakasih atas dukungan, do’a yang tiada henti, dan keceriaan yang kalian berikan

### **Keluarga Besar dan Teman-teman**

Terimakasih atas segala dukungan yang telah diberikan sehingga dapat tetap bertahan dalam keadaan suka maupun duka

### **Almamater Tercinta**

Universitas Lampung

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pembuatan Mortar dengan Penambahan Polimer *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) Menggunakan Metode Perendaman Selama 21 dan 28 Hari”** yang merupakan syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains (S.Si) pada bidang Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Skripsi ini membahas tentang penambahan polimer PET dan EVA ke dalam pembuatan mortar. Pada skripsi ini dilakukan analisis menggunakan pengujian fisis (absorpsi, porositas, dan densitas), pengujian mekanis (kuat tekan), karakterisasi XRF, XRD, SEM-EDS, dan FTIR.

Pada penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan baik dalam isi maupun cara penyajian. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran guna perbaikan di masa mendatang. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya maupun bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 20 Juni 2024

Cahya Salsabilla

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan, hikmat, karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pembuatan Mortar dengan Penambahan Polimer *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) Menggunakan Metode Perendaman Selama 21 dan 28 Hari”**.

Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tuaku tercinta yaitu Bapak Cahyadi dan Ibu Endang Sri Lestari yang selalu memberikan cinta kasih, dukungan, pengorbanan, dan do'a untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Suprtihatin, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Pertama yang telah banyak memberi bimbingan, motivasi, nasihat, serta ilmunya dalam penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. Sudiby, S.T., M.Sc. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan saran, masukan, dan arahan dalam penulisan skripsi.
4. Bapak Muhammad Amin, S.T. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, masukan, serta arahan dalam penulisan skripsi.
5. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D. selaku Penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan selama penulisan skripsi.

6. Bapak Dekan Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T selaku Pembimbing Akademik. dan Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan masukan dan saran selama masa studi
8. Bapak Dr. Anggoro Tri Mursito, M.Sc selaku pimpinan Pusat Riset Teknologi Pertambangan-Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRTP-BRIN), Tanjung Bintang, Lampung Selatan yang telah mengizinkan saya untuk melakukan penelitian.
9. Staf Adminitrasi dan Staf Laboratorium Pusat Riset Teknologi Pertambangan-Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRTP-BRIN), Tanjung Bintang, Lampung Selatan yang telah membantu penulis selama melakukan penelitian.
10. Bapak dan Ibu Dosen Fisika FMIPA UNILA yang telah memberikan ilmu selama menempuh pendidikan S1 di Fisika FMIPA UNILA
11. Staf Administrasi Jurusan Fisika FMIPA UNILA yang telah membantu dalam urusan adminitrasi selama menemuh pendidikan S1 di Fisika FMIPA UNILA.
12. Ketiga saudara kandungku Muhamad Raffi Putra Pratama, Raja Rafa Danendra, dan Rama Raditya Putra yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini
13. Tante Liza Anita dan keluarga besar yang telah memberikan do'a dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
14. Abang yang telah menemani, membantu, memberikan semangat, dan menjadi tempat bercerita keluh kesah bagi penulis dalam menjalani pendidikan.

15. CIE PRODUKTIF: Herfira Salsabila Putri dan Silvia Putriana yang telah berjuang bersama, memberikan banyak hiburan, semangat, dukungan motivasi, dan menjadi tempat bercerita bagi penulis.
16. Agriffa Nuzra Djolanda, Mutiara Maharani, Flora Finansia Simbolon, dan Oktavia Nur Azizah yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
17. Mixue geng dan teman-teman KBK Material yang telah memberikan hiburan serta dukungan kepada penulis
18. Seluruh Mahasiswa Fisika FMIPA Universitas Lampung angkatan 2020 dan teman-teman lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
19. Teman-teman diluar kampus: Ade Nopi Sapitri, Arif Eka Mulya, Salsabila Dwi Saputri, dan Tamara yang memberikan semangat dan menjadi tempat bercerita bagi penulis.
20. Terakhir, Lee Haechan dan seluruh member NCT DREAM yang telah memberikan semangat dan motivasi bagi penulis melalui setiap karya yang ditampilkan.

Akhir kata, penulis hanturkan do'a dan panjatkan rasa syukur kepada Allah SWT. Semoga Allah SWT memberikan imbalan yang berlipat, serta selalu memudahkan langkah kita yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 20 Juni 2024

Cahya Salsabilla

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>ix</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>x</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xx</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1

1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7

## II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mortar .....	8
2.2 <i>Polymer</i> .....	10
2.2.1 <i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i> .....	10
2.2.2 <i>Ethylene Vinyl Acetate (EVA)</i> .....	11
2.3 Semen Portland.....	11
2.4 Agregat .....	13
2.5 Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Material .....	14
2.5.1 Absorpsi.....	14
2.5.2 Porositas .....	14
2.5.3 Densitas .....	136
2.5.4 Kuat Tekan .....	36
2.6 Karakterisasi .....	16
2.6.1 <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i> .....	16
2.6.2 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	17
2.6.3 <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i> .....	19
2.6.1 <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i> .....	22

## III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	24
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	24
3.2.1 Alat Penelitian .....	24
3.2.2 Bahan Penelitian .....	25
3.3 Prosedur Penelitian .....	25
3.3.1 Preparasi dan Karakterisasi Bahan Baku.....	25
3.3.2 Pembuatan Mortar Polimer.....	26
3.3.3 Pengujian Mortar Polimer .....	27

3.3.4 Karakterisasi Mortar Polimer .....	28
3.4 Diagram Alir.....	30

#### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Karakterisasi Bahan Baku .....	33
4.1.1 Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) Bahan Baku .....	34
4.1.2 Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) Bahan Baku .....	35
4.1.3 Hasil Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS) Bahan Baku .....	37
4.1.4 Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR) Bahan Baku.....	41
4.2 Hasil Pengujian Mortar Polimer .....	44
4.2.1 Hasil Pengujian Absorpsi Mortar Polimer .....	44
4.2.2 Hasil Pengujian Porositas Mortar Polimer .....	46
4.2.3 Hasil Pengujian Densitas Mortar Polimer .....	47
4.2.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Polimer .....	48
4.3 Hasil Karakterisasi Mortar Polimer.....	50
4.3.1 Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) Mortar Polimer..	50
4.3.2 Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) Mortar Polimer .....	51
4.3.3 Hasil Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS) Mortar Polimer .....	54
4.3.4 Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR) Mortar Polimer .....	57

#### **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran .....	60

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1</b> Skema Prinsip XRF (Mikhailov <i>et al</i> , 2019).....	17
<b>Gambar 2.2</b> Skema Hukum Bragg (Stanjek & Häuser, 2004). ....	18
<b>Gambar 2.3</b> Skema <i>Scanning Electron Microscopy</i> (Zhou <i>et al.</i> , 2007).....	21
<b>Gambar 2.4</b> Skema Alat Spektroskopi FTIR (Anam <i>et al.</i> , 2007). ....	23
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Preparasi dan Karakterisasi Bahan Baku. ....	31
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir Penelitian.....	32
<b>Gambar 4.1</b> Hasil Karakterisasi XRD Bahan Baku (a) Semen Portland dan (b) Pasir.....	35
<b>Gambar 4.2</b> Hasil Karakterisasi SEM-EDS (a) Penyebaran ( <i>mapping</i> ) Unsur Kimia Semen Portland dan (b) Morfologi Semen Portland .....	37
<b>Gambar 4.3</b> Hasil Karakterisasi SEM-EDS (a) Penyebaran ( <i>mapping</i> ) Unsur Kimia Pasir dan (b) Morfologi Pasir .....	38
<b>Gambar 4.4</b> Hasil Karakterisasi SEM-EDS (a) Penyebaran ( <i>mapping</i> ) Unsur Kimia Polimer PET dan (b) Morfologi Polimer PET.....	39
<b>Gambar 4.5</b> Hasil Karakterisasi SEM-EDS (a) Penyebaran ( <i>mapping</i> ) Unsur Kimia Polimer EVA dan (b) Morfologi Polimer EVA .....	40
<b>Gambar 4.6</b> Hasil Karakterisasi FTIR (a) Semen Portland dan (b) Pasir.....	41
<b>Gambar 4.7</b> Hasil Karakterisasi FTIR <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET) .....	43
<b>Gambar 4.8</b> Hasil Karakterisasi FTIR <i>Ethylene Vinyl Acetate</i> (EVA).....	44
<b>Gambar 4.9</b> Hubungan Variasi Komposisi dan Waktu Perendaman Terhadap Absorpsi Mortar Polimer.....	45
<b>Gambar 4.10</b> Hubungan Variasi Komposisi dan Waktu Perendaman terhadap Porositas Mortar Polimer.....	46
<b>Gambar 4.11</b> Hubungan Variasi Komposisi dan Waktu Perendaman terhadap Densitas Mortar Polimer.....	47

<b>Gambar 4.12</b> Hubungan Variasi Komposisi dan Waktu Perendaman Terhadap Kuat Tekan Mortar Polimer.....	49
<b>Gambar 4.13</b> Hasil XRD Mortar Polimer (a) 21 Hari dan (b) 28 Hari.....	51
<b>Gambar 4.14</b> Hasil Karakterisasi SEM-EDS Penyebaran ( <i>mapping</i> ) Unsur Kimia Mortar Polimer (a) 21 Hari (b) 28 Hari dan Bentuk Morfologi Mortar Polimer (c) 21 Hari dan (d) 28 Hari .....	54
<b>Gambar 4.15</b> Hasil Karakterisasi FTIR Mortar Polimer Waktu Perendaman (a) 21 Hari dan (b) 28 Hari .....	57

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 3.1</b> Variasi Komposisi Bahan.....	26
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Karakterisasi XRF Semen dan Pasir .....	34
<b>Tabel 4.2</b> Fase Dominan Bahan Baku Semen Portland.....	35
<b>Tabel 4.3</b> Fase Dominan Bahan Baku Pasir .....	36
<b>Tabel 4.4</b> Komposisi Unsur pada Semen Portland.....	38
<b>Tabel 4.5</b> Komposisi Unsur pada Pasir .....	39
<b>Tabel 4.6</b> Komposisi Unsur pada PET .....	40
<b>Tabel 4.7</b> Komposisi Unsur pada Polimer EVA .....	41
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Karakterisasi XRF Mortar Polimer.....	50
<b>Tabel 4.9</b> Fase Dominan pada Mortar Polimer 21 Hari .....	52
<b>Tabel 4.10</b> Fase Dominan pada Mortar Polimer 28 Hari .....	53
<b>Tabel 4.11</b> Komposisi Unsur pada Mortar Polimer 21 Hari .....	55
<b>Tabel 4.12</b> Komposisi Unsur pada Mortar Polimer 28 Hari .....	55

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam kurun waktu 170 tahun terakhir, bagian dari infrastruktur pembangunan yaitu mortar dan beton yang dibuat dengan semen *portland* telah menjadi bahan konstruksi yang populer. Dari kepopulerannya material tersebut masih mempunyai beberapa kelemahan seperti pengerasan yang lambat, kekuatan tarik yang rendah, penyusutan pengeringan yang signifikan, dan ketahanan terhadap bahan kimia yang rendah. Untuk mengatasi masalah tersebut, upaya yang dapat dilakukan ialah memodifikasi mortar dan beton dengan polimer. Hal tersebut telah dikembangkan di beberapa negara maju. Mortar dan beton yang dimodifikasi dengan polimer dianggap sebagai salah satu pilihan konstruksi yang menjanjikan karena adanya keseimbangan yang baik antara kinerja dan biaya (Ohama, 1995).

Terdapat beberapa jenis polimer yang dapat digunakan dalam modifikasi mortar dan beton. Sebagai campuran semen bahan tambahan polimer yang dapat digunakan ialah lateks, bubuk polimer yang dapat terdispersi kembali, polimer yang larut dalam air, resin cair, dan monomer (Ohama, 1995). Salah satu polimer yang dapat digunakan sebagai campuran semen ialah *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA). EVA umumnya tersedia dalam bentuk bubuk maupun *liquid*. EVA merupakan *copolymer* dari *ethylene* dan *Vinyl Acetate* (VA). EVA mempunyai sifat

ketangguhan dan fleksibilitas yang baik, sehingga dapat memberikan pengaruh yang baik pula pada campuran konstruksi bangunan dengan penambahan polimer (Athey, 1991).

Selain sebagai campuran semen, polimer dapat digunakan juga sebagai pengganti agregat dalam mortar. Jenis yang digunakan yang digunakan untuk menggantikan agregat dapat berupa limbah material plastik yang umum untuk ditemui di kehidupan sehari-hari. Terdapat beberapa jenis limbah plastik yang umum ditemukan seperti *High-Density Polyethylene* (HDPE), *Low-Density Polyethylene* (LDPE), *Linear Low-Density Polyethylene* (LLDPE), *nylon 6*, *Poly-Styrene* (PS), *Poly-Propylene* (PP), dan *Polyethylene Terephthalate* (PET), dan *Polyvinyl Chloride* (PVC) (Hopewell *et al.*, 2009). Dari banyaknya limbah plastik yang ada, *Polyethylene Terephthalate* (PET) ialah salah satu jenis poliester termoplastik yang paling banyak ditemukan dipasaran. PET umumnya juga disebut dengan “*polyester*”. PET ada yang digolongkan sebagai termoplastik amorf (transparan) dan semi kristalin (buram dan putih). PET mempunyai kekuatan, keuletan, dan kekakuan, dan kekerasan yang baik (McKeen, 2018). Sehingga dalam bidang konstruksi bangunan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dapat digunakan sebagai pengganti agregat halus dalam pembuatan mortar (Utomo & Arfiana, 2023).

Dengan pemanfaatan limbah plastik sebagai pengganti agregat halus akan membantu pengurangan masalah polusi plastik yang terus berkembang secara global. Masalah polusi dapat ditemukan di lautan, danau, sungai, tanah, atmosfer, dan sebagainya (Lau *et al.*, 2020). Limbah plastik yang terpapar sinar matahari akan terurai menjadi pecahan plastik atau bahkan “*microplastic*” yang mustahil untuk dipulihkan dan mengganggu rantai makanan serta merusak habitat

alami (Liang *et al.*, 2021). Selain itu dampak buruk lainnya yang disebabkan oleh peningkatan sampah plastik yaitu berkurangnya kadar O<sub>2</sub> dalam tanah yang menjadikan hewan dan mikroorganisme tidak dapat hidup dalam area yang mengandung sampah plastik (Masdiana *et al.*, 2021). Maka pemanfaatan limbah plastik tersebut dalam bidang konstruksi bangunan dianggap sebagai pilihan yang tepat untuk berkontribusi dalam mencegah pencemaran lingkungan dan merancang suatu bangunan yang lebih ekonomis (Yesilata *et al.*, 2009).

Memodifikasi mortar atau beton dengan tambahan polimer sebagai bahan pengganti semen mampu mengurangi permeabilitas sekaligus meningkatkan kekuatan lentur, meningkatkan ketahanan kimia, ketahanan *freeze thaw*, meningkatkan kinerja ikatannya, memberikan lapisan pelindung pada permukaan agregat, dan membentuk hubungan dengan produksi hidrasi semen (Giustozzi, 2016). Polimer juga membantu mengisi pori-pori kapiler, meningkatkan ketahanan terhadap air dan bahan kimia, mengurangi keretakan permukaan, dan meningkatkan daya tahan (Weng, 2017).

Abed *et al.*, (2021) melakukan penelitian dengan menambahkan *polyethylene terephthalate* (PET) sebagai pengganti agregat halus atau pasir di dalam mortar. PET yang digunakan untuk menggantikan pasir dalam penelitian ini mempunyai beberapa variasi yaitu 5, 10, 25, dan 25%. Ukuran PET yang digunakan yaitu sebesar 4,75 mm atau lebih kecil. Penelitian dilakukan untuk mengetahui *flowability*, *dry density*, nilai kuat tekan dan kuat lentur pada mortar tersebut saat ditambahkan PET. Dilakukan pengujian *flowability* sesuai dengan ASTM C230 dengan hasil yang menunjukkan semakin meningkatnya kandungan PET maka *flowability* mortar tersebut semakin meningkat. Untuk pengujian *dry density*

menunjukkan penurunan seiring dengan meningkatnya kandungan PET di dalamnya. Selain itu dilakukan pula pengujian kuat tekan yang dilakukan sesuai dengan ASTM C109. Pengujian dilakukan pada umur mortar 3 dan 28 hari dengan ukuran  $50 \times 50 \times 50 \text{ mm}^3$ . Hasil dari pengujian kuat tekan tersebut menunjukkan penurunan nilai seiring dengan meningkatnya tingkat penggantian limbah plastik dalam campurannya. Pengujian terakhir yang dilakukan yaitu pengujian kuat lentur dengan ukuran sampel  $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$ . Pengujian kuat lentur ini dilakukan sesuai dengan ASTM C348 yang dilakukan pada umur mortar 28 hari. Hasilnya menunjukkan bahwa menurunnya nilai kuat lentur seiring meningkatnya penambahan PET dalam mortar.

Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Al-Mansour *et al.*, (2022) yang mana digunakan *Recycling Waste Plastic* (RWP) atau plastik daur ulang berupa *polypropylene* sebagai campuran mortar guna mengurangi cacat mekanik mortar. Selain itu ditambahkan pula *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) dan *nanosilica* (nS) dalam campurannya. Ratio untuk PP sebagai pengganti pasir yaitu sebesar 10% dan 15%, sedangkan untuk kandungan EVA dan nS dibatasi hingga 4% semen. Pada percobaan ini dilakukan pengujian terhadap kekuatan tekan pada mortar, kekuatan lentur pada mortar, serta karbonasi pada mortar tersebut. Hasil yang didapatkan menunjukkan seiring peningkatan kandungan RWP dalam mortar dari 10% menjadi 15% menyebabkan penurunan kuat tekan sekitar 12% terlepas dari penggunaan EVA dan nS. Penurunan kuat tekan dapat disebabkan oleh lemahnya badan plastik dan rendahnya kohesi dengan pasta semen diantara agregat alami lainnya. Namun, mortar dengan campuran EVA dan nS menunjukkan peningkatan kuat tekan. Peningkatan rata-rata sebesar 3,8% dan 5,2%. Untuk hasil

pengujian kuat lentur juga menunjukkan sesuatu yang tidak jauh berbeda dari kuat tekan. Yang mana saat adanya peningkatan kandungan RWP 10% menjadi 15% menyebabkan penurunan kekuatan sekitar 5%. Untuk kombinasi penggunaan EVA dan nS sedikit meningkatkan kuat lentur, masing-masing menunjukkan peningkatan sebesar 2,0% dan 1,5%. Maka artinya pengaruh kekompakan mortar terhadap kuat tekan mungkin tidak mempunyai pengaruh besar yang sama terhadap kuat lentur. Pengujian terakhir yaitu kedalaman karbonisasi yang mana hasilnya berkurang secara signifikan yaitu sebesar -50% untuk mortar dengan 2% nS. Kombinasi penggunaan EVA dan nS memberikan teknik yang menjanjikan untuk meningkatkan ketahanan karbonasi material semen dengan RWP.

Berdasarkan studi literatur di atas, telah dilakukan pembuatan mortar modifikasi polimer menggunakan bahan utama yaitu semen, pasir, *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA). Penelitian ini dilakukan dengan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:4. Ratio air (w/c) yang digunakan sebanyak 0,5. Mortar dicetak dengan ukuran  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$  dan direndam di dalam wadah berisi air selama 21 dan 28 hari. Selanjutnya dilakukan uji fisis (absorpsi, porositas, dan densitas) dan uji mekanis (kuat tekan) pada mortar modifikasi polimer. Karakterisasi yang dilakukan pada mortar yaitu *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui komposisi kimia pada bahan penyusun, *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui fase kristal pada mortar modifikasi polimer, *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk mengetahui morfologi dari permukaan mortar modifikasi polimer, dan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi dari mortar modifikasi polimer.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi serta variasi waktu perendaman terhadap sifat fisis (absorpsi, porositas, dan densitas) dan sifat mekanis (kuat tekan) pada mortar polimer?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu perendaman terhadap komposisi kimia, struktur fasa, struktur mikro, serta gugus fungsi yang terbentuk pada mortar polimer?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi komposisi serta variasi waktu perendaman terhadap sifat fisis (absorpsi, porositas, dan densitas) dan sifat mekanis (kuat tekan) pada mortar polimer.
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu perendaman terhadap komposisi kimia, struktur fasa, struktur mikro, serta gugus fungsi yang terbentuk pada mortar polimer.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bahan pembuatan mortar polimer yang digunakan yaitu semen, pasir, *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA), dan air.
2. Ukuran mortar polimer yaitu  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ .

3. Waktu perendaman selama 21 dan 28 hari.
4. Uji fisis yang dilakukan ialah absorpsi, porositas, dan densitas.
5. Uji mekanis yang dilakukan adalah kuat tekan.
6. Karakterisasi yang digunakan adalah: *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS), dan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR).

