

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL TERHADAP KEKUATAN LENTUR FEROSEMEN DENGAN FLY ASH DAN VARIASI SERAT BUAH PINANG SEBAGAI TULANGAN

(Studi Kasus)

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD FIRZIARKAAN

2107210017



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Firzi Arkaan

Npm : 2107210017

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Studi Eksperimental Terhadap Kekuatan Lentur
Ferosemen Dengan Fly Ash Dan Variasi Serat Buah
pinang Sebagai Tulangan

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.

Disetujui Untuk Disampaikan
Kepada Panitia Ujian:
Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Firzi Arkaan

Npm : 2107210017

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Studi Eksperimental Terhadap Kekuatan Lentur Ferosemen Dengan Fly Ash Dan Variasi Serat Buah pinang Sebagai Tulangan

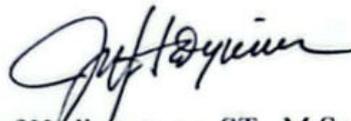
Bidang Ilmu : Struktur

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, 15 September 2025

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Josef Hadipramana, ST., M.Sc., Ph.D

Dosen Pembanding I



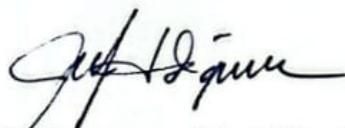
Sri Haranti, S.T, M.T

Dosen Pembanding II



Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc.,Ph.D

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Josef Hadipramana, ST., M.Sc., Ph.D

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini di ajukan oleh:

Nama : Muhammad Firzi Arkaan
Tempat, tanggal lahir : Medan, 28 Agustus 2002
Npm : 2107210017
Fakultas : Teknik
Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir berjudul “Studi Eksperimental Terhadap Kekuatan Lentur Ferosemen Dengan Fly Ash Dan Variasi Serat Buah pinang Sebagai Tulangan”.

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena 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 pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 September 2025
Saya Menyatakan,



Muhammad Firzi Arkaan

ABSTRAK

STUDI EKSPERIMENTAL TERHADAP KEKUATAN LENTUR FEROSEMEN DENGAN FLY ASH DAN VARIASI SERAT BUAH PINANG SEBAGAI TULANGAN (STUDI KASUS)

Muhammad Firzi Arkaan

2107210017

Dr. Josef Hadipramana, S.T,M.Sc

Ferosemen merupakan material komposit yang kuat, ekonomis, dan tahan api, terdiri dari semen, pasir, air, dan kawat. Teknologi ferosemen telah berkembang pesat di Indonesia, digunakan dalam berbagai aplikasi mulai dari bangunan tepi pantai hingga irigasi dan rumah pracetak. Penelitian ini berfokus pada peningkatan kekuatan lentur ferosemen melalui penambahan *fly ash* sebagai bahan pozzolan dan serat buah pinang sebagai tulangan alami. *Fly ash*, limbah industri pembakaran batubara, dikenal dapat meningkatkan sifat mekanik beton dan mengurangi dampak lingkungan. Serat buah pinang, serat alam yang lentur dan kuat, memiliki potensi sebagai penguat komposit. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratorium, dengan pengujian kuat tekan mortar menggunakan kubus 5x5x5 cm dan pengujian kuat lentur ferosemen menggunakan balok 24x6x2,5 cm. Variasi *fly ash* yang digunakan adalah 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat semen, sedangkan variasi serat buah pinang adalah 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dari volume mortar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* secara signifikan meningkatkan kekuatan tekan mortar, dengan kadar 25% *fly ash* mencapai kuat tekan maksimum 21,574 MPa dibandingkan mortar normal 13,729 MPa. Penambahan serat buah pinang pada mortar *fly ash* juga meningkatkan kuat tekan, mencapai 19,613 MPa pada kadar 1%. Namun, pengujian kuat lentur ferosemen menunjukkan penurunan signifikan. Ferosemen normal + kawat memiliki kuat lentur 0,208 MPa, sementara ferosemen dengan 25% *fly ash* dan 1% serat buah pinang + kawat menurun menjadi 0,104 MPa. Penurunan ini berlanjut pada lapisan *reinforcement* 10%, 12%, dan 15%, mencapai 0,067 MPa pada lapisan 15%. Penurunan kuat lentur ini diindikasikan karena sifat serat buah pinang yang mudah rapuh dan menyusut, serta kemampuannya menyerap air. Meskipun serat buah pinang dapat meningkatkan daya tahan terhadap retak, perlu penelitian lebih lanjut untuk menemukan proporsi optimal yang tidak mengorbankan kekuatan lentur. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan material konstruksi yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah industri dan sumber daya lokal.

Kata Kunci: Ferosemen, *Fly Ash*, Serat Buah Pinang, Kekuatan Tekan, Kekuatan Lentur, Material Berkelanjutan.

ABSTRACT

EXPERIMENTAL STUDY OF THE FLEXURAL STRENGTH OF FERROSEMENT WITH FLY ASH AND VARIATIONS IN ARECA NUT FIBER AS REINFORCEMENT (CASE STUDY)

Muhammad Firzi Arkaan

2107210017

Dr. Josef Hadipramana, S.T,M.Sc

Ferosemen is a strong, economical, and fire-resistant composite material consisting of cement, sand, water, and wire. Ferosemen technology has developed rapidly in Indonesia, used in various applications ranging from coastal buildings to irrigation and prefabricated houses. This study focuses on improving the flexural strength of ferosemen by adding fly ash as a pozzolanic material and areca nut fibers as natural reinforcement. Fly ash, an industrial byproduct of coal combustion, is known to enhance the mechanical properties of concrete and reduce environmental impact. Coconut husk fibers, flexible and strong natural fibers, have potential as composite reinforcers. The research method employed was laboratory experimentation, with compressive strength testing of mortar using 5x5x5 cm cubes and flexural strength testing of ferosemen using 24x6x2.5 cm beams. The variations in fly ash used were 10%, 15%, 20%, and 25% of the cement weight, while the variations in coconut husk fibers were 0.25%, 0.5%, 0.75%, and 1% of the mortar volume. The results of the study indicate that the addition of fly ash significantly increases the compressive strength of mortar, with a 25% fly ash content achieving a maximum compressive strength of 21.574 MPa compared to the normal mortar at 13.729 MPa. The addition of areca nut fiber to fly ash mortar also increased compressive strength, reaching 19.613 MPa at a concentration of 1%. However, flexural strength testing of ferrocement showed a significant decrease. Normal ferrocement + wire has a flexural strength of 0.208 MPa, while ferrocement with 25% fly ash and 1% areca nut fiber + wire decreases to 0.104 MPa. This decrease continues at reinforcement layers of 10%, 12%, and 15%, reaching 0.067 MPa at the 15% layer. This decrease in flexural strength is indicated by the brittle and shrinkable nature of coconut husk fibers, as well as their ability to absorb water. Although coconut husk fibers can enhance crack resistance, further research is needed to determine the optimal proportion that does not compromise flexural strength. This study contributes to the development of more efficient, environmentally friendly, and sustainable construction materials by utilizing industrial waste and local resources.

Keywords: Ferrocement, Fly Ash, Areca Nut Fiber, Compressive Strength, Flexural Strength, Sustainable Materials

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Studi Eksperimental Terhadap Kekuatan Lentur Ferosemen Dengan Fly Ash Dan Variasi Serat Buah Pinang Sebagai Tulangan ” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).

Shalawat dan salam tak lupa pula penulis hanturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW selaku suri tauladan umat manusia di dunia. Dalam pembuatan laporan ini penulis memperoleh bantuan dari banyak pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST, MSc, Ph.D selaku Wakil Dekan I Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T,M.Sc, selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan ikut andil dalam proses administrasi penelitian.
5. Ibu Sri Frapanti, S.T, M.T. selaku Dosen penguji I yang ikut andil dalam proses pengujian tugas akhir.
6. Ibu Dr. Vetra Venny Riza selaku Dosen penguji II yang ikut andil dalam proses pengujian tugas akhir.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu Teknik Sipil yang sangat bermanfaat kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Kedua orang tua penulis : Muhammad Nurdhin dan Dra. Heni Juliah yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat penulis terutama rekan-rekan Teknik Sipil stambuk 2021 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan semua teman-teman yang memberi penulis masukan masukan yang bermanfaat, dukungan serta semangat pada proses penyelesaian laporan ini.

Tugas akhir ini tentu masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan masukan yang membangun dari para pembaca agar bisa menjadi pembelajaran pada penelitian yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan juga dunia konstruksi Teknik Sipil.

Medan, 15 September 2025

Muhammad Firzi Arkaan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR RUMUS	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Pengertian Ferosemen	8
2.3 Fly Ash	9
2.4 Serat Buah Pinang	11
2.5 Bahan Dasar Pembuatan Ferosemen	12
2.5.1 Mortar	13
2.5.2 Semen PCC (Portland Composite Cement)	10
2.5.3 Agregat Halus (Pasir)	14
2.5.4 Air	14
2.5.5 Tulangan dan Jaring Kawat (Wiremesh)	16
2.6 Kuat Tekan	17

2.7 Kuat Lentur	17
2.8 Faktor Air Semen	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	20
3.1 Bagan Alir Penelitian	20
3.2 Metode Penelitian	21
3.3 Tahap Penelitian	22
3.4 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.4.1 Tempat Penelitian	23
3.5 Bahan dan Peralatan	23
3.5.1 Bahan	23
3.5.2 Alat	28
3.6 Pemeriksaan Bahan	31
3.6.1 Pemeriksaan Agregat Halus	31
3.6.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	31
3.6.3 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	32
3.6.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur	32
3.6.5 Pemeriksaan Berat isi	33
3.7 Pelaksanaan Penelitian	33
3.7.1 Mix Desain	33
3.7.2 Mix Desain Mortar dan Fero semen	35
3.7.3 Pembuatan Benda Uji Mortar	36
3.7.4 Perawatan Mortar	36
3.7.5 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji	37
3.7.6 Pembuatan Benda Uji Fero semen	38
3.7.7 Perawatan Fero semen	38
3.7.8 Pengujian Kuat Lentur Fero semen	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Pemeriksaan Agregat Halus	40
4.1.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus	40
4.1.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	41
4.1.3 Pemeriksaan Kadar Air	42
4.1.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur	43
4.1.5 Pemeriksaan Berat isi	43

4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar	44
4.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur Ferosemen	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	57
RIWAYAT HIDUP	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2.2 : Komposisi Kimia dan Sifat Fisik Fly Ash	10
Tabel 2.3 : Komposisi Bahan dan Penulangan Pembentuk Fero semen	13
Tabel 2.4 : Spesifikasi Gradasi Pasir (ASTM C-33)	15
Tabel 3.1 : Mix Desain Mortar dan Fero semen dengan Fas 0,4	34
Tabel 3.2 : Variasi Campuran Mortar	37
Tabel 3.3 : Variasi Campuran Fero semen	38
Tabel 4.1 : Pengujian Kuat Tekan Mortar	44
Tabel 4.2 : Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Mortar 28 Hari	46
Tabel 4.3 : Pengaruh Penambahan Fly Ash 25% Dengan Serat Buah Pinang Terhadap Kuat Tekan Mortar 28 Hari	46
Tabel 4.4 : Hasil Kuat Lentur Fero semen	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Contoh Fero semen	8
Gambar 2.2 : Bentuk Fisik Fly Ash	10
Gambar 2.3 : Buah Pinang dan Serat Buah Pinang	11
Gambar 2.4 : Mortar Dengan Cetakan 5x5x5 cm	14
Gambar 2.5 : Pasir Yang Digunakan	15
Gambar 2.6 : Jenis/Tipe Jaring Kawat	13
Gambar 2.7 : Balok sederhana dengan beban terpusat ditengah bentang. (Sumber: SNI 4154 : 2014)	18
Gambar 2.8 : Balok Sederhana Yang Dibebeani Gaya P	18
Gambar 2.9 : Diagram Lintang	18
Gambar 2.10 : Diagram Momen	18
Gambar 3.1 : Bagan Air Penelitian	20
Gambar 3.2 : Pasir Yang Digunakan Untuk Penelitian	23
Gambar 3.3 : Semen Yang Digunakan Untuk Penelitian	24
Gambar 3.4 : Spesifikasi Semen Yang Digunakan Untuk Penelitian	24
Gambar 3.5 : Fly Ash Yang Digunakan Untuk Penelitian	25
Gambar 3.6 : Buah Pinang Kering Yang Digunakan Untuk Penelitian	26
Gambar 3.7 : Buah Pinang Kering Yang Sudah di Belah	26
Gambar 3.8 : Buah Pinang Kering Yang Sudah di Pisahkan Seratnya	26
Gambar 3.9 : Serat Buah Pinang Yang di Bersihkan	27
Gambar 3.10 : Serat Buah Pinang di Jemur Selama 7 Hari	27
Gambar 3.11 : Serat Buah Pinang Sudah Siap di Pakai	27
Gambar 3.12 : Satu Set Saringan	28
Gambar 3.13 : Timbangan Digital	28
Gambar 3.14 : Cetakan Mortar	29
Gambar 3.15 : Cetakan Fero semen	29
Gambar 3.16 : Alat Uji Kuat Tekan	29
Gambar 3.17 : Alat Uji Kuat Lentur	30
Gambar 3.18 : Pengaduk Mortar	30

Gambar 3.19 : Oven	30
Gambar 4.1 : Grafik Analisa Agregat Halus	41
Gambar 4.2 : Grafik Hasil Kuat Tekan Mortar 28 Hari	47
Gambar 4.3 : Grafik Hasil Kuat Lentur Ferosemen 28 Hari	50

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 : $\sigma_m = P / A$	17
Rumus 2.2 : $\sigma = \frac{3PL}{2bh^2}$	17
Rumus 3.1 : FM = Modulus kehausan = $\frac{\text{total passing \%}}{100} = \%$	31
Rumus 3.2 : Berat jenis contoh kering = $\frac{E}{(B+D-C)}$	32
Rumus 3.3 : Berat jenis contoh SSD = $\frac{B}{(B+D-C)}$	32
Rumus 3.4 : Berat jenis contoh semu = $\frac{E}{(E+D-C)}$	32
Rumus 3.5 : Penyerapan = $\frac{(B-E)}{E} \times 100\%$	32
Rumus 3.6 : Perhitungan: Kadar air = $\frac{(w1)-(w2)}{(w2)-(w3)} \times 100\%$	32
Rumus 3.7 : Berat kotor agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci (C)	
$C = A - B$	33
Rumus 3.8 : Persentase kotor agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci (D)	
$D = C/A \times 100\%$	33
Rumus 3.9 : Berat isi = $\frac{w3}{v}$	33
Rumus 3.10 : $f_c = \frac{P}{A}$	37
Rumus 3.11 : $\sigma = \frac{3PL}{2bh^2}$	39

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ferosemen adalah material komposit yang digunakan dalam bangunan atau patung yang terdiri dari semen, pasir, air, dan kawat dan memiliki dinding tipis. Ferosemen dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti membuat bangunan, patung, memperbaiki artefak dan bangunan, perahu, dan kapal, karena sangat kuat, ekonomis, dan tahan api (Basuki, 2016).

Lebih dari empat puluh tahun lalu, Indonesia telah mengembangkan teknologi ferosemen. Pada awalnya, teknologi ferosemen digunakan untuk bangunan tepi pantai seperti pemecah gelombang. Namun, setelah tahun 1978, teknologi ini telah mengalamibanyak perkembangan dan sekarang digunakan untuk irigasi, masjid, perahu, dan rumah pracetak (Masdar *et al.*, 2021).

Fly ash merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara. Pada intinya fly ash mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan carbon. Salah satu pendekatan untuk meningkatkan kekuatan ferosemen adalah dengan menambahkan bahan pozzolan, seperti fly ash. Fly ash merupakan limbah industri dari pembakaran batubara yang tidak hanya dapat mengurangi dampak lingkungan tetapi juga meningkatkan sifat mekanik beton. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan fly ash dapat meningkatkan daya rekat dan ketahanan material terhadap faktor eksternal (Hangge, Bella and Ullu, 2021).

Serat pinang adalah salah satu jenis serat alam yang masih secara ilmiah digunakan untuk pembuatan komposit. Pinang (*Areca catechu L.*) adalah tanaman dari keluarga *Arecaceae* yang dapat mencapai tinggi antara 15 dan 20 meter dengan batang tegak lurus dengan garis tengah 15 sentimeter (Hasanah *et al.*, 2019). Serat buah pinang memiliki hemiuselulosa paling tinggi, dan sifat serat alami bervariasi

tergantung pada jenis tanaman, wilayah di mana tanaman berkembang, umur tanaman, dan teknik ekstraksi serat. Serat buah pinang lentur dan kuat. Jika serat kulit pinang ditambahkan ke campuran semen dan pasir untuk membentuk beton, senyawa ini akan terserap pada permukaan mineral atau partikel (Hermawati, 2023).

Research gap yang didapat mencakup kurangnya penelitian yang secara spesifik mengeksplorasi kombinasi antara fly ash dan serat buah pinang dalam meningkatkan kekuatan lentur ferosemen, serta minimnya penelitian yang mengkaji interaksi antara kedua jenis material ini dalam aplikasi konstruksi yang berkelanjutan. Dalam hal ini, judul penelitian skripsi "Studi Eksperimental Terhadap Kekuatan Lentur Ferosemen dengan Fly Ash dan Variasi Serat Buah Pinang sebagai Tulangan" sangat relevan, karena penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan menganalisis dampak dari penambahan fly ash dan variasi serat buah pinang terhadap performa ferosemen, yang diharapkan dapat memperkaya literatur sehingga dapat memberikan kontribusi baru dalam pemahaman tentang material baru yang berkelanjutan dan efisien dalam konstruksi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang di sajikan, maka rumusan masalah yang akan dikaji adalah :

1. Bagaimana pengaruh kekuatan Mortar dengan Fly ash terhadap sifat kekuatan tekan ferosemen?
2. Bagaimana pengaruh Mortar Fly ash optimal dengan variasi serat buah pinang terhadap sifat kekuatan tekan ferosemen?
3. Bagaimana pengaruh material optimal Mortar Fly ash serat buah pinang untuk bisa mendapatkan panel yang baik dengan sifat kekuatan lentur ferosemen?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini mengkaji beberapa objek, antara lain sebagai berikut:

1. Pengaruh Fly Ash Penelitian ini tidak akan membahas jenis fly ash, tetapi akan berkonsentrasi pada pengaruh penambahan fly ash terhadap kekuatan lentur ferosemen.

2. Variasi Serat Buah Pinang: Variasi serat buah pinang yang digunakan hanya akan terbatas pada jenis yang biasa digunakan dalam penelitian ini.
3. Kondisi Laboratorium Semua pengujian dan analisis dilakukan dalam lingkungan laboratorium. Oleh karena itu, hasil yang dihasilkan mungkin tidak sepenuhnya mencerminkan keadaan di lapangan.
4. Parameter Kekuatan Lentur Penelitian ini tidak akan mempertimbangkan parameter mekanik lainnya, seperti daya tahan terhadap cuaca, hanya mengukur kekuatan tekan mortar dan kekuatan lentur ferosemen.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan menggunakan variasi bahan Mortar Fly ash terhadap sifat kekuatan tekan ferosemen.
2. Untuk mengetahui seberapa pengaruh Mortar Fly ash optimal dengan variasi serat buah pinang terhadap sifat kekuatan tekan ferosemen.
3. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh material optimal Mortar Fly ash serat buah pinang untuk bisa mendapatkan panel yang baik dengan sifat kekuatan lentur ferosemen.

1.5. Manfaat penelitian

Manfaat yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Kontribusi Teoritis Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan tentang teknik sipil, khususnya tentang penggunaan ferosemen dengan bahan tambahan lokal.
2. Praktis untuk Industri Konstruksi Penemuan penelitian ini dapat menjadi acuan bagi industri konstruksi untuk menggunakan fly ash dan serat buah pinang sebagai alternatif material yang ramah lingkungan dan ekonomis.
3. Pengembangan Bahan Konstruksi Berkelanjutan Dengan menggunakan sumber daya lokal dan limbah industri, penelitian ini mendukung pengembangan bahan konstruksi yang lebih berkelanjutan.
4. Referensi untuk Penelitian Selanjutnya: Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan ferosemen dan bahan tambahan lainnya.

1.6. Sistematis penulisan

1. Bab I Pendahuluan

Pada bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, Manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisikan keterangan umum dan khusus mengenai bahan yang akan diteliti berdasarkan referensi-referensi yang didapat.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisikan prosedur penyediaan bahan yang digunakan dalam penelitian, yaitu mortar berukuran 5x5x5 cm, panel berukuran 24x6x2,5 cm, flay ash, Serat buah pinang.

4. Bab IV Analisis dan Pembahasan

Menyajikan data yang diporeleh dari hasil pengumpulan yang diperoleh dari hasil perhitungan dan pengujian dalam penelitian ini. Selanjutnya data tersebut kemudian diolah dan dianalisa sehingga akan menghasilkan informasi yang berguna

5. Bab V Penutup

Dalam bab ini dikemukakan tentang kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran dari peneliti berdasarkan analisis yang dilakukan pada bab sebelumnya.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam sub bab ini penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi untuk mempermudah penulis membuat penelitian secara keseluruhan serta menggambarkan secara jelas perbedaan penelitian yang akan penulis lakukan. Dalam hal ini penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian terdahulu terhadap pengaruh kekuatan lentur ferosemen dengan fly ash dan variasi serat buah pinang.

Tabel 2.1: Penelitian Terdahulu

No	Jurnal Terdahulu	Pembahasan
1.	Rahman, Bachtiar, and Daryati. 2013. Penelitian berjudul “Studi Kuat Lentur Pelat Ferrocement Dengan Lapisan Lembaran Aluminium Sebagai Bekisting Tetap Pada Material Pelat Lantai Bangunan Bertingkat”.	Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan lembaran aluminium sebagai bekisting tetap untuk pelat ferrocement adalah solusi yang efektif dan ekonomis. Campuran 1:3 dari semen dan pasir memberikan hasil terbaik dalam hal kekuatan lentur dan elastisitas.
2.	Masdar, Agustriana, Badaruddin, and Akmal. 2021. Penelitian berjudul “Laporan Penelitian Professorship Universitas Lampung Sifat Mekanik Dan Fatigue Panel Ferosemen Pracetak Program Studi Teknik Sipil Universitas Lampung Halaman Pengesahan Laporan Penelitian Professorship,”	Penelitian ini menegaskan potensi besar ferosemen dalam konstruksi atap. Dengan karakteristik mekanik yang baik dan metode pabrikasi yang efisien, ferosemen dapat menjadi alternatif yang ekonomis dan berkelanjutan untuk material konstruksi lainnya. Riset lebih lanjut diperlukan untuk eksplorasi aplikasi ferosemen dalam berbagai jenis konstruksi.

Tabel 2.1: Lanjutan

	Setiawati. 2018. Penelitian berjudul “Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton,”	Pemanfaatan fly ash dalam campuran beton memberikan nilai tambah, baik dari segi teknis maupun lingkungan. Peningkatan kuat tekan yang signifikan menunjukkan bahwa fly ash dapat digunakan sebagai alternatif yang efektif untuk mengurangi penggunaan semen, tanpa mengorbankan kualitas beton. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan fly ash di persentase yang lebih tinggi dan dalam berbagai kondisi lingkungan.
4.	Maryoto. 2008. Penelitian berjudul “Pengaruh Penggunaan High Volume Fly Ash Pada Kuat Tekan Mortar.”	Penggunaan high volume fly ash dalam campuran mortar menunjukkan pengaruh positif terhadap kuat tekan dan efisiensi biaya. Penelitian ini mendemonstrasikan bahwa dengan proporsi yang tepat, fly ash dapat berfungsi sebagai pengganti efektif untuk semen Portland, mendukung pembangunan berkelanjutan dan pengurangan dampak lingkungan.
5.	Hermawati and Herawati. 2023. Penelitian berjudul “Pengaruh Serat Buah Pinang Terhadap Kuat Tekan Beton,”	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan serat buah pinang dalam campuran beton dapat menjadi alternatif yang baik untuk meningkatkan sifat mekanik beton, terutama pada proporsi yang tepat.

Tabel 2.1: Lanjutan

		<p>Penggunaan serat buah pinang pada proporsi 1,6% dan 4% menunjukkan potensi untuk meningkatkan kuat tekan, meskipun proporsi 2,4% cenderung menurunkan kuat tekan. Ini dapat mengarah pada pengembangan material beton yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, mengingat serat buah pinang merupakan limbah pertanian.</p>
6.	<p>Naim, Fuad, and Asmawi. 2018. Penelitian berjudul “Pengaruh Penambahan Serat Buah Pinang Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton,”</p>	<p>Penelitian ini menunjukkan bahwa serat buah pinang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas beton, terutama dalam meningkatkan kuat tarik. Namun, penting untuk menemukan proporsi yang tepat agar efek positif dapat dimaksimalkan dan efek negatif diminimalkan. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kualitas serat dan proses pencampuran, penggunaan serat alami seperti buah pinang dapat menjadi pilihan yang ekonomis dan ramah lingkungan dalam konstruksi.</p>

Research gap yang dapat diidentifikasi dari keenam jurnal di atas mencakup kurangnya penelitian yang secara spesifik mengeksplorasi kombinasi antara fly ash dan serat buah pinang dalam meningkatkan kekuatan lentur ferosemen, serta minimnya penelitian yang mengkaji interaksi antara kedua jenis material ini dalam aplikasi konstruksi yang berkelanjutan. Dalam hal ini, judul penelitian skripsi "Studi Eksperimental Terhadap Kekuatan Lentur Ferosemen dengan Fly Ash dan

Variasi Serat Buah Pinang sebagai Tulangan" sangat relevan, karena penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan menganalisis dampak dari penambahan fly ash dan variasi serat buah pinang terhadap performa ferosemen, yang diharapkan dapat memperkaya literatur sehingga dapat memberikan kontribusi baru dalam pemahaman tentang material baru yang berkelanjutan dan efisien dalam konstruksi.

2.2 Pengertian Ferosemen

Ferosemen adalah bahan komposit yang digunakan dalam bangunan atau patung yang terdiri dari semen, pasir, air, dan kawat dan memiliki dinding tipis. Selain kuat, ekonomis, tahan api, dan aman dari gempa, ferosemen tidak berkarat atau membusuk. Ferosemen dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti membuat bangunan, patung, memperbaiki artefak, perahu, dan kapal.

Jika didefinisikan secara sederhana, ferosemen adalah dinding tipis beton bertulang yang terbuat dari kawat jala, pasir, air, dan semen. Ada beberapa hal yang membedakannya dari beton bertulang. Ferosemen lebih tipis secara fisik dan memiliki penulangan dua arah yang tersebar di setiap ketebalannya. Dan materinya hanya terdiri dari semen dan agregat halus.

Dalam sifat mekaniknya, ferosemen memiliki karakteristik seragam dalam dua arah: umumnya memiliki kekuatan tarik dan lentur yang tinggi, rasio tulangan yang tinggi, proses retak dan perluasan retak yang berbeda pada beban tarik, dan duktilitas yang meningkat seiring dengan rasio tulangan anyam. Meskipun ferosemen tidak tahan terhadap panas tinggi, mereka lebih tahan terhadap beban kejut (Basuki, 2016).



Gambar 2.1 : contoh ferosemen (Rahman, Bachtiar and Daryati, 2013)

Ferosemen sendiri adalah bahan komposit yang terbuat dari campuran pasir dan semen yang digabungkan dengan kawat jala untuk membentuk konstruksi yang utuh dan kuat. Tebal ferosemen biasanya 10 mm hingga 50 mm, dengan volume tulangan sekitar 6% hingga 8% dari seluruh isi bangunan.

Menurut Komite 549 American Concrete Institute (ACI), "*Ferosemen is a type of thin wall reinforced concrete construction where usually a hydraulic cement is reinforced with layer of continuous and relatively small diameter mesh. Mesh may be made of metallic material or other suitable materials.*" (Ferosemen adalah semacam konstruksi beton bertulang tipis, dimana biasanya semen hidrolis diperkuat dengan lapisan-lapisan kawat anyaman yang berdiameter kecil dan menerus. Lapisan kawat anyaman dapat terbuat dari bahan metal atau bahan lain yang cocok digunakan) (Rahman, Bachtiar and Daryati, 2013).

Beton ferosemen adalah jenis beton bertulang tipis yang memiliki lapisan jaring berdiameter kecil yang berkesinambungan yang memperkuat semen. Ferrocement memiliki banyak keuntungan, terutama karena mudah dibuat, bahan baku mudah ditemukan, dan volume bahan yang digunakan relatif sedikit. Beton ferrocement dipilih karena sangat tahan retak dan elastis. Dengan demikian, ferrocement telah digunakan dengan sukses dalam pembuatan lambung kapal, rehabilitasi struktur yang ada, pembuatan struktur laut terapung, dan jaringan pipa saluran pembuangan limbah (Luqman Cahyono, Annisa Carina, Wiwik Dwi Pratiwi, Firda Fardina, Dika Rahayu Widiani, Agung Prasetyo Utomo, 2024).

2.3 Fly Ash

Fly ash, juga dikenal sebagai abu terbang, adalah produk halus dan ringan dari pembakaran batubara yang dikeluarkan dari saluran pembuangan gas batubara. Meskipun abu terbang ini halus dan memiliki kelembaban, akan bereaksi secara kimiawi dengan kalsium hidrosida pada suhu normal untuk membentuk bahan yang memiliki sifat penyemenan (Mina, Kusuma and Subowo, 2016).

Untuk membuat beton premix dan beton siap pakai, fly ash digunakan secara luas sebagai bahan semen. Bangunan beton, pipa beton, dll. Fly ash, material berbentuk bubuk yang sangat halus yang terdiri dari sebagian besar silika yang berbentuk butir-butir bulat, digunakan sebagai bahan standar untuk campuran beton

di Australia (Rusyandi, Mukodas and Gunawan, 2012).

Secara umum dikenal dua jenis fly ash yaitu jenis *Low Calcium Fly Ash* (LFA) dan *High Calcium Fly Ash* (HFA), komposisi kandungan senyawa dalam kedua jenis fly ash tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Komposisi kimia dan sifat fisik fly ash

Jenis	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	LOI
LFA	57,8	23,0	3,5	9,9	1,5	0,3	2,3	0,5	0,5
HFA	38,1	20,7	5,2	23,9	4,6	1,9	1,4	0,4	0,4

(Sumber : *Pozzolan Reaction and Microstructure of Chemical Activated Lime – Fly Ash Pastes*, ACI Material Journal September-October.)

Karena harga batu bara yang murah dibandingkan harganya, penggunaan batu bara di industri saat ini semakin meningkat. bahan bakar minyak komersial, menggunakan batu bara sebagai sumber energi alternatif untuk bahan bakar fosil (BBM) dapat memberikan keuntungan, tetapi juga dapat menimbulkan masalah. Abu batubara, produk sampingan pembakaran batubara, merupakan masalah utama dalam penggunaan batu bara. Saat ini, pengelolaan limbah abu batubara hanya terbatas pada penimbunan di area pabrik, yang berarti bahwa abu batubara akan dihasilkan sekitar 2–10 persen dari jumlah batubara yang digunakan.



Gambar 2.2 : Bentuk fisik *fly ash* (Philip Marthinus, D J Sumajouw and Reky, 2015)

Abu batubara adalah bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (mineral matter) selama proses pembakaran dan merupakan bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel amorf. Dalam proses pembakaran batubara di boiler, dua jenis abu terbentuk: abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar

(bottom ash). Abu terbang terdiri dari 10-20 persen dan abu terbang 80-90% dari total abu batu bara. Sebelum dibuang ke udara melalui cerobong, abu terbang ditangkap dengan elektrik precipitator (Setiawati, 2018).

2.4 Serat Buah Pinang

Pinang adalah jenis palma yang tumbuh di Afrika bagian timur, Asia, dan Pasifik. Pinang, yang memiliki nama ilmiah *Areca catechu*, dapat mencapai ketinggian 25 meter dan memiliki batang yang lurus dan langsing. Tingginya yang rendah dan lurus membuatnya populer sebagai tempat untuk berma in panjat pinang. Meskipun pohon pinang tidak menghasilkan buah yang dapat dimakan, buah pinang telah digunakan secara luas oleh leluhur kita sebagai obat tradisional. menambahkan beton ke serat buah pinang yang telah kering atau di oven pada suhu 0 °C, kemudian memisahkan kulit dan biji dari serat, Untuk mencegah buah pinang menggumpal saat dicampur, serat buah pinang dipotong sepanjang dua cm, dan kemudian dicampur sedikit demi sedikit ke campuran beton (Naim, Fuad and Asmawi, 2018).



(a)



(b)

Gambar 2.3 : (a). Buah Pinang dan (b). Serat buah Pinang

Serat pinang, menurut beberapa literatur, memiliki beberapa keunggulan. Salah satunya adalah bahwa ia berada pada permukaan serat yang diharapkan meningkatkan kekasaran permukaan serat dapat meningkatkan ikatan antara serat dan matriks. Sifat mekanis serat buah pinang juga menawarkan keuntungan. Serat

pinang dapat digunakan sebagai penguat komposit, yang menghasilkan kekuatan komposit yang relatif lebih rendah daripada komposit polimer (Iksan, Desiasni, and Yanuar, 2023).

Serat buah pinang terdiri dari komponen kimia seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, abu, dan lain-lain. Selulosa berpotensi dalam proses adsorpsi dan memiliki situs aktif seperti, gugus hidroksil (OH-) yang dapat dengan mudah membentuk serangkaian reaksi kimia dan melakukan penikat dengan senyawa kation dan anion (Naim, Fuad and Asmawi, 2018).

Secara ilmiah, serat pinang masih menjadi salah satu alternatif serat alam (fiber natural) untuk digunakan dalam pembuatan komposit. Pinang (*Areca catechu* wL.) adalah tanaman dari keluarga *Arecaceae* yang dapat mencapai tinggi antara 15 dan 20 meter dengan batang tegak bergaris tengah 15 cm. Untuk menambah serat ke beton, serat buah pinang harus dikeringkan atau dioven dengan suhu 100 °C. Kemudian, kulit dan bijinya dipisahkan, dan serat buah pinang diberai agar tidak bergumpal saat dicampur. Serat buah pinang kemudian dipotong sepanjang 5 cm dan dicampur sedikit demi sedikit ke campuran beton.

Serat buah pinang sendiri adalah serat keras yang menutupi bagian edosperma, yang merupakan 30 hingga 45 % dari buahnya. Serat buah pinang sendiri mengandung 35 hingga 64,8 % hemiselulos, 13 hingga 24 % senyawa lignin, dan 4 hingga 25 % dari kandungan air. Serat sendiri memiliki dua lapisan: lapisan tengah yang terdiri dari serat lembut dan lapisan dalam yang terdiri dari kelompok sel yang mengalami lignifikasi secara tidak teratur. Serat buah pinang sendiri memiliki hemiselulosa tertinggi. Serat alami buah pinang lentur dan kuat, tergantung pada kualitas tanaman, wilayah di mana tanaman itu berkembang, umur tanaman, dan teknik ekstraksi. Apabila serat kulit pinang ditambahkan ke campuran semen dan pasir untuk membentuk beton, senyawa ini akan terserap pada permukaan mineral atau partikel (Hermawati, 2023).

2.5 Bahan Dasar Pembuatan Fero semen

Dua bagian utama bahan penyusun atau pembentuk fero semen adalah matriks dan tulangan. Matriks terbuat dari semen hidrolis dan mengandung mortar, agregat halus. Matriks dapat mengontrol susut, menetapkan waktu, dan meningkatkan

ketahanan terhadap korosi. Semen portland, agregat pasir (pasir), air, lapisan kawat jala (wiremesh), dan bahan tambah terdiri dari matriks. Sementara komponen utama lainnya, tulangan ferosemen, biasanya digunakan untuk penulangan rangka.

Ferosemen merupakan teknologi alternatif yang ekonomis. Teknologi ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan maupun bahan untuk membuat pesawat ruang angkasa sekalipun. Dibandingkan dengan beton bertulang, ferosemen lebih tipis, memiliki tulangan yang terdistribusi pada setiap ketebalannya, penulangan dua arah, dan matriksnya hanya terdiri atas agregat halus dan semen. Namun diakui ferosemen kurang populer dibandingkan dengan beton bertulang, hal ini disebabkan sifatnya yang ekonomis sehingga pelaku konstruksi yang berorientasi pada proyek besar menjadi tidak tertarik (Rahman, Bachtiar and Sr, 2013).

Tabel 2.3 Komposisi bahan dan penulangan pembentuk ferosemen

Sifat	Uraian	Keterangan
Penulangan kawat anyam	Jenis kawat	Segi 4, heksagonal, wajik
	Jarak garis tengah	0,5 mm – 1,5 mm
	Jarak bukaan kawat	6,0 mm – 25 mm
	Jumlah lapisan	Maksimal 5 lapis / cm tebal
Penulangan rangka	Jenis rangka	Kawat, besi beton
	Jarak garis tengah	3 mm – 10 mm
	Jarak penulangan	4 cm – 10 cm
Komposisi mortar	Jenis semen <i>portland</i>	Disesuaikan tujuan pemakaian
	Semen : pasir	Perbandingan berat (1 – 2,5)
	Air : semen (W/C)	Perbandingan berat (0,35 – 0,65)

(Sumber: Djausal, 2004.)

2.5.1 Mortar

Mortar terdiri dari semen portland, agregat halus (pasir), air dan bahan tambah (admixtures). Mortar mempengaruhi sifat mekanik ferosemen secara signifikan. Komposisi yang disarankan untuk mortar ferosemen adalah antara 1 hingga 3 berat semen terhadap pasir dan 0,4 hingga 0,6 berat air terhadap semen.



Gambar 2.4 : Mortar dengan cetakan 5x5x5 cm

2.5.2 Semen PCC (*Portland Composite Cement*)

Menurut SNI 15-7064-2004, semen Portland campur, juga dikenal sebagai semen Portland komposit, adalah jenis semen Portland yang termasuk dalam kategori semen campuran atau semen campur. Jenis semen ini dihasilkan dari penggilingan terak (*clinker*) semen Portland dan dicampur dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau dari pencampuran bubuk semen Portland dengan bubuk bahan anorganik lain.

Semen jenis PCC memiliki panas hidrasi rendah sampai sedang dan kekuatan tekan awal rendah, tetapi kekuatan akhir lebih tinggi, sehingga semen jenis PCC tahan terhadap serangan sulfat. Semen PCC ini dapat digunakan sebagai pengikat untuk konstruksi beton umum, pasangan batu bata, beton pra cetak, paving blok, plesteran, dan acian. Semen yang digunakan untuk membentuk mortar ferosemen harus seragam, bersih, dan tidak terkontaminasi dengan gumpalan atau benda asing lainnya. Semen harus disimpan dalam kondisi kering selama waktu yang paling singkat. (Nabil, 2023)

2.5.3 Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus juga dikenal sebagai pasir, adalah batuan dengan ukuran kurang dari 4,75 milimeter. Ini adalah agregat umum yang digunakan untuk

ferosemen dan harus memenuhi standar ASTM C-33 untuk agregat halus atau standar yang setara. Agregat halus juga harus bersih, bebas dari bahan organik dan zat pengganggu, dan relatif jauh dari lumpur dan tanah. Hindari agregat yang dapat bereaksi dengan alkali dalam semen.(ASTM C33, 2023)



Gambar 2.5 : Pasir yang digunakan untuk penelitian

Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No.4 hingga No.200 ($d = 0,075 \text{ mm}$) dan digunakan sebagai pengisi untuk memberikan sifat kaku dan stabilitas dimensi beton atau mortar. Agregat halus yang berbentuk bulat dan halus membutuhkan lebih sedikit air karena luas permukaannya yang lebih besar.

Tabel 2.4 Spesifikasi gradasi pasir (ASTM C-33)

Ayakan Nomor	Persentase Lewat (%)
3/8 in (9,50 mm)	100
no. 4 (4,75 mm)	95 - 100
no. 8 (2,36 mm)	80 - 100
no. 16 (1,18 mm)	50 - 85
no. 30 (0,6 mm)	25 - 60
no. 50 (0,3 mm)	10 - 30
no. 100 (0,15 mm)	2- 10

2.5.4 Air

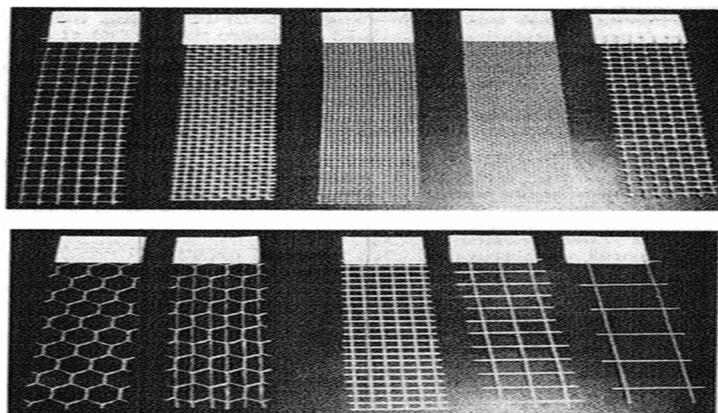
Persyaratan air yang digunakan untuk campuran menurut SNI 03-2847-2002 antara lain tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak mengandung bahan kimia atau

zat organik yang dapat merusak mortar. Air yang digunakan untuk perawatan (curing) harus memiliki kualitas yang lebih tinggi daripada air yang digunakan untuk pembuatan beton. Keasaman (PH) tidak boleh lebih dari 6, dan tidak ada kapur yang berlebihan.(Luqman Cahyono, Annisa Carina, Wiwik Dwi Pratiwi, Firda Fardina, Dika Rahayu Widiana, Agung Prasetyo Utomo, 2024)

2.5.5 Tulangan dan Jaring Kawat (Wiremesh)

Kawat yang memiliki diameter lebih kecil dikenal sebagai jaringan kawat. Dalam struktur ferosemen, tulangan dipasang secara tersusun dan jaring kawat (wiremesh) dipasang secara merata dalam beberapa lapisan, sedangkan ferosemen hanya menggunakan agregat halus dan kawat yang lebih kecil dan halus (0,5 mm hingga 1,5 mm). Kawat yang digunakan dapat berupa kawat jala, kawat baja, atau bahan lain yang sesuai. Jenis, jumlah lapisan, arah, dan kekuatan jaring ferosemen berbeda dengan jaring kawat atau wiremesh. Jaring kawat yang digunakan untuk ferosemen biasanya berbentuk persegi (segi enam) atau heksagonal, tetapi jaring persegi secara struktural lebih efisien (Rahman, Bachtiar and Sr, 2013).

Jenis jaring tertentu termasuk jaring anyaman atau jaring yang saling mengunci (seperti kain kawat ayam), jaring kain tenun di mana fila yang terjalin dan persimpangannya tidak kaku.jaring yang terhubung dan dilas di mana pola persegi panjang dibentuk oleh kawat berpotongan tegak lurus yang dilas bersama di bagian inter bagian, dan pola anyaman khusus yang mungkin termasuk diagonal filamen yang ditenun melalui pola jaring persegi panjang (ACI Committee 549, 1999).



Gambar 2.6 Jenis/tipe jaring kawat (wiremesh).
Sumber: ACI Committee 549.

2.6 Kuat Tekan

Berdasarkan SNI 03-6825-2002, kuat tekan mortar adalah beban maksimum dengan ukuran dan umur benda uji mortar berbentuk kubus. Mortar biasanya berbentuk kubus kecil dengan dimensi sisi 5x5x5 cm untuk benda ujinya. Kekuatan tekannya dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.(Wijaya, Olivia and Saputra, 2019)

$$\sigma_m = P / A \quad (2.1)$$

dengan:

σ_m = kuat tekan mortar (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang yang dibebani (mm²)

Kuat tekan mortar adalah kemampuan mortar untuk menahan gaya luar yang datang pada arah sejajar serat yang nantinya menekan pada mortar. Mortar yang dipakai untuk bahan bangunan tentu harus memiliki kekuatan terutama untuk pasangan dinding batu bata, pasangan batako atau pasangan dinding yang lainnya. Kuat tekan mortar diwakili oleh kuat tekan maksimum dengan satuan MPa.(Ali and Walujodjati, 2022)

2.7 Kuat lentur

Beban yang bekerja pada struktur, baik gravitasi (dalam arah vertikal) maupun beban akibat susut, beban akibat perubahan suhu, dan beban angin (dalam arah horizontal), menyebabkan lentur dan deformasi pada elemen struktur (SNI 4154, 2014). Regangan yang disebabkan oleh beban luar menyebabkan balok lentur. Pada penelitian ini, plat ferosemen balok berukuran 24 cm x 6 cm x 2,5 cm akan diuji dengan satu beban terpusat.

Nilai kuat lentur dengan pembebanan 1 titik di tengah bentang dapat dihitung dengan persamaan berikut, berdasarkan SNI 4154: 2014:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (2.2)$$

keterangan:

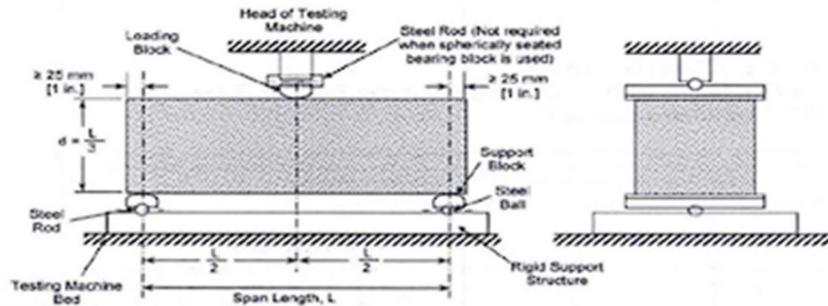
σ = Kuat lentur (MPa)

P = Beban maksimum (N)

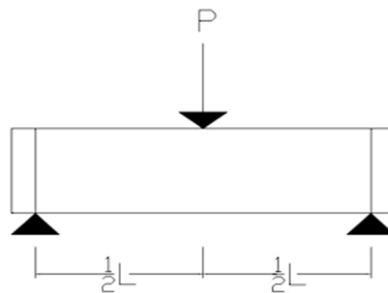
L = Panjang bentang (mm)

b = Lebar rata-rata spesimen pada daerah runtuh (mm)

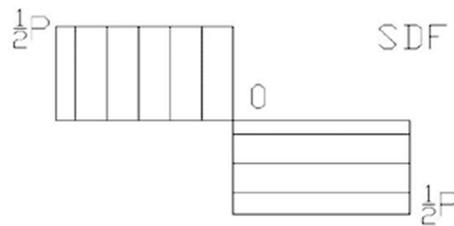
h = Tinggi rata-rata spesimen pada daerah runtuh (mm)



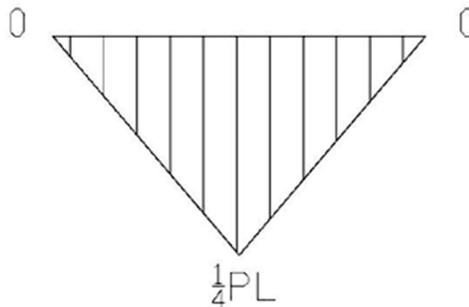
Gambar 2.7 Balok sederhana dengan beban terpusat ditengah bentang. (Sumber: SNI 4154 : 2014)



Gambar 2.8 Balok sederhana yang dibebani gaya P.



Gambar 2.9 Diagram lintang.



Gambar 2.10 Diagram momen.

2.8 Faktor air semen

Angka perbandingan berat air dan semen dalam campuran mortar disebut faktor air semen. Dengan menganalogikan mortar dengan beton, nilai F.A.S. yang lebih rendah tidak selalu berarti kekuatan mortar yang lebih besar. Namun, nilai F.A.S. yang lebih rendah akan menyebabkan masalah dalam pengerjaan, seperti kesulitan dalam menggelar/meratakan mortar, yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu mortar menurun. Nilai fas minimum dalam pembuatan mortar adalah antara 0,4 dan 0,65 (Tri Mulyono, 2004), sedangkan standar ASTM C 109M adalah 0,485. (Adi, 2009).

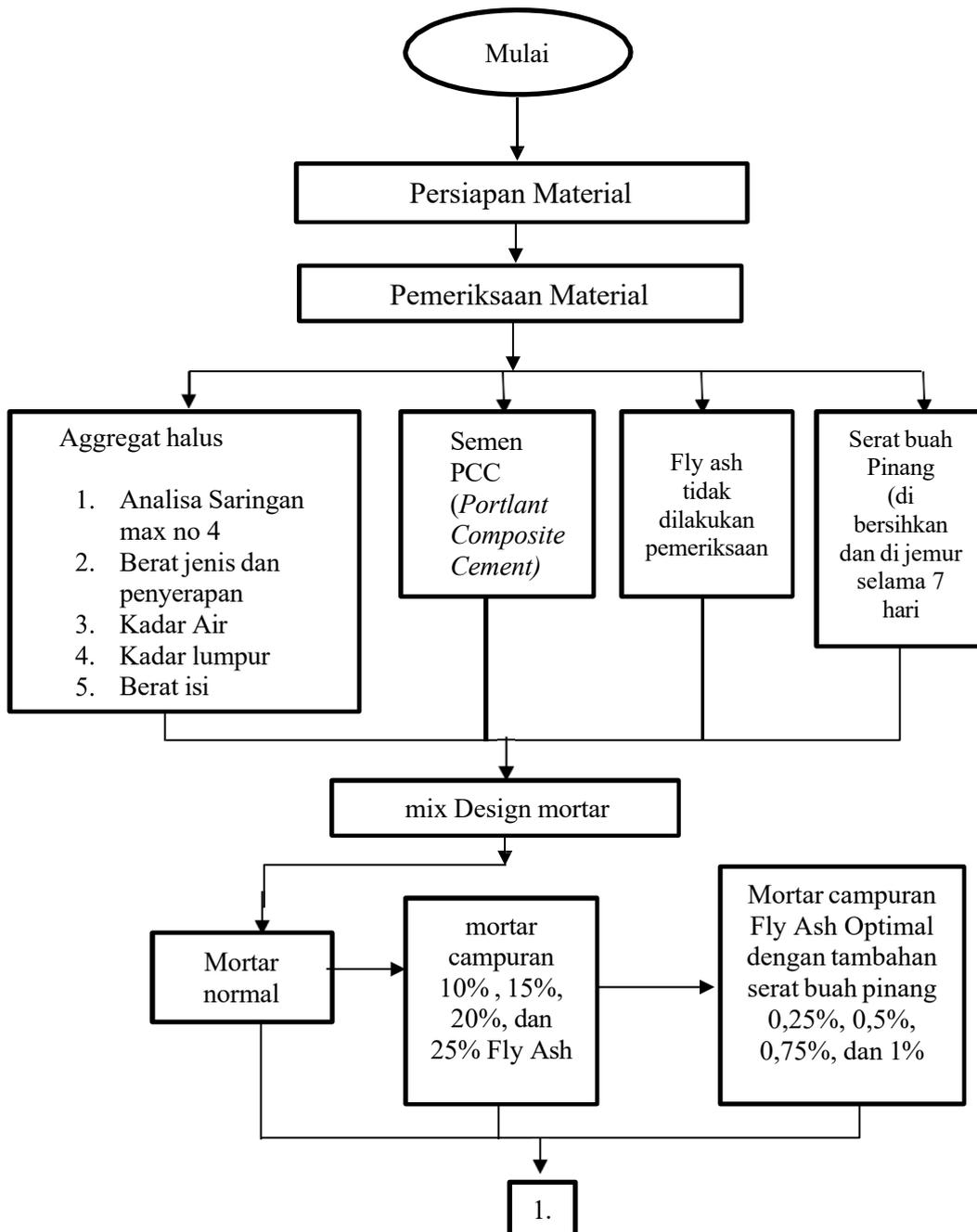
Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam beton.(SNI 03-2834-2000).

Menurut Tjokrodinuljo (2007), air adalah bahan dasar yang paling murah untuk membuat beton. Air digunakan dalam pembuatan beton untuk membuat semen bereaksi dan berfungsi sebagai pelumas antara agregat dan butir. Hanya memerlukan air sekitar 25% hingga 30% dari berat semen untuk membuat semen bereaksi. Namun, fakta di lapangan menunjukkan bahwa faktor air semen (berat air dibagi berat semen) harus kurang dari 0,35, sehingga adukan sulit dibuat. Faktor air semen biasanya lebih dari 0,40, yang menunjukkan bahwa kelebihan air tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air ini berfungsi sebagai pelumas agregat, membuat proses pembuatan adukan lebih mudah. Namun, semakin mudahnya pengerjaan akan menyebabkan beton menjadi porous setelah mengeras. Apabila beton menjadi porous atau memiliki banyak rongga, kuat tekannya sendiri akan berkurang.(Widiantoro and Ma'arif, 2014)

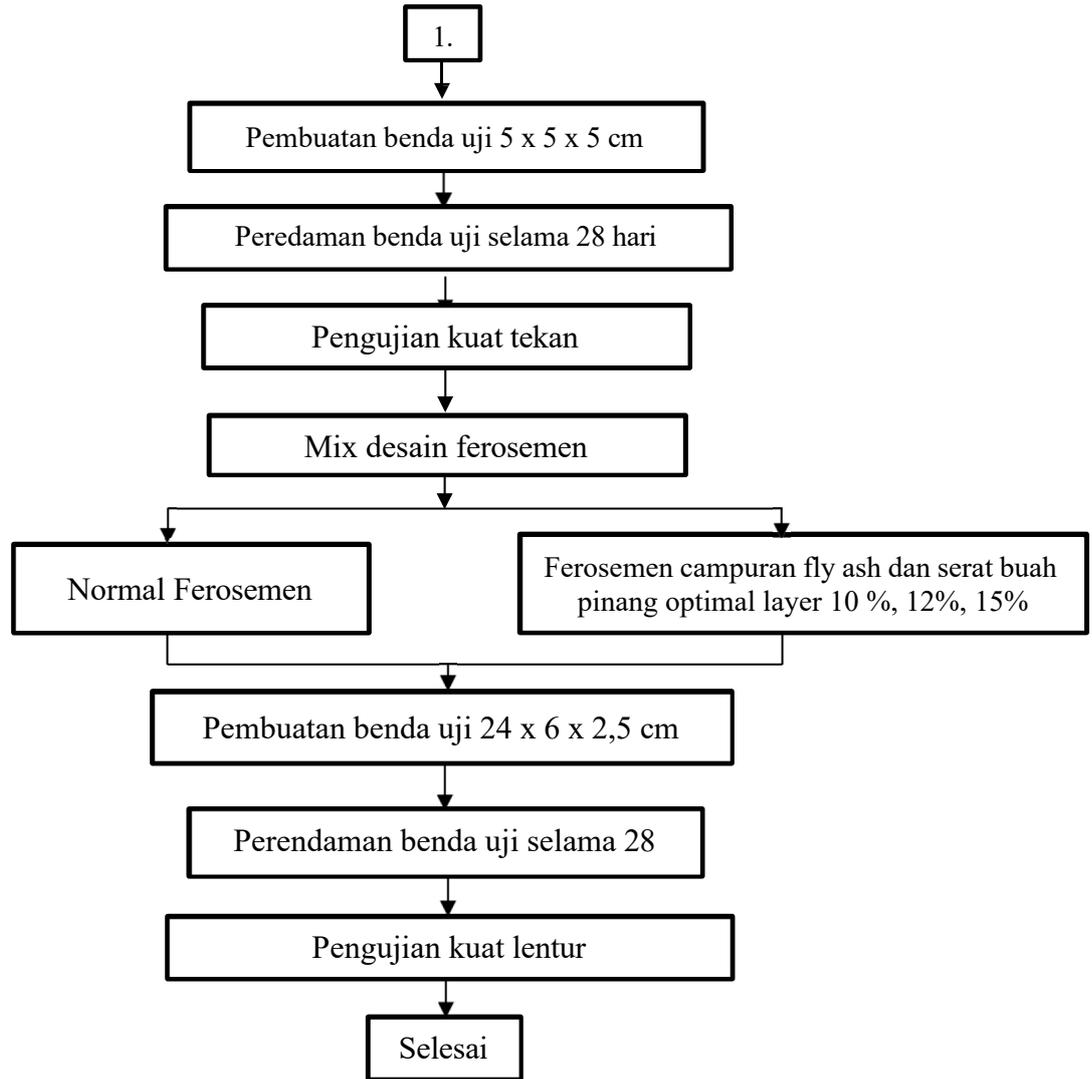
BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir ini memberikan panduan sistematis yang jelas bagi peneliti dalam menjalankan penelitian. Berikut bagan alir penelitian ini:



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian lanjutan

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian pembuatan ferosemen dengan memanfaatkan fly ash sebagai bahan pengganti semen dan serat buah pinang sebagai pengganti tulangan adalah dengan metode eksperimental, yaitu metode yang dilakukan dengan penelitian laboratorium, mengevaluasi kekuatan tekan mortar dan kekuatan lentur ferosemen yang dimodifikasi dengan penambahan fly ash dan variasi serat buah pinang sebagai tulangan.

3.3 Tahap Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan menggunakan metode eksperimental laboratorium yaitu dengan melakukan berbagai macam pengujian sehubungan dengan data-data yang direncanakan sebelumnya. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian yang dilaksanakan terbagi atas tujuh tahapan sebagai berikut:

1. Tahap 1 : Pada tahap ini persiapan material seperti agregat halus, semen, air, fly ash, serat buah pinang, dan wire mesh. Pengujian dasar material dilakukan pada sampel agregat halus. Pengujian ini berupa pemeriksaan analisa Saringan max no 4, Berat jenis dan penyerapan, Kadar Air, Kadar lumpur, Berat isi.
2. Tahap 2 : Tahap ini merupakan tahap perencanaan campuran mortar, pembuatan benda uji dan perawatan mortar. Perbandingan jumlah proporsi bahan campuran mortar dihitung dengan menggunakan Metode Standar Nasional Indonesia (SNI).
3. Tahap 3 : Dilakukan Pengujian kuat tekan mortar dengan cetakan kubus 5x5x5 cm yang dilakukan dengan masing-masing campuran yang berbeda:
 - a. mortar normal sebanyak 3 buah kubus.
 - b. Mortar campuran Fly ash dengan persentase Fly ash 10%, 15%, 20%, 25% dengan masing-masing sebanyak 3 buah kubus.
 - c. Mortar campuran Fly ash optimal dengan serat buah pinang dengan persentase serat buah pinang 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1% dengan masing-masing sebanyak 3 buah kubus.
4. Tahap 4 : Tahap ini merupakan tahap perencanaan campuran ferosemen, pembuatan benda uji dan perawatan ferosemen. Perbandingan jumlah proporsi bahan campuran ferosemen dihitung dengan menggunakan Metode Standar Nasional Indonesia (SNI).
5. Tahap 5 : Dilakukan Pengujian kuat lentur Ferosemen dengan benda uji berukuran 24 x 6 x 2,5 cm. yang dilakukan dengan masing-masing campuran yang berbeda dengan ferosemen normal sebanyak 3 buah sampel pelat dan Metode Reinforcement layer 10 % , 12 % , 15 % dengan masing – masing

layer sebanyak 3 buah sampel berbentuk pelat.

6. Tahap 6 : Dari hasil pengujian yang dilakukan pada tahap III dan IV dilakukan analisis data. Kemudian dari langkah tersebut dapat diambil kesimpulan penelitian.
7. Tahap 7 : Setelah mendapatkan data hasil pengujian pada tahap VI maka dilakukan pembuatan laporan hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

3.4 Tempat dan Waktu Penelitian

3.4.1 Tempat Penelitian

Studi ini dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan berlangsung dari Februari hingga Juni 2025.

3.5 Bahan dan Peralatan

Persyaratan yang berlaku memerlukan bahan dan peralatan yang berkualitas untuk mencapai hasil eksperimen yang optimal. Alat dan bahan digunakan dalam penelitian berikut ini:

3.5.1 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan ferosemen dengan fly ash dan variasi serat buah pinang sebagai tulangan antara lain:

1. Agregat halus

Agregat Halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Kota Binjai sungai mencirim.



Gambar 3.2 : Pasir yang digunakan untuk penelitian

2. Semen PCC (Portland Composite Cement)

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen pcc merek semen padang tipe 1.



Gambar 3.3 : Semen yang digunakan untuk penelitian

SEMENTA PORTLAND KOMPOSIT

Semen Portland Komposit adalah semen hidrolis yang diproduksi dengan menggiling klinker semen portland, gypsum, dengan penambahan satu atau lebih bahan anorganik.

Semen Portland Komposit produksi PT Semen Padang memenuhi persyaratan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 15-7064-2004).

Semen Portland Komposit telah digunakan secara luas di masyarakat dan proyek konstruksi bangunan.

SPESIFIKASI SEMEN PORTLAND KOMPOSIT

PENGUJIAN	HASIL UJI	PERSYARIFAN STANDAR SNI 15-7064-2004
I. KOMPOSISI KIMIA		
Bagian tak larut (Insoluble Residue)	% 6,37	
SiO ₂	% 23,25	
Al ₂ O ₃	% 5,71	
Fe ₂ O ₃	% 1,48	
CaO	% 60,12	
Magnesium Oksida (MgO)	% 0,66	
Sulfur Trioksida (SO ₃)	% 2,15	4,00 maks
II. SIFAT FISKA		
Kehalusan dengan alat Blaine	m ² /kg 355	280 min
Kekakuan bentuk dengan Autoclave	% 0,02	0,20 maks
- Pemutusan	% 0,00	0,20 maks
- Penyusutan	% 0,00	0,20 maks
Kuat tekan (Mortar)		
- 3 hari	kg/cm ² 188	125 min
- 7 hari	kg/cm ² 260	200 min
- 28 hari	kg/cm ² 345	250 min
Waktu pengikatan dengan alat vicat:		
- Awal	menit 142	45 min
- Akhir	menit 210	375 maks
Pengikatan semu	% 73,63	50 min
Kandungan udara dalam Mortar	% 5,65	12 maks

Material	Takaran Berat (kg/m ³ bata ringan)
Semen PCC/PPC	225
Pasir	575
Air	159

Form Agent : Air, 1:20 (volume)
Pasir yang digunakan adalah kelas syarak no. 8 (2,4 mm)

PENGGUNAAN

- ✦ Konstruksi umum untuk semua mutu beton
- ✦ Perumahan dan bangunan bertingkat
- ✦ Struktur jembatan dan jalan beton
- ✦ Komponen bangunan, seperti :
 - ✦ Panel beton
 - ✦ Hollow brick
 - ✦ Paving block
 - ✦ Batako
 - ✦ Polongan dan profil beton
 - ✦ Pasangan bata, plesteran, keramik dan acian

Ketahanan :

- ✦ Lebih mudah dalam pengerjaan
- ✦ Suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak
- ✦ Lebih tahan terhadap serangan Sulfat
- ✦ Lebih kedap air

Komposisi Campuran Beton

Mutu Beton	Material	Takaran Berat (kg/m ³ beton)	Volume (liter)	Volume per sak semen @ 50 kg (ember = 5 liter)
K-175 f'c 14,5 Mpa	Semen PCC/PPC	300	1 sak	1 sak
	Pasir	710	85	17
	Split/Kerikil 5-20	1095	130	26
	Air	195	31	6
K-225 f'c 18,5 Mpa	Semen PCC/PPC	300	1 sak	1 sak
	Pasir	695	78	16
	Split/Kerikil 5-20	1080	121	24
	Air	180	28	6
K-350 f'c 30 Mpa	Semen PCC/PPC	400	1 sak	1 sak
	Pasir	690	82	12
	Split/Kerikil 5-20	1065	95	19
	Air	180	23	5

Komposisi Adukan, Plesteran dan Bahan Bangunan

Bahan Bangunan	Perbandingan Material (dalam volume)		
	PCC/PPC	Pasir	Split 5-10
Pasangan batu kali	1	6	-
Pemasangan batu bata :			
1) Dinding kedap air	1	3	-
2) Selain dinding kedap air	1	6	-
Pasangan Batako			
1) Dinding kedap air	1	3	-
2) Selain dinding kedap air	1	6	-
Plesteran	1	5	-
Pembuatan komponen bangunan			
1) Genteng Beton	1	3 - 5	-
2) Paving Block	1	4 - 5	0,5 - 1
3) Hollow Brick	1	8 - 10	2 - 3

Gambar 3.4 : Spesifikasi semen yang digunakan untuk penelitian

3. Fly ash tipe C

Fly ash yang di gunakan dalam penelitian ini adalah fly ash tipe C yang merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga listrik yang berada di Tanjung Pura Sumatera Utara. Variasi penambahan fly ash adalah 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen.



Gambar 3.5 : Fly ash yang digunakan untuk penelitian

4. Serat buah pinang

Serat buah pinang yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Kota Medan. Serat buah pinang yang sudah matang atau menguning dengan panjang serat 5 cm. Pada proses pemisahan serabut dari bijinya dilakukan dengan cara membelah biji pinang lalu mengeluarkan isi dalamnya, setelah itu dilakukan penjemuran ± 7 hari. Dan selanjutnya menyisir serabut dengan tujuan agar serat terpisah atau terurai. Variasi penambahan serat buah Pinang adalah 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1% dari volume mortar.



Gambar 3.6 : Buah pinang kering yang digunakan untuk penelitian



Gambar 3.7 : Buah pinang kering yang sudah di belah



Gambar 3.8 : Buah pinang kering yang sudah di pisahkan seratnya



Gambar 3.9 : Serat buah pinang yang di bersihkan



Gambar 3.10 : Serat buah pinang di jemur selama 7 hari



Gambar 3.11 : Serat buah pinang sudah siap di pakai

5. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.5.2 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam pembuatan ferosemen dengan fly ash dan variasi serat buah pinang sebagai tulangan yaitu:

1. Satu set saringan untuk agregat halus.



Gambar 3.12 : Satu set saringan

Spesifikasi nya : AG-200A-250 *Stainless steel round sieve*

ukuran saringan yang digunakan #4, #8, #16, #30, #50, #100, Pan & Cover.

2. Timbangan Digital.



Gambar 3.13 : Timbangan digital

Spesifikasi Merek: SHINTE, Tipe: SHT-005N, Kapasitas: 30 kg x 5 gram

Ukuran Platform: 20 cm x 25 cm

3. Cetakan benda uji berbentuk kubus 5x5x5 cm.



Gambar 3.14 : Cetakan mortar

4. Cetakan benda uji berbentuk balok 24 x 6 x 2,5 cm.



Gambar 3.15 : Cetakan ferosemen

5. Compressing Test Machine (CTM)



Gambar 3.16 : Alat uji kuat tekan

Spesifikasi Merek: SGP, Tipe: *Compression Testing M.C Motorized*,
Kapasitas: 150 ton

6. Alat uji kuat lentur beton (hydraulic concrete beam).



Gambar 3.17 : Alat uji kuat lentur

Kapasitas: 60 kg/cm²

7. Mesin Pengaduk Mortar (Mortar Mixer)



Gambar 3.18 : Pengaduk mortar

8. Oven



Gambar 3.19 : Oven

Spesifikasi Merek: Memmert, Tipe: UN 55 53L, Kapasitas: 53 liter, suhu dalam C min. 5 °C di atas ambien hingga + 300 °C

9. Gelas ukur
10. Pan
11. Kain lap
12. Bak perendam
13. Sarung tangan
14. Kawat Locket 25 (Welded) SUS 304 ± 1mm
15. Sendok semen
16. Ember
17. Skrap

3.6 Pemeriksaan Bahan

3.6.1 Pemeriksaan Agregat Halus

Analisa saringan ini merupakan metode untuk menentukan distribusi ukuran agregat halus dengan cara menyaring dalam suatu sampel agregat. Hasil analisa saringan ini merupakan distribusi perbedaan ukuran agregat atau gradasi sampel dan dapat mewakili sebuah populasi. Metode ini dianggap memadai untuk pembuatan beton dan mortar digunakan dalam spesifikasi proyek konstruksi (ASTM C – 136 – 01). Dengan rumus sebagai berikut:

1. Data agregat halus diperoleh dari percobaan.
2. Retained (% berat tertahan).
3. Cum retained (% kumulatif berat tertahan).
4. Pasing (% berat yang lolos saringan).

$$a. \text{ FM} = \text{Modulus kehausan} = \frac{\text{total pasing \%}}{100} = \% \quad (3.1)$$

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). Dengan rumus sebagai berikut:

1. Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)
2. Berat contoh SSD kering oven (110°) (E)
3. Berat piknometer Penuh air (D)
4. Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air (C)

a. Berat jenis contoh kering = $\frac{E}{(B+D-C)}$ (3.2)

b. Berat jenis contoh SSD = $\frac{B}{(B+D-C)}$ (3.3)

c. Berat jenis contoh semu = $\frac{E}{(E+D-C)}$ (3.4)

d. Penyerapan = $\frac{(B-E)}{E} \times 100\%$ (3.5)

3.6.3 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air agregat halus berfungsi mengetahui kadar air yang terkandung dalam pasir. Metode pengujian ini cukup akurat untuk mengukur kelembapan dalam suatu sampel dalam setiap batch dibandingkan sampel yang dibuat untuk mewakili sampel dalam jumlah besar. Metode ini adalah merubah kondisi kelembapan agregat oleh panas, dimana pengukuran tes harus dilakukan menggunakan oven suhu yang berventilasi dan terkontrol.

Namun dalam kondisi tertentu beberapa agregat mungkin mengandung air yang terikat dengan mineral dalam agregat secara senyawa kimia, sehingga air seperti itu tidak dapat menguap dan tidak termasuk dalam persen fase yang ditentukan oleh metode pengujian ini. Dengan rumus sebagai berikut:

1. Timbang pasir sebanyak dalam keadaan SSD (W1).
2. Timbang sampel pasir kering oven dan wadah (W2).
3. Timbang berat wadah (W3)

a. Perhitungan: Kadar air = $\frac{(w1)-(w2)}{(w2)-(w3)} \times 100\%$ (3.6)

3.6.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Keberadaan lumpur dalam agregat tidak dapat dihindari karena agregat berasal dari alam. Namun keberadaan agregat akan mempengaruhi

jumlah kadar air dalam campuran beton, sehingga mempengaruhi kekuatan beton.

Untuk itu sebagai syarat teknis campuran beton agregat dalam beton harus bersih dari lumpur dan kadar lumpur yang diperbolehkan adalah tidak boleh melebihi 5% dari berat agregat halus dan maksimal hanya 1% untuk agregat kasar (SK SNI 5 – 04 – 1989 – F). Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus berfungsi menentukan presentase lumpur yang terkandung dalam agregat. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan. Dengan rumus sebagai berikut:

1. Berat contoh kering (A)
2. Berat contoh kering setelah dicuci (B)
3. Berat kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci (C)

$$C = A - B \quad (3.7)$$

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

$$D = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.8)$$

3.6.5 Pemeriksaan Berat Isi

Berat isi atau disebut juga sebagai satuan agregat merupakan rasio berat agregat dan isi/volume berat isi agregat diperlukan dalam perhitungan bahan campuran beton, apabila jumlah bahan ditakar dengan ukuran volume.

1. Berat agregat + wadah (W1)
2. Berat wadah (W2)
3. Berat agregat (W3) = (W1 - W2)
4. Volume Wadah (V)
5. Berat isi = $\frac{W3}{V}$ (3.9)

3.7 Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 Mix Desain

Mix desain yang digunakan berdasarkan SNI 03-6825-2002. untuk Jumlah benda uji Mortar yang digunakan dalam penelitian ini adalah 27 buah kubus berukuran 5x5x5 cm, Dan Jumlah benda uji Ferosemen yang

digunakan dalam penelitian ini adalah 15 buah pelat berukuran 24x6x2,5 cm. serta lembaran kawat Kawat Locket 25 (Welded) SUS 304 ± 1mm dengan ukuran 24 x 6 cm.

Tabel 3.1 : Mix desain mortar dan fero semen dengan Fas 0,4

No	Tes	FA S	Semen	Pasir	Fly ash	Serat Buah Pinang	Tes (cm)	Metode Reinforcement	sampel
1	MN	0,4	1	3	-	-	Kubus 5x5x5	-	3
2	MFA	0,4	90 %	3	10 %	-	Kubus 5x5x5	-	3
		0,4	85%	3	15 %	-	Kubus 5x5x5	-	3
		0,4	80 %	3	20 %	-	Kubus 5x5x5	-	3
		0,4	75 %	3	25 %	-	Kubus 5x5x5	-	3
3	MFA OPT SP	0,4	MFA OPT	3	MFA OPT	0,25 %	Kubus 5x5x5	Sebar	3
		0,4	MFA OPT	3	MFA OPT	0,5 %	Kubus 5x5x5	Sebar	3
		0,4	MFA OPT	3	MFA OPT	0,75 %	Kubus 5x5x5	Sebar	3
		0,4	MFA OPT	3	MFA OPT	1 %	Kubus 5x5x5	Sebar	3
4	NFS	0,4	1	3	-	-	Plat 24x6x2,5	Kawat	3

Lanjutan Tabel 3.1 : Mix desain mortar dan ferosemen dengan Fas 0,4

5	FS OPT K	0,4	MFA OPT SP	3	MFA OPT SP	MFA OPT SP	Plat 24x6x2 ,5	Kawat	3
6	FS OPT LAY	0,4	MFA OPT SP	3	MFA OPT SP	MFA OPT SP	Plat 24x6x2 ,5	Layer 10 %	3
		0,4	MFA OPT SP	3	MFA OPT SP	MFA OPT SP	Plat 24x6x2 ,5	Layer 12 %	3
		0,4	MFA OPT SP	3	MFA OPT SP	MFA OPT SP	Plat 24x6x2 ,5	Layer 15 %	3
								Total Sampel	42

Kode sampel :

MN = Mortar Normal

MFA = Mortar Fly Ash

MFA OPT = Mortar Fly Ash Optimal

MFA OPT SP = Mortar Fly Ash Optimal Serat Buah Pinang

NFS = Normal Ferosemen

FS OPT K = Ferosemen Optimal Kawat

FS OPT LAY = Ferosemen Optimal Layer

3.7.2 Mix Desain Mortar dan Ferosemen

Mix desain yang digunakan berdasarkan SNI 03-6825-2002. untuk Jumlah benda uji Mortar yang digunakan dalam penelitian ini adalah 27 buah kubus berukuran 5x5x5 cm, Dan Jumlah benda uji Ferosemen yang digunakan dalam penelitian ini adalah 15 buah pelat berukuran 24x6x2,5 cm. serta lembaran kawat Kawat Locket 25 (Welded) SUS 304 ± 1mm dengan ukuran 24 x 6 cm.

Hasil mix desain yang di perlukan untuk 1 cetakan mortar berukuran 5x5x5 cm adalah : Pasir = 252 gram , semen = 84 gram dan air = 34 ml , untuk persentase *fly ash* di ambil dari semen untuk menghitung berapa kebutuhan *fly ash* dan untuk pesentase serat buah pinang di ambil dari volume cetakan yang digunakan untuk menghitung keperluan serat buah pinang yang perlu digunakan.

Hasil mix desain yang di perlukan untuk 1 cetakan Fero semen berukuran 24x6x2,5 cm adalah : Pasir = 600 gram , semen = 200 gram dan air = 80 ml , untuk persentase *fly ash* di ambil dari semen untuk menghitung berapa kebutuhan *fly ash* dan untuk pesentase serat buah pinang di ambil dari volume cetakan yang digunakan untuk menghitung keperluan serat buah pinang yang perlu digunakan dan untuk persentase layer pada fero semen yang mau di uji.

3.7.3 Pembuatan Benda Uji Mortar

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

1. Mortar normal, dengan umur mortar 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
2. Mortar campuran 10%, 15%, 20% dan 25% *fly ash*, dengan umur mortar 28 hari. Terdapat 3 buah masing-masing benda uji untuk dapat diambil rata-ratanya.
3. Mortar campuran *fly ash* optimal dengan tambahan 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1% serat buah pinang, dengan umur mortar 28 hari. Terdapat 3 buah masing-masing benda uji untuk dapat di ambil rata-ratanya
4. Mortar campuran *fly ash* dan serat buah pinang optimal, dengan umur mortar 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.

3.7.4 Perawatan Mortar

Perawatan mortar dilakukan Setelah mortar dikeluarkan dari cetakan, ia dirawat dengan direndam dalam air sampai umur 28 hari, saat uji kuat

tekan dilakukan. Jumlah sampel yang direncanakan untuk direndam adalah 30 buah, dengan variasi kuat tekan yang dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 3.2 : Variasi campuran mortar

No.	Variasi campuran	Umur mortar 28 hari
		Kuat tekan
1.	Mortar normal	3 sampel
2.	Mortar campuran 10% fly ash	3 sampel
3.	Mortar campuran 15% fly ash	3 sampel
4.	Mortar campuran 20% fly ash	3 sampel
5.	Mortar campuran 25% fly ash	3 sampel
6.	Mortar campuran fly ash optimal dengan tambahan 0,25% serat buah pinang.	3 sampel
7.	Mortar campuran fly ash optimal dengan tambahan 0,5% serat buah pinang.	3 sampel
8.	Mortar campuran fly ash optimal dengan tambahan 0,75% serat buah pinang.	3 sampel
9.	Mortar campuran fly ash optimal dengan tambahan 1% serat buah pinang.	3 sampel
Jumlah		27 sampel

3.7.5 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

Berdasarkan , kuat tekan mortar adalah beban maksimum dengan satuan luas benda uji mortar berbentuk kubus dengan ukuran dan umur tertentu. Ukuran mortar umumnya adalah kubus kecil dengan dimensi sisi 5x5x5 cm. Kuat tekan mortar dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (3.10)$$

di mana:

f_c = kuat tekan mortar (MPa)

P = beban maksimum yang diterima oleh benda uji mortar (Newton)

A = luas penampang benda uji mortar (cm²)

Prosedur pengujian dilakukan pada umur mortar yang telah ditentukan, biasanya pada umur 7 hari atau 28 hari, untuk mendapatkan kekuatan yang representatif sesuai dengan standar yang berlaku. Pengujian kuat tekan ini sangat penting untuk memastikan bahwa mortar memenuhi spesifikasi yang diperlukan dalam aplikasi konstruksi.

3.7.6 Pembuatan Benda Uji Fero semen

Benda uji ini berbentuk balok dengan ukuran 24 x 6 x 2,5 cm yang berjumlah 3 buah. Berikut penjelasannya :

1. Fero semen campuran fly ash dan serat buah pinang optimal, dengan umur fero semen 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya

3.7.7 Perawatan Fero semen

Perawatan fero semen dilakukan Setelah fero semen dikeluarkan dari cetakan, ia dirawat dengan direndam dalam air sampai umur 28 hari, saat uji kuat tekan dilakukan. Jumlah sampel yang direncanakan untuk direndam adalah 12 buah, dengan variasi kuat lentur yang dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 3.3 : Variasi campuran fero semen

No.	Variasi campuran	Umur fero semen 28 hari
		Kuat lentur
1.	Fero semen Normal	3 sampel
	Fero semen campuran fly ash dan serat buah pinang optimal + kawat	3 sampel
	Fero semen campuran fly ash dan serat buah pinang optimal layer 10 %	3 sampel
	Fero semen campuran fly ash dan serat buah pinang optimal layer 12 %	3 sampel

Lanjutan Tabel 3.3 : Variasi campuran ferosemen

Ferosemen campuran fly ash dan serat buah pinang optimal layer 15 %	3 sampel
Jumlah	15 sampel

3.7.8 Pengujian Kuat Lentur Ferosemen

1. Kecepatan pembebanan harus kontinu tanpa menimbulkan efek kejut dan memenuhi ketentuan sebagai berikut :
 - a. Pada pembebanan sampai mencapai $\pm 50 \%$ dari beban maksimum yang diperkirakan, kecepatan pembebanan boleh lebih cepat dari 6 kN.
 - b. Sesudah itu, sampai terjadi keruntuhan balok uji, kecepatan pembebanan harus diatur antara 4,3 kN sampai 6 kN per menit.
2. Catat besarnya beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan.
3. Ukur penampang runtuh dengan pengukuran penampang patah balok uji harus memenuhi ketentuan berikut :
 - a. Lebar dan tinggi penampang adalah lebar rata-rata dan tinggi rata-rata minimum dari tiga kali pengukuran.
 - b. Jika patahan terjadi di tempat yang diberi kaping, maka tinggi penampang yang diukur termasuk tebal kaping.
4. Perhitungan kuat lentur menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (3.11)$$

keterangan:

σ = Kuat lentur (MPa)

P = Beban maksimum (N)

L = Panjang bentang (mm)

b = Lebar rata-rata spesimen pada daerah runtuh (mm)

h = Tinggi rata-rata spesimen pada daerah runtuh (mm)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pemeriksaan agregat halus penelitian memperoleh data material berupa analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur dan berat isi. Pemeriksaan dilakukan di laboratorium teknik sipil mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat dan mengikuti buku panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.1 Pemeriksaan Agregat Halus

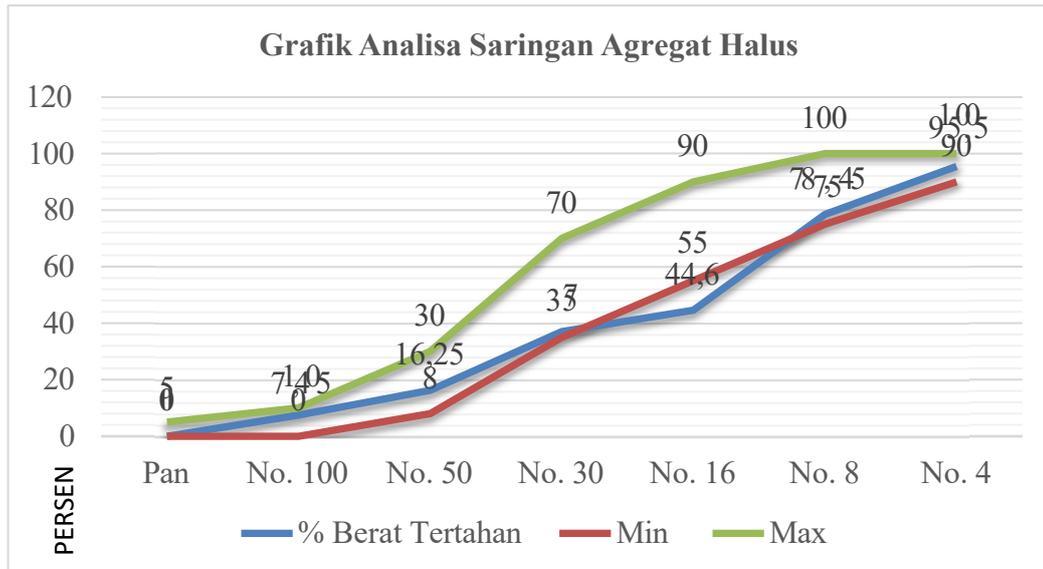
4.1.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Pemeriksaan analisa saringan dilakukan berdasarkan acuan SNI 03 -1968 1990 Tentang analisa saringan agregat halus. Hasil penelitian ini menunjukkan hasil yang diperoleh sebagai berikut. Berat tertahan pada masing-masing ukuran saringan menunjukkan variasi yang signifikan. Pada saringan No. 4, berat tertahan mencapai 90 gram, yang berkontribusi sebesar 4,5% terhadap total berat agregat. Saringan No. 8 dan No. 16 memiliki berat tertahan masing-masing 241 gram dan 356 gram, dengan persentase tertahan masing-masing 12,05% dan 17,8%. Saringan lebih halus seperti No. 30, No. 50, dan No. 100, menunjukkan berat tertahan yang lebih tinggi, yaitu 573 gram (28,65%), 415 gram (20,75%), dan 176 gram (8,8%). Dengan jumlah persentase kumulatif yang tertahan sebesar 294,7%.

$$\text{FM (Modulus Kehausan)} = \frac{\text{Jumlah Persentase Kumulatif Tertahan}}{100} = \frac{294,7}{100} = 2,94\%$$

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat nilai FM (Modulus Kehausan) sebesar 2,94%. Nilai tersebut masih diizinkan untuk termasuk sebagai agregat halus, dimana 1,5% - 3,8% nilai yang diizinkan berada di zona 2.

mengenai gradasi agregat halus, total berat dan persentase passing untuk setiap saringan. Misalnya, saringan No. 100 persentase passing sebesar 7,45% dengan batas minimum 0% dan maksimum 10%. Sementara itu, saringan No. 30 persentase passing 37% dengan batas minimum 35% dan maksimum 70%.



Gambar 4.1: Grafik Analisa Agregat Halus

4.1.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan

Pemeriksaan hasil berat jenis dan penyerapan air untuk agregat halus telah dilakukan menggunakan dua sampel. Dari analisis tersebut, diperoleh berat SSD (Saturated Surface Dry) rata-rata sebesar 500 gram. Berat SSD kering oven untuk kedua sampel menunjukkan nilai rata-rata 493 gram, sementara berat SSD di dalam air tercatat rata-rata 990,5 gram.

$$\text{Berat SSD (B)} = \frac{500+500}{2} = 500 \text{ gr}$$

$$\text{Berat SSD Kering Oven (E)} = \frac{495+491}{2} = 493 \text{ gr}$$

$$\text{Berat SSD di Dalam Air (C)} = \frac{992+989}{2} = 990,5 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Piknometer Berisi Air (D)} = \frac{692+681}{2} = 686,5 \text{ gr}$$

$$\text{BJ Bulk} = \frac{2,475+2,557}{2} = 2,516 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{BJ SSD} = \frac{2,5+2,604}{2} = 2,552 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{BJ Semu} = \frac{2,538+2,683}{2} = 2,610 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Absorption} = \frac{1,01+1,832}{2} = 1,421 \%$$

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus

dari 2 sampel dengan berat SSD rata – rata 500 gr. Dari percobaan ini didapat nilai rata rata berat jenis bulk 2,516 gr, berat jenis SSD 2,552 gr dan berat jenis semu 2,610 gr. Dapat disimpulkan bahwa agregat halus yang diuji memiliki karakteristik berat jenis yang konsisten dan tingkat penyerapan air yang relatif rendah, menunjukkan kualitas yang baik untuk penggunaan dalam penelitian.

4.1.3 Pemeriksaan Kadar Air

Pemeriksaan hasil kadar air agregat halus telah dilakukan pengujian pada dua sampel, di mana berat contoh SSD dan berat wadah untuk Sampel I tercatat 1046 gram, sedangkan untuk Sampel II sebesar 1182 gram. Berat contoh SSD untuk Sampel I adalah 549 gram dan untuk Sampel II adalah 687 gram.

Berat contoh kering oven dan berat wadah untuk Sampel I adalah 1034 gram, sedangkan untuk Sampel II mencapai 1168 gram. Berat wadah sendiri untuk Sampel I adalah 497 gram dan untuk Sampel II 495 gram. Dari perhitungan, berat air yang diperoleh adalah 12 gram untuk Sampel I dan 14 gram untuk Sampel II. Berat contoh kering yang dihasilkan masing-masing adalah 537 gram untuk Sampel I dan 673 gram untuk Sampel II.

Sampel 1

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100 \% = \frac{1046 - 1034}{1034 - 497} \times 100 \% = 2,23 \%$$

Sampel 2

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100 \% = \frac{1182 - 1168}{1168 - 495} \times 100 \% = 2,08 \%$$

$$\text{Rata – Rata Kadar Air} = \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2} = \frac{2,23 + 2,08}{2} = 2,15 \%$$

Dari hasil pengujian kadar air agregat halus didapatkan nilai sampel 1 dan sampel 2 sebesar 2,23% dan 2,08% maka didapatkan nilai rata ratanya 2,15%. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar air agregat halus yang diuji berada dalam rentang yang diharapkan, sehingga dapat dianggap sesuai untuk digunakan dalam penelitian.

4.1.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pemeriksaan hasil kadar lumpur agregat halus dilakukan pada dua sampel dengan berat contoh kering masing-masing sebesar 500 gram. Setelah proses pencucian, berat kering contoh untuk Sampel I adalah 491 gram dan untuk Sampel II sebesar 490 gram. Berat kotoran yang terpisah setelah dicuci untuk Sampel I tercatat 9 gram, sementara untuk Sampel II adalah 10 gram.

Persentase kotoran setelah dicuci dihitung dengan rumus $\frac{C}{A} \times 100 \%$. Untuk Sampel I, persentase kotoran yang diperoleh adalah 1,8%, sedangkan untuk Sampel II mencapai 2%. Rata-rata berat contoh kering setelah dicuci adalah 490,5 gram, dan rata-rata berat kotoran setelah dicuci adalah 9,5 gram.

Sampel 1

$$\text{Persentase Kotoran Setelah Dicuci (D)} = \frac{C}{A} \times 100 \% = \frac{9}{500} \times 100 \% = 1,8 \%$$

Sampel 2

$$\text{Persentase Kotoran Setelah Dicuci (D)} = \frac{C}{A} \times 100 \% = \frac{10}{500} \times 100 \% = 2 \%$$

Avarange (Rata – Rata)

$$\text{Berat Contoh Kering (A)} = \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2} = \frac{500 + 500}{2} = 500 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Contoh Kering Setelah Dicuci (B)} = \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2} = \frac{491 + 490}{2} = 490,5 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Kotoran Setelah Dicuci (C)} = \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2} = \frac{9 + 10}{2} = 9,5 \text{ gr}$$

$$\text{Persentase Kotoran Setelah Dicuci (D)} = \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2} = \frac{1,8 + 2}{2} = 1,9 \%$$

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus didapat persentase rata – rata sebesar 1,9%. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar lumpur pada agregat halus berada dalam batas yang dapat diterima untuk penggunaan dalam penelitian.

4.1.5 Pemeriksaan Berat isi

Pemariksaan berat isi agregat dilakukan dengan 3 cara yaitu cara tusuk, cara goyang dan cara lepas. Pada metode cara lepas, berat contoh dan wadah tercatat sebesar 27098 gram, dengan berat wadah baja sebesar 6500 gram. Berat contoh yang diperoleh adalah 20598 gram, dan volume wadah dihitung sebesar 15465,21

cm³. Dari perhitungan ini, berat isi agregat menggunakan cara lepas adalah 1,331 gr/cm³. Dengan cara tusuk, berat contoh dan wadah mencapai 28963 gram. Berat contoh yang dihasilkan adalah 22193 gram, dan volume wadah tetap sama, yaitu 15465,21 cm³. Berat isi untuk metode ini dihitung sebesar 1,435 gr/cm³. Terakhir, pada cara goyang, berat contoh dan wadah tercatat 28942 gram. Berat contoh dihasilkan sebesar 22442 gram dengan volume wadah yang tetap. Dengan demikian, berat isi agregat menggunakan cara goyang adalah 1,451 gr/cm³.

Rata-rata berat contoh dan wadah untuk ketiga metode adalah 28334,3 gram, dengan berat wadah baja tetap di 6500 gram. Rata-rata berat contoh dari ketiga metode adalah 21744,3 gram, dan volume wadah juga tetap di 15465,21 cm³. Rata-rata berat isi agregat halus yang diperoleh dari ketiga metode adalah 1,4056 gr/cm³. Hasil ini menunjukkan bahwa berat isi agregat halus memiliki konsistensi yang baik, dengan nilai rata-rata yang dapat diterima untuk penelitian.

4.2 Hasil pengujian kuat tekan mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-6825-2002, pengujian pada saat Mortar berumur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tekan (compressive strength test) dengan kapasitas 150 ton. Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 5x5x5 cm. Hasil pengujian kuat tekan tersebut dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Pengujian kuat tekan mortar

Sampel	Kode Sampel	Umur (Hari)	Berat (gr)	Kuat Tekan (ton)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata - rata kuat tekan (Mpa)
Mortar Normal	MN 1	28	250	3	11,767	13,729
	MN 2	28	260	4,5	17,651	
	MN 3	28	265	3	11,767	
Mortar Fly Ash	MFA 10% 1	28	255	4,5	17,651	15,691
	MFA 10% 2	28	245	4,5	17,651	
	MFA 10% 3	28	260	3	11,767	

Lanjutan Tabel 4.1 Pengujian kuat tekan mortar

	MFA 15% 1	28	240	4,5	17,651	17,651	
	MFA 15% 2	28	255	4,5	17,651		
	MFA 15% 3	28	230	4,5	17,651		
		MFA 20% 1	28	225	4,5	17,651	19,613
		MFA 20% 2	28	255	4,5	17,651	
		MFA 20% 3	28	220	6,00	23,535	
		MFA 25% 1	28	270	4,5	17,651	21,574
		MFA 25% 2	28	270	6,00	23,535	
		MFA 25% 3	28	250	6,00	23,535	
Mortar Fly Ash Optimal Serat Buah Pinang	MFA 25% SP 0,25% 1	28	205	3	11,767	13,729	
	MFA 25% SP 0,25% 2	28	215	4,5	17,651		
	MFA 25% SP 0,25% 3	28	215	3	11,767		
		MFA 25% SP 0,5% 1	28	215	3	11,767	15,691
		MFA 25% SP 0,5% 2	28	210	4,5	17,651	
		MFA 25% SP 0,5% 3	28	215	4,5	17,651	
		MFA 25% SP 0,75% 1	28	210	4,5	17,651	17,651
		MFA 25% SP 0,75% 2	28	220	4,5	17,651	
		MFA 25% SP 0,75% 3	28	210	4,5	17,651	

Lanjutan Tabel 4.1 Pengujian kuat tekan mortar

MFA 25% SP 1% 1	28	220	4,5	17,651	19,613
MFA 25% SP 1% 2	28	210	6	23,535	
MFA 25% SP 1% 3	28	230	4,5	17,651	

Kode sampel :

MN = Mortar Normal

MFA = Mortar Fly Ash

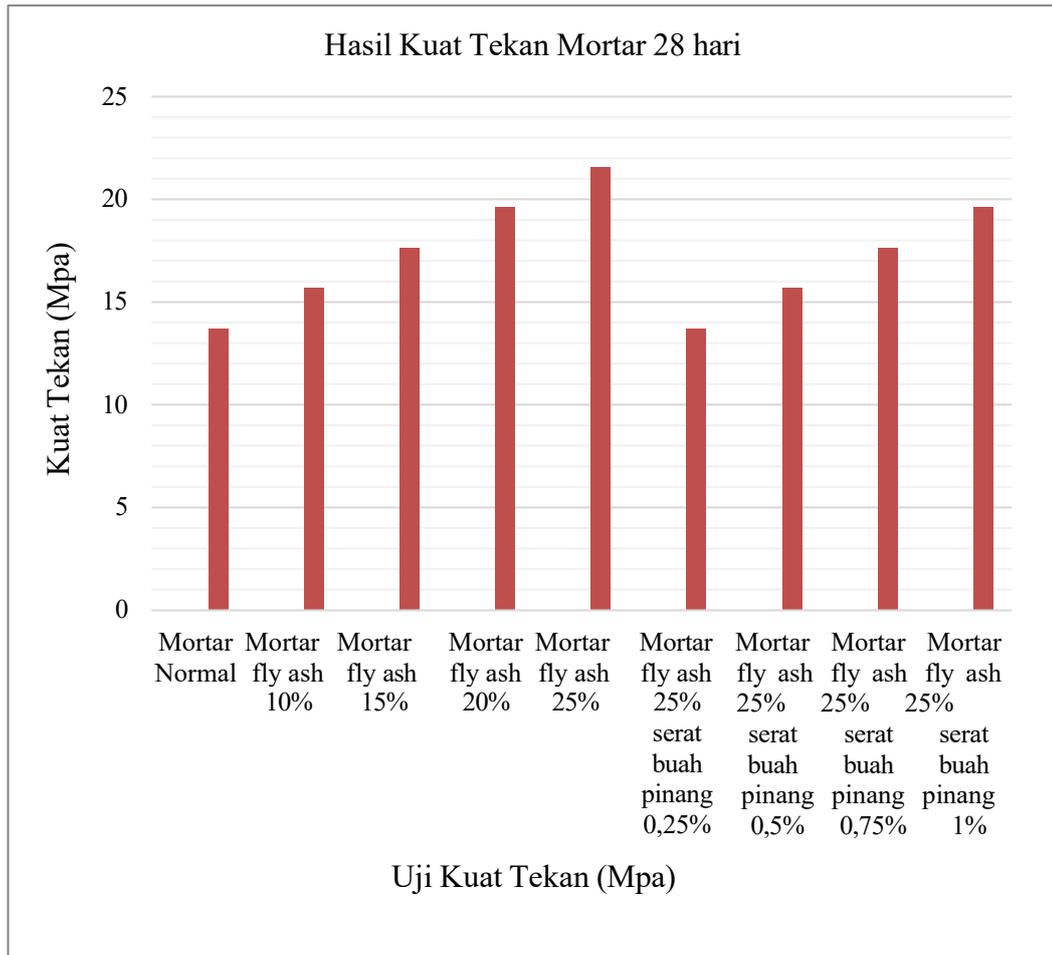
MFA SP = Mortar Fly Ash Serat Buah Pinang

Tabel 4.2 Pengaruh penambahan Fly ash terhadap kuat tekan mortar 28 hari

Kadar Fly Ash (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kenaikan (%)
0	13,729	-
10	15,691	14,25
15	17,651	28,33
20	19,613	42,52
25	21,574	57,14

Tabel 4.3 Pengaruh penambahan Fly ash 25% dengan serat buah pinang terhadap kuat tekan mortar 28 hari

Kadar Serat Buah Pinang (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kenaikan (%)
0	13,729	-
0,25	13,729	0
0,5	15,691	14,25
0,75	17,651	28,33
1	19,613	42,52



Gambar 4.2 Grafik hasil kuat tekan mortar 28 hari

Hasil penelitian ini menunjukkan pengaruh signifikan dari penambahan fly ash dan serat buah pinang terhadap kuat tekan mortar pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-6825-2002, menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 5x5x5 cm dan mesin kuat tekan dengan kapasitas 150 ton. Data yang diperoleh dari pengujian menunjukkan bahwa mortar yang dicampur dengan fly ash memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan mortar normal. Pada pengujian, mortar tanpa penambahan fly ash memiliki kuat tekan maksimum sebesar 13,729 MPa. Namun, saat fly ash ditambahkan dengan kadar 10%, kuat tekan meningkat menjadi 15,691 MPa. Peningkatan ini terus berlanjut dengan kadar fly ash 15% dan 20%, yang masing-masing menunjukkan kuat tekan sebesar 17,651 MPa dan 19,613 MPa. Puncaknya, pada kadar 25% fly ash, mortar mencapai kuat tekan 21,574 MPa, menunjukkan bahwa fly ash secara signifikan meningkatkan kekuatan mortar.

Penambahan fly ash ke dalam campuran mortar terbukti meningkatkan kuat tekan melalui mekanisme reaksi pozzolanik, di mana fly ash bereaksi dengan kalsium

hidroksida yang dihasilkan selama hidrasi semen, menghasilkan senyawa cementitious yang meningkatkan kekuatan struktural. Selain itu, fly ash juga berfungsi mengurangi porositas mortar, sehingga menciptakan struktur yang lebih padat dan kuat, serta mengendalikan proses hidrasi untuk mengurangi risiko retak akibat pengeringan yang cepat.

Selain penambahan fly ash, penelitian ini juga mengeksplorasi efek dari serat buah pinang sebagai bahan tambah. Serat buah pinang ditambahkan dengan berbagai kadar untuk mengevaluasi dampaknya terhadap kuat tekan mortar dengan 25% fly ash. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kadar serat 0%, kuat tekan mortar tetap pada level 13,729 MPa, sama dengan mortar tanpa serat. Namun, saat kadar serat buah pinang meningkat menjadi 0,5%, kuat tekan mortar meningkat menjadi 15,691 MPa. Penambahan serat buah pinang 0,75% dan 1% menghasilkan kuat tekan 17,651 MPa dan 19,613 MPa. Kenaikan ini menunjukkan bahwa serat buah pinang tidak hanya memberikan kontribusi terhadap kekuatan, tetapi juga meningkatkan daya tahan mortar terhadap retak dan deformasi.

Di sisi lain, serat buah pinang sebagai bahan tambah dalam mortar berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kuat tekan. Serat ini bertindak sebagai penguat, meningkatkan kekuatan tarik dan lentur mortar, serta membantu mendistribusikan tegangan secara merata, yang mengurangi kerentanannya terhadap retak dan deformasi. Perlakuan alkalisasi pada serat buah pinang juga dapat meningkatkan ikatan antara serat dan matriks semen, sehingga memperkuat integritas struktural mortar. Kombinasi penggunaan fly ash dan serat buah pinang tidak hanya meningkatkan karakteristik mekanik mortar, tetapi juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah industri.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan wawasan penting mengenai potensi penggunaan fly ash dan serat buah pinang dalam pembuatan mortar yang lebih kuat dan berkelanjutan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kombinasi kedua bahan ini dapat menghasilkan mortar dengan karakteristik mekanik yang lebih baik, yang sangat penting dalam aplikasi konstruksi. Namun, berdasarkan referensi jurnal yang dibaca, perlu dicatat bahwa penambahan serat buah pinang dalam adukan dapat menurunkan nilai workability. Serat buah pinang termasuk dalam kategori serat alami, yang mudah rapuh dan tidak dapat digunakan dalam jangka waktu panjang karena akan

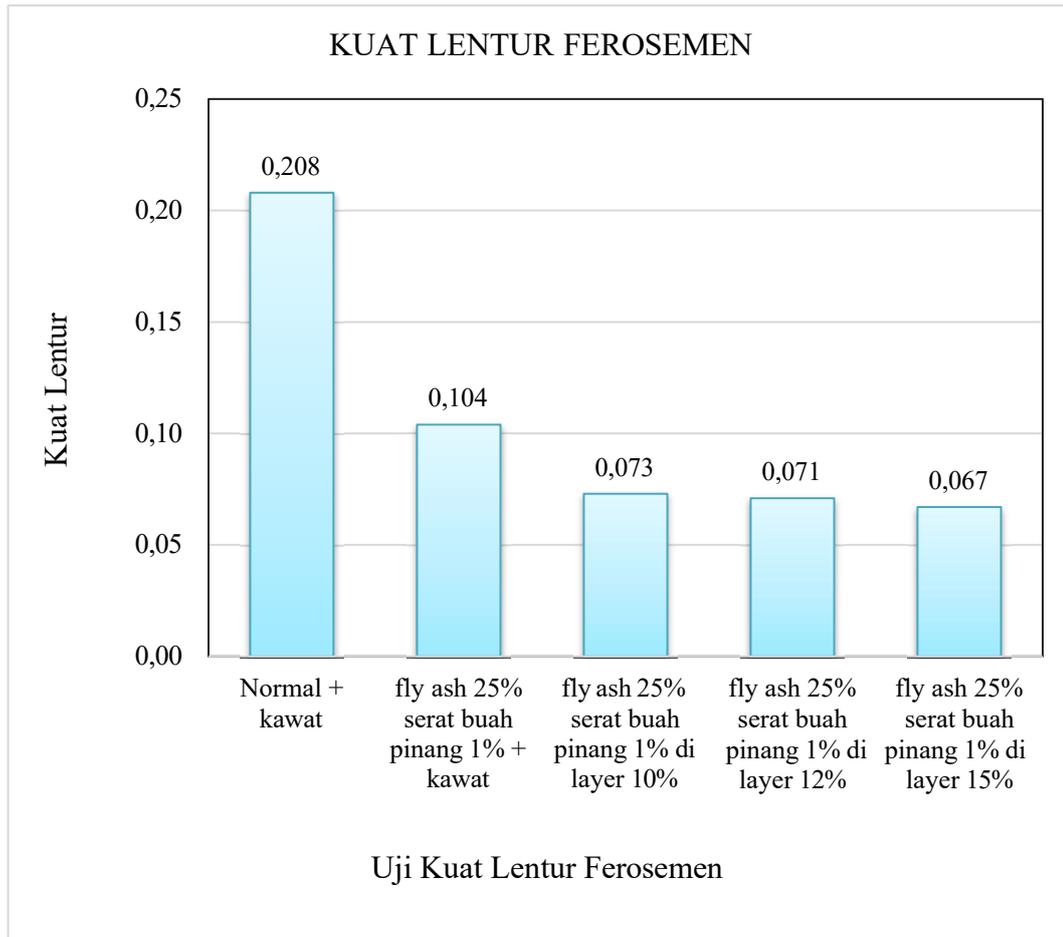
mengalami penyusutan dan menjadi rapuh. Meskipun demikian, penggunaan fly ash sebagai bahan tambah tetap mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah industri. Penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan material bangunan yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan, serta memberikan kontribusi positif terhadap industri konstruksi di masa depan.

4.3 Hasil pengujian kuat lentur ferosemen

Pengujian kuat lentur pada penelitian ini dilakukan pada saat ferosemen berumur 28 hari. Benda uji pada pengujian kuat lentur ferosemen pada penelitian ini menggunakan sampel berbentuk balok dengan ukuran Panjang 24 cm, lebar 6 cm, tinggi 2,5 cm. Pengujian kuat lentur menggunakan metode pembebanan 1 titik di tengah bentang sesuai pada SNI 4154:2014.

Tabel 4.4 Hasil kuat lentur ferosemen

No	Ferosemen	Umur (hari)	Kuat lentur rata-rata kg/cm ²	Kuat lentur rata-rata Mpa
1	Normal	28	8	0,208
2	fly ash 25% serat buah pinang 1%	28	4	0,104
3	fly ash 25% serat buah pinang 1% di layer 10%	28	2,3	0,073
4	fly ash 25% serat buah pinang 1% di layer 12%	28	2,2	0,071
5	fly ash 25% serat buah pinang 1% di layer 15%	28	2	0,067



Gambar 4.3 Grafik hasil kuat lentur ferosemen 28 hari

Hasil dari pengujian kuat lentur ferosemen maka dapat dinyatakan bahwa ferosemen mengalami penurunan kuat lentur. Pada pengujian ini ferosemen normal + kawat mengalami patah pada daerah lapangan sedangkan ferosemen serat hanya mengalami retak. Untuk kondisi serat Pinang didalam campuran ferosemen pada saat pengujian, serat tercabut dari ferosemen dan ada sebagian dari serat yang mengalami putus. Ferosemen dengan penambahan fly ash 25% dan serat buah pinang 1% + kawat menunjukkan penurunan yang signifikan dalam kuat lentur dibandingkan dengan ferosemen normal. Pada ferosemen normal + kawat, kuat lentur rata-rata tercatat sebesar 8 kg/cm^2 (0,208 MPa). Namun, ketika ditambahkan fly ash 25% dan serat buah pinang 1% + kawat, kuat lentur rata-rata menurun menjadi 4 kg/cm^2 (0,104 MPa), yang mencerminkan penurunan sebesar 48,75%.

Selain itu, kuat lentur rata-rata menurun ketika fly ash 25% dan serat buah pinang 1% dilapisi pada lapisan 10%, 12%, dan 15%. Kuat lentur pada layer 10% hanya

mencapai 2,3 kg/cm² (0,073 MPa), menunjukkan penurunan sebesar 71,88% dibandingkan dengan ferosemen biasa. Kuat lentur pada layer 12% turun lagi menjadi 2,2 kg/cm² (0,071 MPa), dan pada layer 15% mencapai 2 kg/cm² (0,067 MPa), menunjukkan penurunan sebesar 75%.

Penurunan ini menunjukkan bahwa, meskipun penambahan serat buah pinang dapat meningkatkan daya tahan terhadap retak, kekuatan lentur ferosemen telah berkurang sebagai akibatnya. Karena sifatnya yang mudah rapuh dan cenderung menyusut, serat buah pinang yang merupakan jenis serat alami, mungkin berkontribusi pada penurunan ini. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa serat mudah menyerap air. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menemukan kombinasi terbaik dari fly ash dan serat buah pinang untuk meningkatkan kinerja ferosemen tanpa mengorbankan kekuatannya. Secara umum, beban masih dapat meningkat setelah retak pertama, meskipun peningkatan ini tidak signifikan. Keruntuhan akan muncul secara bertahap, dengan retakan kecil pertama yang kemudian menjadi lebih besar. Balok uji ferosemen serat tidak runtuh sepenuhnya karena serat Pinang yang ada mencegah retak.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, Pengaruh Fly ash sebagai pengganti semen dan serat buah pinang sebagai bahan tambah didapatkan kesimpulan sebagai berikut,

1. Hasil Penambahan fly ash pada mortar secara signifikan meningkatkan kekuatan tekan mortar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mortar dengan penambahan fly ash 25% mencapai kuat tekan maksimum sebesar 21,574 MPa, dibandingkan dengan mortar normal yang hanya mencapai 13,729 MPa. Peningkatan ini menunjukkan bahwa fly ash memberikan kontribusi positif terhadap kekuatan tekan ferosemen.
2. Penambahan serat buah pinang dalam mortar fly ash menunjukkan hasil yang bervariasi. Pada kadar serat 0,25%, kuat tekan setara dengan mortar normal. Namun, saat kadar serat meningkat menjadi 0,5%, 0,75%, dan 1%, kuat tekan mortar meningkat menjadi 15,691 MPa, 17,651 MPa, dan 19,613 MPa, masing-masing. Ini menunjukkan bahwa serat buah pinang dapat meningkatkan kekuatan tekan jika digunakan dalam proporsi yang tepat.
3. Kombinasi optimal antara fly ash dan serat buah pinang dapat menghasilkan ferosemen dengan sifat kekuatan tekan yang lebih baik. Namun, meskipun serat buah pinang dapat meningkatkan daya tahan terhadap retak, penambahan serat ini juga dapat menurunkan kekuatan lentur ferosemen. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menemukan kombinasi proporsi yang paling efektif untuk mencapai performa terbaik.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, perlu beberapa saran yang perlu dikembangkan untuk penelitian ini adalah,

1. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi proporsi antara fly ash dan serat buah pinang, serta dampaknya terhadap kekuatan dan daya tahan ferosemen dalam jangka panjang.

2. Perlu dieksplorasi penggunaan material tambahan atau alternatif lain yang dapat memperbaiki sifat mekanik ferosemen, serta mengurangi kelemahan yang ditimbulkan oleh penggunaan serat alami seperti serat buah pinang.
3. Disarankan kepada peneliti untuk mempertimbangkan penggunaan serat buah pinang karena sifatnya yang mudah rapuh dan cenderung menyusut, serat buah pinang yang merupakan jenis serat alami, mungkin berkontribusi pada penurunan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 549. "ACI 549.1R-93:(Reapproved 1999): Guide for the Design, Construction, and Repair of Ferrocement" 93, no. Reapproved (1999): 1–30.
- Adi, Rudi Yuniarto. "Kuat Tekan Mortar Dengan Berbagai Campuran Penyusun Dan Umur." *Media Komunikasi Teknik Sipil* 17, no. 1 (2009): 67–84.
- Ali, Muhammad Shofwan, and Eko Walujodjati. "Pengujian Kuat Tekan Mortar Dengan Campuran Pasir Ladot." *Jurnal Konstruksi P-ISSN: 1412-3630; E-ISSN:2302-7312* 19, no. 1 (2022): 313–24. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.19-1.988>.
- ASTM C33. "Designation: C33/C33M – 23 Standard Specification for Concrete Aggregates 1," 2023. <https://doi.org/10.1520/C0033>.
- Basuki. "STRUKTUR ALTERNATIF DALAM ARSITEKTUR DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI FERROSEMEN." jurnal ilmiah teknologi fst undana, 2016.
- Felix Wijaya, Miguel, Monita Olivia*, and Edy Saputra. "Kuat Tekan Mortar Geopolimer Abu Terbang Hybrid Menggunakan Semen Portland." *Jurnal Teknik* 13, no. 1 (2019): 60–68. <https://doi.org/10.31849/teknik.v13i1.2914>.
- Hangge, Elsy E, Rosmiyati A Bella, and Martha C Ullu. "Pemanfaatan Fly Ash Untuk Stabilisasi Tanah Dasar Lempung Ekspansif." *Jurnal Teknik Sipil* 10, no. 1 (2021): 89–102.
- Hermawati, Herawati. "Pengaruh Serat Buah Pinang Terhadap Kuat Tekan Beton." *Bearing : Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil* 8, no. 2 (2023): 61. <https://doi.org/10.32502/jbearing.v8i2.7841>.
- Luqman Cahyono, Annisa Carina, Wiwik Dwi Pratiwi, Firda Fardina, Dika Rahayu Widiana, Agung Prasetyo Utomo, M. Rizal Fahmi. "SUSTAINABLE MATERIALS MELALUI SOLIDIFIKASI-STABILISASI LIMBAH SANDBLASTING MENJADI BETON FERROSEMEN" 04, no. 02 (2024): 108–18.
- Masdar, Helmi, Vera Agustriana, Mohammad Badaruddin, and Jamiatul Akmal. "SIFAT MEKANIK DAN FATIGUE PANEL FERROSEMEN UNTUK KONSTRUKSI ATAP."

- Mina, Enden, Rama Indera Kusuma, and Inten Setyowati Lestari Subowo. "Pengaruh Fly Ash Terhadap Nilai CBR Dan Sifat-Sifat Propertis Tanah." *Jurnal Fondasi* 5, no. 2 (2016).
- muh al iksan, rita desiasni dan emsal yanuar. "PENGARUH KOMPOSISI SERAT BUAH PINANG TERHADAP SIFAT FISIK." *UTS STUDENT CONFERENCE* 1, no. 4 (2023): 34–45.
- Nabil, GERRY ADAM. "PENGARUH FIBER POLYPROLENE TERHADAP SIFAT MEKANIK PLAT FERROSEMEN." *Tugas Akhir Fakultas Teknik*, 2023.
- Naim, Aldo Jannatun, Indra Syahrul Fuad, and Bazar Asmawi. "Pengaruh Penambahan Serat Buah Pinang Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton." *Jurnal Desiminasi Teknologi* 6, no. 2 (2018): 144–50.
- Philip Marthinus, Adrian, Marthin D J Sumajouw, and S Windah Reky. "Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton." *ISSN : 2337-6732, Jurnal Sipil Statik* 3, no. 11 (2015): 729–36.
- Rahman, Ali, Gina Bachtiar, and Daryati Sr. "Studi Kuat Lentur Pelat Ferrocement Dengan Lapisan Lembaran Aluminium Sebagai Bekisting Tetap Pada Material Pelat Lantai Bangunan Bertingkat." *ISSN: 1907-4360, Menara: Jurnal Teknik Sipil* 8, no. 1 (2013): 15. <https://doi.org/10.21009/jmenara.v8i1.8103>.
- Rusyandi, Kukun, Jamul Mukodas, and Yadi Gunawan. "Perancangan Beton Self Compacting Concrete (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan Fly Ash Dan Structuro." *ISSN: 2302-7312, Jurnal Konstruksi* 10, no. 01 (2012): 1–11. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.10-01.35>.
- SETIAWAN, ABDI ;, and MUHAMMAD JUNAEDI. "Analisis Nilai Optimasi Dari Konsentrasi Beton." *Tugas Akhir Fakultas Teknik*, 2006.
- Setiawati, Mira. "Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton." *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi* 17 (2018): 1–8. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3556>.
- SNI-03-6825. "Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan

- Sipil ICS 27.180 Badan Standardisasi Nasional.” *Badan Standardisasi Nasional*, 2002.
- SNI 15-7064-2004. “Semen Portland Komposit.” *Badan Standardisasi Nasional*, 2004, 1–128.
- SNI 4154-2014. “Metode Uji Kekuatan Lentur Beton (Menggunakan Balok Sederhana Dengan Beban Terpusat Di Tengah Bentang).” *Badan Standar Nasional Indonesia*, 2014, 1–12. www.bsn.go.id.
- Widiantoro, Candra, and Faqih Ma. “EFEK VARIASI FAKTOR AIR SEMEN TERHADAP KUAT GESER PASANGAN DAN POLA KERUSAKKAN GESER PASANGAN BETON RINGAN AERASI MENGGUNAKAN THIN BED MORTAR.” *INERSIA X*, no. 2 (2014): 93–105.

LAMPIRAN



Gambar L. 1 Pasir



Gambar L. 2 Semen



Gambar L. 3 Fly ash



Gambar L. 4 Cetakan Mortar



Gambar L. 5 Cetakan Ferosemen



Gambar L. 6 Serat Buah Pinang



Gambar L. 7 Pengujian Kuat Tekan Mortar Normal



Gambar L. 8 Pengujian Kuat Tekan Mortar Fly Ash 10 %



Gambar L. 9 Pengujian Kuat Tekan Mortar Fly Ash 15 %



Gambar L. 10 Pengujian Kuat Tekan Mortar Fly Ash 20%



Gambar L. 11 Pengujian Kuat Tekan Mortar Fly Ash 25 %



Gambar L.12 Pengujian Kuat Tekan Mortar Fly Ash 25 % Serat Buah Pinang 0,25%



Gambar L. 13 Pengujian Kuat Tekan Mortar Fly Ash 25 % Serat Buah Pinang



0,5%

Gambar L. 14 Pengujian Kuat Tekan Mortar Fly Ash 25 % Serat Buah Pinang
0,75%



Gambar L.15 Pengujian Kuat Tekan Mortar Fly Ash 25 % Serat Buah Pinang
0,1%



Gambar L. 16 Perendaman Benda Uji Mortar



Gambar L. 17 Pembuatan Fero semen Normal



Gambar L.18 Pembuatan Fero semen layer 12%



Gambar L. 19 Hasil Uji Kuat Lentur Ferosemen



Gambar L. 20 Hasil Uji Kuat Lentur Ferosemen Normal



Gambar L.21 Hasil Uji Kuat Tekan Mortar Fly Ash 25%

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Tertahan	Persentase Kumulatif	
ASTM	SNI	(gr)	(%)	Tertahan (%)	Lolos (%)
4,8	No. 4	90	4,5	4,5	95,5
2,4	No. 8	241	12,05	16,55	78,45
1,18	No. 16	356	17,8	34,35	44,6
0,6	No. 30	573	28,65	63	37
0,3	No. 50	415	20,75	83,75	16,25
0,15	No. 100	176	8,8	92,55	7,45
PAN	117	149	7,45	100	0
TOTAL		2000	100	294,7	

Gambar L.22 Tabel Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

No.	Total	PASSING	MIN	MAX
PAN	149	0	0	5
No. 100	176	7,45	0	10
No. 50	415	16,25	8	30
No. 30	573	37	35	70
No. 16	356	44,6	55	90
No. 8	241	78,45	75	100
No. 4	90	95,5	90	100

Gambar L.23 Tabel Gradasi Analisa Agregat Halus

Agregat Halus	Sampel I	Sampel II	Rata - Rata	Satuan
Berat SSD (B)	500	500	500	gr
Berat SSD Kering Oven (E)	495	491	493	gr
Berat SSD di dalam air (C)	992	989	990,5	gr
Berat Piknometer Berisi Air (D)	692	681	686,5	gr
Bj Bulk = $(E / (B + D - C))$	2,475	2,557	2,516	gr/cm ³
Bj SSD = $(B / (B + D - C))$	2,5	2,604	2,552	gr/cm ³
Bj Semu = $(E / (E + D - C))$	2,538	2,683	2,610	gr/cm ³

Absorption $[(B - E) / E] \times 100\%$	1,01	1,832	1,421	%
---	------	-------	-------	---

Gambar L.24 Tabel Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Uraian	Sampel I	Sampel II	Satuan
Berat Contoh SSD dan Berat Wadah (W1)	1046	1182	gr
Berat Contoh SSD	549	687	gr
Berat Contoh Kering Oven & Berat Wadah (W2)	1034	1168	gr
Berat Wadah (W3)	497	495	gr
Berat Air	12	14	gr
Barat Contoh Kering	537	673	gr
Kadar Air	2,23	2,08	%
Rata – rata	2,15		%

Gambar L.25 Tabel Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Uraian	Sampel I	Sampel II	Rata - Rata	Satuan
Berat contoh kering : A	500	500	500	gr
Berat kering contoh setelah dicuci : B	491	490	490,5	gr
Berat kotoran setelah dicuci : C	9	10	9,5	gr
Persentase kotoran setelah dicuci : D	1,8	2	1,9	%
Kadar Lumpur Rata – rata	1,9			%

Gambar L.26 Tabel Hasil pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Goyang	Rata - Rata	Satuan
Berat Contoh + Wadah	27098	28963	28942	28334,3	gr
Berat Wadah Baja	6500	6500	6500	6500	gr
Berat Contoh	20598	22193	22442	21744,3	gr
Volume Wadah	15465,21	15465,21	15465,21	15465,21	cm ³

Berat Isi	1,331	1,435	1,451	1,4056	gr/cm ³
-----------	-------	-------	-------	--------	--------------------

Gambar L.27 Tabel Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

No	Tes	FAS (ml)	Semen (gr)	Pasir (gr)	Fly ash (gr)	Serat Buah Pinang (gr)	Tes (cm)	Metode Reinforcement	sampel
1	MN	0,4	1	3	-	-	Kubus 5x5x5	-	3
		34 ml	84 gr	252 gr					
2	MFA	0,4	90%	3	10%	-	Kubus 5x5x5	-	3
		34 ml	75,6 gr	252 gr	8,4 gr				
		0,4	85%	3	15%	-	Kubus 5x5x5	-	3
		34 ml	71,4 gr	252 gr	12,6 gr				
		0,4	80%	3	20%	-	Kubus 5x5x5	-	3
		34 ml	67,2 gr	252 gr	16,8 gr				
		0,4	75%	3	25%	-	Kubus 5x5x5	-	3
		34 ml	63 gr	252 gr	21 gr				
3	MFA 25% SP	0,4	75%	3	25%	0,25%	Kubus 5x5x5	-	3
		34 ml	63 gr	252 gr	21 gr	0,312 gr			
		0,4	75%	3	25%	0,50%	Kubus 5x5x5	-	3

		34 ml	63 gr	252 gr	21 gr	0,625 gr	Kubus 5x5x5	-	3
		0,4	75%	3	25 %	0,75%	Kubus 5x5x5	-	3
		34 ml	63 gr	252 vgr	21 gr	0,9375 gr			
		0,4	75%	3	25 %	1%	Kubus 5x5x5	-	3
		34 ml	63 gr	252 gr	21 gr	1,25 gr			
4	FN	0,4	1	3	-	-	Plat 24x6x2, 5	Kawat	3
		80 ml	200 gr	600 gr					
5	F 25 % FA dan 1 % SP	0,4	1	3	25 %	1%	Plat 24x6x2, 5	Kawat	3
		80 ml	150 gr	600 gr	50 gr	3,6 gr			
6	F 25 % FA dan 1 % SP	0,4	1	3	25 %	1%	Plat 24x6x2, 5	Layer 10 %	3
		80 ml	150 gr	600 gr	50 gr	3,6 gr		36 gr	
		0,4	1	3	25 %	1%	Plat 24x6x2, 5	Layer 12 %	3
		80 ml	150 gr	600 gr	50 gr	3,6 gr		43,2 gr	
		0,4	1	3	25 %	1%	Plat 24x6x2, 5	Layer 15 %	3
		80 ml	150 gr	600 gr	50 gr	3,6 gr		54 gr	

Gambar L.28 Tabel Hasil Mix desain untuk mortar dan ferosemen

RIWAYAT HIDUP



Data Identitas Diri

Nama Lengkap : