

**PENGARUH PENAMBAHAN *STYROFOAM* DAN SERAT *FIBERGLASS*
TERHADAP SIFAT FISIS DAN SIFAT MEKANIS PADA MORTAR
POLIMER DENGAN WAKTU PERENDAMAN 14 HARI DAN 21 HARI**

(Skripsi)

Oleh

**RIDHO FIRNANDO
2017041042**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN *STYROFOAM* DAN SERAT *FIBERGLASS* TERHADAP SIFAT FISIS DAN SIFAT MEKANIS PADA MORTAR POLIMER DENGAN WAKTU PERENDAMAN 14 HARI DAN 21 HARI

Oleh

RIDHO FIRNANDO

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan styrofoam dan serat fiberglass terhadap sifat fisis (porositas, absorpsi, dan densitas) serta sifat mekanis (kuat lentur) pada mortar polimer dengan waktu perendaman 14 dan 21 hari. Variasi komposisi styrofoam dan fiberglass yang digunakan adalah 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%. Sampel mortar dicetak dengan ukuran $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$, kemudian diuji menggunakan timbangan digital untuk pengukuran sifat fisis dan Universal Testing Machine (UTM) tipe HT-2402 untuk uji kuat lentur. Hasil menunjukkan bahwa penambahan styrofoam menurunkan densitas dan meningkatkan porositas, sedangkan serat fiberglass memberikan kontribusi dalam meningkatkan kekuatan lentur. Proses perendaman selama 21 hari menghasilkan struktur mortar yang lebih padat dan stabil dibandingkan 14 hari, ditandai dengan penurunan porositas dan absorpsi serta peningkatan kuat lentur. Variasi komposisi 7,5% dan 12,5% menunjukkan performa terbaik secara fisis dan mekanis.

Kata kunci: mortar polimer, styrofoam, fiberglass, kuat lentur, UTM, sifat fisis, perendaman.

ABSTRACT

EFFECT OF STYROFOAM AND FIBERGLASS ADDITION ON PHYSICAL PROPERTIES AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER MORTAR WITH 14 DAYS AND 21 DAYS SOAKING TIME

By

RIDHO FIRNANDO

This study aims to analyze the effect of the addition of Styrofoam and fiberglass on the physical properties (porosity, absorption, and density) and mechanical properties (flexural strength) of polymer mortar with 14 and 21 days soaking time. Styrofoam and fiberglass composition variations used were 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, and 12.5%. Mortar samples were molded with a size of $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$, then tested using digital scales for measurement of physical properties and Universal Testing Machine (UTM) type HT-2402 for flexural strength test. The results showed that the addition of Styrofoam decreased density and increased porosity, while fiberglass fibers contributed to increasing flexural strength. The 21-day soaking process resulted in a denser and more stable mortar structure compared to 14 days, characterized by decreased porosity and absorption and increased flexural strength. The 7.5% and 12.5% composition variations showed the best physical and mechanical performance.

Keywords: polymer mortar, styrofoam, fiberglass, flexural strength, UTM, physical properties, soaking.

**PENGARUH PENAMBAHAN *STYROFOAM* DAN SERAT *FIBERGLASS*
TERHADAP SIFAT FISIS DAN SIFAT MEKANIS PADA MORTAR
POLIMER DENGAN WAKTU PERENDAMAN 14 HARI DAN 21 HARI**

Oleh

RIDHO FIRNANDO

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

: Pengaruh Penambahan Styrofoam dan Serat Fiberglass Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Motar Polimer dengan Waktu Perendaman 14 Hari dan 21 Hari

Nama Mahasiswa

: **Ridho Firmando**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2017041042

Program Studi

: Fisika

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.

NIP. 196312281986102001

Muhammad Amin, S.T., M.Si.

NIP. 196906101999031004

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.

NIP. 197109092000121001

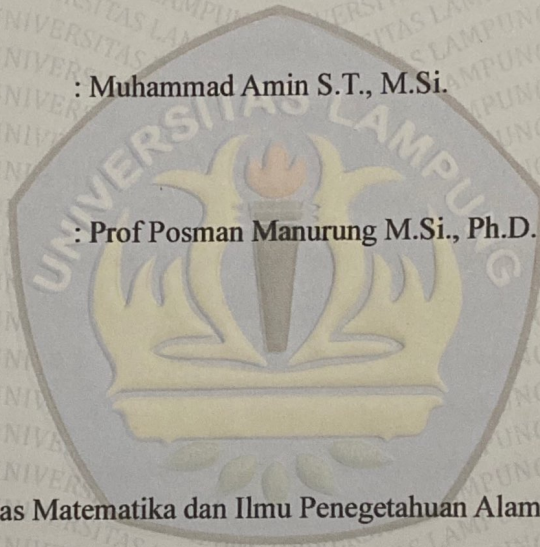
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.

Sekretaris : Muhammad Amin S.T., M.Si.

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



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Penegetahuan Alam



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Desember 2025

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ridho Firnando
Nomor Pokok Mahasiswa : 2017041042
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya dengan judul **“Pengaruh Penambahan Styrofoam Dan Serat Fiberglass Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Mekanis Pada Mortar Polimer Dengan Waktu Perendaman 14 Hari Dan 21 Hari”** adalah benar hasil karya saya sendiri baik ide hasil maupun analisisnya. Selanjutnya saya tidak keberatan jika sebagian atau keseluruhan data di dalam skripsi digunakan oleh dosen atau program studi dalam kepentingan publikasi atas persetujuan penulis dan sepanjang nama saya disebutkan sebelum dilakukan publikasi.

Dengan pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 16 Desember 2025



Ridho Firnando
NPM 2017041042

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Ridho Firnando, dilahirkan pada 26 september 2002, di Bandar Lampung. Penulis bangga berkesempatan hadir dari rahim Wanita yang luar biasa, Ibuku tercinta, Ibu Puji Zubaidah (Alm), darinya lah penulis menemukan kebenaran filosofis dimana wanita adalah tangan dunia dan jembatan akhirat. Kepada Ibu Sri Tuning yang telah merawat dan membesarkanku dengan penuh kasih sayang. Terima Kasih kepada ayahku Suroso, yang dengan kasih, kerja keras, dan kebijaksanaan telah menjadi cermin kehidupan bagiku.

Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 1 Sepang Jaya pada tahun 2014. Setelah itu, ia melanjutkan ke SMP Negeri 8 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2017. Pendidikan menengah kejuruan ditempuh di SMK Negeri 2 Bandar Lampung, mengambil jurusan Teknik Listrik, dan selesai pada tahun 2020.

Tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama masa studi, penulis aktif sebagai Anggota Kaderisasi HIMAFI (2022) dan Kepala Dinas Kajian Aksi Strategis BEM FMIPA Unila (2023). Penulis juga melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) dengan penelitian berjudul **“Pengaruh Variasi Ukuran Mesh Terhadap Komposisi dan Struktur Kristal Pasir Ilmenit Banten”** di BRIN Tanjung Bintang, Lampung Selatan, serta pada tahun 2024 melanjutkan penelitian skripsi di BRIN Tanjung Bintang, Lampung Selatan dengan topik **“Pengaruh Penambahan Styrofoam Dan Serat Fiberglass Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Mekanis Pada Mortar Polimer Dengan Waktu Perendaman 14 Hari Dan 21 Hari”** sebagai topik skripsi.

MOTTO

Kesempatan memang tidak datang dua kali, namun kesempatan datang pada orang yang berjuang berkali-kali"

'...Karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan..."

Q.S. Al-Insyirah: 5

PERSEMBAHAN

Dengan penuh syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan karya ini, kepada:

Kedua Orang Tuaku

Ayah Suroso & Ibu Sri Tuning

Terimakasih untuk segala do'a dan usaha yang tiada henti selalu diberikan kepada anak perempuan ini, sehingga dapat menyelesaikan pendidikannya sampai ke tahap Sarjana Sains.

Keluarga Besar & Sahabat

Serta rekan-rekan seperjuangan "FISIKA 2020 FMIPA Unila"

Terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan sehingga dapat bertahan dalam keadaan suka maupun duka.

Almamater Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Styrofoam dan Serat Fiberglass terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Mortar Polimer dengan Waktu Perendaman 14 Hari dan 21 Hari” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, tidak hanya bagi penulis, tetapi juga bagi para pembaca serta pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang fisika material.

Bandar Lampung, 16 Desember 2025
Yang Menyatakan

RIDHO FIRNANDO

SAWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT., karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Pengaruh Penambahan Styrofoam Dan Serat Fiberglass Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Mekanis Pada Mortar Polimer Dengan Waktu Perendaman 14 Hari Dan 21hari ” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D. selaku pembimbing utama atas kesediaannya memberikan motivasi, pengetahuan, dan saran dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Muhammand Amin, S.T., M.Si. selaku pembimbing kedua atas kesediaannya, memberikan motivasi, pengetahuan, dan arahan dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung. selaku penguji, terimakasih atas kritik dan saran yang telah diberikan selama penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. Selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
5. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
6. Ibu Dr. Anggoro Tri Mursito. selaku Kepala Pusat Riset BRIN Tanjung Bintang.
7. Bapak Dr. Gurum Ahmad Fauzi, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing akademik penulis selama menjadi mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
8. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

10. Bapak/Ibu Peneliti di Pusat Riset Metalurgi BRIN Tanjung Bintang, yang senantiasa memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini.
11. Kepada pintu surgaku, Almarhumah Ibu tercinta, yang meskipun telah tiada, kasih sayang, doa, dan semangat yang Ibu tanamkan akan selalu menjadi sumber kekuatan dalam setiap langkah penulis. Semoga Allah SWT menempatkan Ibu di tempat terbaik di sisi-Nya. Amiin.
12. Kepada orang tuaku yang ku sayangi ayah dan Ibu yang menjadi orang tua yang terhebat. Terimakasih yang tiada terhingga atas limpahan kasih sayang dan cinta yang tulus, doa yang tak pernah putus, materi, motivasi, nasehat, perhatian, dan pengorbanan yang diberikan selalu membuat penulis selalu bersyukur telah memiliki keluarga yang luar biasa.
13. Kepada kakak perempuan ku yang terkasih dan tersayang yang telah memberikan motivasi, semangat, serta menjadi salah satu donatur penulis dalam menjalani masa perkuliahan.
14. Teman-teman Fisika 2020 FMIPA Universitas Lampung dan semua teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.
15. Kepada teman-teman Agriffa Nuzra Djolanda, S.Si., Herfira Salsabila Putri, S.Si., Mario Sulistyono, S.Si., Khairul Umam Muzakki, dan Alissa Anggis, S.Si., penulis mengucapkan terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini. Dukungan dan semangat yang diberikan sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.
16. Kepada kepada Ibnu dan Odir yang telah memberikan kebersamaan, dukungan, serta semangat selama proses penyusunan skripsi. Kehadiran dan canda yang diberikan menjadi penyegar pikiran dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
17. Kepada diri saya sendiri Ridho Firnando. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri di titik ini, walau sering kali merasa putus asa atas apa yang diusahakan dan belum berhasil, namun terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Terima kasih karena tidak menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi. Berbahgialah selalu dimanapun berada.

Akhir kata, penulis berdoa semoga Allah SWT. memberikan balasan berlipat ganda dan memudahkan segala langkah kita atas bantuan yang telah diberikan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 16 Desember 2025

Ridho Firnando

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Mortar	7
2.2.1 Portland Cemet (PC).....	8
2.2.2 Agregat	9
2.3 Polimer	10
2.3.1 <i>Styrofoam</i>	11
2.3.2 Serat Fiberglass	12
2.4 Uji Sifat Fisis dan Sifat Mekanis	13
2.4.1 Porositas	13
2.4.2 Absorpsi	14
2.4.3 Densitas	14
2.4.4 Kuat Lentur	15
2.5 Pengaruh Kombiasi Serat Fiberglass dan Styrofoam pada Mortar Polimer	16
2.6 Pengaruh Perendaman terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Mortar Polimer	17
III. Metode Penelitian	19
3.1 Waktu dan Tempat Peelitian	19

3.2	Alat dan Bahan Penelitian	19
3.3	Prosedur Penelitian	20
3.3.1	Preparasi Bahan Pembuatan Mortar Polimer	20
3.3.2	Pembuatan Mortar Polimer	21
3.3.3	Pengujian Mortar Polimer	22
1.	Uji Mortar Polimer	22
1.1	Proses Pengujian Fisis Mortar Polimer	22
1.2	Persaman Uji Fisis	22
2.	Uji Mekanis	23
2.1	Proses Pengujian Mekanis (Kuat Lentur).....	23
3.4	Diagram Alir	24
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1	Hasil Pengujian Fisis	25
4.1.1	Porositas	25
4.1.2	Absorpsi.....	28
4.1.3	Densitas	30
4.2	Hasil Pengujian Mekanis	32
4.2.1	Kuat Lentur	32
4.3	Hubungan antara sifat fisis dan sifat mekanis	34
4.3.1	Densitas dan Kuat Lentur	34
4.3.2	Porositas dan Absorpsi dan Kuat Lentur.....	35
4.3.3	Peran Waktu perendaman terhadap sifat fisis dan sifat mekanis	35
4.4	Penerapan Mortar Modifikasi dalam Kontruksi Bangunan	36
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	38
	DAFTAR PUSTAKA	39
	LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Klasifikasi Polimer	10
2. Styrofoam	12
3. Serat Fiberglass	12
4. Alat Kuat Lentur Computer Universal Testing Machines	15
5. Diagram Alir Penelitian	24
6. Hasil Pengujian Porositas 14 Hari dan 21 Hari	26
7. Hasil Pengujian Absorpsi 14 Hari dan 21 Hari	28
8. Hasil Pengujian Densitas 14 Hari dan 21 Hari	30
9. Hasil Pengujian Kuat Lentuer 14 Hari dan 21 Hari	32

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat Yang Digunakan Penelitian	19
2. Bahan Yang Digunakan Penelitian	20
3. Variasi Komposisi Mortar Polimer	21

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mortar merupakan material perekat dalam konstruksi terbuat dari campuran semen, pasir dan ditambahkan air. Ada tiga jenis mortar yang umum digunakan dalam konstruksi, yaitu mortar semen, mortar kapur dan mortar polimer. Mortar semen merupakan yang paling sering di gunakan dalam konstruksi sebagai plesteran dan pasangan bata. Mortar kapur dibuat dari campuran pasir, kapur, semen merah dan air. Kapur dan pasir mula-mula dicampur dalam keadaan kering kemudian ditambahkan air. Kemudian tambahkan air secukupnya ke dalam campuran tersebut sampai didapatkan adukan yang ideal sebagai bahan perekat. Mortar polimer merupakan mortar dengan tambahan zat aditif atau bahan khusus yang mempunyai kegunaan tertentu. Penggunaan polimer dalam campuran ini bertujuan untuk meningkatkan *fleksibilitas*, ketahanan terhadap lingkungan agresif, serta daya tahan terhadap siklus pembekuan dan pencairan (Tjokrodimuljo, 1996).

Polimer yang digunakan berfungsi sebagai pengikat utama yang mampu meningkatkan kinerja mortar dibandingkan dengan mortar konvensional. Irshidat *et al.* (2021) juga menyatakan bahwa penambahan polimer *Polypropylene* (PP) dapat mengurangi porositas dan meningkatkan daya rekat mortar pada berbagai substrat, sehingga sangat cocok untuk aplikasi perbaikan struktur bangunan yang mengalami kerusakan akibat beban mekanis maupun faktor lingkungan. Berdasarkan SNI 03-6825 (2002), Mortar polimer dapat dikategorikan berdasarkan jenis polimer yang digunakan, seperti polimer berbasis lateks, epoksi, atau resin sintetis lainnya. Setiap jenis polimer memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari segi daya rekat, ketahanan terhadap bahan kimia, maupun elastisitas. Pemilihan jenis polimer yang tepat sangat bergantung pada kebutuhan

aplikasi, seperti apakah mortar akan digunakan untuk perbaikan struktural, lapisan pelindung, atau sebagai bahan penambal. Selain itu, kondisi lingkungan, seperti tingkat kelembaban, paparan bahan kimia, serta suhu ekstrem, juga menjadi pertimbangan penting dalam menentukan jenis polimer yang paling sesuai untuk digunakan.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan mortar polimer dengan berbagai jenis polimer dan bahan tambahan guna meningkatkan karakteristiknya. Utomo *et al.* (2021) menunjukkan bahwa penambahan polimer *epoxy* resin dengan *fiberglass* dapat meningkatkan sifat *elastisitas* mortar, karena *fiberglass* berperan dalam menahan dan mencegah retak agar tidak meluas. Penelitian lain oleh Amin *et al.* (2024) menemukan bahwa penggunaan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) dalam mortar dapat meningkatkan *fleksibilitas* serta mengurangi beratnya, menjadikannya lebih ringan dan mudah diaplikasikan. Selain itu, Harjono (2019) mencatat bahwa polimer *polypropylene* memiliki sifat yang lentur dan tahan terhadap deformasi. Penelitian Kreutz *et al.* (2021) menunjukkan bahwa penambahan *styrofoam* atau *polystyrene* dalam mortar polimer dapat mengurangi massa jenisnya, sehingga menghasilkan bahan yang lebih ringan dan cocok untuk aplikasi konstruksi yang memerlukan material dengan bobot rendah.

Penelitian yang dilakukan oleh Solikin *et al.* (2021) membahas penggunaan *styrofoam* dan serat nilon mengkilap dalam pembuatan panel beton ringan setengah pelat. Dalam penelitian ini, proporsi campuran mortar ringan disiapkan agar memenuhi persyaratan beton pemadatan sendiri. Untuk menghasilkan mortar ringan, digunakan 30% *styrofoam* bulat sebagai pengganti sebagian agregat halus berdasarkan volumenya. Selain itu, variasi serat nilon mengkilap sebesar 0,5% dan 1,0% digunakan sebagai penguat mortar. Pengujian dilakukan pada benda uji lentur setengah pelat berukuran 70 x 450 x 1100 mm dengan bentang bersih 1000 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serat nilon mengkilap sebesar 1% meningkatkan beban lentur maksimum sekitar 26% dibandingkan dengan penggunaan serat sebesar 0,5%. Semakin tinggi persentase serat yang ditambahkan ke dalam beton, semakin besar lendutan yang dapat terjadi sebelum

mencapai beban maksimum. Kehadiran serat dalam campuran mortar terbukti bermanfaat dalam meningkatkan kinerja lentur serta daktilitas beton, yang ditunjukkan oleh peningkatan beban lentur dan *defleksi* yang lebih tinggi.

Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Tarihoran *et al.* (2020) penelitian mengenai pengaruh penggunaan *styrofoam* sebagai substitusi parsial agregat kasar terhadap kuat tekan dan lentur beton pada beton ringan. Pada penelitian ini menggunakan tiga variasi *styrofoam* 0%, 50%, 60% dan 70%, setiap variasi memiliki waktu perendaman 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, benda uji yang digunakan yaitu kuat tekan dan kuat lentur. Hasil kuat lentur menunjukkan penurunan terhadap kuat lentur nya, semakin besar variasi *styrofoam* maka makin kecil pula kuat lenturnya. Pada variasi 0% dengan waktu perendaman selama 7, 14, dan 28 hari, diperoleh nilai kuat tekan rata-rata sebesar 5,47 MPa, 5,70 MPa, dan 6,47 MPa. Sementara itu, pada variasi 70% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 2,10 MPa, 2,60 MPa, dan 3,46 MPa untuk waktu perendaman yang sama.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan *styrofoam* dan *fiberglass*. Komposisi yang digunakan dalam campuran adalah perbandingan 1:4 untuk semen dan pasir, dengan rasio air terhadap semen (w/c) sebesar 0,5. Benda uji dicetak dalam ukuran $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ dan dilakukan perendaman dalam air selama 14 hari dan 21 hari untuk melihat pengaruh waktu perawatan terhadap karakteristik mortar. Selanjutnya, dilakukan serangkaian pengujian, yaitu uji mekanis berupa kuat lentur, serta uji fisis yang meliputi pengujian porositas, absorpsi, dan massa jenis pada mortar polimer.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian berikut:

Bagaimana pengaruh penambahan *styrofoam* dan serat *fiberglass*, serta waktu perendaman terhadap sifat fisis (porositas, absorpsi, massa jenis) dan sifat mekanis (kuat lentur) mortar polimer?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah:

Mengetahui pengaruh penambahan *styrofoam* dan *fiberglass*, serta waktu perendaman terhadap sifat fisis (porositas, absorpsi, massa jenis) dan sifat mekanis (kuat lentur) mortar polimer.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Semen yang digunakan pada penelitian sesuai dengan SNI-15-7064-2004 untuk semen Portland komposit.
2. Pasir yang digunakan pada penelitian berasal dari BRIN Tanjung Bintang.
3. *Styrofoam* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan limbah *strofoam* yang dihaluskan dengan variasi komposisi penambahan 0 %, 2.5 %, 5 %, 7.5 %, 10 %, 12.5 %.
4. *Fiberglass* yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis *fiberglass Chopped strand matt* dengan variasi komposisi penambahan 0 %, 2.5 %, 5 %, 7.5 %, 10 %, 12.5 %.
5. Perendaman pada mortar polimer dilakukan pada umur perendaman 14 dan 21 hari.
6. Pengujian kuat lentur dilakukan pada semua mortar polimer yang berbentuk persegi panjang dengan dimensi $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ menggunakan alat uji UTM (*Universal Testing Machine*) tipe HT-2402 yang tersedia di BRIN Taanjung Bintang.

7. Pengujian fisis yang dilakukan yaitu porositas, absorpsi, dan massa jenis pada mortar polimer.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Memberikan pengetahuan terhadap pengaruh penambahan *styrofoam* dan *fiberglass* pada pembuatan mortar polimer.
2. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), khususnya terkait dengan pembuatan mortar polimer.
3. Sebagai tambahan referensi di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung di KBK Material.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka ini menjelaskan beberapa konsep dasar dan teori yang mendukung topik penelitian. Pembahasan dimulai dari penjelasan tentang mortar, semen, polimer, styrofoam, serat *fiberglass*, pengujian mortar polimer mengenai sifat fisis dan mekanis meliputi kuat lentur, porositas, massa jenis, dan absorpsi.

2.1 Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan *styrofoam* atau *expanded polystyrene* (EPS) pada mortar bertujuan untuk mengurangi berat jenis, namun berdampak pada penurunan sifat mekanis, terutama kuat lentur, akibat meningkatnya porositas dan berkurangnya ikatan antar partikel penyusun (Sofi *et al.*, 2019; Han *et al.*, 2020). Dalam uji mortar silinder 50×100 mm dengan penggantian pasir alam sebesar 20–40% volume oleh butiran EPS, Sofi *et al.* (2019) melaporkan penurunan kuat lentur hingga 28% dibanding mortar normal. Li *et al.* (2021) menggunakan benda uji balok 40×40×160 mm dan menambahkan serat *fiberglass chopped strand* 12 mm sebanyak 0,5–1,5% volume campuran pada mortar ringan berbasis EPS (30% penggantian pasir) dan mendapati peningkatan kuat lentur sebesar 15–20% dibanding mortar ringan tanpa serat, berkat kemampuannya mengontrol retak mikro dan mendistribusikan tegangan tarik.

Temuan serupa diperoleh Yavuz *et al.* (2025) yang menguji panel sandwich berukuran 300×300×20 mm dengan inti EPS tebal 10 mm dan lapisan mortar berserat kaca 0,8% volume, menunjukkan peningkatan kekuatan lentur signifikan (hingga 22%) serta perbaikan sifat redaman energi. Li *et al.* (2025) pada panel sandwich GFRP berinti mortar dengan 25% EPS dan serat kaca 1,0% volume menemukan bahwa penurunan kuat lentur akibat EPS dapat dipulihkan bahkan melampaui nilai kontrol, dengan peningkatan impact resistance hingga 18%.

Secara umum, tren penelitian internasional dan nasional memperkuat kesimpulan bahwa kombinasi *styrofoam* EPS dan serat *fiberglass* dapat menjadi solusi kompromi antara pengurangan berat dan pemeliharaan sifat mekanis pada mortar polimer. Penambahan serat *fiberglass* terutama pada fraksi volume 0,5–1,5% tidak hanya memulihkan sebagian penurunan kuat lentur, tetapi juga meningkatkan ketahanan terhadap retak, distribusi tegangan, dan daya tahan jangka panjang terutama jika didukung dengan proses curing yang optimal dan pemilihan ukuran benda uji sesuai standar pengujian.

2.2 Mortar

Mortar merupakan campuran semen, pasir, dan air yang memiliki presentase yang berbeda. Perbandingan semen, pasir, dan air yang sesuai untuk mortar yang memiliki syarat adalah 1: 2,75:0,484, sebagai bahan pengikat, mortar harus mempunyai konsistensi/kekentalan standar. Konsistensi mortar ini nantinya akan berguna dalam menentukan kekuatan mortar yang menjadi spesi ataupun plesteran dinding sehingga diharapkan mortar yang menahan gaya tekan akibat beban yang bekerja padanya tidak hancur (Yunanda, 2019). Selain itu, mortar juga berperan dalam mengisi celah antara batu atau bata, membentuk permukaan yang rata, dan menahan tekanan dari beban bangunan. Komposisi mortar tergantung pada jenis konstruksi yang akan dilakukan. Misalnya, mortar biasa digunakan untuk bangunan tembok non-struktural seperti dinding pembatas atau dinding dekoratif. Namun, dalam bangunan struktural seperti gedung bertingkat atau jembatan, mortar harus memiliki kekuatan yang lebih tinggi dan sering kali dicampur dengan bahan tambahan seperti aditif atau serat untuk meningkatkan kekuatannya (Utomo *et al*, 2021).

Proses penggunaan mortar melibatkan pencampuran bahan-bahan dasar dengan proporsi yang tepat dan penyebaran campuran tersebut di antara batu atau bata yang akan diikat bersama. Setelah ditempatkan, mortar kemudian mengeras melalui proses pengeringan dan reaksi kimia antara semen dan air, membentuk ikatan yang kuat dan tahan terhadap beban.

Mortar memiliki spesifikasi sifat yang harus diwajibkan di laboratorium, yang terdiri dari suatu bahan pengikat bersifat semen, agregat, dan air selurunya harus memenuhi syarat bahan (Wenno, 2014). Menurut ASTM C270 standar mortar dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa tipe berdasarkan kuat tekannya. Mortar tipe M merupakan mortar dengan tingkat kekuatan tinggi, memiliki kuat tekan minimum sebesar 175 kg/cm^2 , sehingga sering digunakan untuk konstruksi yang membutuhkan daya tahan tinggi. Selanjutnya, mortar tipe N memiliki kuat tekan minimum 124 kg/cm^2 dan termasuk dalam kategori mortar tingkat sedang, yang umumnya digunakan untuk pekerjaan dinding struktural. Mortar tipe S juga masuk dalam kategori mortar tingkat sedang, dengan kuat tekan minimum $52,5 \text{ kg/cm}^2$, sehingga cocok digunakan untuk aplikasi dengan beban sedang hingga tinggi. Sementara itu, mortar tipe O dikategorikan sebagai mortar tingkat rendah dengan kuat tekan minimum $24,5 \text{ kg/cm}^2$, yang lebih cocok digunakan untuk pekerjaan non-struktural atau perbaikan ringan. Terakhir, mortar tipe K memiliki kuat tekan paling rendah, yaitu hanya $5,25 \text{ kg/cm}^2$, sehingga lebih banyak digunakan untuk aplikasi yang tidak memerlukan kekuatan struktural tinggi. Dengan adanya berbagai jenis mortar ini, pemilihan tipe mortar yang sesuai sangat penting dalam memastikan kekuatan dan ketahanan struktur bangunan sesuai dengan kebutuhan konstruksi.

2.2.1 Portland cement (PC)

Semen merupakan salah satu bahan dasar utama konstruksi bangunan, sehingga menjadikan semen sebagai komoditi yang strategis. *Portland cement* merupakan suatu bahan yang mempunyai sifat hidrolis, semen membantu pengikatan agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Komposisi kimia sendiri meliputi oksida logam seperti SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , dan SO_3 (Purnawan dan Prabowo, 2017).

Semen adalah bahan bangunan yang kompleks, dan perbedaan antara jenis semen dapat ditemukan dalam variasi persentase senyawa kimianya yang akan membentuk karakter dan jenis semen. Semen Portland diklasifikasikan ke dalam beberapa tipe berdasarkan karakteristik dan penggunaannya dalam konstruksi.

Semen tipe I merupakan semen yang paling umum digunakan untuk berbagai keperluan, seperti pembangunan jalan, jembatan, dan bangunan beton bertulang, dengan waktu pengerasan sekitar 14 hari. Semen tipe II dirancang untuk konstruksi beton yang sering bersentuhan dengan air kotor, air tanah, atau lingkungan yang mengandung garam sulfat, seperti pondasi dan saluran air limbah, karena memiliki kandungan C_3A (Tricalcium Aluminate, $3CaO \cdot Al_2O_3$) kurang dari 8%. Sementara itu, semen tipe III memiliki kadar C_3S (Tricalcium Silikat, $3CaO \cdot SiO_2$) dan C_3A ($3CaO \cdot Al_2O_3$) yang lebih tinggi, sehingga cocok untuk proyek yang memerlukan kekuatan awal tinggi dalam waktu singkat, terutama di daerah dengan temperatur rendah. Semen tipe IV digunakan dalam konstruksi yang membutuhkan kalor hidrasi rendah, seperti bendungan dan pondasi berukuran besar, dengan kadar C_3S ($3CaO \cdot SiO_2$) maksimum 35% dan C_3A ($3CaO \cdot Al_2O_3$) maksimum 5%. Terakhir, semen tipe V memiliki ketahanan tinggi terhadap sulfat akibat kandungan C_3A ($3CaO \cdot Al_2O_3$) yang sangat rendah, sehingga sangat ideal untuk konstruksi di lingkungan ekstrem, seperti instalasi pengolahan limbah, konstruksi bawah air, jembatan, terowongan, pelabuhan, serta pembangkit tenaga nuklir (Sujatmiko, 2019).

2.2.2 Agregat

Menurut SNI 03-6820-2002 mendefinisikan agregat halus sebagai agregat dengan ukuran partikel sampai dengan 4,76 mm, baik berupa pasir buatan yang dibuat dengan mesin pemecah batu maupun pasir alam yang terbentuk dari hasil peluruhan batuan. Jika dikombinasikan dengan bahan pengikat, air, dan pasir atau agregat halus, bahan pengisi ini akan menghasilkan kombinasi yang keras dan padat. Ketika digunakan sebagai mortar bangunan, partikel mineral keras pasir tertentu, yang ukuran butirannya berkisar antara 0,15 mm hingga 5 mm, akan menyebabkan pemuaian volume karena butiran tersebut digiling lebih halus daripada pasir sungai dan mengandung garam yang dapat mengikat yang akan membuat partikel pasir relatif lembab (Tjokrodinuljo, 1996).

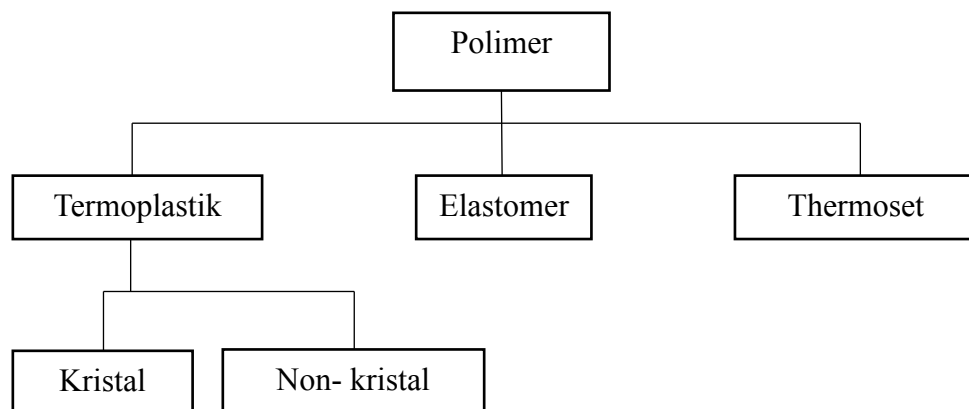
Jenis pasir yang ada bermacam-macam dengan ciri-ciri tertentu, antara lain pasir pantai, pasir beton, pasir merah, pasir elod, dan pasir sungai. Agregat pasir adalah

partikel kecil yang terbentuk akibat erosi atau pelapukan batuan. Pasir secara signifikan mempengaruhi kinerja mortar, menjadikan pemilihan pasir sebagai bagian penting dalam produksi mortar atau beton. Pasirnya harus bersih, keras, dan bergradasi baik. Pasir berperan sebagai bahan pengisi campuran mortar dan menyusun sekitar 70% hingga 75% volume mortar yang mengeras (Fuad *et.al*, 2020).

2.3 Polimer

Polimer suatu bahan yang tersusun dari molekul sangat besar atau makromolekul. Struktur molekular itu berkaitan dengan rantai yang tersusun dari banyak molekul-molekul kecil yang disambungkan oleh ikatan kimia. Secara kata polimer berasal dari kata *poly* (bahasa Yunani) yang berarti banyak dan meros yang artinya bagian

Berdasarkan **Gambar 1**, klasifikasi polimer terdapat beberapa kategori yaitu termoplastik, elastomers, dan thermoset.



Termoplastik adalah polimer yang bentuk polimernya linier atau bercabang, yang dapat dilebur dengan panas tertentu. Polimer seperti ini dapat dibentuk atau dicetak kembali dengan menggunakan teknik konvensional. Contoh termoplastik yaitu *Polyethylene (PE)*, *Polypropylene (PP)*, *Polvinyl Chloride (PVC)*,

Polystyrene (PS) Ethylene Vinyl Acetate (EVA), Polyethylene Terephthalate (PET), Expandable Polystyrene.

Elastomer adalah polimer yang memiliki sifat elastis tinggi, yang memungkinkan untuk kembali ke bentuk aslinya setelah diberikan tekanan atau ditarik. Sifat luar biasa dan penting itu akibat struktur molekul yang terdiri dari jaringan makromolekul yang tersambung silang. Contoh elastomer yaitu karet, silikon, poliuretana.

Thermoset adalah polimer tersambung silang kuat yang biasanya kaku, polimer ini jika sudah dipanaskan mengalami reaksi kimia yang disebut pengerasan atau pengalihan silang, yang menyebabkan molekulnya saling terkait secara permanen. Setelah proses pengerasan selesai, thermoset tidak dapat dilelehkan lagi tanpa mengalami dekomposisi atau kerusakan. Contoh thermoset yaitu epoksi, phenoliks dan poliamida.

2.3.1 Styrofoam

Styrofoam merupakan singkatan dari *Expandable Polystyrene*, *styrofoam* adalah bentuk khusus dari busa polistiren dengan struktur seluler halus, dan volume sel berisi sekitar 98% udara yang terperangkap, dan sisanya sekitar 2% merupakan zat padat. *Styrofoam* diperkenalkan pada publik dunia pada Dusseldorf Fair 1952, hanya dua tahun setelah hak paten dikeluarkan di laboratorium BASF Jerman, saat ini *styrofoam* diproduksi di lebih dari 50 negara hingga sekarang. *Styrofoam* terdiri dari lebih dari 90% polistiren atau kopolimer stirena yang mengandung hidrokarbon yang mudah menguap (isomer pentana atau heksana) dan hidrokarbon jenuh sebagai bahan tambahan (Kostić, 2015).



Karakteristik dasar yang menyebabkan perluasan penggunaan polistiren dalam industri konstruksi meliputi konduktivitas termal yang rendah, ketahanan terhadap tekanan yang baik, amortisasi yang tinggi, serta sifat termal dan akustik. Karakteristik-karakteristik inilah yang dicari ketika *styrofoam* digunakan dalam berbagai bidang seperti konstruksi, industri, pengembangan kemasan transportasi, dan pameran, dan sebagainya (Sulong, 2019).

2.3.2 Serat *Fiberglass*

Serat *fiberglass* merupakan bahan yang dibuat dari kaca yang dilebur dan ditarik menjadi benang tipis, serat ini kemudian bisa dijadikan sebagai bahan baku seperti laminasi, komposit, atau insulasi.



Gambar 3. Serat *Fiberglass*

Keunggulan *fiberglass* adalah kekuatannya yang tinggi, *elastisitas* yang baik, tahan terhadap lingkungan yang keras. Serat *fiberglass* sering digunakan dalam konstruksi sebagai bahan campuran. Karena serat *fiberglass* memiliki sifat mekanik baik, isolasi termal yang baik, dan tahan terhadap bahan kimia (Suyoso *et al*, 2020).

2.4 Uji Sifat Fisis dan Sifat Mekanis

Pada penelitian ini dilakukan pengujian sifat fisis untuk mengetahui nilai porositas, absorpsi, dan densitas yang di peroleh dari mortar polimer dan uji sifat mekanis untuk mengetahui nilsi kuat lentur dari mortar polimer.

2.4.1 Porositas

Porositas adalah persentase pori-pori atau ruang kosong dalam suatu mortar terhadap volume. Mortar memiliki ruang berpori yang menyebabkan sering terjadinya kesalahan dalam proses pengecoran seperti faktor dari air semen yang berpengaruh pada lekatnya antara semen dengan agregat. Porositas ini sering terjadi karena adanya partikel-partikel bahan pembuat mortar yang cukup besar, maka terjadilah kerapatan yang tidak stabil. Suatu besar kecilnya kekuatan pada mortar dalam menahan sebuah konstruksi disebut dengan porositas. Semakin padat mortar semakin padat pula tinggi kepadatan tersebut maka semakin besar kuat tekan mortar, lalu semakin renggang beton tersebut semakin besar porositas yang terbentuk maka kekuatan mortar untuk menahan sebuah konstruksi semakin rendah jadi (Tumingan *et al*, 2016). Menurut ASTM C642-06 nilai porositas dapat dihitung menggunakan **Persamaan (2.1)**.

$$\text{Porositas} = \frac{(m_2 - m_1)}{(m_2 - m_3)} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan:

m_1 = massa mortar kering (g)

m_2 = massa mortar basah (g)

m_3 = massa mortar di dalam air (g)

2.4.2 Absorpsi

Absorpsi merupakan jumlah air yang diserap oleh benda uji. Pori-pori atau rongga dalam benda memiliki dampak yang signifikan pada jumlah air yang diserapnya. Semakin banyak pori-pori dalam mortar, semakin besar penyerapan dan demikian semakin rendah ketahanannya (Nurwidyanto *et al.*, 2006). Rumus absorpsi dapat ditentukan dengan **Persamaan 2.2**.

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

Keterangan:

A = absorpsi

m_1 = massa kering mortar (g)

m_2 = massa basah mortar (g)

2.4.3 Densitas

Massa jenis atau disebut juga kerapatan (densitas) suatu zat didefinisikan sebagai perbandingan massa suatu zat dengan volume zat tersebut. Kerapatan biasanya diukur dalam satuan gram per centimeter kubik (g/cm^3) atau kilogram per meter kubik (kg/m^3) (Ali dan Walujodjati, 2021). Pengujian densitas bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai densitas benda yang diuji yang mengacu pada ASTM C127. 2004. Nilai uji massa jenis dapat diketahui melalui persamaan sebagai berikut.

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

Keterangan:

ρ = masa jenis (g/cm^3)

m_1 = massa kering mortar (g)

m_2 = massa basah mortar (g)

m_3 = massa mortar dalam air (g)

ρ_{air} = massa jenis air (g/cm^3)

2.4.4 Kuat Lentur

Kekuatan lentur sering kali diukur dengan menggunakan tes lentur, di mana sampel material diberi tekanan pada salah satu ujungnya sementara ujung lainnya didukung. Kemudian, beban diterapkan secara perlahan hingga sampel patah atau mengalami deformasi permanen. Dari hasil tes ini, dapat diukur berbagai parameter termasuk modulus lentur, kekuatan lentur maksimum, dan titik patah.



Gambar 4. Alat Uji Kuat Lentur *Computer Universal Testing Machines*

Menurut SNI 03-4431-1997 kuat lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas. Nilai kuat lentur dapat dihitung menggunakan **Persamaan (2.4)**.

$$\sigma_{bending} = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$\sigma_{bending}$ = Kuat Lentur (MPa)

F = Beban pada waktu lentur (kN)

L = Jarak dari perletakan ke gaya (mm)

b = Lebar penampang balok (mm)

d = Tinggi balok (mm)

Berdasarkan ASTM C348 dan SNI 03-1974-1990, pengujian kuat lentur pada mortar biasanya menggunakan spesimen berbentuk prisma dengan ukuran standar $4 \times 4 \times 16\text{cm}^3$. Selama pengujian, beban diterapkan di bagian tengah balok atau dengan dua titik beban pada sepertiga panjang bentang, tergantung pada metode uji yang digunakan. Untuk pengujian dua titik beban, jarak antara perletakan umumnya diatur sepanjang 100 mm. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan distribusi tegangan yang seragam dan mengukur kekuatan lentur secara akurat. Pemilihan dimensi dan metode uji ini bertujuan untuk memastikan hasil yang konsisten dan dapat dibandingkan dengan standar internasional.

2.5 Pengaruh Kombinasi Serat *Fiberglass* dan *Styrofoam* pada Mortar Polimer

Penggunaan kombinasi serat *fiberglass* dan *styrofoam* dalam mortar polimer telah menjadi fokus penelitian yang menarik dalam upaya untuk mengoptimalkan kualitas dan performa material konstruksi. Kombinasi ini menggabungkan keunggulan penguatan mekanis yang ditawarkan oleh serat *fiberglass* dengan keuntungan isolasi termal dan penurunan berat spesifik yang diberikan oleh *styrofoam*. Teori dasar di balik penggunaan kombinasi serat *fiberglass* dan *Styrofoam* adalah bahwa kombinasi ini dapat menyatukan kekuatan struktural dan kestabilan dimensi yang diberikan oleh serat *fiberglass* dengan peningkatan isolasi termal dan penurunan berat spesifik yang diberikan oleh *Styrofoam*.

Sebagai contoh, beberapa penelitian menggunakan komposisi serat *fiberglass* berkisar antara 0,5% hingga 2% volume total mortar, sedangkan penambahan *styrofoam* sebagai agregat ringan berkisar antara 10% hingga 30% dari volume total agregat. Rokhman et al. (2016) menemukan bahwa optimasi konsentrasi serat *fiberglass* sebesar 1,5% dan penambahan *styrofoam* sebesar 20% volume agregat, serta teknik pencampuran yang tepat dapat meningkatkan kinerja mekanis dan termal mortar polimer secara signifikan.

Penelitian oleh Ismail dan Al-Hashmi (2008) juga menunjukkan bahwa penggunaan limbah polistirena (*styrofoam*) sebagai agregat ringan dalam beton

dapat secara signifikan menurunkan densitas beton dan meningkatkan performa termal, meskipun ada penurunan kekuatan tekan. Namun, penurunan ini dapat dikompensasi dengan penambahan serat penguat seperti *fiberglass*, sehingga tercapai kombinasi ideal antara kekuatan dan ringan. Dalam penelitian mereka, penggunaan *styrofoam* sebagai agregat ringan mencapai sekitar 15-25% dari total volume agregat, dengan penambahan serat *fiberglass* sebesar 1%.

Namun demikian, penggunaan kombinasi serat *fiberglass* dan *styrofoam* dalam mortar polimer memerlukan penyesuaian parameter produksi yang tepat untuk mencapai hasil optimal. Variasi dalam konsentrasi serat, jenis serat, distribusi *styrofoam*, dan teknik pencampuran dapat mempengaruhi sifat mekanis, termal, dan fisis mortar polimer secara keseluruhan.

Oleh karena itu, penelitian lanjutan yang mengeksplorasi interaksi antara serat *fiberglass* dan *styrofoam* dalam matriks polimer serta pengaruhnya terhadap kualitas dan performa mortar polimer menjadi penting. Dengan memperdalam pemahaman tentang kombinasi ini, diharapkan dapat tercapai pengembangan material konstruksi yang lebih kuat, lebih ringan, dan lebih efisien secara termal untuk aplikasi di berbagai bidang industri.

2.6 Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Mortar Polimer

Waktu perendaman memiliki pengaruh langsung terhadap performa fisis dan mekanis mortar polimer, terutama ketika material ini digunakan dalam lingkungan lembap atau terendam air. Proses perendaman dapat menyebabkan penetrasi air ke dalam pori-pori mortar, memengaruhi ikatan antara matriks polimer dan agregat, serta memicu degradasi struktural jika terjadi dalam durasi yang lama. Penelitian oleh Malik (2016) menunjukkan bahwa perendaman mortar geopolimer berbasis slag ferronikel selama 7 hingga 28 hari dalam air menyebabkan penurunan kekuatan lentur dan kekuatan tekan sebesar 10–18% akibat peluruhan struktur ikatan polimer. Sementara itu, studi oleh Sari *et al*, (2023) menunjukan bahwa mortar polimer yang direndam dalam air selama 14, 28, dan 56 hari mengalami

peningkatan porositas dan penyerapan air secara signifikan, dengan penurunan kekuatan tekan hingga 22% pada hari ke-56. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin lama mortar terpapar lingkungan basah, semakin tinggi potensi kerusakan struktur mikro yang berdampak pada sifat mekanisnya.

Namun, perendaman tidak selalu memberikan efek negatif. Penelitian oleh Al-Majidi *et al.* (2015) menunjukkan bahwa perendaman selama 56 hari pada mortar geopolimer dapat menghasilkan hidrasi lanjutan dan pembentukan lapisan padat di permukaan, yang meningkatkan ketahanan terhadap retak dan pembebanan berulang, khususnya pada campuran yang diperkuat dengan serat. Dalam konteks penggunaan serat *fiberglass* dan *styrofoam*, waktu perendaman juga mempengaruhi distribusi kelembaban dan kestabilan dimensi. *Fiberglass* dapat menahan sebagian kelembaban, sementara *styrofoam* bersifat hidrofobik dan membantu mengurangi laju penyerapan air.

Dengan demikian, pengaruh waktu perendaman terhadap mortar polimer bergantung pada komposisi material, jenis polimer, dan lingkungan perendaman. Evaluasi terhadap durasi perendaman perlu dipertimbangkan dalam uji ketahanan jangka panjang, terutama untuk aplikasi struktural di lingkungan tropis, laut, atau bawah tanah. Penelitian lanjutan yang mengkaji sifat fisis seperti penyerapan air, porositas, dan ketahanan volume, bersamaan dengan kekuatan tekan dan lentur setelah berbagai durasi perendaman, akan memberikan pemahaman komprehensif dalam merancang mortar polimer yang tahan terhadap degradasi lingkungan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan April 2025 di Laboratorium Heat-Treatment dan Non Logam, Pusat Riset Teknologi Pertambangan BRIN Tanjung Bintang, Lampung Selatan. Pengujian kuat lentur dilakukan dengan UTM tipe HT-2402 made in Taiwan di Laboratorium Terpadu, Pusat Riset Teknologi Pertambangan BRIN Tanjung Bintang, Lampung Selatan.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada **Tabel 1.** dan **Tabel 2.**

Tabel 1. Alat yang digunakan penelitian

No	Nama Alat	Fungsi	Keterangan
1	Neraca Digital	- Menimbang massa bahan yang akan digunakan	- <i>Made in</i> Japan, kapasitas 2000 g, akurasi ± 0.01 g, tipe Shimadzu.
2	Ayakan mesh	- Melakukan uji MHB pasir yang digunakan	- Material <i>stainless steel</i> , standar ASTM
3	Mixer	- Mencampurkan semua bahan – bahan mortar polimer	- Kapasitas wadah 5 liter, kecepatan putar 600 rpm
4	Cetakan persegi panjang	- Mencetak pasta mortar polimer.	- Material kayu berdiamensi 4 x 4 x 16 cm ³
5	Box	- Sebagai tempat perendaman sampel polimer	- Kapasitas 50 liter, material plastik.
6	Universal Testing Machine (UTM)	- Pengujian kuat lentur	- Tipe HT-2402, made in Taiwan.

Tabel 2. Bahan yang digunakan penelitian

No	Nama bahan	Fungsi	Keterangan
1	Pasir	- Sebagai bahan utama pembuatan mortar polimer.	- Tipe pasir silika alami , tertahan ayakan 100 mesh, ukuran $\leq 0,5$ mm.
2	Semen	- Sebagai bahan utama pembuatan mortar polimer	- Jenis: Portland Composite Cement (PCC), merek Baturaja. Diproduksi sesuai SNI 7064:2014. Kandungan kimia utama meliputi CaO (60–67%), SiO ₂ (17–25%), Al ₂ O ₃ (3–8%), Fe ₂ O ₃ (0,5–6%), MgO $\leq 5\%$, SO ₃ $\leq 3,5$ –4,5%, dan alkali setara $\leq 0,6\%$.
3	Air	- Sebagai pelarut dalam pembuatan mortar polimer dan digunakan untuk perendaman	- pH 7, bebas dari kontaminan, jernih, tidak bau, dan tidak berwarna.
4	<i>Styrofoam</i>	- Sebagai bahan pengisi dalam mortar polimer.	- Mengandung $\geq 98\%$ polystyrene (C ₈ H ₈). Dengan ukuran 2 – 3 mm
5	<i>Fiberglass</i>	- Sebagai bahan pengisi dalam mortar polimer	Dipotong ukuran 1 cm $\times$ 1 cm

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdapat dari preparasi bahan, pembuatan mortar polimer,

3.3.1 Preparasi Bahan Pembuatan Mortar Polimer

1. Mengeringkan pasir di bawah sinar matahari selama lebih dari 4 jam.
2. Menyiapkan semen yang sudah keadaan bubuk.
3. Menyiapkan butiran *styrofoam* ukuran 2 – 3 mm.
4. Memotong lembaran *fiberglass* menjadi ukuran 1 $\times$ 1 cm².

3.3.2 Pembuatan Mortar Polimer

Menyiapkan bahan baku pembuatan mortar polimer yaitu semen, pasir, *styrofoam*, serat *fiberglass*, dan air disiapkan sesuai dengan variasi komposisi seperti yang tertera dalam **Tabel 3**.

Tabel 1. Variasi komposisi mortar polimer

Kode Sampel	Semen (%)	Pasir (%)	<i>Fiberglass</i> (%)	<i>Styrofoam</i> (%)	Air (W/C =0,4) ml
SF 0	25,0	75,0	0,0	0,0	100
SF 2,5	25,0	72,5	1,5	1,0	100
SF 5	25,0	70,0	3,5	1,5	100
SF 7,5	25,0	67,5	5,5	2,0	100
SF 10	25,0	65,0	6,5	3,5	100
SF 12,5	25,0	62,5	8,5	4,0	100

1. Menimbang bahan sesuai dengan **Tabel 3**.
2. Membuat campuran bahan pasir dan semen sesuai dengan variasi komposisi penambahan polimer (0 %, 2,5 %, 5 %, 7,5 %, 10 %, 12,5 %) hingga homogen *mixer*, dengan menambahkan air sedikit demi sedikit hingga mencapai 100 ml.
3. Menambahkan *styrofoam* dan serat *fiberglass* sesuai dengan **Tabel 3**. dan mengaduknya hingga homogen dan menjadi pasta
4. Mencetak pasta adukan mortar polimer menggunakan cetakan persegi panjang dengan ukuran $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$.
5. Mendingkan cetakan selama 24 jam pada suhu ruang, lalu melepaskan sampel dari cetakan.
6. Merendam sampel di dalam air dengan waktu perendaman selama 14 hari dan 21 hari setelah dilepaskan dari cetakan.
7. Mengangkat sampel dan mendingkannya selama 24 jam pada suhu ruang.
8. Melakukan pengujian fisis (porositas, absorpsi, densitas), serta dilakukan juga uji kuat lentur terhadap sampel mortar polimer.

3.3.3 Pengujian Mortar Polimer

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

1. Uji Fisis Mortar Polimer

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

1.1. Proses Pengujian Fisis Mortar Polimer

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

- a. Mortar polimer kering ditimbang menggunakan timbangan digital, kemudian hasil yang diperoleh dicatat sebagai m_1 .
- b. Mortar polimer direndam Kembali selama 24 jam.
- c. Mortar polimer diangkat dan setiap sisi permukaanya diusapkan dengan menggunakan kain lap.
- d. Mortar polimer ditimbang kembali menggunakan timbangan digital dan hasil yang diperoleh dicatat sebagai m_2 .
- e. Mortar polimer ditimbang kembali dalam keadaan tergantung di dalam air menggunakan timbangan digital dan hasil yang diperoleh dicatat sebagai m_3 .
- f. Uji fisis dihitung sesuai dengan **Persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3)**.

1.2. Persamaan Uji Fisis

Persamaan yang di gunakan dalam perhitungan dalam pengujian fisis sebagai berikut:

$$\text{Porositas} = \frac{(m_2 - m_1)}{(m_2 - m_3)} \times 100\% \quad (2.1)$$

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

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

2. Uji Mekanis

Pengujian mekanis yang dilakukan pada mortar polimer adalah uji kuat lentur

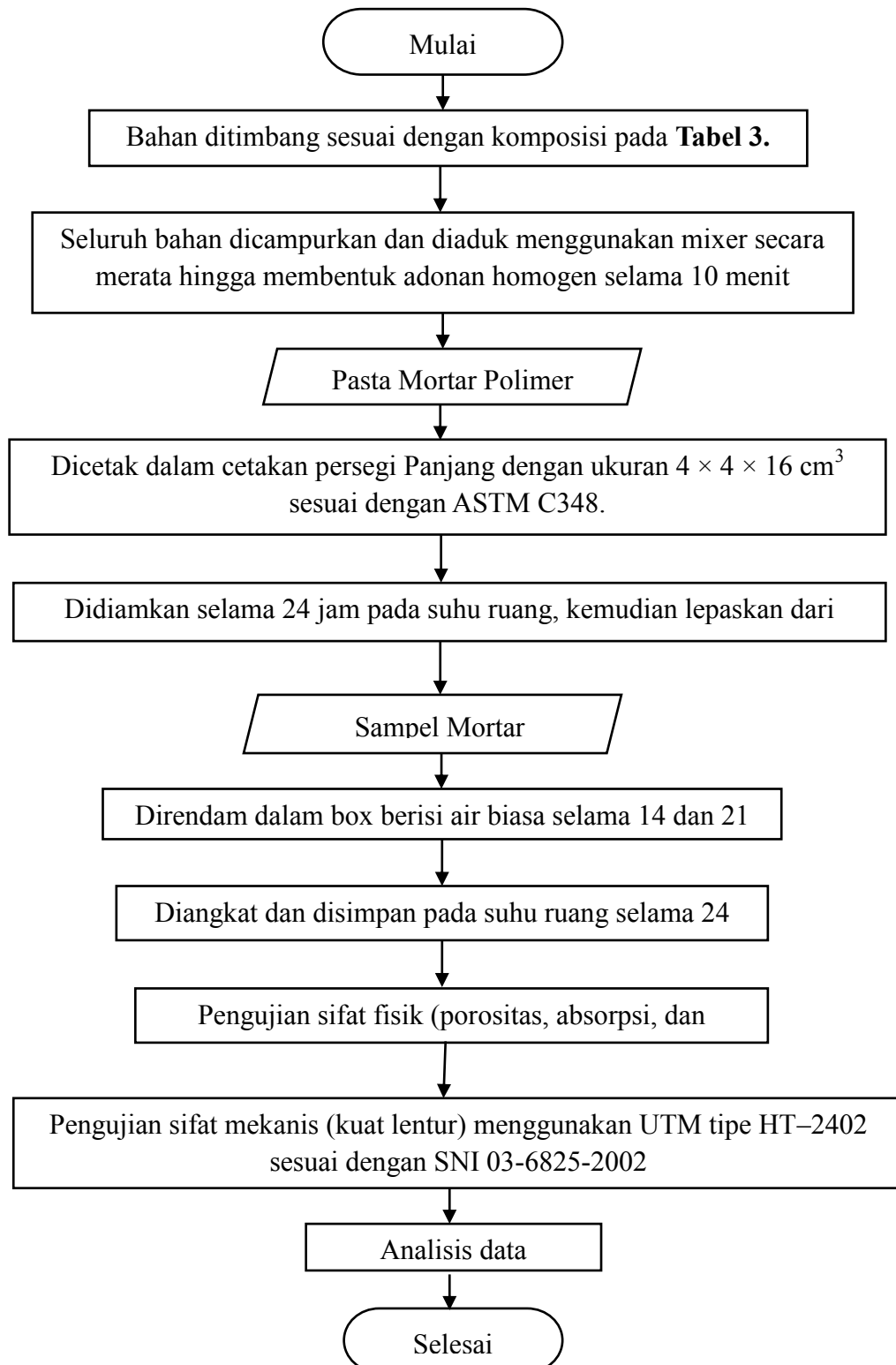
2.1. Proses Pengujian Mekanis (Kuat Lentur)

Pengujian kuat lentur pada mortar polimer dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mortar polimer yang diangkat dari dalam air dengan waktu perendaman 14 dan 21 hari disiapkan.
- b. Mortar polimer didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang.
- c. Mortar diletakan pada mesin uji kuat lentur.
- d. Beban tekanan maksimum yang dihasilkan dicatat ketika dial tidak naik lagi atau saat benda uji sudah hancur.
- e. Kuat lentur dihitung menggunakan **Persamaan (2.4)**.

3.4 Diagram Alir

Diagram alir dalam penelitian ini, dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan styrofoam menurunkan massa jenis mortar dari $1,32 \text{ g/cm}^3$ (0%) menjadi sekitar $1,09\text{--}1,11 \text{ g/cm}^3$ pada variasi tinggi. Porositas dan absorpsi juga cenderung meningkat pada umur 14 hari, dengan nilai absorpsi mencapai 19,85% dan porositas sekitar 26% pada variasi 0%. Pada umur 21 hari, sifat fisis mortar membaik ditandai dengan penurunan absorpsi menjadi 1,61% dan porositas turun hingga sekitar 2,52%. Penambahan serat fiberglass secara signifikan meningkatkan kuat lentur, dari 0,86 MPa (0%) menjadi nilai tertinggi 3,63 MPa pada variasi 7,5% umur 21 hari. Secara keseluruhan, komposisi optimum berada pada variasi 7,5%–12,5% karena memberikan kombinasi terbaik berupa massa jenis yang lebih stabil pada 21 hari, porositas yang lebih rendah, absorpsi rendah, serta kuat lentur tinggi yaitu 2,62–3,63 MPa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar penelitian selanjutnya melakukan pengujian kuat tekan dan tarik untuk mengetahui dari mortar dengan substitusi polimer, serta waktu perendaman yang lebih lama yaitu 28 hari dan 56 hari.

DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 213. (2003). *Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete (ACI 213R-03)*. American Concrete Institute.

Akay, M. (2012). *Introduction to Polymer Science and Technology*. Vertus Publishing APS. Frederiksberg, Denmark.

Ali, M. S., Walujodjati, E. (2021). Pengujian Kuat Tekan Mortar dengan Campuran Pasir Ladot. *Jurnal Konstruksi*, 19(1), 313–324.

Al-Majidi, M. H., Lampropoulos, A., Cundy, A. B. (2015). Strength development of geopolymer paste and mortar with alkali-activated fly ash and slag. *Construction and Building Materials*, 95, 422–431.

Alhozaimy, A. M., Soroushian, P., Mirza, F. (1996). Mechanical properties of polypropylene fiber reinforced concrete and the effects of pozzolanic materials. *Cement and Concrete Composites*, 18(2), 85–92.

Amin, M., Juwono, A. L., Sudibyo, Suprihatin., Putiriana, S. (2024). Pengaruh Limbah Polimer PET dan EVA sebagai Substitusi Pasir Silika dan Semen terhadap Peningkatan Kuat Lentur, Sifat Fisis dan Karakterisasi Mortar Polimer. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 31(3), 255–261.

Antoni, M., Skoczylas, M., Dubois, F. (2020). Fiber-reinforced mortars – A review. *Construction and Building Materials*, 250, 118751.

ASTM International. (2004). *ASTM C127-04: Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of coarse aggregate*.

ASTM C348-21. (2021). *Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars*. ASTM International.

ASTM C270-22. (2022). *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*. ASTM International.

- ASTM International. (2006). *ASTM C642-06: Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete*.
- Badan Standarisasi Nasional. (1997). *SNI 03-4431-1997: Metode Pengujian Kuat Lentur Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Jakarta, Indonesia.
- Chakraborty, S., Kundu, S. P., Roy, A., Adhikari, B., Majumdar, G. (2013). Polymer modified jute fibre as reinforcing agent controlling the physical and mechanical characteristics of cement mortar. *Construction and Building Materials*, 49, 214–222.
- Dridi, W., Bouzidi, N., Abbes, B. (2024). Flexural behavior of fiber-reinforced polymer-modified mortars. *Construction and Building Materials*, 386, 131690.
- Ellen, E. T., Reky, S., Windah. (2020). Pengaruh Penggunaan *Styrofoam* Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan. *Jurnal Sipil Statik*, 8(6), 859–866.
- Fadilah, R., Septiandini, E., Purnomo, E. (2023). Literature Review: Analisis Pemanfaatan Limbah *Styrofoam* terhadap Campuran Beton. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 31463–31472.
- Fanache, M., Vasiliu, L., Harja, M. (2024). Composite Materials with Glass Fiber Waste and Blast Furnace Slag. *Journal of Composites Science*, 8(2), 1–12.
- Firdaus., Syaputra, D. (2019). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Pada Kuat Tekan Mortar Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly ash. *Jurnal Tekno*, 16(1), 209–217.
- Fuad, I. S., Perwira, A., Jayusman, H. (2020). Pengaruh Pemakaian Semen dan Pasir yang Berbeda Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Desiminasi dan Teknologi*, 8(1), 8–12.
- Goncharova, M. A., Krokhotin, V. V., Ivashkin, A. N. (2020). The Influence of Fiber Reinforcement on the Properties of the Self-Compacting Concrete Mix and Concrete. *Solid State Phenomena*, 308, 155–162.
- Hamdan, H., Adnan, A., Muis, B. (2024). Analisis Kuat Lentur Beton SCC Menggunakan *Fiberglass* dengan Variasi Additive Sika Viscocrete. *Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(1), 290–298.

- Harjono., Khavilla, V. P., Wahyuni, S., Riyanto., Jumaeri. (2019). Preparasi dan Karakterisasi PP (Polypropylene) Termodifikasi LLDPE dengan Teknik Pencampuran Biasa. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(3), 176–184.
- Han, Y., Park, S., Kim, J. (2020). Effect of extended curing on microstructure and mechanical properties of lightweight polymer-modified mortar. *Cement and Concrete Composites*, 112, 103678.
- Hidayat, S. (2009). *Semen dan Aplikasinya*. Kawan Pustaka. Jakarta Selatan, Indonesia. Hal 36 – 47.
- Irshidat, M. R., Nuaimi, N. A., Rabie, M. (2021). Hybrid Effect of Carbon Nanotubes and Polypropylene Microfibers on Fire Resistance Thermal Characteristics and Microstructure of Cementitious Composite. *Construction and Building Materials*, 226(1), 121–154.
- Ismail, Z. Z., Al-Hashmi, E. A. (2008). Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement. *Waste Management*, 28(11), 2041–2047.
- Ismail, N., Abdullah, M., Rahman, H. (2022). Hydration process optimization in lightweight mortars: Influence of curing duration. *Journal of Building Engineering*, 46, 103726.
- Kadhim, F. J., Attaee, M. H., Abed, M. S. (2023). A study of characteristics of man-made lightweight aggregate and lightweight concrete made from expanded polystyrene (EPS) and cement mortar. *Open Engineering*, 13(1), 202–211.
- Kartini, W. (2007). Penggunaan Serat Polypropylene Untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*, 4(1), 1–13.
- Khairul, M. (2014). Dampak Penggunaan dan Analisa Pengaruh Styrofoam sebagai Substitusi Pasir dengan Bahan Tambah Plastiment-VZ Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(2), 254–263.
- Kim, S. B., Yi, N. H., Kim, H. Y., Kim, J. H. J., Song, Y. C. (2015). *Material and structural performance evaluation of lightweight concrete with styrofoam*. *Construction and Building Materials*, 94, 906–915.
- Knapen, E., Van Gemert, D. (2009). Cement hydration and microstructure formation in the presence of water-soluble polymers. *Cement and Concrete*

Research, 39(1), 6–13.

Kostić, R., Viktor, P., Nikolay, V., Vera, M. (2015). Application of *Styrofoam* in the Elements of Building Constructions. *Applied Mechanics and Materials*, 725–726, 50–57.

Kreutz, J. C., Souza, P. R. de, Benetti, V. P., Freitas, A. d. R., Bittencourt, P. R. S., Gaffo, L. (2021). Mechanical and thermal properties of polystyrene and medium density fiberboard composites. *Polimeros*, 31(2), 23–26.

Li, X., Zhang, Y., Wu, H. (2021). Crack control and flexural strength enhancement of lightweight mortar using glass fiber. *Materials Today Communications*, 27, 102266.

Li, Z., Liu, J., Xiao, J., Zhong, P. (2020). Internal curing effect of saturated recycled fine aggregates in early-age mortar. *Cement and Concrete Composites*, 105, 103444.

Li, S., Zhang, B., He, H., Wang, H., Fan, H. (2025a). EPS mortar-filling technique to improve explosive-resistance of pultruded GFRP sandwich panels. *Construction and Building Materials*, 423, 140215.

Li, S., Zhang, B., He, H., Wang, H., & Fan, H. (2025a). EPS mortar-filling technique to improve explosive-resistance of pultruded GFRP sandwich panels. *Construction and Building Materials*, 423, 140215.

Li, S., Saleh, M.S., Zhao, J., Wang, H., Liu, H., & Iqbal, M.S. (2025b). Bending performance of a novel geopolymers non-dismantling sandwich insulation formwork: Experimental, theoretical, and numerical simulation. *Engineering Structures*, 320, 118430.

Lumingkewas, R. (2023). *Beton Serat Inovasi Dalam Konstruksi Modern*. Nem. Jawa Tengah, Indonesia.

Malik, Y. (2016). *Studi Pengaruh Temperatur dan Waktu Curing terhadap Sifat Fisik–Mekanik Semen Geopolimer Berbasis Slag Ferronickel*. Skripsi, Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Manalu, H., Wismogroho, A. S. (2022). *Development of Mortar for Repair of Cracked Concrete with Injection Method*. *Journal of Technomaterial Physics*, 4(1), 45–54.

- Mehta, P. K., Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Nurwidyanto, M. I., Meida, Sugeng, W. (2006). Pengaruh Ukuran Butir terhadap Porositas dan Permeabilitas pada Batu Pasir. *Jurnal Berkala Fisika*, 9(4), 191–195.
- Ohama, Y. (2008). *Polymer Concrete*. In *Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete*. Woodhead Publishing, Cambridge, Inggris.
- Pellegrino, C., Da Porto, F., Modena, C. (2011). Experimental behaviour of reinforced concrete elements repaired with polymer-modified cementitious mortar. *Materials and Structures*, 44(8), 1481–1493.
- Purnawan, I., Prabowo, A. (2017). Pengaruh Penambahan Limestone terhadap Kuat Tekan Semen Portland Komposit. *Jurnal Rekayasa Proses*, 11(2), 86–93.
- Rakaa, R. K., Abbas, R. M. (2024). Mechanical properties of lightweight EPS self-compacting concrete reinforced with steel fibers. *Journal of Engineering*, 30(6), 125–140.
- Rokhman, A., Kusumastuti, D. P. (2016). Tinjauan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Penambahan Tali Tambang Plastik. *Forum Mekanika*, 5(1), 9–14.
- Santoso, A., Widodo, S., Ma'arif, F. (2011). Pemanfaatan Limbah *Styrofoam* untuk Pembuatan Dinding Struktur Beton Ringan Ramah Lingkungan. *Jurnal Inersia*, 7(1), 1–18.
- Sari, I., Hartini, H., Putra, A. M. (2023). Pengaruh Variasi Dosis dan Waktu Fermentasi dengan EM4 terhadap Kandungan Unsur N dan P Polimer Limbah Popok. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(1), 1–15.
- Solikin, M., Fajrul, M., Sunarjono, S., Hidayati, N., Trinugroho, S., Sutanto, M. H., Asnan, M. N. (2021). Bending performance of half-slab *styrofoam* mortar with glazed nylon fiber. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 17(1), 50–57.
- SNI 03-6825-2002. *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland*

Untuk Pekerjaan Sipil. Badan Standar Nasional Indonesia.

SNI 03-3449-2002. *Spesifikasi Beton Ringan untuk Konstruksi Bangunan.* Badan Standardisasi Nasional (BSN). Jakarta, Indonesia.

Sujatmiko, B. (2019). *Teknologi Beton dan Bahan Bangunan.* Media Sahabat Cendekia. Surabaya.

Sulong, R., Muatapa, S., Rashid, M. (2019). Application of expanded polystyrene (EPS) in buildings and constructions. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(20), 2–11.

Sofi, M., Abadir, E., Mendis, P. (2019). Mechanical performance of EPS lightweight mortar. *Construction and Building Materials*, 211, 165–176.

Strecker, K., Silva, C. A., Ribeiro Filho, S. L. M. (2016). *Experimental and Numerical Analysis of Cement Based Composite Materials with Styrofoam Inclusions.* The Open Construction and Building Technology Journal, **10**, 123–138.

Tian, Q., Zhang, J., & Li, H. (2011). *Microstructure and mechanical properties of fiber-reinforced mortar at early ages.* Cement and Concrete Research, 41(5), 543–549.

Tjokrodinuljo, K. (1996). *Teknologi Beton.* Andi. Yogyakarta, Indonesia.

Tumungan, T., Tjaronge, M. W., Victor, S., & Rudy, D. (2016). Penyerapan dan Porositas pada Beton Menggunakan Bahan Pond Ash sebagai Pengganti Pasir. *Politeknologi*, 15(1), 1–8.

Utomo, B., & Nurjannah, S. A. (2021). Karakteristik Mortar Polimer Epoxy Resin Dengan *Fiberglass*. *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 10(2), 73–78.

Wardana, D. P., Evriantama, G. F., Riyadi, M. (2021). *Pemanfaatan styrofoam sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton dengan fas 0.4.* Construction and Material Journal, 3(1), 15–27.

Wenno, R. (2014). Kuat Tekan Mortar dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) Asal PLTU Amurang Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 2(5), 252–259.

- Winarno, H. (2015). Pengaruh Komposisi Bahan Pengisi *Styrofoam* pada Pembuatan Batako Mortar Semen Ditinjau dari Karakteristik dan Kuat Tekan. *Jurnal Scientific Pinisi*, 1(1), 1–11.
- Yunanda, M. (2019). Perbandingan Kuat Tekan Mortar Dengan Memanfaatkan Coal Ash Waste. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Palembang.
- Young, R. J. (1987). *Introduction to Polymers*. Chapman and Hall. London – New York.
- Yavuz, I., Senol, B., & Simsir, E. (2025). Examination of Energy Damping Behavior of Fiber Glass Reinforced Sandwich Structures with Extruded Polystyrene Core Material. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences*, 73(2).
- Zhang, X., Du, M., Fang, H., Shi, M., & Zhang, C. (2021). Polymer-modified cement mortars: Their enhanced properties, applications, prospects, and challenges. *Construction and Building Materials*, 300, 124290.
- Zhou, B., Zhang, M., & Ma, G. (2021). Experimental study on mechanical property and microstructure of cement mortar reinforced with elaborately recycled GFRP fiber. *Cement and Concrete Composites*, 118, 103986.