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) dengan waktu perendaman 21 hari dan 28 hari dalam pembuatan mortar modifikasi polimer.
2. Memberikan informasi terkait pembuatan mortar polimer yang menjadi salah satu cara untuk mengurangi sampah plastik dan menunjang ekonomi sirkular.
3. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi mengenai pemanfaatan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) dalam mortar modifikasi polimer.
4. Sebagai tambahan referensi di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung, khususnya pada KBK Material.
5. Sebagai acuan dalam penelitian selanjutnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mortar

Mortar ialah campuran semen atau kapur dengan pasir yang ditempa hingga menjadi plastis dengan air (Baker, 1890). Mortar merupakan komponen konstruksi yang mempunyai kekuatan rendah sehingga tidak dapat digunakan pada kerangka struktur utama, hanya saja dapat digunakan sebagai pengisi (Hamdi *et al.*, 2022). Selain sebagai pengisi, mortar dapat digunakan sebagai material perekat (Hidayat, 2009). Aplikasi mortar sebagai dalam dunia konstruksi ditemukan dalam pengerjaan pemasangan pondasi, perekat dalam pemasangan batu bata, dan pengerjaan dinding bangunan (Arif *et al.*, 2015).

Dalam suatu konstruksi bangunan, mortar mempunyai fungsi utama sebagai penambah lekatan dan daya tahan ikatan antar komponen-komponen penyusun di dalamnya. Kekuatan mortar yang dihasilkan bergantung pada kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halusny. Mortar juga mempunyai nilai penyusutan yang relatif kecil. Ketahanan terhadap air sangat diperlukan oleh mortar, serta kekuatan geser pada mortar dapat memikul gaya-gaya yang bekerja padanya. Jika penyerapan air terlalu cepat atau deras, maka yang mortar akan mengalami pengerasan yang tidak optimal dan akan kehilangan ikatan adhesinya (Zuraida & Hastono, 2017).

Berdasarkan kuat tekan yang dihasilkannya, mortar terbagi menjadi beberapa tipe. Berdasarkan SNI 03-6882-2002, mortar dibedakan menjadi beberapa tipe yaitu tipe M, tipe S, tipe N, dan tipe O.

#### 1. Mortar Tipe M

Mortar tipe M merupakan hasil campuran bahan yang mempunyai nilai kuat tekan yang tinggi yaitu minimumnya 17,2 MPa. Mortar tipe ini sangat dianjurkan untuk pemasangan pada bangunan bertulang atau tidak bertulang yang akan memikul beban yang besar.

#### 2. Mortar Tipe S

Mortar tipe S tergolong ke dalam hasil campuran bahan yang mempunyai nilai kuat tekan sedang yaitu minimumnya 12,5 MPa. Mortar tipe S mampu memikul beban normal, tetapi dengan adanya kuat lekat lentur yang diperlukan untuk menahan beban lateral besar yang berasal dari tekanan tanah, angin, dan beban gempa, maka tipe ini dianjurkan untuk digunakan pada struktur bawah tanah ataupun struktur yang berhubungan dengan tanah seperti pondasi, dinding penahan tanah, saluran pembuangan, dan lainnya.

#### 3. Mortar Tipe N

Mortar tipe N mempunyai nilai kuat tekan minimum sebesar 5,2 MPa. Umumnya mortar ini digunakan pada konstruksi bangunan di atas tanah. Mortar jenis ini digunakan pada dinding guna menahan beban interior maupun eksterior.

#### 4. Mortar Tipe O

Mortar tipe O tergolong ke dalam mortar dengan nilai kuat tekan yang rendah

yaitu bernilai minimum sebesar 2,4 MPa. Mortar tipe ini digunakan untuk dinding yang tidak menahan beban struktur.

## **2.2 Polymer**

### **2.2.1 Polyethylene Terephthalate (PET)**

*Polyethylene Terephthalate* (PET) merupakan salah satu resin polimer termoplastik semikristalin yang paling banyak tersedia dan merupakan satu-satunya serat dan film yang membentuk polimer jenuh (Thomas *et al.*, 2018). PET merupakan jenis plastik yang paling banyak digunakan di dunia, terutama sebagai wadah minuman dan makanan. Sebagian besar PET yang dimanfaatkan sebagai wadah minuman yaitu botol langsung dibuang setelah sekali pemakaian. Botol PET yang dibuang diolah dengan cara ditimbun dan dibakar sehingga menimbulkan masalah serius pada lingkungan. Maka PET perlu dimanfaatkan dengan baik, salah satu caranya yaitu menjadikannya sebagai campuran beton ataupun mortar (Prabhu *et al.*, 2014). Jenis PET yang baik untuk dicampurkan ke dalam mortar berguna meningkatkan sifat mekaniknya ialah PET berbentuk *fiber*. PET mempunyai sifat mekanik, listrik, dan termal yang baik. Selain itu PET mempunyai ketahanan kimia yang sangat baik, transparansi stabilitas, dan penyerapan air yang rendah (Thomas *et al.*, 2018).

### **2.2.2 Ethylene Vinyl Acetate (EVA)**

*Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) merupakan *copolymer* dari *ethylene* dan *Vinyl Acetate* (VA). EVA mempunyai rumus kimia  $(C_6H_{10}O_2)_n$  (Athey, 1991). EVA umumnya digunakan sebagai bahan dasar perekat. EVA diaplikasikan sebagai perekat keramik pada lantai. EVA juga dapat diaplikasikan sebagai campuran. EVA digunakan dalam campuran sebagai elastomer termoplastik karena kopolimer EVA tersegmentasi mempunyai kandungan VA yang lebih tinggi dan ketahanan termal, oksidasi, dan radiasi UV yang baik. Selain memiliki ketahanan oksidasi yang baik, EVA juga mempunyai kompatibilitas dengan resin, bahan pengisi, dan lilin (terkecuali paraffin) (Benedek, 2006).

EVA juga mempunyai kemampuan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan mortar. Penambahan polimer sebagai pengganti semen ke dalam campuran mortar dilakukan oleh Kim, (2020). Ia memodifikasi mortar dengan beberapa jenis polimer berbeda (AC, PVA, SBR, dan EVA). Hasilnya menunjukkan mortar dengan campuran polimer EVA mempunyai kinerja yang terbaik di antara jenis yang lain, dan menunjukkan nilai kuat tekan dan kuat lentur yang terus meningkat setelah 28 hari.

### **2.3 Semen Portland**

Semen merupakan suatu material yang telah berkembang sejak beberapa abad yang lalu. Pada akhir abad ke-18, bangsa Eropa menemukan bahan pengikat anorganik yang dapat mengeras bila tercampur air. Kemudian di abad yang sama, Parker menemukan “Semen Romawi” yang dibuat dari bahan berkapur yang

dipanaskan. Selama berabad-abad pengembangan semen terus dilakukan untuk mencari jenis semen yang kuat dan tahan lama. Tampak pula di tahun 1822, James Frost mematenkan dan memproduksi semen yang dikenal dengan “*British Cement*” dan akhirnya pada 1824 ditemukanlah “*Portland Cement*” oleh Joseph Aspdin (Ghosh, 1991).

Semen portland di Indonesia mempunyai beberapa jenis diantaranya adalah *Ordinary Portland Cement* (OPC), *Portland Pozzolana Cement* (PPC), dan *Portland Cement Composite* (PCC).

a. *Ordinary Portland Cement* (OPC)

Menurut SNI-15-2049-2004, *Ordinary Portland Cement* (OPC) ialah jenis semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland*. Semen Portland yang digunakan terutama harus mengandung kalsium silikat yang bersifat hidrolisis. Proses penggilingan juga bersamaan dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambahkan dengan bahan tambahan lainnya.

b. *Portland Pozzolana Cement* (PPC)

Menurut SNI 15-0302-2004, *Portland Pozzolana Cement* (PCC) ialah jenis semen hidrolisis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen Portland dan pozzolan halus. Kandung pozzolan di dalamnya sekitar 6% hingga 40% massa semen portland pozzolan.

c. *Portland Cement Composite* (PCC)

Menurut SNI 15-7964-2004, *Portland Cement Composite* (PCC) ialah jenis semen yang tersusun atas campuran bubuk semen Portland dengan bubuk

bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain adalah terak tanur tinggi (*blast furnace-slag*), *pozzolan*, senyawa silika, batu kapur, dan lainnya. Kadar total bahan anorganik dalam campurannya yaitu 6%-35% dari massa semen Portland komposit.

Semen jenis PCC ini juga dapat digunakan sebagai material pembangun konstruksi umum seperti pekerjaan beton, pemasangan bata, selokan, jalan, pagar, dinding dan lainnya. Dalam pembangunan khusus PCC juga banyak digunakan sebagai bahan pembuatan beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan lain sebagainya.

#### **2.4 Agregat**

Agregat pada mortar ialah berupa material pasir. Nantinya material tersebut diklasifikasikan saat fraksi berukuran 2,36 mm ke bawah artinya tergolong halus, sebaliknya saat fraksinya berukuran lebih dari 2,36 mm maka masuk ke dalam golongan kasar. Agregat yang digunakan dalam campuran mortar perlu untuk diperhatikan kebersihan dan kemurniannya. Jika terdapat campuran lumpur dan tanah liat maka nantinya akan meningkatkan kebutuhan air pada mortar. Akibatnya nanti akan mengurangi kekuatan tekan dan lentur, mengurangi permeabilitas, dan meningkatkan resiko retak pada mortar yang mengeras (Allen, 2015).

Kandungan pasir sebagai agregat pada mortar merupakan salah satu faktor penting yang menentukan kekuatan dan struktur pori mortar. Kekuatan mortar terjadi peningkatan seiring dengan peningkatan rasio pasir di dalamnya. Peningkatan

kandungan pasir dalam suatu mortar juga membantu mengurangi porositas total pada mortar. Hal tersebut terjadi karena pori-pori menjadi lebih halus seiring bertambahnya pasir (Bu *et al.*, 2017).

## **2.5 Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Material**

### **2.5.1 Absorpsi**

Absorpsi atau daya serap air adalah persentase yang menunjukkan massa air yang mampu diserap oleh suatu material jika direndam dalam air. Penyebab terjadinya peningkatan daya serap air dikarenakan semakin meningkatnya porositas. Kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen, menyebabkan mortar semakin berkurang kekuatannya (Syarif *et al.*, 2022).

Menurut ASTM-C 642-06, nilai absorpsi dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.1).

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (2.1)$$

dengan A sebagai absorpsi (%),  $m_1$  sebagai massa kering (g), dan  $m_2$  sebagai massa basah (g).

### **2.5.2 Porositas**

Porositas ialah suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari ruang kosong di antara material dan merupakan fraksi dari volume ruang kosong terhadap total volume suatu mortar (Rahmayani *et al.*, 2017). Ruang pori yang terbentuk pada mortar

terjadi sebagai akibat dari faktor air semen, pemilihan agregat, akibat pembakaran suhu tinggi (Sari *et al.*, 2017).

Menurut ASTM-C 642-06, nilai porositas dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.2).

$$\phi = \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_3} \times 100\% \quad (2.2)$$

dengan  $\phi$  sebagai porositas (%),  $m_1$  sebagai massa kering (g),  $m_2$  sebagai massa basah (g), dan  $m_3$  sebagai massa benda dalam air (g).

### 2.5.3 Densitas

Densitas (kerapatan) atau massa jenis suatu mortar ialah pengukuran guna mengetahui ukuran antara massa mortar terhadap volume mortar (Nurhuda *et al.*, 2022). Menurut ASTM-C 642-06 nilai densitas dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.3).

$$\rho = \frac{m_1}{m_2 - m_3} \times \rho_{air} \quad (2.3)$$

dengan  $\rho$  sebagai densitas ( $\text{g/cm}^3$ ),  $m_1$  sebagai massa kering (g),  $m_2$  sebagai massa basah (g), dan  $m_3$  sebagai massa benda dalam air (g).

### 2.5.4 Kuat Tekan

Sifat mekanik dari beton atau mortar yang sering kali dilakukan pengujian yaitu terhadap kekuatan tekannya. Uji tekan ialah pengujian yang paling umum untuk dilakukan pada beton yang mengeras. Kekuatan tekan pada beton atau mortar

sangat penting karena menjadi sifat utamanya (Balamuralikrishnan & Saravanan, 2021). Menurut SNI 03-6825-2002, kekuatan tekan mortar semen Portland adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji mortar tersebut yang berbentuk kubus dengan ukuran mortar serta dalam umur tertentu. Kekuatan tekan mortar dihitung dengan Persamaan (2.4).

$$P = \frac{F_{maksimum}}{A} \quad (2.4)$$

dengan  $P$  ialah kekuatan tekan mortar (MPa),  $F_{maksimum}$  sebagai gaya tekan maksimum (N), dan  $A$  sebagai luas penampang ( $\text{mm}^2$ ).

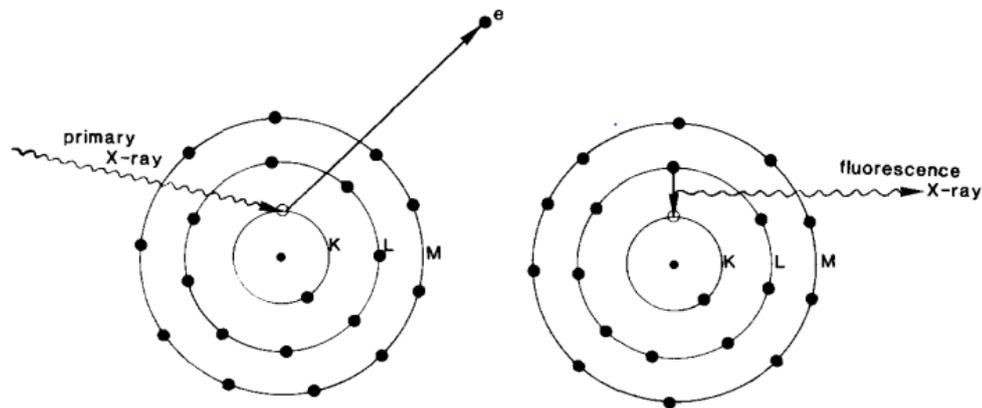
## 2.6 Karakterisasi

### 2.6.1 X-Ray Fluorescence (XRF)

*X-Ray Fluorescence* (XRF) ialah suatu metode untuk melakukan analisa unsur dalam suatu material dengan cara karakterisasi sinar-X oleh atom-atom yang berinteraksi dengan radiasi (Shackley, 2010). Material yang dianalisis dengan metode karakterisasi XRF dapat berupa padat, bubuk, ataupun cair (Potts & Webb, 1992).

Terdapat dua macam spektroskopi fluoresensi sinar-X, yaitu spektroskopi dispersi panjang gelombang (*Wavelength Dispersive Spectroscopy/WDS*) dan spektroskopi dispersi energi (*Energy Dispersive Spectroscopy/EDS*). Pada WDS, analisis kimia didasarkan pada panjang gelombang sinar-X, sedangkan pada EDS analisis didasarkan pada energi sinar-X (Setianingsih, 2018).

Prinsip utama dari XRF sendiri didasarkan pada fakta, bahwa atom ketika ditembakkan sinar-X akan memancarkan sinar-X sekunder yang dikenal dengan radiasi fluoresensi. Prinsip kerja dari XRF adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Skema Prinsip XRF (Potts & Webb, 1992).

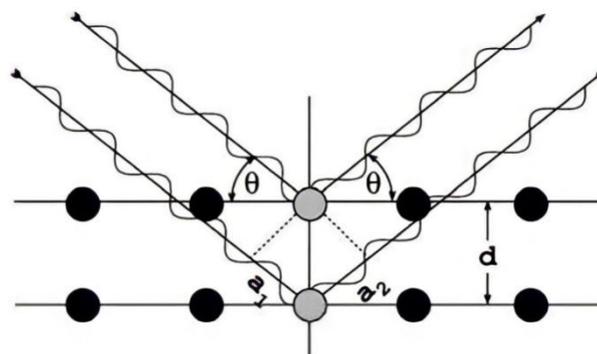
Gambar 2.1 menunjukkan ilustrasi prinsip kerja XRF, yang mana saat sinar-X primer mengenai sampel yang menyebabkan elektron pada kulit bagian dalam atom mengalami efek fotoelektrik. Pada saat dalam keadaan tereksitasi ini, elektron kulit terdalam yang hilang akan digantikan oleh elektron dari kulit terluar. Diantara kulit dalam dan kulit luar atom mempunyai perbedaan energi. Maka, electron akan memancarkan foton atau radiasi fluoresensi sinar-X untuk menghasilkan keseimbangan energi dalam atom (Potts & Webb, 1992).

### 2.6.2 X-Ray Diffraction (XRD)

Sinar-X ditemukan oleh W. Röntgen pada tahun 1895, dengan ciri-ciri yang belum diketahui. Sinar-X ialah suatu sinar yang mengacu pada radiasi elektromagnetik dengan rentang panjang gelombang dari  $10^{-3}$  nm hingga 10 nm. Sinar-X banyak digunakan sebagai pemindai untuk menggambarkan bagian dalam

objek yang buram secara visual, seperti dalam radiografi medis, tomografi komputer, dan *security scanners*. Selain itu sinar-X juga dapat digunakan untuk memberikan informasi terkait dengan struktur fasa, transisi fasa, dan kualitas kristal pada suatu material (Lee, 2007).

Difraksi sinar-X tergolong sebagai metode analisis yang cepat dan efektif untuk membedakan antara material kristal atau amorf pada suatu sampel dengan memberikan informasi terkait struktur fasa, macam-macam kecacakan dan penyimpangan kristal, dan karakterisasi material kristal baik dengan cara kualitatif ataupun kuantitatif dari mineral yang berukuran halus (Meirawaty *et al.*, 2022). *X-Ray Diffraction* (XRD) ialah suatu proses penghamburan berkas oleh elektron-elektron yang terkait pada atom-atom dalam suatu kristal dan interferensi dari hamburan *X-Ray* oleh susunan atom-atom di dalam kristal yang periodik dan simetri (Chung & Smith, 2000). Sinar-X akan dihamburkan pada sudut tertentu (sudut Bragg) oleh atom-atom yang tertata dalam sistem kristal (Setianingsih, 2018). Skema dari terjadinya difraksi sinar-X ditunjukkan pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Skema Hukum Bragg (Stanjek & Häuser, 2004).

Difraksi dalam bidang kristal tiga dimensi mempunyai berbagai pertimbangan ketat dikarenakan dianggap sebagai hal yang rumit. Namun Bragg

menyederhanakan permasalahan dengan menunjukkan bahwa difraksi setara dengan refleksi simetris dari berbagai bidang kristal, asalkan beberapa kondisi tertentu harus terpenuhi. Kondisi tersebut yaitu kisi-kisinya harus periodik dan panjang gelombang cahaya sama besarnya dengan jarak yang akan ditentukan. Gambar 2.2 menunjukkan adanya seberkas sinar-X dengan panjang gelombang  $\lambda$ , menumbuk sekumpulan bidang kristal dengan sudut sebesar  $\theta$  dan dengan jarak sebesar  $d$ . Sinar yang dipantulkan pada suatu sudut hanya dapat menjadi nyata jika sinar dari setiap bidang berurutan dan saling menguatkan. Agar hal ini terjadi, jarak ekstra yang harus ditempuh sinar yang terbesar dari setiap bidang dengan bilangan integral panjang gelombang ( $n\lambda$ ) (Smallman & Bishop, 1999). Misalkan pada Gambar 2.2 sinar kedua harus merambat lebih jauh dari sinar pertama dengan jarak  $a_1 + a_2$ . Kondisi untuk refleksi dan penguatan ditunjukkan pada Persamaan (2.5)

$$n\lambda = a_1 + a_2 = 2d \sin \theta \quad (2.5)$$

Persamaan (2.5) tersebut dikenal sebagai penggambaran dari Hukum Bragg. Sudut  $\theta$  dikenal sebagai nilai sudut kritis yang memenuhi hukum tersebut lalu dianggap sebagai sudut Bragg (Stanjek & Häuser, 2004).

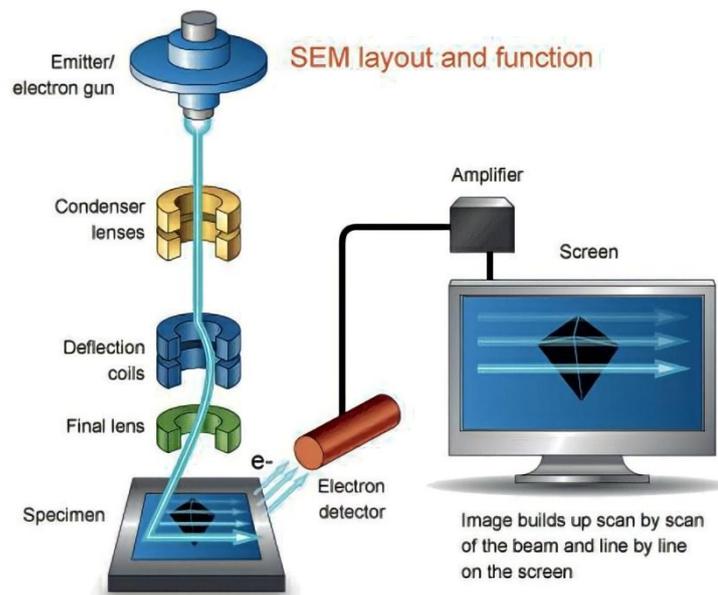
### **2.6.3 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)**

Mikroskop berasal dari Bahasa Yunani “*micros*” yang artinya kecil dan “*skopeo*” artinya melihat. Salah satu mikroskop yang menjadi instrumentasi paling berguna untuk pemeriksaan dan analisis karakteristik struktur mikro material ialah

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) (Goldstein *et al.*, 2012). Pada tahun sekitar tahun 1930, SEM memiliki kontribusi besar dalam ilmu optik elektron yang diperkenalkan pertama kali oleh fisikawan asal Jerman yaitu M. Knoll dan M Von Ardenne (Holt and Joy, 1989).

Fungsi utama *Scanning Electron Microscopy* (SEM) ialah untuk memperbesar fitur atau objek kecil yang tidak terlihat oleh pandangan manusia. Sesuai dengan namanya *Scanning Electron Microscopy* (SEM) akan menampilkan citra dari permukaan sampel dengan bantuan berkas elektron berenergi tinggi, yang tentunya berbeda dengan mikroskop optik yang hanya dibantu dengan cahaya. Dengan bantuan elektron yang tentunya panjang gelombangnya lebih kecil, detail material yang terlihat akan lebih halus hingga tingkat yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan cahaya optik (Ul-Hamid, 2018).

SEM dianggap sebagai suatu metode yang efektif pada analisis material organik dan anorganik pada skala nano meter (nm) hingga mikro meter ( $\mu\text{m}$ ). SEM bekerja pada perbesaran tinggi yang mencapai  $300.000\times$  bahkan  $1.000.000\times$  perbesaran pada jenis SEM modern. Dari perbesaran yang besar akan menghasilkan gambar dengan sangat presisi dari material tersebut (Mohammed & Abullah, 2018). Skema dari SEM ditampilkan pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Skema *Scanning Electron Microscopy* (Zhou *et al.*, 2007)

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) dimulai dengan berkas elektron yang ditembakkan oleh *electron gun*. Lalu berkas elektron tersebut akan melewati lensa kondensor dan objektif yang mempunyai fungsi sebagai pengontrol balok agar dapat memfokuskan arahnya pada benda uji. Selanjutnya mengontrol balok ke arah sumbu x dan y kumparan pemindai atau *plat deflector* di kolom elektron. Terjadi interaksi dengan spesimen, elektron kehilangan energinya karena adanya hamburan berulang dan penyerapan pada spesimen, keadaan tersebutlah yang menghasilkan beberapa jenis sinyal yang dapat dideteksi dan diproses untuk menghasilkan suatu gambar atau spektrum (Hafner, 2007).

Pada analisis dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) biasanya tidak terlepas dari sesuatu yang dinamakan *Energi Dispersive Spectroscopy* (EDS). EDS ialah suatu detektor berbahan silikon yang mengandung lithium. Perkembangan EDS mulai terjadi pada tahun 1960-an, yang awalnya diterapkan untuk aplikasi nuklir. EDS mulai diterapkan pada analisis SEM yaitu sekitar tahun

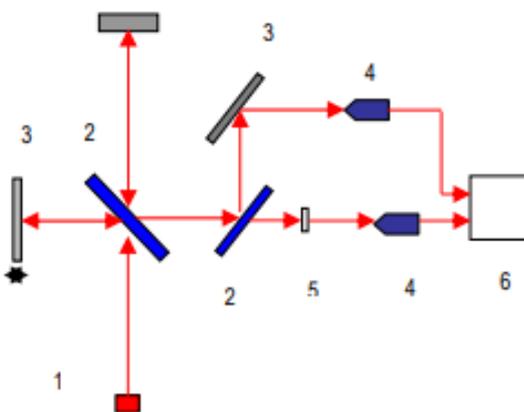
1970-an dan langsung terjadi keberhasilan dalam penerapannya (Bell & Garratt-Reed, 2003). Maka dari itu kedua analisis tersebut menjadi kesatuan yang dikenal dengan SEM-EDS, fungsinya yaitu sebagai alat karakterisasi suatu material guna menunjukkan struktur mikro, morfologi permukaan, dan mengukur semua unsur kimia pada mortar (Siregar *et al.*, 2020).

### **2.6.1 *Fourier Transform Infrared (FTIR)***

Spektroskopi *Fourier Transform Infra-red* (FTIR) adalah metode pilihan untuk mendeteksi spesies dengan *infra-red* yang dipisahkan secara kromatografi. FTIR mempunyai popularitas disebabkan oleh fitur interferometri multipleks dan pemindaian cepat. Interferometer dikembangkan oleh Albert A. Michelson pada tahun 1880-an (White, 2020). Spektroskopi *infra-red* merupakan suatu alat industri yang banyak digunakan dalam analisis komposisi sampel organik, anorganik, dan polimer untuk pengendalian kualitas bahan mentah dan produk komersial. Teknik spektroskopi FTIR ini relatif sederhana, tidak merusak material, serbaguna dalam menangani material padatan, maupun cairan dan gas dengan persiapan sampel yang baik. Tingkat keakuratannya cukup baik untuk mengidentifikasi struktur bahan yang tidak diketahui (Grasselli, 1984).

Teknik analisis FTIR bekerja dengan cara mengukur penyerapan radiasi *infra-red* oleh bahan sampel dengan panjang gelombang. Pita serapan *infra-red* mengidentifikasikan komponen dan struktur molekul. Ketika suatu bahan disinari dengan radiasi *infra-red*, radiasi *infra-red* yang diserap akan mengeksitasi molekul ke keadaan vibrasi yang lebih tinggi. Panjang gelombang cahaya yang diserap oleh suatu molekul merupakan fungsi dari perbedaan energi antara

keadaan diam dan keadaan vibrasi tereksitasi. Panjang gelombang yang diserap oleh sampel merupakan karakteristik struktur molekulnya. Spektrometer FTIR menggunakan interferometer untuk memodulasi panjang gelombang dari sumber *infra-red broadband* detektor akan mengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau dipantulkan sebagai fungsi dari panjang gelombangnya. Sinyal yang diperoleh dari detektor berupa interferogram yang harus dianalisis dengan komputer menggunakan transformasi *fourier* untuk mendapatkan spektrum *infra-red* tunggal. Spektrum FTIR biasanya disajikan sebagai plot intensitas versus bilangan gelombang (dalam  $\text{cm}^{-1}$ ). Intensitas dapat diplot sebagai persentase transmitansi atau serapan cahaya pada setiap bilangan gelombang (Prasad & Ravande, 2021). Skema dari alat spektroskopi FTIR dapat dilihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Skema Alat Spektroskopi FTIR (Anam *et al.*, 2007).

Dari Gambar 2.4 dapat dilihat beberapa bagian dari alat spektroskopi FTIR. Bagian yang ditunjukkan oleh (1) *infra-red*, (2) pembagi berkas (*beam splitter*), (3) kaca pemantul, (4) sensor *infra-red*, (5) sampel, dan (6) *display* (Anam *et al.*, 2007).

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada Desember 2023 sampai dengan Juni 2024 di PP Non Logam, Pusat Riset Teknologi Pertambangan BRIN yang bertempat di Jl. Ir. Sutami KM. 15, Tanjung Bintang, Lampung Selatan, Lampung.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1 Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan digital, cetakan kubus berukuran  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ , gelas ukur ukuran 100 ml, baskom, ember, plastik *zipper*, sarung tangan, spidol *permanent*, mesin hidrolik, mesin uji kuat tekan merk *universal testing machine (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-Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS) Quattro S*, dan *Fourier Transform Infra-Red (FTIR) Bruker Type Invenio*.

### 3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: semen Portland jenis PCC berasal dari Indonesia, pasir, polimer PET dari cacahan botol air mineral, polimer EVA *Taisox Grade 7350m* berasal dari Taiwan, dan air.

### 3.3 Prosedur Penelitian

Proses penelitian ini terdiri dari: preparasi dan karakterisasi bahan baku, pembuatan mortar polimer, pengujian, dan karakterisasi mortar polimer.

#### 3.3.1 Preparasi dan Karakterisasi Bahan Baku

Prosedur preparasi bahan pada penelitian ini adalah:

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain semen Portland, pasir, polimer PET, dan polimer EVA ditimbang sesuai dengan variasi komposisi pada Tabel 3.1.
2. Semen Portland yang digunakan ukuran lolos 325-400 *mesh*.
3. Pasir dilakukan uji Modulus Halus Butir (MHB), kemudian diayak ukuran lolos 325 *mesh*.
4. Polimer PET dari kemasan botol plastik dipotong dengan ukuran  $2 \times 2 \text{ mm}^2$ .
5. Polimer EVA dioven pada suhu  $110^\circ\text{C}$ , lalu diayak ukuran lolos 325 *mesh*.
6. Semen Portland, pasir, polimer PET, dan polimer EVA hasil preparasi dilakukan karakterisasi bahan baku (XRF, XRD, SEM-EDS dan FTIR).

**Tabel 3.1** Variasi Komposisi Bahan

Kode Sampel	Komposisi Bahan (%)				Total
	Pasir	PET	Semen	EVA	
0PET/0EVA	80	0	20	0	100
0,2PET/2EVA	79,84	0,16	19,6	0,4	100
0,5PET/4EVA	79,6	0,4	19,2	0,8	100
0,8PET/6EVA	79,36	0,64	18,8	1,2	100
1,1PET/8EVA	79,12	0,88	18,4	1,6	100
1,4PET/10EVA	78,88	1,12	18	2	100

Untuk memudahkan penyajian data, setiap sampel akan diberi kode dengan format 0PET/0EVA menunjukkan tidak adanya penggunaan PET ataupun EVA, 0,2PET/2EVA menunjukkan penggunaan 0,2% PET dan 2% EVA, 0,5PET/4EVA menunjukkan penggunaan 0,5% PET dan 4% EVA, 0,8PET/6EVA menunjukkan 0,8% PET dan 6% EVA, 1,1PET/8EVA menunjukkan 1,1% PET dan 8% EVA, dan 1,4PET/10EVA menunjukkan 1,4% PET dan 10% EVA.

### 3.3.2 Pembuatan Mortar Polimer

Prosedur pembuatan mortar polimer pada penelitian ini adalah:

1. Bahan baku mortar polimer yaitu pasir, semen Portland, polimer EVA, polimer PET, dan air ditimbang sesuai variasi komposisi pada Tabel 3.1.
2. Pasir dicampurkan dan PET secara merata.
3. Semen Portland dicampurkan dan EVA secara merata, kemudian dimasukkan secara perlahan ke dalam campuran polimer PET dan pasir hingga merata.
4. Air ditambahkan ke dalam campuran tersebut dan seluruh bahan diaduk hingga homogen.
5. Campuran mortar polimer tersebut dimasukkan kedalam cetakan kubus berukuran  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$  yang sudah diolesi dengan oli agar mudah dilepas.

6. Mortar polimer yang ada dalam cetakan dipadatkan dengan mesin hidrolik dengan tekanannya mencapai 2 ton.
7. Mortar Polimer dari cetakan dilepaskan dan didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang.
8. Mortar polimer direndam dalam air dengan variasi waktu perendaman yaitu 21 hari dan 28 hari.

### **3.3.3 Pengujian Mortar Polimer**

Pada penelitian ini dilakukan pengujian mekanik dan pengujian fisis terhadap mortar polimer.

#### **A. Uji Fisis Mortar Polimer**

Pengujian fisis yang dilakukan pada mortar polimer terdiri dari absorpsi, porositas, dan densitas.

##### **1. Absorpsi**

Pengujian absorpsi pada mortar polimer dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mortar polimer yang telah direndam, lalu diangkat dan didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang.
- b. Mortar polimer dimasukkan ke dalam oven untuk dipanaskan selama 24 jam dengan suhu 110°C.
- c. Mortar polimer ditimbang menggunakan timbangan digital, kemudian hasil yang diperoleh dicatat sebagai  $m_1$ .

- d. Mortar polimer direndam kembali selama 24 jam.
- e. Mortar polimer diangkat dan setiap sisi permukaannya diusap dengan menggunakan kain lap.
- f. Mortar polimer ditimbang kembali menggunakan timbangan digital dan hasil yang diperoleh dicatat sebagai  $m_2$ .
- g. Absorpsi dihitung sesuai dengan Persamaan (2.1).

## 2. Porositas

Pengujian porositas pada mortar polimer dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mortar polimer yang telah direndam, lalu diangkat dan didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang.
- b. Mortar polimer dimasukkan ke dalam oven untuk dipanaskan selama 24 jam dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$ .
- c. Mortar polimer ditimbang menggunakan timbangan digital, kemudian hasil yang diperoleh dicatat sebagai  $m_1$ .
- d. Mortar polimer direndam kembali selama 24 jam.
- e. Mortar polimer diangkat dan setiap sisi permukaannya diusap dengan menggunakan kain lap.
- f. Mortar polimer ditimbang kembali menggunakan timbangan digital dan hasil yang diperoleh dicatat sebagai  $m_2$ .
- g. Mortar polimer direndam kembali dan ditimbang dalam keadaan digantung di dalam air menggunakan timbangan digital dan hasil yang diperoleh dicatat sebagai  $m_3$ .

h. Porositas dihitung sesuai dengan Persamaan (2.2).

### 3. Densitas

Pengujian densitas pada mortar polimer dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mortar polimer yang telah direndam, lalu diangkat dan didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang.
- b. Mortar polimer dimasukkan ke dalam oven untuk dipanaskan selama 24 jam dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$ .
- c. Mortar polimer ditimbang menggunakan timbangan digital, kemudian hasil yang diperoleh dicatat sebagai  $m_1$ .
- d. Mortar polimer direndam kembali selama 24 jam.
- e. Mortar polimer diangkat dan setiap sisi permukaannya diusap dengan menggunakan kain lap.
- f. Mortar polimer ditimbang kembali menggunakan timbangan digital dan hasil yang diperoleh dicatat sebagai  $m_2$ .
- g. Mortar polimer direndam kembali dan ditimbang dalam keadaan digantung di dalam air menggunakan timbangan digital dan hasil yang diperoleh dicatat sebagai  $m_3$ .
- h. Densitas dihitung sesuai dengan Persamaan (2.3).

## **B. Uji Mekanis**

Pengujian mekanis yang dilakukan pada mortar polimer adalah uji kuat tekan.

### **1. Kuat Tekan**

Pengujian kuat tekan pada mortar polimer dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Mortar polimer yang diangkat dari dalam air dengan waktu perendaman 21 hari dan 28 hari disiapkan.
- b. Mortar polimer didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang.
- c. Mortar polimer diletakan pada mesin uji kuat tekan.
- d. Beban tekanan maksimum yang dihasilkan dicatat ketika *dial* tidak naik lagi atau saat benda uji sudah hancur.
- e. Kuat tekan dihitung menggunakan Persamaan (2.4).

#### **3.3.4 Karakterisasi Mortar Polimer**

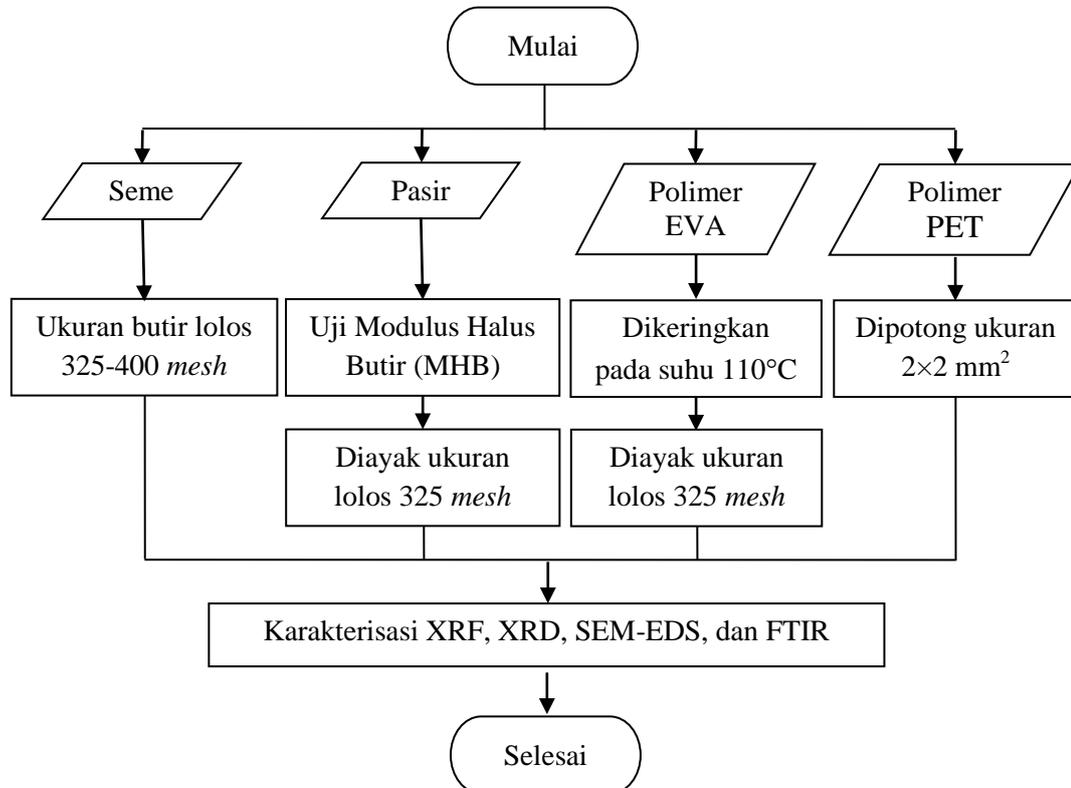
Mortar polimer yang memiliki kuat tekan tertinggi dikarakterisasi menggunakan *X-Rays Fluorescence (XRF)*, *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)*, dan *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*.

### 3.4 Diagram Alir

Diagram alir pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Gambar

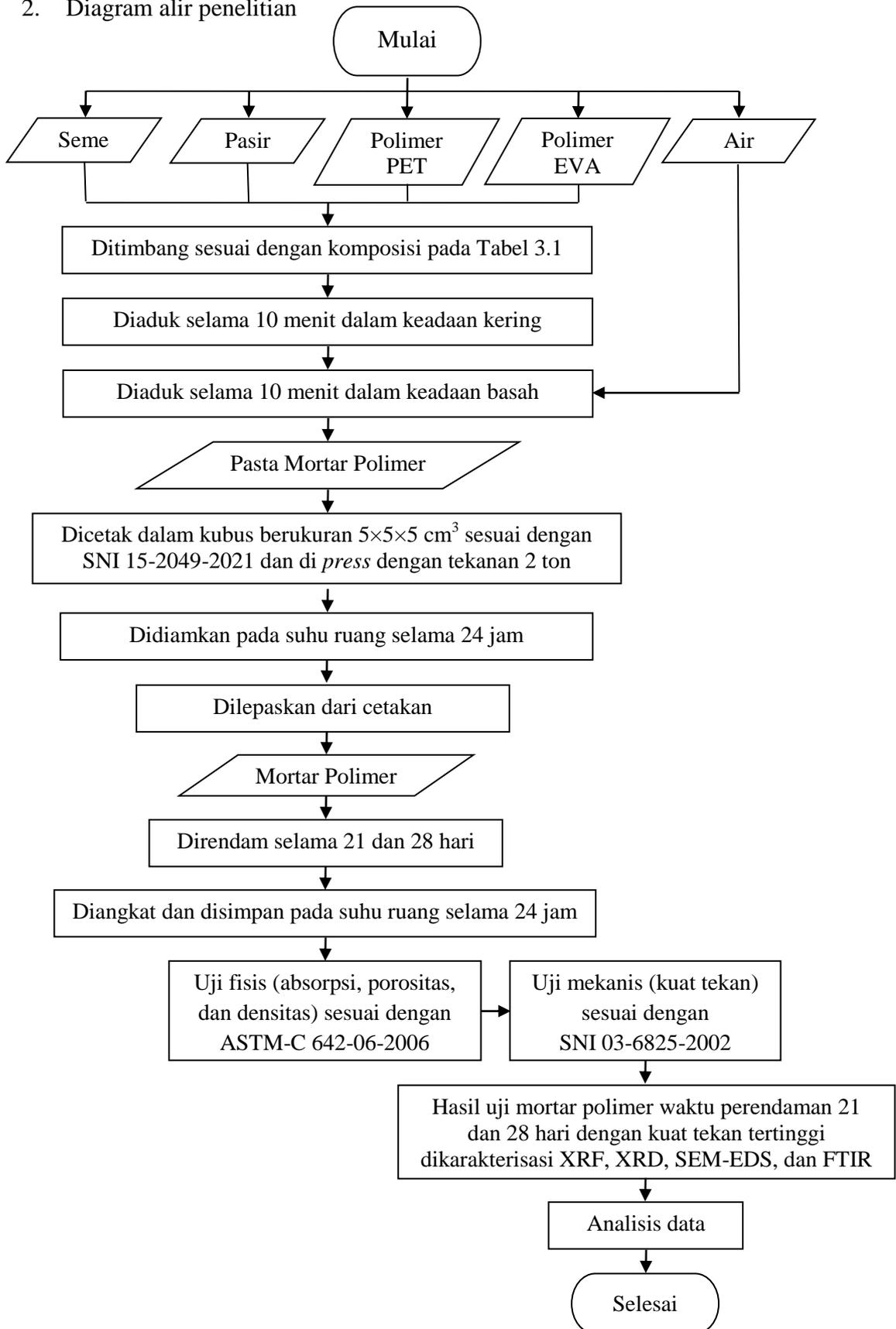
3.2.

1. Diagram alir preparasi dan karakterisasi bahan baku.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Preparasi dan Karakterisasi Bahan Baku.

## 2. Diagram alir penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

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

1. Mortar polimer menunjukkan peningkatan absorpsi dan porositas seiring dengan meningkatnya variasi substitusi polimer. Serta akan menurun seiring dengan lamanya waktu perendaman. Sedangkan penurunan densitas dan kuat tekan terjadi seiring dengan penambahan variasi substitusi polimer. Serta akan meningkat seiring dengan lamanya waktu perendaman. Dari hasil nilai kuat tekan tertinggi pada kode sampel 0,2 PET/2 EVA yaitu 14,39 MPa untuk waktu perendaman 21 hari dan 16,03 MPa untuk waktu perendaman 28 hari, menunjukkan bahwa mortar polimer dalam penelitian ini memenuhi syarat SNI 03-6882-2002 karena nilai mortar melebihi 12,5 MPa untuk digolongkan ke dalam mortar tipe S.
2. Komposisi kimia pada mortar polimer dengan waktu perendaman 21 hari dan 28 hari didominasi oleh senyawa  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Struktur fase yang terbentuk pada mortar polimer dengan waktu perendaman 21 hari dan 28 hari ialah *calcite*, *quartz*, *corundum*, dan *hematite*. Dengan intensitas tertinggi pada kedua mortar polimer tersebut ialah fasa *calcite*.

3. Struktur mikro pada mortar polimer dengan waktu perendaman 21 hari dan 28 hari menunjukkan adanya pembentukan C-S-H dan penyebaran unsur paling dominan ialah unsur Ca dan Si.
4. Gugus fungsi pada mortar polimer dengan waktu perendaman 21 hari dan 28 hari ialah C-O, Si-O-Si, Si-O dan O-H pada mortar polimer.

## **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat diberikan pada penelitian selanjutnya ialah dalam usaha untuk memperoleh produk mortar polimer dengan kualitas yang lebih baik perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan jenis polimer lainnya selain *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA).

## DAFTAR PUSTAKA

- Abed, J. M., Khaleel, B.A., Aldabagh, I. S., & Sor, N. M. 2021. The Effect of Recycled Plastic Waste Polyethylene Terephthalate (PET) on Characteristics of Cement Mortar. *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1973. No. 1. Hal: 1-9.
- Abubaker, S. A., & Taha, A. H. 2021. Identification and characterization of different types of plastics wastes using X-ray diffraction and X-ray fluorescence techniques. *ARO-The Scientific Journal of Koya University*. Vol. 9. No. 2. Hal: 22-25.
- Albano, C., Camacho, N., Hernández, M., Matheus, A., & Gutierrez, A. J. W. M. 2009. Influence of content and particle size of waste pet bottles on concrete behavior at different w/c ratios. *Waste management*. Vol 29. No. 10. Hal: 2707-2716.
- Allen, G. 2015. *Hydraulic Lime Mortar for Stone, Brick, dan Block Masonry: A Best Practice Guide*. United Kingdom: Taylor & Francis.
- Al-Mansour, A., Yang, R., Xu, C., Chen, S., Peng, Y., & Zeng, Q. 2022. Carbonation Resistance Enhancement of Cement Mortars with Recycled Plastics Using Ethylene-Vinyl Acetate and Nanosilica. *7 th International Conference on the Durability of Concrete Structures*. Hal: 1-7.
- Anam, C., Sirojudin, & Firdausi, K. S. 2007. Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Jurnal Berkala Fisika*. Vol. 10. No. 1. Hal: 79-85.
- Arif, J., Husni, H. R., & Sebayang, S. 2015. Pengaruh Resin Epoksi Terhadap Mortar Polimer Ditinjau dari Kuat Tekan, Kuat Tarik, Daya Serap Air, dan Scanning Electron Microscope. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Desain*. Vol. 3. No. 3. Hal: 361-370.
- Arvind, K. K., Pasha, M. H., Irfan, A. D., & Darshan, M. K. 2018. Behaviour of concrete using waste plastic as partial replacement of fine aggregate. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*. Vol. 1. No. 9. Hal: 21-26.
- ASTM-C 642-06-2006. *Standard Test Method for Density, Absorption, And Voids in Hardened Concrete*. West Conshohocken: ASTM International.

- Athey, R. D. 1991. *Emulsion Polymer Technology*. Hong Kong: Taylor & Francis.
- Baker, I. O. 1890. *A Treatise on Masonry Construction*. United Kingdom: J. Willey.
- Balamuralikrishnan, R. & Saravanan, J. 2021. Effect of Addition of Alccofine on the Compressive Strength of Cement Mortar Cubes. *Emerging Science Journal*. Vol. 5. No. . hal: 155-170.
- Bell, D. & Garrat-Reed, A. 2003. *Energy Dispersive X-Ray Analysis in the Electron Microscope*. United Kingdom: Taylor & Francis.
- Benedek, I. 2006. *Pressure-Sensitive Design, and Formulation, Application (Volume 2)*. Netherlands: CRC Press.
- Bu, J., Tian, Z., Zheng, S., & Tang, Z. 2017. Effect of Sand Content on Strength and Pore Structure of Cement Mortar. *Journal of Wuhan University of Technology-MaterSci. Education*. Vol 32. No. 2. Hal: 382-390.
- Chung, F. K. & Smith, D. K. 2000. *Industrial Applications of X-Ray Diffraction*. Switzerland: Taylor & Francis.
- Eslek, A., Mert, H. H., Sözbir, M., Alaasar, M., & Mert, E. H. 2023. Hierarchical Macroporous PolyDCPD Composites from Surface-Modified Calcite-Stabilized High Internal Phase Emulsions. *Polymers*. Vol. 15. No. 1. Hal: 1-16.
- Ge, Z., Yue, H., & Sun, R. 2015. Properties of mortar produced with recycled clay brick aggregate and PET. *Construction and Building Materials*. Vol. 93. Hal: 851-856.
- Ghosh, S. N. 1991. *Cement and Concrete Science and Technology*. India: ABI Books.
- Giustozzi, F. 2016. Polymer-modified previous concrete for durable and sustainable transportation infrastructures. *Construction and Building Materials*. Vol. 111. Hal: 502-512.
- Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Colby, J. W., Yakowitz, H., Lifshin, E., & Coleman, J. R. 2012. *Practical Scanning Electron Microscopy: Electron and Ion Microprobe Analysis*. Switzerland: Springer US.
- Grasselli, J. G. 1984. Industrial Applications of Fourier Transform Infrared Spectroscopy. In: *Fourier Transform Infrared Spectroscopy: Industrial Chemical and Biochemical Application*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Gupta, A. K. 2014. Total Reflection X-Ray Fluorescence Spectroscopy Working Principle. *Journal International of Core Engineering & Management (IJCEM)*. Vol. 1. No. 5. Hal:36-55
- Hafner, B. 2007. *Scanning Electron Microscopy Primer*. Twin Cities: Characterization Facility, University of Minnesota.

- Hamdi, F., Lapian, F. E. P., Tumpu, M., Irianto, Mabut, D. S. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., Masdiana, Rangan, P. P., & Hamkah. 2022. *Teknologi Beton*. Gowa: Tohar Media.
- Hidayat, S. 2009. *Semen: Jenis & Aplikasinya*. Jakarta: Kawan Pustaka.
- Holt, D. B. & Joy, D.C. 1989. *SEM Microcharacterization of Semiconductors*. London: Academic Press.
- Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. 2009. Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. Vol. 364. No.1526. Hal: 2115-2126.
- Kezuka, Y., Kawai, K., Eguchi, K., & Tajika, M. 2017. Fabrication of single-crystalline calcite needle-like particles using the aragonite–calcite phase transition. *Minerals*, 7(8), 133. Kim, M. O. 2020. Influence of Polymer Types on the Mechanical Properties of Polymer-Modified Cement Mortars. *Applied Sciences*. Vol. 10. No. 3. Hal: 1-12.
- Lau, W. W., Shiran, Y., Bailey, R. M., Cook, E., Stuchtey, M. R., Koskella, J., Velis, C. A., Godfrey, L., Boucher, J., Murphy, M.B., Thompson, R. C., Jankowska, E., Castillo, A. C., Pilditch, T. D., Dixon, B., Koerselman, L., Kosior, E., Favoino, E., Gutberlet, J., & Palardy, J. E. 2020. Evaluating Scenarios Toward Zero Plastic Pollution. *Science*. Vol. 369.No. 6510. Hal: 1455-1461.
- Lee, M. 2017. *X-Ray Diffraction for Materials Research: From Fundamentals to Applications*. United States: Apple Academic Press.
- Liang, Y., Tan, Q., Song Q., & Li, J. 2021. An Analysis of The Plastic Waste Trade and Management in Asia. *Waste Management*. Vol. 119. Hal: 242-253.
- Lokeshwari, M., Ostwal, N., Nipun, K. H., Saxena, P., & Pranay, P. 2019. Utilization of waste plastic as partial replacement of fine and coarse aggregates in concrete blocks. *International Research Journal of Engineering and Technology*. Vol. 6. No. 9. Hal: 378-382.
- Mansur, A. A., do Nascimento, O. L., & Mansur, H. S. 2008. *Characterization of copolymers poly (ethylene-co-vinyl acetate) and evaluation of their effects in the modified mortars properties*. In Xth World Congress on Ceramic Tile Quality: Castellón.
- Mansur, A. A., do Nascimento, O. L., & Mansur, H. S. 2009. Physico-chemical characterization of EVA-modified mortar and porcelain tiles interfaces. *Cement and Concrete Research*. Vol. 39. No. 12. Hal: 1199-1208.
- Masdiana, Sulha, Mursidi, B., Machmud, S., Prasetia, M. S., Lewikinta, A. B. 2021. Studi pengaruh limbah plastik sebagai substitusi agregat halus terhadap kuat tekan mortar. *Rekayasa Sipil*. Vol. 15. No. 3. Hal: 222-227.

- McKeen, L. W. 2018. *The Effect of Sterilization on Plastics and Elastomers (Fourth Edition)*. United Kingdom: William Andrew Publishing.
- Meirawaty, M., Nugraheni, R.D., & Riyandhani, C. P. 2022. *Mineralogi*. Banyumas: CV. ZT CORPORA.
- Mikhailov, I. F., Mikhailov, A. I., & Baturin, A. A. 2019. *Analyzing Materials Using Joint X-ray Fluorescence and Diffraction Spectra*. United Kingdom: Cambridge Scholars Publisher.
- Mishra, B., & Mishra, R. S. 2015. A study on use of plastic waste aggregate as partial replacement of natural coarse aggregate in cement concrete mix. *Int J Innovative Res Sci Eng Technol*. Vol. 4. No. 11. Hal: 11232-11238.
- Mohammed, A. & Abdullah, A. 2018 Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review. *In Proceedings of the 2018 International Conference Hydraulics and Pneumatic-HERVEX, Baile Govora, Romania*. Vol. 2018. Hal: 7-9.
- Mohammed, H., Sadique, M., Shaw, A., & Bras, A. 2020. The influence of incorporating plastic within concrete and the potential use of microwave curing; A review. *Journal of Building Engineering*. Vol. 32. Hal: 1-45.
- Muttashar, H. L., Ali, N. B., Ariffin, M. A. M., & Hussin, M. W. 2018. Microstructures and physical properties of waste garnets as a promising construction materials. *Case studies in construction materials*. Vol. 8. Hal: 87-96.
- Nergis, D. D. B., Abdullah, M. M. A. B., Sandu, A. v., & Vizureanu, P. 2020. XRD and TG-DTA Study of New Alkali Activated Materials Based on Fly Ash with Sand and Glass Powder. *Materials*. Vol. 13. No. 2. Hal: 1-18.
- Nunes, R. A. X., Costa, V. C., Calado, V. M. D. A., & Branco, J. R. T. 2009. Wear, friction, and microhardness of a thermal sprayed PET: poly (ethylene terephthalate) coating. *Materials Research*. Vol. 12. No. 2. Hal: 121-125.
- Nurhuda, I., Priastiwi, Y. A., Ardidawa, V., & Nizami, C. A. 2022. Daya Tahan Mortar Geopolimer dan Mortar Semen Portland Pozzolan (PPC) Larutan Asam Sulfat. *Media Komunikasi Teknik Sipil*. Vol. 28. No. 2. Hal: 219-299.
- Ohama, Y. 1995. *Handbook of Polymer-Modified Concrete and Mortars: Properties and Process Technology*. New Jersey: Noyes Publications.
- Park, S., Thanakkasaranee, S., Shin, H., Lee, Y., Tak, G., & Seo, J. (2021). PET/Bio-Based Terpolyester Blends With High Dimensional Thermal Stability. *Polymers*. Vol. 13. No.5. hal. 1-13.
- Peng, Y., Zeng, Q., Xu, S., Zhao, G., Wang, P., & Liu, X. 2019. BSE-IA reveals retardation mechanisms of polymer powders on cement hydration. *Journal of the American Ceramic Society*. Vol. 103. No. 5. Hal: 3373-3389.

- Peng, Y., Zhao, G., Qi, Y., & Zeng, Q. 2020. In-situ assessment of the water-penetration resistance of polymer modified cement mortars by  $\mu$ -XCT, SEM and EDS. *Cement and Concrete Composites*. Vol. 114. Hal: 1-18.
- Potts, P. J., & Webb, P. C. 1992. X-ray Fluorescence Spectrometry. *Journal of Geochemical Exploration*. Vol. 44. No. 3. Hal: 251-296.
- Prabhu, P. G., Kumar, C. A., Pandiyaraj, R., Rajesh, P., & Kumar, L. S. 2014. Study on Utilization of Waste PET Bottle Fiber in Concrete. *International Journal of Research in Engineering & Technology (IMPACT: IJRET)*. Vol. 2. No. 5. Hal: 233-240.
- Prasad, D. D. & Ravande, K. 2021. Fourier Transform Infrared Spektroskopi (FTIR) Studies on the Concrete/Cement Mortar Mass Made of Cent Percentage Recycled Coarse and Fine Aggregates. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*. Vol. 12. No. 1. Hal: 387-400.
- Rahmayani, I. S., Saputra, E., & Olivia, M. 2017. Kuat Tekan dan Porositas Mortar Menggunakan Bahan Tambah Bubuk Kulit Kerang di Air Gambut. *Sipil dan Perencanaan*. Vol. 15. No. 1. Hal: 57-65.
- Raj, R. R., Brijitta, J., Ramachandran, D., & Perumal Pillai, E. B. 2019. Microstructure evolution in ordinary portland cement–metakaolin–red mud-based ternary blended cement. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*. Vol. 100. No. 4. Hal: 707-718.
- Sari, N. P., Olivia, M., & Djauhari, Z. 2017. Kuat Tekan dan Porositas Mortar dengan Bahan Tambah Gula Aren. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Perencanaan (KN-TSP)*. Vol. 9. Hal:267-274.
- Setianingsih, T. 2018. *Prinsip Dasar dan Aplikasi Metode Difraksi Sinar-X untuk Karakterisasi Material*. Malang: Pres. Universitas Brawijaya.
- Shackley, M. S. 2010. *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*. Austria: Springer New York.
- Shubbar, S. D., & Al-Shadeedi, A. S. 2017. Utilization of waste plastic bottles as fine aggregate in concrete. *Kufa Journal of Engineering*. Vol. 8. No. 2. Hal: 132-146.
- Silva, D. A. D., Roman, H. R., & Gleize, P. J. P. 2002. Evidences of chemical interaction between EVA and hydrating Portland cement. *Cement and concrete research*. Vo. 32. No. 9. Hal: 1383-1390.
- Singh, G. B., & Subramaniam, K. V. 2019. Production and characterization of low-energy Portland composite cement from post-industrial waste. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 239. Hal:1-12.

- Siregar, A. M., Sembiring, S., & Marjunus, R. 2020. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Mortar. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 8. No. 1. Hal: 111-117.
- Smallman, R. E. & Bishop, R. J. 1999. *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering*. United Kingdom: Elsevier Science.
- SNI 0302:2004. *Semen Portland Pozzolan*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- SNI 03-6825-2002. *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- SNI 03-6882-2002. *Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- SNI- 15-2049-2004. *Semen Portland*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- SNI 15-7964-2004. *Semen Portland Komposit*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Stanjek, H. & Häusler, W. J. H. I. 2004. Basics of X-ray Diffraction. *Hyperfine interactions*. Vol. 154. Hal: 107-119.
- Suharto, S., Amin, M., Al Muttaqii, M., Marjunus, R., Fitri, N., & Suhartono, S. 2021. Analysis of fine glass waste addition as a filler material for sand substitution on the properties of mortar products. *Teknik*. Vol. 42.No. 3. Hal: 309-315.
- Syarif, H. A., Rahmi, A., & Ariyanto, A. 2023. Kuat Tekan dan Absorpsi Mortar Geopolimer Abu Sawit Portland Composite Cement dengan Variasi Suhu Tinggi. *Jurnal APTEK*. Vol. 15. No.1. Hal:34-41.
- Tararushkin, E. V., Shchelokova, T. N., & Kudryavtseva, V. D. 2020. A study of strength fluctuations of Portland cement by FTIR spectroscopy. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 919, No. 2. Hal: 1-4.
- Thomas, S., Rane, A., Kanny, K., Abitha, V. K., & Thomas, M. G. 2018. *Recycling of Polyethylene Terephthalate Bottles*. United Kingdom: Elsevier Science.
- Ul-Hamid, A. 2018. *A Beginners' Guide Scanning Electron Microscopy*. Germany: Springer International Publishing.
- Utomo, L. W. & Arfiana, S. 2023. Pemanfaatan Limbah Plastik Daur Ulang dari Polietilen Tereftalat (PET) Sebagai Bahan Tambahan dalam Pembuatan Nanokomposit, Semen Mortar, dan Aspal. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. Vol. 11. No. 1. Hal: 164-179.
- Walczak, P., Małolepszy, J., Reben, M., Szymański, P., & Rzepa, K. 2015. Utilization of Waste Glass in Autoclaved Aerated Concrete. *Procedia Engineering*. Vol. 122. Hal: 302-309.

- Weng, T. L. 2017. Evaluation of Cementitious Repair Mortars Modified with Polymers. *Advances in Mechanical Engineering*. Vol. 9. No. 1. Hal: 1-7.
- White, R. 2020. *Chromatography/Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Its Applications*. United States: CRC Press.
- Yeon, K. S., Kim, K. K., Yeon, J., & Lee, H. J. 2019. Compressive and flexural strengths of EVA-modified mortars for 3D additive construction. *Materials*. Vol. 12. No.16.Hal: 1-14.
- Yesilata, B., Isiker, Y., & Turgut, P. 2009. Thermal Insulation Enhancement In Concretes By Adding Waste PET and Rubber Pieces. *Construction and Building Materials*. Vol 23. No.Hal: 1878-1882.
- Yulia, P. & Dewata I. 2023. Optimasi Suhu Pemanasan Pada Metode Ekstraksi Dengan Wet Peroxide Oxidation (WPO) Untuk Identifikasi Mikroplastik Jenis Polyethylene Terephthalate (PET). *Jurnal Pendidikan Tambusai*. Vol. 7. No. 3. Hal: 23719-23727.
- Zhong, H., & Zhang, M. 2021. Effect Of Recycled Tyre Polymer Fiber on Engineering Properties of Sustainable Strain Hardening Geopolymer Composites. *Cement and Concrete Composites*. Vol, 122. Hal: 1-20.
- Zhou, W., Apkarian, R., Wang, Z. L., & Joy, D. 2007. Fundamental of Scanning Electron Microscopy (SEM). *Scanning Microscopy for Nanotechnology: Techniques and Application*. Hal: 1-40.
- Zuraidah, S. & Hastono, B.2017. Serbuk Kapur Sebagai Cementitions Pada Mortar. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Madura*. Vol. 2. No. 1. Hal: 27-31.