TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN PASIR GARNET SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR

(Studi Penelitian)

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh:

MUAMMAR KADAFI AKBAR
2207210203

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama	: Muammar Kadafi Akbar
Npm	: 2207210203
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Pengaruh Penggunaan Pasir Garnet Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Mortar
Bidang Ilmu	: Struktur

Telah Berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 7 September 2026

Dosen Pembimbing



Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc,Ph.D, IPM

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

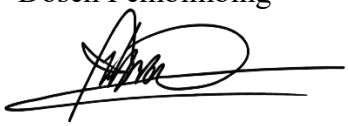
Nama	: Muammar Kadafi Akbar
Npm	: 2207210203
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Pengaruh Penggunaan Pasir Garnet Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Mortar
Bidang Ilmu	: Struktur

Telah berhasil di pertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 7 September 2026

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc,Ph.D, IPM

Dosen Pembanding I	Dosen Pembanding II
	
Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D	Sri Frapanti, ST., M.T

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



Ir. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini di ajukan oleh:

Nama : Muammar Kadafi Akbar

Tempat, tanggal lahir : Kutacane, 17 Februari 2005

Npm : 2207210203

Fakultas : Teknik

Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya berjudul ‘’Pengaruh Penggunaan Pasir Garnet Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Mortar”.

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya kaena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis. Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang bentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat dengan pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

Demikian surat penyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak ada tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 7 September 2026

Saya yang menyatakan



Muammar Kadafi Akbar

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN PASIR GARNET SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR

Muammar Kadafi Akbar
2107210203
Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc, Ph.D, IPM

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh substitusi sebagian agregat halus dengan pasir garnet terhadap kuat tekan mortar. Mortar merupakan material konstruksi yang terdiri atas semen, agregat halus, dan air serta digunakan dalam pekerjaan pasangan dan plesteran. Meningkatnya kebutuhan pasir alam mendorong penggunaan material alternatif, salah satunya pasir garnet yang memiliki kekerasan dan berat jenis relatif tinggi sehingga berpotensi meningkatkan sifat mekanik mortar.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan FAS 0,40 dan perbandingan semen terhadap agregat halus sebesar 1:3. Variasi substitusi pasir garnet sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% berdasarkan berat pasir. Benda uji berupa kubus berukuran 5 × 5 × 5 cm dengan enam sampel pada setiap variasi, sehingga total 30 benda uji. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah perawatan melalui perendaman selama 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan rata-rata mortar normal sebesar 12,45 MPa, sedangkan substitusi pasir garnet 5%, 10%, 15%, dan 20% menghasilkan kuat tekan berturut-turut sebesar 12,98 MPa, 13,67 MPa, 15,45 MPa, dan 16,32 MPa. Nilai tertinggi diperoleh pada substitusi 20%, yaitu sebesar 16,32 MPa atau meningkat 31,08% dibandingkan mortar normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan pasir garnet sebagai substitusi sebagian agregat halus dapat meningkatkan kuat tekan mortar dan berpotensi menjadi material alternatif yang lebih berkelanjutan.

Kata Kunci: Mortar, Pasir Garnet, Substitusi Agregat Halus, Kuat Tekan Mortar, Sandblasting

ABSTRACT

THE EFFECT OF USING GARNET SAND AS A PARTIAL REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF MORTAR

Muammar Kadafi Akbar
2107210203
Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc, Ph.D, IPM

This study aims to analyze the effect of partially substituting fine aggregate with garnet sand on the compressive strength of mortar. Mortar is a construction material composed of cement, fine aggregate, and water, commonly used in masonry and plastering applications. The increasing demand for natural sand has encouraged the use of alternative materials, one of which is garnet sand, which has relatively high hardness and specific gravity and is therefore expected to improve the mechanical properties of mortar.

This study employed a laboratory experimental method with a water-cement ratio (W/C) of 0.40 and a cement-to-fine aggregate ratio of 1:3. Garnet sand was used as a partial replacement for fine aggregate at 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% by sand weight. The test specimens were 5 × 5 × 5 cm cubes, with six specimens for each variation, resulting in a total of 30 specimens. Compressive strength testing was conducted after 28 days of water curing.

The results showed that the average compressive strength of the normal mortar was 12.45 MPa, while the 5%, 10%, 15%, and 20% garnet sand substitutions produced average compressive strengths of 12.98 MPa, 13.67 MPa, 15.45 MPa, and 16.32 MPa, respectively. The highest compressive strength was obtained at 20% substitution, reaching 16.32 MPa, which represents an increase of 31.08% compared with the normal mortar. These results indicate that the use of garnet sand as a partial replacement for fine aggregate can improve the compressive strength of mortar and has potential as a more sustainable alternative material.

Keywords: Mortar, Garnet Sand, Fine Aggregate Replacement, Mortar Compressive Strength, Sandblasting

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيْمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil"alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Pengaruh Penggunaan Pasir Garnet Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Mortar (Studi Penelitian)" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc, Ph.D, IPM,. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Fetra Venny Riza ST., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Penguji I yang telah banyak membantu dan memberikan saran serta masukan demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Sri Frapanti, ST., MT., selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membantu dan memberikan saran serta masukan demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknisipilan kepada penulis.

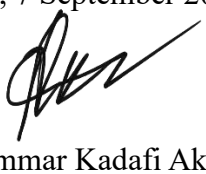
6. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Terimakasih yang teristimewa sekali kepada almarhum Ayahanda Salihin dan Ibunda tersayang Hj. Saminah yang telah bersusah payah mendidik dan membiayai penulis serta menjadi penyemangat penulis yang senantiasa mendoakan penulis dapat menyelesaikan studinya.
8. Terimakasih juga kepada Nailul Amali dan sahabat-sahabat penulis dari kelas E1 Pagi dan anak stambuk 2022 lainnya Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan juga seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan Terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman Mahasiswa Teknik Sipil. Aamin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 7 September 2026



Muammar Kadafi Akbar

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ii

LEMBAR PENGESAHAN iii

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR iv

ABSTRAK v

ABSTRACT vi

KATA PENGANTAR vii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR NOTASI xiv

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 2

1.3. Ruang Lingkup Penelitian 2

1.4. Tujuan Penelitian 3

1.5. Manfaat Penelitian 3

1.6. Sistematika Penulisan 3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 4

2. 1. Penelitian Terdahulu 5

2. 2. Mortar 6

2. 3. Kuat Tekan Mortar 7

2. 4. Bahan Material Tambahan Pembentuk Mortar 8

2.4.1 Pasir Garnet (*Spend Garnet*) 8

2. 5. Literatur Penggunaan Pasir Garnet sebagai Subtitusi Agregat Halus 9

BAB 3 METODE PENELITIAN 10

3.1. Diagram Alir 10
3.2. Metode Penelitian 11
3.3. Sumber-Sumber Data Dalam Penelitian 12
3.4. Rancangan Penelitian 12
3.4.1 Benda uji untuk kuat tekan 12
3.5. Alat dan Bahan 13
3.5.1 Alat 13
3.5.2 Bahan 15
3.6. Pemeriksaan Bahan 15
3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Pasir Garnet 16
3.6.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus 17
3.6.3 Berat Isi 18
3.6.4 Kadar Air Agregat Halus 20
3.6.5 Kadar Lumpur Agregat Halus 21
3.6.6 Analisa Saringan Agregat Halus 22
3.7. Pelaksanaan Penelitian 22
3.7.1 Perencanaan Campuran Mortar 22
3.7.2 *Mix Design* 22
3.7.3 Perawatan Mortar 25
3.8. Pelaksanaan Pengujian Benda Uji 25
3.8.1 Berat Jenis Mortar 25
3.8.2 Penyerapan Mortar 26
3.8.3 Pengujian Kuat Tekan 26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 28
4.1. Pemeriksaan Agregat Halus 28
4.1.1 Berat Jenis 28
4.1.2 Penyerapan Air 28
4.1.3 Berat Isi 29

4.1.4 Pemeriksaan Kadar Air 30
4.1.5 Pemeriksaan Kadar Lumpur 30
4.1.6 Analisa Saringan Agregat Halus 31
4.2. Pasir Garnet 32
4.2.1 Berat Jenis 32
4.2.2 Penyerapan Air 32
4.4 Hasil dan Analisa Pengujian Mortar Kuat Tekan 33
4.4.1 Berat Jenis Mortar 33
4.4.2 Penyerapan Mortar 34
4.4.3 Nilai Kuat Tekan Mortar 35
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 37
5.1. Kesimpulan 37
5.2. Saran 37
DAFTAR PUSTAKA 39
LAMPIRAN 42
DAFTAR RIWAYAT HIDUP 55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 : Diagram Alir Penelitian. 10
Gambar 3. 2 : Dimensi cetakan mortar. 24
Gambar 4.1 : Grafik berat jenis agregat halus. 28
Gambar 4.2 : Grafik penyerapan agregat halus. 29
Gambar 4.3 : Grafik berat isi agregat halus. 29
Gambar 4.4 : Grafik kadar air agregat halus. 30
Gambar 4. 5 : Grafik kadar lumpur agregat halus. 31
Gambar 4.6 : Grafik analisa saringan agregat halus. 31
Gambar 4.7 : Grafik berat jenis pasir garnet. 32
Gambar 4.8 : Grafik penyerapan pasir garnet. 33
Gambar 4.9 : Grafik berat jenis mortar. 34
Gambar 4. 10 : Grafik penyerapan. 35
Gambar 4.11 : Grafik kuat tekan FAS 0,40. 36

DAFTAR TABEL

Tabel 3.2 : Perencanaan benda uji mortar FAS 0,40. 23
Tabel. L.1.1 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus. 43
Tabel. L.1.2 Hasil pemeriksaan berat isi agregat halus. 43
Tabel. L.1.3 Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus. 44
Tabel. L.1.4 Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus. 44
Tabel. L.1.5 Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus. 44
Tabel. L.1.6 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan pasir garnet. 45
Tabel L.3.1 Berat jenis mortar kuat tekan FAS 0,40. 47
Tabel L.4. 1 : Penyerapan mortar FAS 0,40. 50
Tabel L.5.1 : Kuat tekan mortar FAS 0,40. 53

DAFTAR NOTASI

f'c	= Kekuatan tekan mortar	(MPa)
P	= Gaya tekan	(ton)
A	= Luas penampang benda uji	(m^3)
b	= Lebar benda uji	(mm)
d	= Tebal benda uji	(mm)
L	= Jarak antara kedua tumpuan	(mm)
ω	= Kadar Air	(%)
n	= Jumlah benda uji	(buah)
Ww	= Berat benda uji basah	(kg/m^3)
Wd	= Berat benda uji kering	(kg/m^3)
D	= Berat jenis atau *density*	(kg/m^3)
Mc	= Berat wadah ukur yang berisi mortar	(kg)
Mm	= Berat wadah ukur	(kg)
V	= Volume benda uji	(m^3)
W	= Berat	(kg)

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ketersediaan pasir alam sebagai agregat halus menjadi perhatian dalam industri konstruksi seiring meningkatnya kebutuhan material akibat pembangunan infrastruktur. Penggunaan pasir alam secara terus-menerus dapat mengurangi ketersediaan sumber daya dan menimbulkan dampak terhadap lingkungan, sehingga diperlukan alternatif material yang dapat mengurangi penggunaan pasir alam. Salah satu material yang berpotensi dimanfaatkan adalah *spent garnet*, yaitu material sisa yang dihasilkan dari penggunaan garnet dalam proses *abrasive blasting* dan *abrasive water jet*. Pemanfaatan *spent garnet* sebagai bahan konstruksi dapat menjadi salah satu upaya untuk mengurangi limbah industri sekaligus memanfaatkan kembali material sisa. Penggunaan *spent garnet* sebagai pengganti agregat halus pada mortar menunjukkan bahwa material tersebut berpotensi digunakan sebagai alternatif pasir alam dalam campuran mortar (Lim et al., 2020).

Penggunaan *spent garnet* pada mortar dapat memengaruhi sifat fisik dan mekanis mortar. Penelitian mengenai penggunaan *spent garnet* sebagai pengganti pasir pada *3D-printed mortar* menunjukkan bahwa variasi penggunaan garnet dapat memengaruhi sifat mekanis awal dan kemampuan mortar dalam mempertahankan bentuk setelah proses pencetakan (Skibicki et al., 2022). Penelitian lainnya menunjukkan bahwa penggunaan *spent garnet* sebagai pengganti sebagian pasir pada mortar dapat meningkatkan kinerja mortar pada proporsi tertentu, terutama terhadap kuat tekan dan karakteristik fisiknya (Chit et al., 2025). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *spent garnet* sebagai agregat halus alternatif memiliki potensi untuk dikembangkan dalam pembuatan mortar.

Berdasarkan penelitian terdahulu, *spent garnet* memiliki potensi untuk digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus pada mortar, tetapi pengaruhnya dapat berbeda bergantung pada karakteristik material dan komposisi campuran yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir garnet terhadap sifat mortar, khususnya

kuat tekan dan penyerapan air. Dalam penelitian ini, pasir garnet digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% pada mortar dengan faktor air semen (FAS) 0,40 dan perbandingan semen terhadap agregat halus 1:3. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari untuk mengetahui pengaruh variasi pasir garnet terhadap kuat tekan dan penyerapan air mortar serta menentukan variasi yang memberikan kinerja terbaik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dikemukakan, maka permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan pasir garnet sebagai substitusi sebagian agregat halus dengan variasi 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap kuat tekan dan absorpsi mortar pada umur 28 hari?
2. Berapakah persentase substitusi pasir garnet yang menghasilkan kuat tekan mortar paling tinggi dan nilai absorpsi paling rendah pada umur 28 hari?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian ini dapat dilaksanakan secara terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka diperlukan batasan ruang lingkup untuk membatasi permasalahan yang akan dibahas. Adapun ruang lingkup penelitian ini meliputi:

1. Perencanaan campuran mortar dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-6882-2002 tentang Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan.
2. Campuran mortar menggunakan faktor air semen (FAS) sebesar 0,40 dengan perbandingan antara semen dan agregat halus sebesar 1 : 3.
3. Agregat halus yang digunakan berupa pasir alam dengan pasir garnet sebagai substitusi sebagian agregat halus sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% berdasarkan berat agregat halus.
4. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan dimensi 5 × 5 × 5 cm.
5. Perawatan benda uji dilakukan melalui proses perendaman sampai mencapai umur 28 hari.

6. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur 28 hari dengan mengacu pada ASTM C109 / C109M : 2020, sedangkan pengujian absorpsi ditentukan berdasarkan perbandingan antara berat benda uji dalam kondisi jenuh dan berat benda uji setelah pengeringan dalam oven.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pemaparan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh penggunaan pasir garnet sebagai substitusi sebagian agregat halus dengan variasi 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap kuat tekan dan nilai absorpsi mortar pada umur 28 hari.
2. Menganalisis variasi substitusi pasir garnet yang menghasilkan kuat tekan tertinggi dan nilai absorpsi terbaik pada mortar umur 28 hari.

1.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah ditetapkan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan dan pemahaman mengenai pengaruh penggunaan pasir garnet sebagai substitusi sebagian agregat halus terhadap kuat tekan dan absorpsi mortar.
2. Menjadi sumber referensi bagi mahasiswa maupun peneliti dalam mengembangkan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan material alternatif sebagai bahan penyusun campuran mortar.
3. Memberikan informasi mengenai potensi pemanfaatan pasir garnet sebagai bahan substitusi sebagian agregat halus pada mortar, sehingga dapat menjadi salah satu alternatif material dalam bidang konstruksi.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembahasan dalam penelitian ini, maka sistematika penulisan dilakukan dengan membagi tulisan menjadi beberapa bab, antara lain:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang berkaitan dengan penjelasan mortar, pasir garnet, dan metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, dan metode analisa data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil pengujian dan analisa data kekuatan tekan mortar dengan bahan subtitusi pasir garnet sebagai pengganti sebagian pasir, serta analisis hasilnya.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bagian akhir dari skripsi yang berisikan kesimpulan dan saran dari hasil pengujian dan analisa data.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Penelitian Terdahulu

Untuk mendukung pelaksanaan penelitian, beberapa hasil penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi dalam memahami pemanfaatan material alternatif pada campuran mortar. Mortar merupakan campuran yang tersusun atas bahan pengikat, seperti semen atau kapur, agregat halus berupa pasir, dan air. Mortar digunakan sebagai bahan perekat untuk menyatukan unit pasangan, seperti bata dan batako, serta dapat dimanfaatkan sebagai bahan plesteran dan perataan permukaan. Berdasarkan SNI 03-6882-2002 tentang "Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan", mortar dikelompokkan menjadi tipe M, S, N, dan O berdasarkan karakteristik kuat tekannya, yang penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan pekerjaan konstruksi struktural maupun nonstruktural. Kinerja mortar dipengaruhi oleh beberapa sifat dasar, antara lain kemudahan pengerjaan (*workability*), kuat lekat (*bond strength*), ketahanan (*durability*), dan kuat tekan (*compressive strength*), yang secara keseluruhan dipengaruhi oleh proporsi dan komposisi bahan penyusun mortar.

Penelitian mengenai pemanfaatan *spent garnet* sebagai bahan substitusi agregat halus pada mortar telah dilakukan dengan menggunakan variasi penggantian sebesar 0%, 10%, 20%, dan 30%. Benda uji kemudian dirawat selama 28 hari dan dilakukan pengujian terhadap kuat tekan serta densitas mortar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *spent garnet* memengaruhi karakteristik mortar, dengan kuat tekan tertinggi diperoleh pada penggunaan *spent garnet* sebesar 10%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *spent garnet* berpotensi dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam campuran mortar sekaligus sebagai upaya pemanfaatan kembali limbah industri (Samsunanwar et al., 2023).

Pemanfaatan limbah *spent garnet* sebagai pengganti sebagian pasir alam dalam material berbasis semen juga telah dikaji melalui penelitian yang mencakup

mortar konvensional. Penelitian tersebut mengevaluasi berbagai karakteristik material, termasuk sifat fisik, mekanis, mikrostruktur, dan durabilitas, untuk menilai potensi penggunaan *spent garnet* sebagai material alternatif dalam campuran konstruksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah *spent garnet* memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian agregat halus, sekaligus mendukung pengurangan penggunaan pasir alam dan pemanfaatan kembali limbah industri (Baera et al., 2026).

Penelitian lainnya menggunakan *waste spent garnet* sebagai pengganti sebagian pasir sungai pada mortar geopolimer berbasis *cenosphere* dan *ground granulated blast furnace slag*. Variasi penggantian pasir yang digunakan meliputi 0%, 25%, dan 50%, dengan pengujian terhadap sifat segar, sifat mekanis, mikrostruktur, dan durabilitas mortar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *spent garnet* pada proporsi tertentu dapat meningkatkan susunan partikel dan densifikasi matriks, sehingga memberikan pengaruh terhadap kekuatan dan durabilitas mortar. Namun, penggunaan *spent garnet* dalam jumlah yang lebih tinggi dapat meningkatkan porositas dan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kinerja mortar (Salim & Moro, 2025).

2. 2. Mortar

Mortar merupakan material konstruksi yang tersusun atas semen sebagai bahan pengikat, agregat halus, dan air yang dicampurkan dalam proporsi tertentu. Karakteristik mortar dipengaruhi oleh sifat dan proporsi bahan penyusunnya, terutama bahan pengikat, agregat halus, dan air. Penggunaan komposisi bahan yang berbeda dapat menghasilkan perubahan terhadap sifat mekanis mortar, seperti kuat tekan dan kuat lentur. Penelitian terhadap mortar semen juga menunjukkan bahwa karakteristik bahan penyusun dan komposisi campuran perlu diperhatikan untuk memperoleh sifat mortar yang sesuai dengan kebutuhan konstruksi (Kasmuri & Ayuningtias, 2023; Ramesh et al., 2023).

Kuat tekan merupakan salah satu parameter utama yang digunakan untuk mengetahui kemampuan mortar dalam menerima beban tekan. Nilai kuat tekan dipengaruhi oleh jumlah air yang digunakan dalam pencampuran, komposisi bahan,

kondisi perawatan, dan umur benda uji. Penelitian Krakowiak et al. (2022) menunjukkan bahwa peningkatan jumlah air pencampur melebihi kebutuhan yang direkomendasikan dapat menurunkan parameter mekanis mortar, sedangkan umur perawatan juga memberikan pengaruh terhadap perkembangan kuat tekan. Penelitian Ramesh et al. (2023) juga menunjukkan bahwa perubahan komposisi bahan pengikat dapat menyebabkan perbedaan terhadap kuat tekan mortar. Dengan demikian, pengendalian proporsi bahan dan kondisi perawatan merupakan bagian penting dalam memperoleh karakteristik mortar yang sesuai (Krakowiak et al., 2022; Ramesh et al., 2023).

2. 3. Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan merupakan metode untuk mengetahui kemampuan mortar dalam menerima beban tekan hingga mencapai beban maksimum atau kondisi keruntuhan. Nilai kuat tekan diperoleh dari perbandingan antara beban maksimum yang diterima benda uji dengan luas penampang yang menerima beban. Pengujian kuat tekan mortar semen hidrolis menggunakan benda uji kubus berukuran 50 × 50 × 50 mm mengacu pada ASTM C109/C109M (ASTM International, 2026).

Pada pengujian tekan tanpa kekangan lateral (*unconfined compression*), benda uji menerima beban aksial secara bertahap melalui mesin tekan hingga mengalami keruntuhan. Selama pembebanan, mortar mengalami tegangan tekan pada arah aksial dan deformasi ke arah lateral yang dapat menyebabkan terbentuknya retak hingga mencapai beban maksimum. Kondisi pembebanan dan tekanan lateral dapat memengaruhi kuat tekan serta perilaku deformasi mortar (Kohees et al., 2019).

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dengan pembebanan aksial tanpa pemberian tekanan lateral secara khusus. Oleh karena itu, pengujian digunakan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir garnet sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan mortar pada umur 28 hari.

2. 4. Bahan Material Tambahan Pembentuk Mortar

Penelitian ini menerapkan metode substitusi sebagian agregat halus menggunakan material alternatif sebagai pengganti pasir. Persentase substitusi yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

2.4.1 Pasir Garnet (*Spend Garnet*)

Pasir garnet merupakan material mineral silikat yang memiliki karakteristik fisik berupa kekerasan, densitas, dan bentuk butiran yang mendukung penggunaannya sebagai material abrasif maupun bahan alternatif dalam material konstruksi. Karakteristik *spent garnet* hasil proses abrasif dapat berbeda bergantung pada sumber dan proses penggunaannya, tetapi penelitian menunjukkan bahwa material ini memiliki nilai berat jenis dan angularitas butiran yang dapat memberikan karakteristik tersendiri ketika digunakan sebagai agregat. Pengujian terhadap *spent garnet* dari proses *blasting* menunjukkan bahwa material tersebut memiliki angularitas agregat yang tinggi serta karakteristik penyerapan air yang rendah, sehingga berpotensi digunakan sebagai material agregat dalam aplikasi konstruksi (Usman et al., 2021).

Penggunaan *spent garnet* sebagai pengganti sebagian agregat halus juga telah diteliti pada mortar. Penelitian menunjukkan bahwa *spent garnet* memiliki densitas curah yang tinggi dan struktur butiran yang bersudut, sehingga penggunaannya sebagai pengganti sebagian pasir dapat memengaruhi susunan dan kepadatan partikel dalam mortar. Penggunaan *spent garnet* pada proporsi tertentu dapat meningkatkan kepadatan dan kuat tekan mortar karena karakteristik fisik serta kemampuan pengisian ruang antarpartikel yang dapat menghasilkan struktur campuran yang lebih kompak (Chit et al., 2025). Penelitian lain pada mortar dengan variasi *spent garnet* sebesar 0%, 10%, 20%, dan 30% juga menunjukkan bahwa penggunaan *spent garnet* memberikan pengaruh terhadap densitas dan kuat tekan mortar setelah perawatan 28 hari (Samsunanwar et al., 2023).

Selain memberikan kontribusi terhadap peningkatan sifat mekanis, pasir garnet juga memiliki ketahanan kimia yang baik. Hal ini disebabkan oleh struktur kristalnya yang stabil sehingga cenderung tidak bereaksi dengan semen Portland

maupun bahan tambahan lain yang digunakan dalam campuran mortar. Sifat tersebut berperan dalam menjaga kestabilan material selama masa layan dengan meminimalkan kemungkinan terjadinya reaksi kimia yang dapat menimbulkan kerusakan, seperti terbentuknya senyawa yang bersifat ekspansif atau proses degradasi akibat pengaruh lingkungan. Keunggulan lainnya adalah kemampuan pasir garnet untuk mempertahankan kinerjanya pada kondisi yang abrasif maupun korosif, sehingga lebih unggul dibandingkan beberapa jenis agregat halus konvensional. Dengan karakteristik tersebut, pasir garnet dinilai berpotensi menjadi material alternatif yang mendukung pengembangan mortar dan material konstruksi yang lebih awet, tahan lama, serta selaras dengan konsep konstruksi berkelanjutan kandungan pasir garnet oleh (Chau et al., 2025).

2. 5. Literatur Penggunaan Pasir Garnet sebagai Subtitusi Agregat Halus

Penggunaan *spent garnet* sebagai substitusi sebagian agregat halus dapat memengaruhi kepadatan dan kuat tekan mortar. Karakteristik *spent garnet* yang memiliki densitas relatif tinggi dan bentuk butiran bersudut dapat membantu menghasilkan susunan partikel yang lebih kompak sehingga berpotensi meningkatkan kuat tekan mortar (Chit et al., 2025).

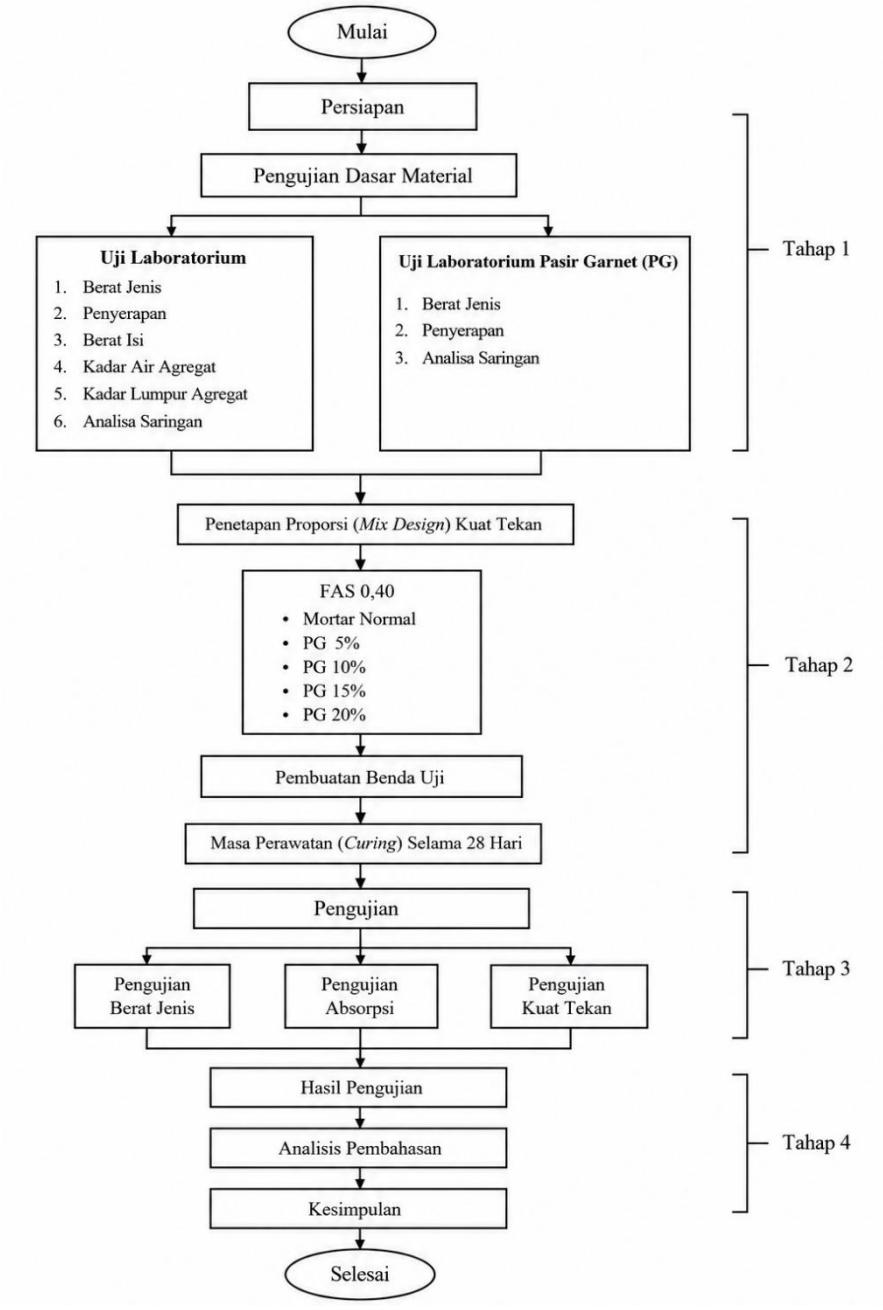
Penggunaan *spent garnet* juga dapat memengaruhi kelecakan mortar. Namun, pengaruhnya tidak selalu berupa penurunan kelecakan karena dipengaruhi oleh karakteristik material, gradasi, kadar air, dan komposisi campuran (Lim et al., 2020).

Secara keseluruhan, *spent garnet* berpotensi digunakan sebagai substitusi sebagian agregat halus karena dapat memengaruhi kepadatan, kelecakan, dan kuat tekan mortar. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan variasi pasir garnet sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kuat tekan dan penyerapan mortar pada umur 28 hari.

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir

Langkah-langkah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:



Gambar 3.1 : Diagram Alir Penelitian.

Penelitian tersebut akan dilaksanakan melalui metode eksperimen laboratorium, di mana beberapa jenis uji coba akan dilakukan terkait dengan data yang telah dirancang sebelumnya. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian yang dilaksanakan terbagi atas lima tahapan sebagai berikut:

1. Tahap I:

   Pada tahap ini, dilakukan persiapan material yang terdiri dari agregat halus, semen, air, dan pasir garnet. Pengujian dasar material dilaksanakan pada sampel agregat halus dan pasir garnet. Jenis pengujian ini mencakup pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar air, serta kadar lumpur.

2. Tahap II:

   Tahap ini adalah fase perencanaan mortar, pembuatan benda uji, dan perawatan mortar. Proporsi bahan campuran mortar dihitung menggunakan Metode Standar Nasional Indonesia (SNI). Kemudian direndam selama 28 hari.

3. Tahap III:

   Dilaksanakan pengujian kuat tekan mortar dengan masing-masing campuran yang berbeda. Dengan ini penulis membuat 30 cetakan kubus ukuran
   5cm x 5cm x 5cm dengan umur perendaman selama 28 hari.

4. Tahap IV:

   Dari hasil pengujian yang dilakukan pada tahap III, dilakukan analisis data. Analisis data ini berfungsi sebagai pembahasan hasil penelitian, yang kemudian memungkinkan penarikan kesimpulan dari penelitian tersebut.

5. Tahap V:

   Setelah mengumpulkan data hasil pengujian pada tahap IV, dibuatlah laporan tentang hasil penelitian yang sudah dilakukan.

3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan mortar dengan memanfaatkan pasir garnet sebagai bahan pengganti sebagian pasir adalah metode eksperimental laboratorium. Metode ini dilakukan dengan membuat sampel benda uji berupa mortar dengan menggunakan 1 jenis FAS sebesar 0,40 kemudian

selanjutnya untuk penggantian pasir sebagian dengan pasir garnet dilakukan dengan variasi 5%, 10%, 15%, dan 20%.

3.3. Sumber-Sumber Data Dalam Penelitian

Sebuah metode atau tindakan yang diterapkan untuk menyelesaikan suatu masalah dengan cara mengumpulkan, mencatat, mempelajari, dan menganalisis data yang telah diperoleh. Dalam penelitian ini, penyelesaian tidak terlepas dari data-data pendukung yang telah dikumpulkan. Data pendukung tersebut diperoleh dari:

1. Data Primer

   Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil yang telah dilaksanakan di laboratorium seperti: berat jenis dan penyerapan pasir, pemeriksaan berat isi pasir, pemeriksaan kadar lumpur pasir, pemeriksaan kadar air pasir, perbandingan dalam pencampuran mortar dan uji kuat tekan mortar.
2. Data Sekunder

   Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa jurnal dan buku yang berhubungan dengan teknik mortar (*literatur*) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing. Serta data yang telah ditentukan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan hasil laporan dari penelitian-penelitian mortar sebelumnya.

3.4. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang dilakukan merupakan jenis metode *eksperimental*, dimana dilakukan pembuatan sampel benda uji berupa mortar dengan menggunakan 1 jenis FAS sebesar 0,40. Kemudian selanjutnya untuk penggantian sebagian pasir dengan pasir garnet dilakukan dengan variasi sebagai berikut:

3.4.1 Benda uji untuk kuat tekan

1. Variasi Pasir Garnet 0% (Normal): Tidak ada penambahan pasir garnet pada variasi ini. Hal ini didasarkan bahwa variasi ini adalah sebagai variasi pengontrol terhadap variasi lainnya.

2. Variasi Pasir Garnet 5%: Pada variasi ini, digunakan pasir garnet sebesar 5% dari berat keseluruhan pasir yang akan digunakan. Jadi pasir yang akan digunakan sebesar 95% dan pasir garnet sebesar 5%.
3. Variasi Pasir Garnet 10%: Pada variasi ini, digunakan pasir garnet sebesar 10% dari berat keseluruhan pasir yang akan digunakan. Jadi pasir yang akan digunakan sebesar 90% dan pasir garnet sebesar 10%.
4. Variasi Pasir Garnet 15%: Pada variasi ini, digunakan pasir garnet sebesar 15% dari berat keseluruhan pasir yang akan digunakan. Jadi pasir yang akan digunakan sebesar 85% dan pasir garnet garnet 15%.
5. Variasi Pasir Garnet 20%: Pada variasi ini, digunakan pasir garnet sebesar 20% dari berat keseluruhan pasir yang akan digunakan. Jadi pasir yang akan digunakan sebesar 80% dan pasir garnet sebesar 20%.

3.5. Alat dan Bahan

3.5.1 Alat

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Satu set saringan untuk agregat halus.
   Saringan agregat halus yang akan digunakan dalam pengujian.
2. Oven
   Oven digunakan untuk mengeringkan agregat sampai dalam kondisi SSD.
3. Ember.
   Ember digunakan untuk menampung air dan agregat dalam pembuatan benda uji.
4. Timbangan digital.
   Timbangan digital digunakan untuk menimbang massa pada bahan material pada penelitian.
5. Plastik ukuran 5 kg.
   Plastik digunakan untuk menyimpan bahan yang akan ditimbang.
6. Kuas.
   Kuas digunakan untuk mengoleskan vaselin pada cetakan benda uji saat akan dituangkan.

7. Sekop tangan.

   Sekop tangan digunakan untuk mengambil bahan material pada penelitian.

8. Terpal.

   Terpal digunakan untuk meletakkan bahan saat akan dijemur.

9. Pan.

   Digunakan untuk meletakkan bahan atau agregat yang akan dicuci.

10. Piknometer.

    Piknometer digunakan untuk mengukur banyak campuran air yang digunakan pada campuran pembuatan mortar.

11. Kawat kasa dan kaki tiga.

    Kawat kasa digunakan untuk menjadi alas antara tabung dengan api. Kaki tiga digunakan untuk menyangga alat dalam pemanasan pengujian berat jenis.

12. Spirtus.

    Spirtus digunakan sebagai tempat untuk menyimpan bahan bakar yang akan dipakai saat pembakaran benda uji didalam piknometer.

13. Cetakan kerucut pasir (*metal sendcone mold*) dan tongkat pemadat.

    Cetakan kerucut pasir digunakan untuk memasukkan pasir yang akan diuji untuk melihat agregat halus dalam kondisi SSD. Tongkat pemadat digunakan untuk memadatkan agregat yang diuji yang berada di dalam cetakan kerucut.

14. Masker.

    Digunakan untuk melindungi mulut atau muka dari debu dan kotoran.

15. Gelas ukur.

    Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyak air yang digunakan dalam pencampuran mortar.

16. Cetakan benda uji.

    Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan cetakan kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.

17. Ember perendam.

    Digunakan untuk merendam benda uji selama waktu yang direncanakan.

18. Sarung tangan.

    Digunakan untuk melindungi tangan pada saat pelaksanaan penelitian.

19. Skrap.

    Digunakan untuk mengaduk semen dan pasir agar pengadukan tercampur merata.

20. Mesin pengujian kuat tekan.

    Digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan pada benda uji.

3.5.2 Bahan

Komponen bahan pembentuk ferosemen yang digunakan yaitu:

1. Semen

   Semen yang direncanakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang PCC (*Portland Composit Cement*) sesuai SNI 7064; 2022. Semen *portland* ialah semen hidrolis yang dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dan gips sebagai bahan pembantu.

2. Agregat halus

   Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Binjai. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam hasil disintegrasi alami dari batu-batuan (*natural sand*) atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batuan (*artificial sand*) dengan ukuran kecil 0,15 mm - 5 mm menurut (SK SNI T-15-1991-03).

3. Air

   Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4. Pasir garnet

   Pasir garnet yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pedagang kaki lima sekitar kota medan.

3.6. Pemeriksaan Bahan

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan atau pemeriksaan, diantaranya:

3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Pasir Garnet

Pasir garnet merupakan mineral alami yang memiliki berat jenis tinggi, kekerasan yang baik, serta ketahanan terhadap abrasi. Material ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan abrasif dan juga berpotensi digunakan sebagai substitusi sebagian agregat halus pada campuran mortar karena memiliki karakteristik fisik yang mampu meningkatkan kepadatan campuran. Langkah-langkah pengerjaan berat jenis dan penyerapan pasir garnet adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Menimbang benda uji sebanyak 500 gr.
3. Menimbang piknometer dengan keadaan piknometer terisi air.
4. Membuang air yang ada di dalam piknometer.
5. Memasukkan pasir garnet ke dalam piknometer dengan menggunakan corong dan mengisinya dengan air sehingga penuh, kemudian menimbang dan mencatatnya.
6. Memanaskan piknometer yang telah berisi air, serta pasir garnet tersebut selama kurang lebih 15 menit, mengangkat dan menggoyangkan piknometer tersebut setiap 5 menit sekali untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap.
7. Merendam piknometer selama kurang lebih 24 jam di dalam wadah yang telah diisi air terlebih dahulu.
8. Setelah kurang lebih 24 jam, mengeluarkan pasir garnet dan piknometer dan menurunkannya ke dalam wadah sehingga tidak ada lagi pasir garnet yang tertinggal pada piknometer.
9. Memasukkan wadah yang berisi pasir garnet ke dalam oven dan mengeringkannya selama kurang lebih 24 jam.
10. Mengeluarkan wadah di dalam oven lalu menimbangnya dan mencatatnya.

Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

Berat contoh SSD (B)

Berat contoh SSD kering oven (110°) (E)

Berat piknometer jenuh air (D)

Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air (C)

a. Berat jenis contoh kering $= \frac{E}{B+D-C}$ (3.1)

b. Berat jenis contoh SSD $= \frac{B}{B+D-C}$ (3.2)

c. Berat jenis contoh semu $= \frac{E}{E+D-C}$ (3.3)

d. Penyerapan $= \frac{B-E}{E} \times 100\%$ (3.4)

3.6.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Menurut SNI-1970-2008, agregat halus merupakan agregat ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (No. 4). Cara uji ini digunakan untuk menentukan setelah (24+4) jam di dalam air berat jenis curah kering dan berat jenis semu, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, serta penyerapan air. Dalam keadaan SSD untuk menentukan berat jenis pasir. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 128-01 2001). Langkah-langkah pengerjaan berat jenis dan penyerapan agregat halus:

1. Menyiapkan alat dan bahan, pasir yang lolos ayakan No 4.
2. Menjemur contoh agregat halus untuk mendapatkan kondisi SSD (kering permukaan).
3. Memasukkan contoh agregat yang telah dikeringkah kedalam cetakan kerucut pasir (metal sandcone mold) $^1/_3$ bagian yang kemudian ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali untuk bagian pertama, mengisi $^1/_3$ bagian lagi untuk bagian kedua dan menusuknya sebanyak 25 kali kemudian mengisi hingga penuh lagi dan diratakan dengan mistar perata.
4. Mengangkat cetakan kerucut pasir secara perlahan. Bila agregat runtuh maka didapatlah agregat dalam kondisi SSD.
5. Menimbang benda uji sebanyak 500 gr.
6. Menimbang piknometer dengan keadaan piknometer terisi air.
7. Membuang air yang ada di dalam piknometer.
8. Memasukkan agregat halus ke dalam piknometer dengan menggunakan corong dan mengisinya dengan air sehingga penuh, kemudian menimbang dan mencatatnya.

9. Memanaskan piknometer yang telah berisi air, serta agregat halus tersebut selama kurang lebih 15 menit, mengangkat dan menggoyangkan piknometer tersebut setiap 5 menit sekali untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap.
10. Merendam piknometer selama kurang lebih 24 jam di dalam wadah yang telah diisi air terlebih dahulu.
11. Setelah kurang lebih 24 jam, mengeluarkan agregat halus dan piknometer dan menurunkannya ke dalam wadah sehingga tidak ada lagi agregat halus yang tertinggal pada piknometer.
12. Memasukkan wadah yang berisi agregat ke dalam oven dan mengeringkannya selama kurang lebih 24 jam.
13. Mengeluarkan wadah di dalam oven lalu menimbangnya dan mencatatnya.

Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

Berat contoh SSD (B)
Berat contoh SSD kering oven (110°) (E)
Berat piknometer jenuh air (D)
Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air (C)

e. Berat jenis contoh kering $= \frac{E}{B+D-C}$ (3.5)

f. Berat jenis contoh SSD $= \frac{B}{B+D-C}$ (3.6)

g. Berat jenis contoh semu $= \frac{E}{E+D-C}$ (3.7)

h. Penyerapan $= \frac{B-E}{E} \times 100\%$ (3.8)

3.6.3 Berat Isi

Metode pengujian ini mencakup penentuan kepadatan massal agregat dalam kondisi dipadatkan atau longgar dan dihitung kekosongan antara partikel (rongga) dalam agregat halus. Maksu pengujian ini adalah untuk menentukan berat isi agregat halus. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-4804 (1998) serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang berat isi agregat halus. Langkah-langkah pengerjaan berat isi agregate halus:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Agregat dalam kondisi kering oven.

3. Meletakan agregat halus kedalam pan.
4. Menimbang wadah baja dan mengukur diameter wadah untuk mengetahui volume wadah kemudian mencatatnya.
5. Menurut ASTM 29/C 29M-97 (2003) dan SNI 03-4804 (1998) ada 3 metode yaitu:

a. Cara lepas/gembur

1. Memasukan contoh bahan kedalam wadah besi hingga penuh menggunakan sekop tangan (dengan cara jatuh bebas dari ketinggian 5 cm diatas permukaan wadah).
2. Setelah penuh kemudian meratakan permukaan wadah dengan mistar perata.
3. Kemudian menimbangnya (benda uji + wadah) dan mencatatnya.

b. Cara penusukan

1. Memasukan benda uji kedalam wadah sebanyak 1/3 tinggi wadah kemudian menusuknya dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali, lakukan hal yang sama untuk ketinggian 2/3 dan ketinggian yang penuh.
2. Menambahkan kembali benda uji kedalam wadah hingga penuh kemudian meratakannya dengan mistar perata.
3. Kemudian menimbangnya (benda uji + wadah) dan mencatatnya.

c. Cara penggoyangan

1. Memasukan benda uji kedalam wadah sebanyak 1/3 tinggi wadah kemudian menggoyangkan dengan cara mengangkat salah satu sisi wadah secara bergantian sebanyak 25 kali, lakukan hal yang sama untuk ketinggian 2/3 dan ketinggian penuh.
2. Menambah kembali benda uji kedalam wadah hingga penuh kemudian meratakannya menggunakan mistar perata.
3. Kemudian menimbang dan mencatatnya.

Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

a. Volume wadah $= \frac{1}{4} . \pi . d^2 . t$ (3. 9)

b. Berat contoh = (berat wadah+isi) – (berat wadah) (3.10)

c. Berat isi $= \frac{\text{Berat Contoh}}{\text{Volume wadah}}$ (3.11)

3.6.4 Kadar Air Agregat Halus

Metode pengukuran kadar air ini adalah metode yang mengukur kadar air dalam agregat dimana secara ideal adalah menghitung kondisi kadar air kering permukaan atau *Saturated Surface Dry* (SSD) terhadap kondisi agregat kering hasil oven, yang diukur sebagai kadar berat air dalam agregat. Maksud pengujian ini adalah untuk menentukan kelembaban permukaan dan pori-pori agregat. Sehingga tujuan pengujian ini mencakup penentuan persentase kelembaban yang dapat menguap dalam sampel agregat dengan pengeringan, baik kelembaban permukaan dan kelembaban di pori-pori agregat. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C556-97 serta mengikuit buku panduan praktikum beton Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar air agregat halus. Langkahlangkah pengerjaan kadar air agregat halus:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk percobaan.
2. Menyaring contoh agregat dengan saringan yang lolos saringan No 4 seberat 500 gram untuk mewakili jumlah besar bahan yang akan digunakan.
3. Menimbang wadah yang akan digunakan sebagai wadah dan menimbangnya.
4. Mengambil contoh bahan saringan No 4 kemudian memasukkan ke dalam wadah dan menimbangnya.
5. Mengeringkan contoh bahan ke dalam oven sampai batas konstan selama kurang lebih 24 jam dengan suhu 105±5°C.
6. Mengeluarkan contoh bahan dari oven lalu mendinginkannya selanjutnya menimbangnya.
7. Mencatat hasil kadar air dari masing-masing agregat yang ditimbang pada saat setelah didinginkan.
8. Membersihkan alat yang digunakan kemudian menyimpannya kembali.

Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

Berat wadah + kondisi SSD (w_1)

Berat wadah + contoh kering oven (w_2)

Berat wadah (w_3)

a. Berat air $= w_1 - w_2$ (3.12)

b. Berat contoh kering $= w_2 - w_3$ (3.13)

c. Kadar air (ω) $= \frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_3} \times 100\%$ (3.14)

3.6.5 Kadar Lumpur Agregat Halus

Kadar lumpur yang dimaksud adalah lumpur yang menempel baik dipermukaan maupun dalam pori-pori dan rongga udara agregat. Agregat halus yang dimaksud adalah agregat yang lolos saringan 5 mm atau 4,75 mm. Maksud pengujian ini adalah untuk menentukan metode penentuan kadar lumpur dalam agregat halus dengan metode pembersihan pada agregat kering oven. Sementara tujuannya adalah menentukan besar kadar lumpur dalam sampel agregat sehingga dapat menentukan kondisi agregat terhadap syarat batas yang ditentukan. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan standar-standar SNI 03-2461-1991/2002, SK SNI S-04-1989-F.ASTM C-33 dan BS 812. Langkah-langkah pengerjaan kadar lumpur agregat halus:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
2. Mengambil contoh bahan, lalu diayak dengan saringan No 4 dan mengambil agregat yang lolos saringan.
3. Menimbang berat contoh setelah diayak.
4. Mencuci sampel dengan air bersih, kemudian menyaring agregat halus dengan saringan No 200, dilakukan berulang-ulang sampai air cucian tidak keruh.
5. Memasukkan agregat basah (yang telah dicuci) ke dalam wadah dan menimbangnya.
6. Memasukkan sampel ke dalam oven selama ± 24 jam dengan suhu 110±5°C.
7. Mengeluarkan sampel dari dalam oven kemudian menimbang dan mencatat beratnya (mendinginkan sampel pada suhu ruangan sebelum ditimbang).
8. Kemudian memasukkan kembali ke dalam oven selama 10 menit.
9. Lalu mengeluarkan bahan uji kemudian menimbang dan mencatat hasilnya.
10. Membersihkan dan mengembalikan alat ketempat semula.

Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

Berat contoh kering (A)

Berat contoh kering setelah dicuci (B)

a. Berat kotoran agregat halus lolos saringan No 200 setelah dicuci (C)

$$C = A - B \quad (3.15)$$

b. Persentase kotoran agregat lolos saringan No 200 setelah dicuci (D)

$$D = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.16)$$

3.6.6 Analisa Saringan Agregat Halus

Prosedur percobaan ini untuk metode analisis saringan pasir garnet yang dilakukan dengan ketetapan:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Mengambil dan menimbang agregat halus sebanyak 500 gr.
3. Menyusun saringan sehingga membentuk satu set saringan No. 4; No. 8; No. 16; No.30; No. 50; No.100, No. 200 dan Pan.
4. Kemudian menyaring agregat halus sampai benar-benar tersaring dengan sempurna.
5. Setelah tersaring dengan sempurna kemudian mengambil dan memasukkan agregat halus yang tertahan disetiap saringan ke dalam plastik.
6. Menimbang dan mencatat setiap agregat halus yang tertahan pada tiap-tiap saringan.
7. Membersihkan dan mengembalikan peralatan ke tempat semula.

3.7. Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 Perencanaan Campuran Mortar

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran mortar, dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk mortar sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia), yaitu pengujian terhadap agregat halus serta abu. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran mortar berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia).

3.7.2 *Mix Design*

Menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk mortar untuk memperoleh suatu campuran mortar yang ekonomis,

memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan, serta memiliki kelecakan yang sesuai sehingga mempermudah proses pengerjaan.

Pada penelitian ini pasir garnet digunakan sebagai bahan alternatif pengganti pasir sebagian sebanyak 24 sampel. Benda uji dibuat dengan menambahkan variasi-variasi pasir garnet sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%.

Untuk nilai rasio air-semen atau dikenal dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,40. Untuk semen dan pasir digunakan rasio 1:3. Untuk lebih jelasnya jumlah sampel benda uji yang akan di buat terdapat pada tabel berikut ini.

Tabel 3.1 : Perencanaan benda uji mortar FAS 0,40.

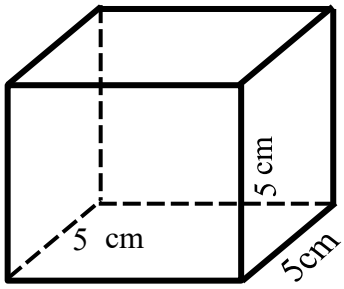
No	Tes	FAS	Semen	Pasir	PG	Tes	Jumlah Sampel
1	Normal	0,40	1	3	-	Cube 5x5x5	6
2	Variasi	0,40	1	95%	5%	Cube 5x5x5	6
		0,40	1	90%	10%	Cube 5x5x5	6
		0,40	1	85%	15%	Cube 5x5x5	6
		0,40	1	80%	20%	Cube 5x5x5	6
Jumlah							**30**

Benda uji ini berbentuk kubus dengan ukuran 5x5x5 cm dan berjumlah 30 sampel. Berikut penjelasannya:

1. Mortar normal: Terdapat 6 buah benda uji dengan FAS 0,40 umur mortar 28 hari untuk diambil data rata-ratanya.
2. Mortar campuran pasir garnet: Terdapat variasi 5%, 10%, 15%, dan 20 % dengan kombinasi 6 buah benda uji dengan FAS 0,40 umur mortar 28 hari untuk diambil data rata-ratanya.

Acuan : SNI 03-6882-2002 (Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan) ASTM C109.

Dimensi Benda Uji:



Gambar 3. 2 : Dimensi cetakan mortar.

Menghitung campuran mortar dengan perbandingan 1:3

Berat cetakan mortar = 5500 gram

Volume Cetakan Mortar = 0,05 × 0,05 × 0,05

= 0,000125 m^3

Berat isi semen = 1250 kg/m^3

Berat isi paasir = 1400 kg/m^3

Volume jenis air = 1000 kg/m^3

Volume total = 1 m^3

❖ Perbandingan semen dan pasir adalah 1 semen : 3 pasir
Penyebutan pasir dan semen disamakan → x

x + 3x = 1 m^3

4x = 1 m^3

x = 0,25 m^3

❖ Jumlah semen yang digunakan untuk 1 m^3

Semen = 1 → 1 × 0,25 = 0,25 m^3

semen × berat isi semen = 0,25 × 1250

= 312,5 kg

❖ Jumlah pasir digunakan untuk 1 m^3

Pasir = 3 → 3 × 0,25 = 0,75 m^3

pasir × berat isi pasir = 0,75 × 1400

= 1050 kg

❖ Jumlah air yang digunakan untuk 1 m^3 (FAS 0,40)

Air (Ls) = jumlah semen × 0,40

= 312,5 × 0,40

= 125 kg

Mix Design Mortar Untuk Kuat Tekan

➢ PG 5%

PG = (jumlah pasir yang digunakan dalam $1m^3$ × 5%) × volume cetakan mortar

= (1050 × 5%) × 0,000125

= 0,00656 kg/m^3

Semen = 0,03906

Pasir = Berat pasir mortar normal – PG 5%

= 0,13125 – 0,00656

= 0,12469 kg/m^3

Air = 0,01563 kg/m^3

3.7.3 Perawatan Mortar

Setelah pembuatan benda uji, mortar didiamkan hingga mengeras dan kemudian dilepaskan dari cetakan. Selanjutnya, benda uji dilakukan perawatan (curing) dengan cara direndam dalam bak yang berisi air hingga mencapai umur pengujian, yaitu 28 hari. Pembuatan dan pengujian benda uji mortar mengacu pada SNI 03-6825-2002 dan ASTM C109/C109M.

3.8. Pelaksanaan Pengujian Benda Uji

3.8.1 Berat Jenis Mortar

Pengujian berat jenis mortar dilakukan untuk mengetahui massa jenis mortar pada setiap variasi penggunaan pasir garnet. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan pasir garnet sebagai substitusi sebagian agregat halus memberikan perubahan terhadap berat jenis mortar

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$D = \frac{Mc - Mm}{Vm} \quad (3.17)$$

Dimana:

D = Berat jenis atau *density* (kg/m^3)

Mc = Berat wadah ukur yang berisi mortar (kg)

Mm = Berat wadah ukur (kg)

Vm = Volume benda uji (m^3)

3.8.2 Penyerapan Mortar

Pengujian penyerapan air dilakukan untuk mengetahui kemampuan mortar dalam menyerap air melalui pori-pori yang terdapat pada struktur mortar. Pengujian dilakukan dengan membandingkan berat benda uji dalam kondisi kering dengan berat benda uji setelah direndam dalam air. Nilai penyerapan dinyatakan dalam persentase terhadap berat benda uji dalam kondisi kering. Pengujian penyerapan air mortar mengacu pada ASTM C1403, yang digunakan untuk menentukan penyerapan air pada mortar masonry. Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui pengaruh substitusi sebagian agregat halus dengan pasir garnet terhadap kemampuan mortar dalam menyerap air.

Absorpsi mortar dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{Ww - Wd}{Wd}\right) x100\% \quad (3.18)$$

Dimana:

Ww = Berat sampel basah (kg/m^3)

Wd = Berat sampel kering (Kg/m^3)

3.8.3 Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan SNI 03-6825-2002, kuat tekan mortar adalah beban maksimum yang diterima per satuan luas pada benda uji mortar yang berbentuk kubus dengan ukuran dan umur tertentu. Ukuran mortar yang umum digunakan adalah kubus kecil dengan dimensi 5x5x5 cm.

Kuat tekan mortar merupakan kemampuan mortar dalam menahan beban tekan hingga mencapai keruntuhan. Parameter ini merupakan salah satu sifat mekanik yang paling penting karena digunakan untuk mengevaluasi mutu mortar serta menentukan kinerjanya pada konstruksi pasangan bata. Nilai kuat tekan dinyatakan dalam satuan megapascal (MPa) dan diperoleh melalui pengujian tekan terhadap benda uji sesuai standar pengujian yang berlaku (Chau et al., 2025).

Kuat tekan mortar dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f'c\ (\sigma m)\ =\ \frac{P_{maks}}{A} \tag{3.19}$$

Dimana:

$f'c\ (\sigma m)$ = kuat tekan mortar (MPa)

P_{maks} = gaya tekan maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

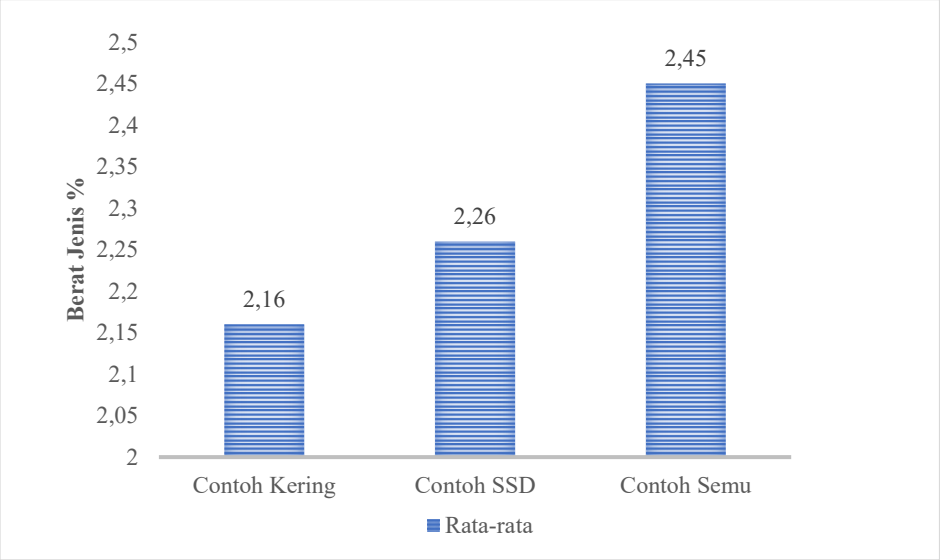
Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur mortar yang telah ditetapkan, yaitu 7 atau 28 hari, untuk mengetahui nilai kekuatan mortar sesuai dengan standar pengujian yang digunakan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan mortar dalam menahan beban tekan serta memastikan bahwa kekuatan yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan penggunaannya dalam konstruksi.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemeriksaan Agregat Halus

4.1.1 Berat Jenis

Pada pengujian berat jenis agregat halus didapatkan hasil sebagai berikut:

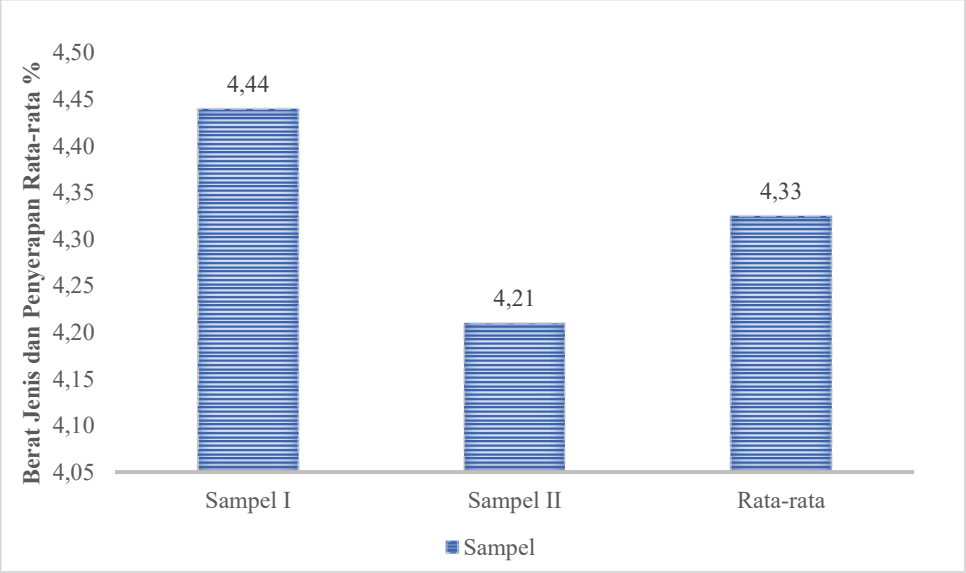


Gambar 4.1 : Grafik berat jenis agregat halus.

Berdasarkan Gambar 4.1, nilai rata-rata berat jenis agregat halus adalah 2,16 (kering), 2,26 (SSD), dan 2,45 (semu). Nilai tersebut menunjukkan karakteristik berat jenis yang umum pada agregat alami, sedangkan perbedaannya dipengaruhi oleh kadar air dan pori pada partikel agregat.

4.1.2 Penyerapan Air

Pada pengujian penyerapan air agregat halus didapatkan hasil sebagai berikut:

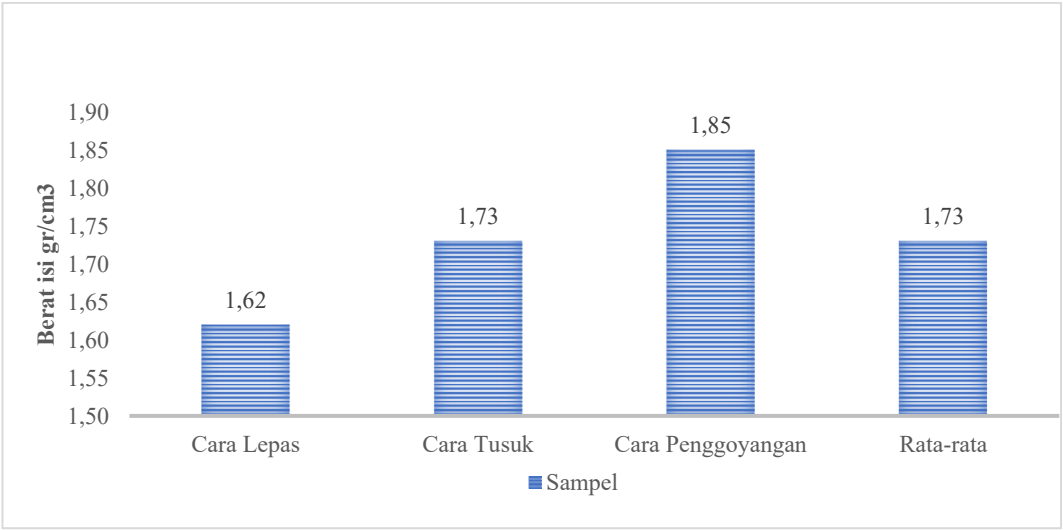


Gambar 4.2 : Grafik penyerapan agregat halus.

Berdasarkan Gambar 4.2, diperoleh nilai penyerapan air agregat halus sebesar 4,33%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa agregat halus memiliki kemampuan menyerap air yang cukup tinggi, yang berkaitan dengan adanya pori-pori pada partikel agregat.

4.1.3 Berat Isi

Pada pengujian berat isi didapatkan hasil sebagai berikut:

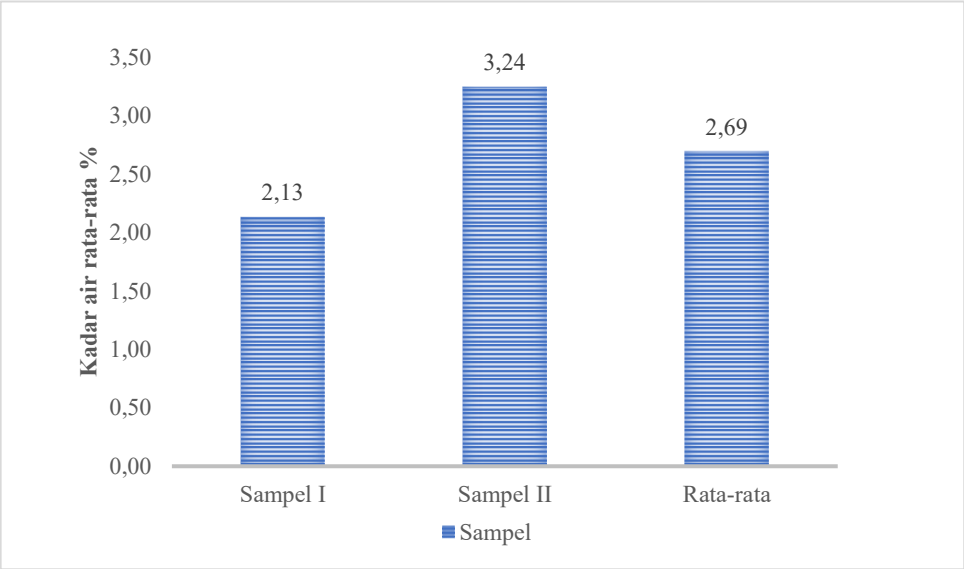


Gambar 4.3 : Grafik berat isi agregat halus.

Berdasarkan Gambar 4.3, diperoleh nilai berat isi cara lepas sebesar 1,62 gr/cm³, cara tusuk 1,73 gr/cm³, dan cara penggoyangan 1,85 gr/cm³. Perbedaan nilai tersebut disebabkan oleh tingkat pemadatan dan jumlah rongga udara pada agregat.

4.1.4 Pemeriksaan Kadar Air

Pada pengujian kadar air didapatkan hasil sebagai berikut:

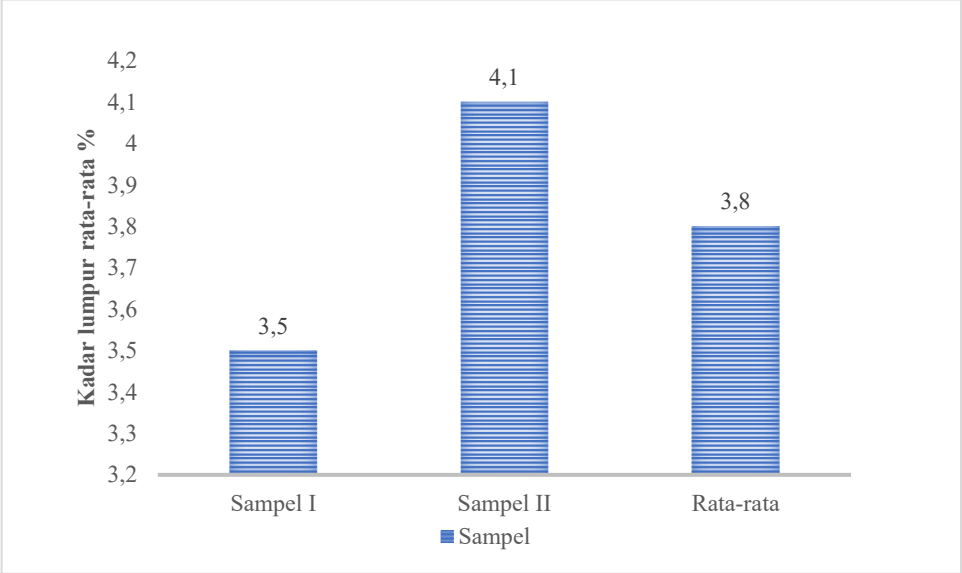


Gambar 4.4 : Grafik kadar air agregat halus.

Berdasarkan Gambar 4.4, hasil pengujian kadar air diperoleh nilai kadar air pada Sampel 1 sebesar 2,13% dan Sampel 2 sebesar 3,24%, sehingga diperoleh nilai rata-rata sebesar 2,69%. Perbedaan nilai kadar air pada kedua sampel dapat disebabkan oleh perbedaan jumlah air yang terkandung dalam masing-masing sampel. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kondisi kelembapan agregat, penyimpanan, serta kemampuan butiran agregat dalam mempertahankan air pada permukaannya.

4.1.5 Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pada pengujian kadar lumpur didapatkan hasil sebagai berikut:

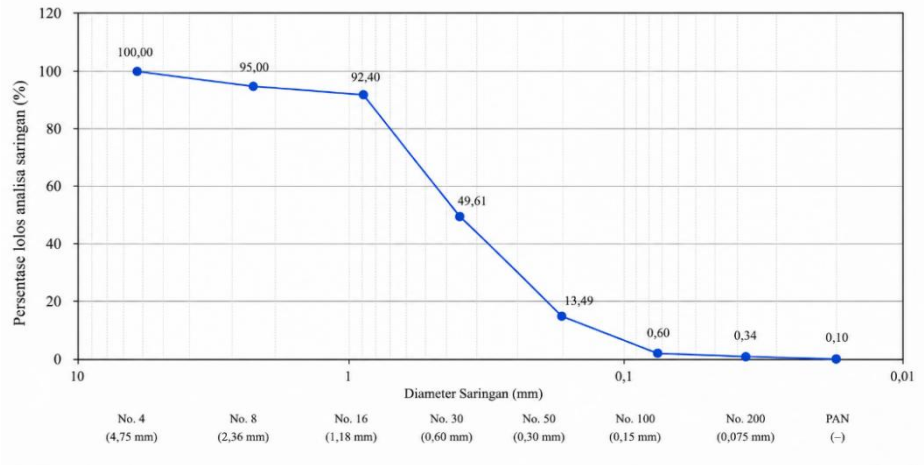


Gambar 4. 5 : Grafik kadar lumpur agregat halus.

Berdasarkan Gambar 4.5, hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus menunjukkan persentase rata-rata sebesar 3,8%. Nilai tersebut masih berada di bawah batas maksimum 5% yang diizinkan berdasarkan SK SNI-04-1989-F, sehingga agregat halus masih memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai bahan penyusun mortar.

4.1.6 Analisa Saringan Agregat Halus

Pada pengujian analisa saringan yang telah di lakukan menurut ASTM C 136- 06 di dapat hasil sebagai berikut:



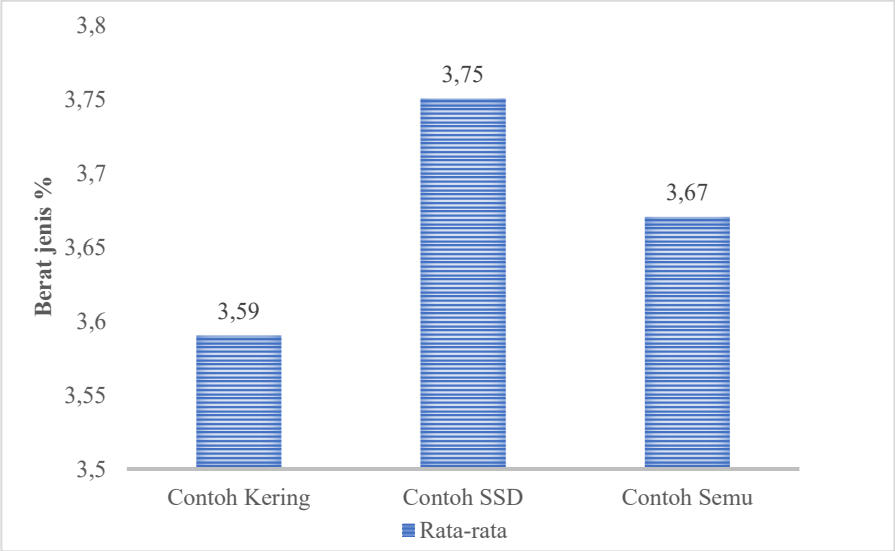
Gambar 4.6 : Grafik analisa saringan agregat halus.

Berdasarkan Gambar 4.6, Persentase material yang lolos saringan No. 4 hingga No. 200 berturut-turut sebesar 100,00%, 90,00%, 84,40%, 49,60%, 13,40%, 0,60%, dan 0,34%. Perbedaan persentase tersebut dipengaruhi oleh variasi ukuran butiran agregat, sehingga semakin kecil bukaan saringan, semakin sedikit material yang lolos. Persentase lolos No. 200 sebesar 0,34% menunjukkan bahwa kandungan material sangat halus atau debu dalam agregat relatif rendah.

4.2. Pasir Garnet

4.2.1 Berat Jenis

Pada pengujian berat jenis pasir garnet didapatkan hasil sebagai berikut:

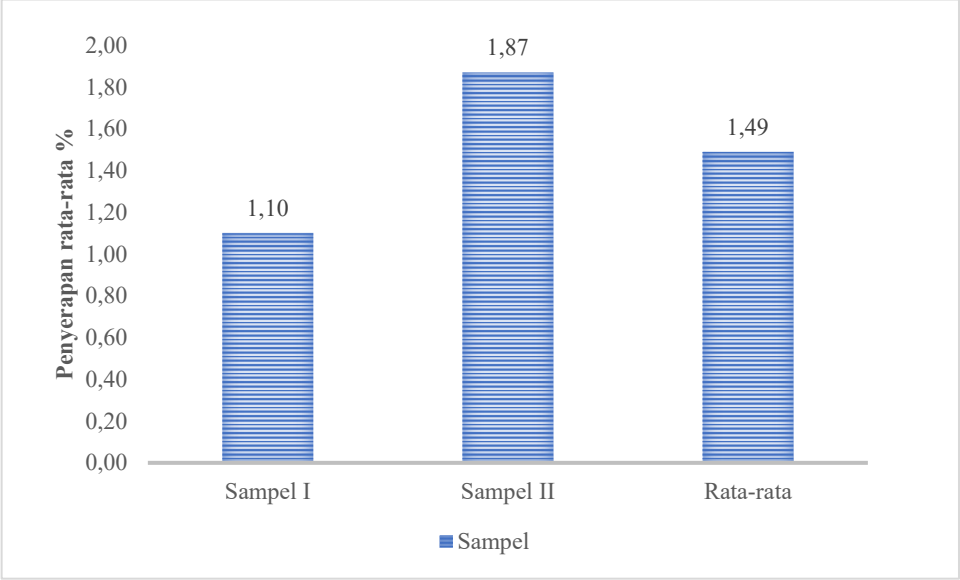


Gambar 4.7 : Grafik berat jenis pasir garnet.

Berdasarkan Gambar 4.7, berat jenis pasir garnet menunjukkan nilai rata-rata kering 3,59, SSD 3,75, dan semu 3,67.

4.2.2 Penyerapan Air

Pada penyerapan air pasir garnet didapatkan hasil sebagai berikut:



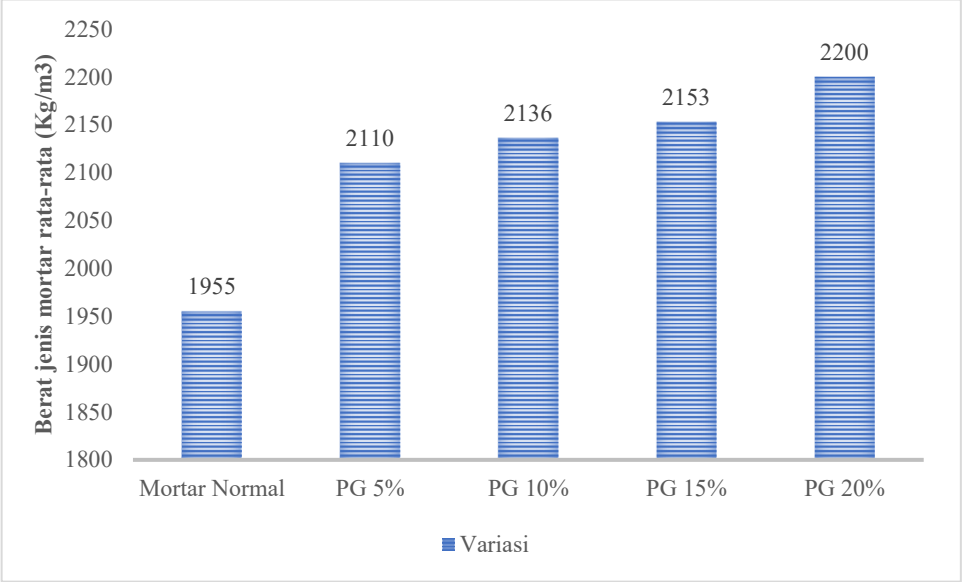
Gambar 4.8 : Grafik penyerapan pasir garnet.

Berdasarkan Gambar 4.8, hasil pemeriksaan penyerapan pasir garnet dari dua sampel menunjukkan nilai rata-rata sebesar 1,49%. Nilai penyerapan yang rendah menunjukkan bahwa pasir garnet memiliki pori yang relatif sedikit atau sulit diakses oleh air. Perbedaan nilai antar sampel dapat dipengaruhi oleh kepadatan, porositas, kondisi permukaan, dan proses pemadatan sampel.

4.4 Hasil dan Analisa Pengujian Mortar Kuat Tekan

4.4.1 Berat Jenis Mortar

- FAS 0,40

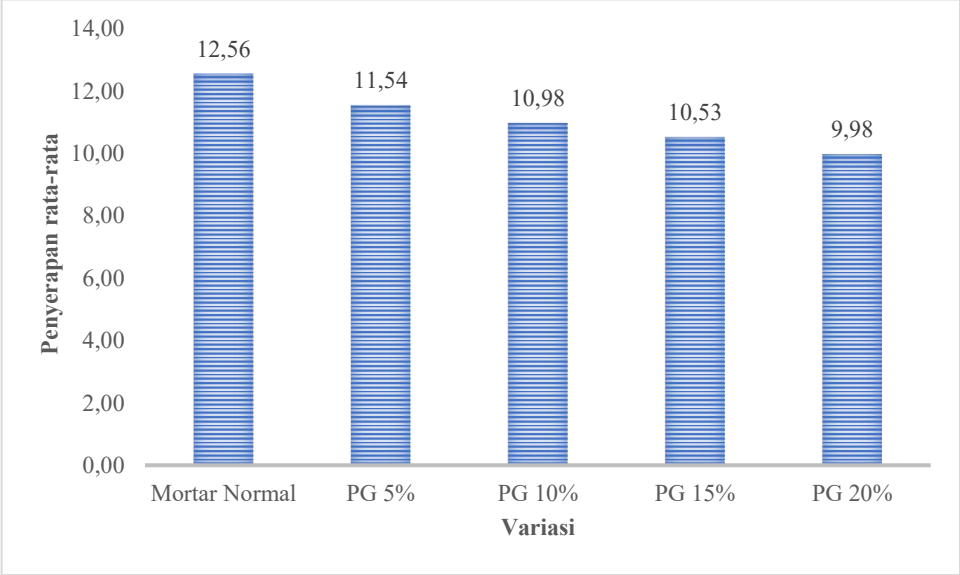


Gambar 4.9 : Grafik berat jenis mortar.

Berdasarkan Gambar 4.9, hasil pemeriksaan, berat jenis mortar menunjukkan kecenderungan meningkat seiring dengan bertambahnya persentase substitusi pasir garnet. Berat jenis mortar normal sebesar 1.955 kg/m³, kemudian meningkat menjadi 2.110 kg/m³ pada PG 5%, 2.136 kg/m³ pada PG 10%, 2.136 kg/m³ pada PG 15%, dan 2.200 kg/m³ pada PG 20%. Peningkatan berat jenis tersebut dipengaruhi oleh karakteristik pasir garnet yang memiliki massa jenis relatif tinggi dibandingkan agregat halus yang digunakan.

4.4.2 Penyerapan Mortar

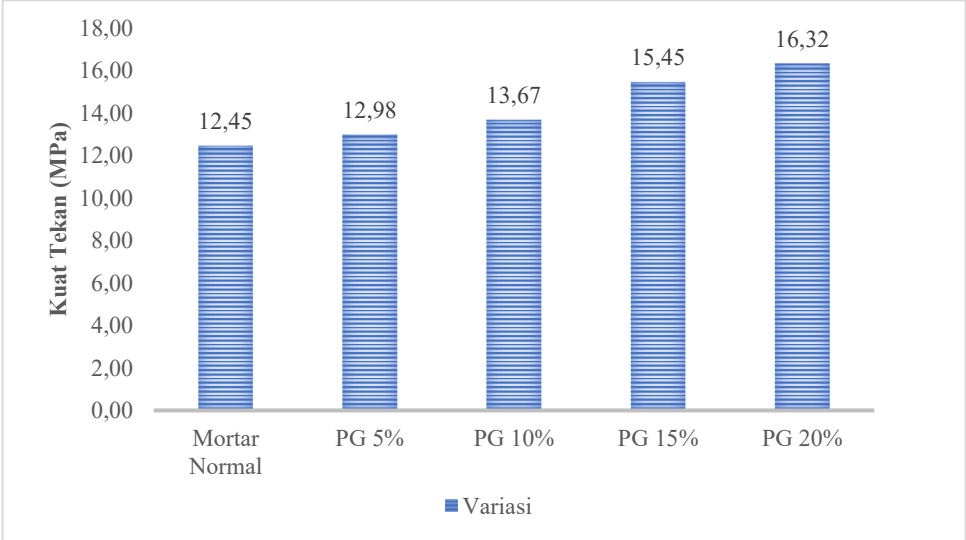
- FAS 0,40



Gambar 4. 10 : Grafik penyerapan.

Berdasarkan Gambar 4,10, hasil pemeriksaan nilai penyerapan air mortar menunjukkan kecenderungan menurun seiring dengan meningkatnya penggunaan pasir garnet sebagai substitusi sebagian agregat halus. Mortar normal memiliki nilai penyerapan sebesar 12,56%, sedangkan pada PG 5%, PG 10%, PG 15%, dan PG 20% masing-masing sebesar 11,54%, 10,98%, 10,53%, dan 9,98%. Penurunan nilai penyerapan menunjukkan bahwa penggunaan pasir garnet dapat mengurangi kemampuan mortar dalam menyerap air.

4.4.3 Nilai Kuat Tekan Mortar



Gambar 4.11 : Grafik kuat tekan FAS 0,40.

Berdasarkan Gambar 4.11, hasil pemeriksaan kuat tekan mortar umur 28 hari menunjukkan bahwa penggunaan pasir garnet sebagai substitusi sebagian agregat halus memberikan pengaruh terhadap peningkatan kuat tekan mortar. Mortar normal memiliki kuat tekan sebesar 12,45 MPa, kemudian meningkat menjadi 12,98 MPa pada PG 5%, 13,67 MPa pada PG 10%, 15,45 MPa pada PG 15%, dan mencapai nilai tertinggi sebesar 16,32 MPa pada PG 20%. Peningkatan kuat tekan tersebut menunjukkan bahwa penambahan pasir garnet hingga persentase 20% dapat menghasilkan mortar dengan struktur yang lebih padat dan kompak. Kondisi ini diduga disebabkan oleh karakteristik pasir garnet yang memiliki densitas tinggi dan bentuk butiran yang bersudut (angular).

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian investigasi pengaruh variasi persentase pasir garnet sebagai subtitusi sebagian pasir terhadap kekuatan tekan mortar maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan pasir garnet sebagai substitusi sebagian agregat halus memberikan pengaruh terhadap karakteristik mortar umur 28 hari. Peningkatan persentase pasir garnet hingga 20% cenderung meningkatkan kuat tekan dan menurunkan nilai absorpsi mortar. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penggunaan pasir garnet dapat membantu menghasilkan mortar yang lebih padat melalui pengisian rongga antarbutiran, sehingga kemampuan mortar dalam menahan beban meningkat dan penyerapan air menjadi lebih rendah.
2. Substitusi pasir garnet sebesar 20% merupakan variasi optimum dalam penelitian ini. Variasi tersebut menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 16,32 MPa, meningkat sekitar 31,08% dibandingkan mortar normal sebesar 12,16 MPa, serta menghasilkan absorpsi terendah sebesar 9,98%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan pasir garnet sebesar 20% memberikan kinerja terbaik dibandingkan variasi lainnya dalam penelitian ini.

5.2. Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi substitusi pasir garnet di atas 20% serta variasi faktor air semen (FAS) yang berbeda untuk mengetahui komposisi optimum yang dapat menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dan nilai absorpsi yang lebih rendah.
2. Penelitian Penelitian berikutnya disarankan melakukan pengujian sifat mortar lainnya, seperti kuat lentur, kuat rekat, permeabilitas, ketahanan abrasi, dan durabilitas, sehingga pengaruh penggunaan pasir garnet terhadap karakteristik mortar dapat diketahui secara lebih menyeluruh.

3. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan analisis porositas atau mikrostruktur mortar, seperti menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM), untuk mengetahui lebih mendalam pengaruh pasir garnet terhadap kepadatan, porositas, kuat tekan, dan absorpsi mortar.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM. (2020). *Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars*. ASTM International.

ASTM C 29/C 29M. (2003). *Standard test method for bulk density ("unit weight") and voids in aggregate*. ASTM International.

ASTM C 128. (2010). *Designation: C128-07a standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of fine aggregate*. ASTM International.

ASTM D7012. (2023). *Standard test methods for compressive strength and elastic moduli of intact rock core specimens under varying states of stress and temperatures*. ASTM International.

Baera, C., Vasile, A.-C., Gruin, A., Sfirloaga, P., Dragomir, C.-S., Zaharia, R., Balcu, I., Macarie, C., & Buzatu, D. (2026). Sustainable valorization of spent garnet wastes in construction eco-materials: Validation stage of performance assessment. *Sustainability, 18*(2), 1000. https://doi.org/10.3390/su18021000

Chau, J. A. E., Yusuf, A. R., & Yuniarto, E. (2025). Uji kuat tekan dan kuat lentur beton akibat reduksi semen dengan campuran abu sekam padi dan bentonite. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi, 3*(1), 98–106. https://doi.org/10.56326/jptsk.v3i1.4270

Chit, W. P. W., Budiea, A. M. A., Mohd Noh, H., Muthusamy, K., & Bamaga, S. O. (2025). Compressive strength and fire resistance of mortar containing spent garnet as partial sand replacement. *Challenge Journal of Concrete Research Letters, 16*(4), 164–172. https://doi.org/10.20528/cjcrl.2025.04.001

Jamaludin, N., Abdullah, M. M. A. B., & Ahmad, R. (2021). Use of spent garnet in industry: A review. *Journal of Cleaner Production, 295*, 126411.

Jamaludin, N. F. A., Muthusamy, K., Isa, N. N., Md Jaafar, M. F., & Ghazali, N. (2021). Use of spent garnet in industry: A review. *Materials Today: Proceedings*. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.210

Kasmuri, & Ayuningtias. (2023). Pengaruh alkali silika reaktif pasir terhadap kuat tekan mortar rendaman. *Construction and Material Journal, 5*(1).

Kohees, A., Sanjayan, J. G., & Rajeev, P. (2019). Stress-strain relationship of cement mortar under triaxial compression. *Construction and Building Materials, 220*, 456–463. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.146

Krakowiak, K. J., et al. (2022). Investigations on flexural and compressive strengths of mortar dedicated to clinker units—Influence of mixing water content and curing time. *Materials, 15*(1), 347. https://doi.org/10.3390/ma15010347

Lim, N. H. A. S., Alladin, N. F. N., Mohammadhosseini, H., Ariffin, N. F., & Mazlan, A. N. (2020). Properties of mortar incorporating spent garnet as fine aggregates replacement. *International Journal of Integrated Engineering, 12*(9), 96–102. https://doi.org/10.30880/ijie.2020.12.09.012

Nasional, B. S. (1990). *SNI 03-1969-1990: Metode pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus*.

Nasional, B. S. (1998). *SNI 03-4804-1998: Metode pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat*.

Nasional, B. S. (2002a). *SNI 03-6825-2002: Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil*.

Nasional, B. S. (2002b). *SNI 03-6882-2002: Spesifikasi mortar untuk pekerjaan pasangan*.

Ramesh, M., Parente, M., Azenha, M., & Lourenço, P. B. (2023). Influence of lime on strength of structural unreinforced masonry: Toward improved sustainability in masonry mortars. *Sustainability, 15*(21), 15320. https://doi.org/10.3390/su152115320

Salim, M. U., & Moro, C. (2025). Promoting circularity in cenosphere geopolymer binders through waste spent garnet. *Construction and Building Materials, 495*, 143716. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.143716

Samsunanwar, R., Rebzuwan, H. F., & Som, A. M. (2023). Spent garnet and concrete. *Key Engineering Materials, 939*, 187–196. https://doi.org/10.4028/p-zt9u05

Skibicki, S., Jakubowska, P., Kaszyńska, M., Sibera, D., Cendrowski, K., & Hoffmann, M. (2022). Early-age mechanical properties of 3D-printed mortar

with spent garnet. *Materials, 15*(1), 100. https://doi.org/10.3390/ma15010100

Usman, K. R., Hainin, M. R., Satar, M. K. I., et al. (2021). A comparative assessment of the physical and microstructural properties of waste garnet generated from automated and manual blasting process. *Case Studies in Construction Materials, 14*, e00474. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00474

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pemeriksaan dan Pengujian

L.1 Hasil Pemeriksaan Bahan

Tabel. L.1.1 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Uraian	Satuan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	gr	500	500	500
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	gr	975	975	975
Berat piknometer penuh air (D)	gr	685	685	685
Berat contoh SSD kering oven 110 C sampai konstan (E)	gr	478,74	479,8	479,27
Berat jenis contoh kering = $\frac{E}{(B+D-C)}$	gr	2,28	2,28	2,28
Berat jenis contoh SSD = $\frac{B}{(B+D-C)}$	gr	2,38	2,38	2,38
Berat jenis contoh semu = $\frac{E}{(E+D-C)}$	gr	2,54	2,53	2,53
Penyerapan = $\frac{B-E}{E}$ x 100%	%	4,44	4,21	4,33

Tabel. L.1.2 Hasil pemeriksaan berat isi agregat halus.

Uraian	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata-rata
Berat Wadah	gr	6475	6475	6475	6475
Tinggi wadah	cm	24	24	24	24
Diameter wadah	cm	24	24	24	24
Berat contoh	gr	17615	18765	20025	18801,67
Volume wadah	cm^3	10851,84	10851,84	10851,84	10851,84
Berat contoh + wadah	gr	24090	25240	26500	25276,67
Berat isi	gr/cm^3	1,62	1,73	1,85	1,73

Tabel. L.1.3 Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus.

Uraian	Satuan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat wadah (w_3)	gr	500	500	500
Berat contoh SSD + wadah (w_3)	gr	1000	1000	1000
Berat contoh SSD	gr	500	500	500
Berat contoh kering oven + wadah (w_3)	gr	989,57	984,31	986,94
Berat air ($w_1 - w_2$)	gr	10,43	15,69	13,06
Berat contoh kering ($w_2 - w_3$)	gr	489,57	484,31	486,94
Kadar air $\left(\frac{w_1-w_2}{w_2-w_3}\right) \times 100\%$	%	2,13	3,24	2,69

Tabel. L.1.4 Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus.

Uraian	Satuan	Sampel I	Sampel II
Berat contoh kering (A)	gr	500	500
Berat kering contoh setelah dicuci (B)	gr	482,5	479,5
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah di cuci (C) = (A – B)	gr	17,5	20,5
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (D) $= \left(\frac{C}{A} \times 100\%\right)$	%	3,5	4,1
Kadar lumpur rata-rata	%	3,8	

Tabel. L.1.5 Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus.

Sieve Size	Retained Fraction		Cumulative	
	Sampel (gr)	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan (%)	Berat yang lolos (%)
No.4	0	0	0	100
No.8	50	10	10	90
No.16	28	5,6	15,6	84,4
No.30	174	34,8	50,4	49,6
No.50	181	36,2	86,6	13,4
No.100	64	12,8	99,4	0,6
No.200	1,3	0,26	99,66	0,34
PAN	1,7	0,34	100	0
Total	500	100	461,66	338,34
FM (Modulus Kehalusan) :			2,62	
Wt. of Oven Dry Sample :			500	

Tabel. L.1.6 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan pasir garnet.

Uraian	Satuan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	gr	500	500	500
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air C)	gr	1035	1035	1035
Berat piknometer penuh air (D)	gr	665	665	665
Berat contoh SSD kering oven 110° C sampai konstan (E)	gr	494,56	490,82	492,69
Berat jenis contoh kering = $\frac{E}{(B+D-C)}$	gr	3,80	3,78	3,79
Berat jenis contoh SSD = $\frac{B}{(B+D-C)}$	gr	3,85	3,85	3,85
Berat jenis contoh semu = $\frac{E}{(B+D-C)}$	gr	3,97	4,06	4,02
Penyerapan = $\frac{B-E}{E}$ x 100%	%	1,10	2,87	1,49

L.2 Mix Design kuat tekan

- **FAS 0,40**
  - Mortar Normal

    Semen = jumlah semen yang digunakan dalam 1m^3 × volume cetakan mortar
    = 312,5 × 0,000125
    = 0,03906 kg/m^3

    Pasir = jumlah pasir yang digunakan dalam 1m^3 × volume cetakan mortar
    = 1050 × 0,000125
    = 0,13125 kg/m^3

    Air = jumlah air yang digunakan dalam 1m^3 FAS 0,40 × volume cetakan mortar
    = 125 × 0,000125
    = 0,015625 kg/m^3

  - PG 5%

    PG = (jumlah pasir yang digunakan dalam 1m^3 × 5%) × volume

cetakan mortar

= (1050 × 5%) × 0,000125

= 0,00656 kg/m^3

Semen = 0,03906

Pasir = Berat pasir mortar normal – PG 5%

= 0,13125 – 0,00656

= 0,12469 kg/m^3

Air = 0,01563 kg/m^3

- PG 10%

PG = (jumlah pasir yang digunakan dalam 1m^3 × 10%) × volume cetakan mortar

= (1050 × 10%) × 0,000125

= 0,01313 kg/m^3

Semen = 0,03906

Pasir = Berat pasir mortar normal – PG 10%

= 0,13125 – 0,01313

= 0,11813 kg/m^3

Air = 0,01563 kg/m^3

- PG 15%

PG = (jumlah pasir yang digunakan dalam 1m^3 × 10%) × volume cetakan mortar

= (1050 × 15%) × 0,000125

= 0,01969 kg/m^3

Semen = 0,03906

Pasir = Berat pasir mortar normal – PG 15%

= 0,13125 – 0,01969

= 0,11156 kg/m^3

Air = 0,01563 kg/m^3

- PG 20%

PG = (jumlah pasir yang digunakan dalam $1m^3$ × 20%) × volume cetakan mortar

= (1050 × 20%) × 0,000125

= 0,02625 kg/m^3

Semen = 0,03906

Pasir = Berat pasir mortar normal – PG 20%

= 0,13125 – 0,01313

= 0,10500 kg/m^3

Air = 0,01563 kg/m^3

L.3 Berat Jenis Mortar

Tabel L.3.1 Berat jenis mortar kuat tekan FAS 0,40.

Variasi		Berat Jenis (Kg/m^3)	Rata-rata (Kg/m^3)
Mortar Normal	Seri 1	1995	1955
	Seri 2	1960	
	Seri 3	1910	
PG 5%	Seri 1	2100	2110
	Seri 2	2070	
	Seri 3	2160	
PG 10%	Seri 1	2220	2136
	Seri 2	2040	
	Seri 3	2148	
PG 15%	Seri 1	2090	2153
	Seri 2	2210	
	Seri 3	2159	
PG 20%	Seri 1	2290	2200
	Seri 2	2140	
	Seri 3	2170	

- Mortar Normal

▪ Seri 1

$D = \frac{5749{,}375 - 5500}{0{,}000125}$

$D = 1.995.000\ g/m^3$

$D = 1995\ kg/m^3$

▪ Seri 2

$D = \frac{5745 - 5500}{0{,}000125}$

$D = 1.960.000\ g/m^3$

$D = 1960\ kg/m^3$

▪ Seri 3

$D = \frac{5738{,}75 - 5500}{0{,}000125}$

$D = 1.910.000\ g/m^3$

$D = 1910\ kg/m^3$

- PG 5%

▪ Seri 1

$D = \frac{5762{,}5 - 5500}{0{,}000125}$

$D = 2.100.000\ g/m^3$

$D = 2100\ kg/m^3$

▪ Seri 2

$D = \frac{5758{,}75 - 5500}{0{,}000125}$

$D = 2.070.000\ g/m^3$

$D = 2070\ kg/m^3$

▪ Seri 3

$D = \frac{5770 - 5500}{0{,}000125}$

$D = 2.160.000\ g/m^3$

$D = 2160\ kg/m^3$

- PG 10%

▪ Seri 1

$D = \frac{5777,5-5500}{0,000125}$

$D = 2.220..000\ g/m^3$

$D = 2220\ kg/m^3$

▪ Seri 2

$D = \frac{5755-5500}{0,000125}$

$D = 2.040.000\ g/m^3$

$D = 2040\ kg/m^3$

▪ Seri 3

$D = \frac{5768,5-5500}{0,000125}$

$D = 2.148.000\ g/m^3$

$D = 2148\ kg/m^3$

- PG 15%

▪ Seri 1

$D = \frac{5761,25-5500}{0,000125}$

$D = 2.090.000\ g/m^3$

$D = 2090\ kg/m^3$

▪ Seri 2

$D = \frac{5776,25-5500}{0,000125}$

$D = 2.210.000\ g/m^3$

$D = 2210\ kg/m^3$

▪ Seri 3

$D = \frac{5769,875-5500}{0,000125}$

$D = 2.159.000\ g/m^3$

$D = 2159\ kg/m^3$

- PG 20%

▪ Seri 1

$D = \frac{5786,25-5500}{0,000125}$

$D = 2.290.000\ g/m^3$

$D = 2290\ kg/m^3$

- Seri 2

$D = \frac{5767,5-5500}{0,000125}$

$D = 2.140.000\ g/m^3$

$D = 2140\ kg/m^3$

- Seri 3

$D = \frac{5771,25-5500}{0,000125}$

$D = 2.170.000\ g/m^3$

$D = 2170\ kg/m^3$

L.4 Penyerapan Mortar

Tabel L.4. 1 : Penyerapan mortar FAS 0,40.

Variasi		Penyerapan (%)	Rata-rata (%)
Mortar Normal	Seri 1	12,44	12,56
	Seri 2	12,17	
	Seri 3	13,08	
PG 5%	Seri 1	11,33	11,54
	Seri 2	11,45	
	Seri 3	11,83	
PG 10%	Seri 1	11,20	10,97
	Seri 2	10,82	
	Seri 3	10,91	
PG 15%	Seri 1	10,78	10,53
	Seri 2	10,49	
	Seri 3	10,32	
PG 20%	Seri 1	9,74	9,98
	Seri 2	9,56	
	Seri 3	10,63	

- Mortar Normal

▪ Seri 1

Absorpsi = $\left(\frac{288,4-256,5}{256,5}\right)$ x 100%

= 12,44%

▪ Seri 2

Absorpsi = $\left(\frac{269,2-240}{240}\right)$ x 100%

= 12,17%

▪ Seri 3

Absorpsi = $\left(\frac{271,4-240}{240}\right)$ x 100%

= 13,08%

- PG 5%

▪ Seri 1

Absorpsi = $\left(\frac{263,3-236,5}{236,5}\right)$ x 100%

= 11,33%

▪ Seri 2

Absorpsi = $\left(\frac{281,4-252,5}{252,5}\right)$ x 100%

= 11,45%

▪ Seri 3

Absorpsi = $\left(\frac{268,4-240}{240}\right)$ x 100%

= 11,83%

- PG 10%

▪ Seri 1

Absorpsi = $\left(\frac{279,1-251}{251}\right)$ x 100%

= 11,20%

▪ Seri 2

Absorpsi = $\left(\frac{257,1-232}{232}\right)$ x 100%

= 10,82%

- Seri 3

Absorpsi = $\left(\frac{269,5-243}{243}\right)$ x 100%

= 10,91%

- PG 15%

- Seri 1

Absorpsi = $\left(\frac{254,8-230}{230}\right)$ x 100%

= 10,78%

- Seri 2

Absorpsi = $\left(\frac{249,7-226}{226}\right)$ x 100%

= 10,49%

- Seri 3

Absorpsi = $\left(\frac{243,8-221}{221}\right)$ x 100%

= 10,32%

- PG 20%

- Seri 1

Absorpsi = $\left(\frac{252,4-230}{230}\right)$ x 100%

= 9,74%

- Seri 2

Absorpsi = $\left(\frac{247,6-226}{226}\right)$ x 100%

= 9,56%

- Seri 3

Absorpsi = $\left(\frac{244,5-221}{221}\right)$ x 100%

= 10,63%

L.5 Nilai Kuat Tekan Mortar

Tabel L.5.1 : Kuat tekan mortar FAS 0,40.

Variasi	Umur Rencana	Beban (Ton)	Luas Permukaan (mm^2)	Kuat Tekan (MPa)
		FAS 0,40		FAS 0,40
Mortar Normal	28 hari	3,17	2500	12,45
PG 5%	28 hari	3,31	2500	12,98
PG 10%	28 hari	3,48	2500	13,67
PG 15%	28 hari	3,94	2500	15,45
PG 20%	28 hari	4,16	2500	16,32

➢ FAS 0,40

- Mortar Normal

P = 3,17 ton

P = 3,17 × 1000

= 3170 kg

$P = \left(\frac{3170}{\text{Luas Cetakan}}\right) \text{x } 9{,}81$

$= \left(\frac{3170}{2500}\right) \text{x } 9{,}81$

= 12,45 MPa

- PG 5%

P = 3,31 ton

P = 3,31 × 1000

= 3310 kg

$P = \left(\frac{3310}{\text{Luas Cetakan}}\right) \text{x } 9{,}81$

$= \left(\frac{3310}{2500}\right) \text{x } 9{,}81$

= 12,98 MPa

- PG 10%

P = 3,48 ton

P = 3,48 × 1000

= 3480 kg

$P = \left(\frac{3480}{\text{Luas Cetakan}}\right)$ x 9,81

$= \left(\frac{3480}{2500}\right)$ x 9,81

= 13,67 MPa

- PG 15%

P = 3,94 ton

= 3,94 × 1000

= 3940 kg

$P = \left(\frac{3940}{\text{Luas Cetakan}}\right)$ x 9,81

$= \left(\frac{3940}{2500}\right)$ x 9,81

= 15,45 MPa

- PG 20%

P = 4,16 ton

P = 4,16 × 1000

= 4160 kg

$P = \left(\frac{4160}{\text{Luas Cetakan}}\right)$ x 9,81

$= \left(\frac{4160}{2500}\right)$ x 9,81

= 16,32 MPa

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA IDENTITAS DIRI	
Nama Lengkap	: Muammar Kadafi Akbar
Tempat, Tanggal Lahir	: Kutacane, 17 Februari 2005
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Agama	: Islam
Alamat	: Desa Tanah Merah, Kec. Badar, Kabupaten Aceh Tenggara
Nomor Hp	: +62 822 – 5284 – 1730
Nama Ayah	: alm Salihin
Nama Ibu	: Hj. Saminah S.Pd.
E-mail	: kmuammar801@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN	
NIM	: 2207210203
Program Studi	: Teknik Sipil
Fakultas	: Teknik
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3, Medan, 20238

PENDIDIKAN FORMAL		
Sekolah Dasar	: SD Negeri Tanah Merah	2010-2016
Sekolah Menengah Pertama	: SMP Negeri 1 Badar	2016-2019
Sekolah Menengah Atas	: SMA Negeri Perisai	2019-2022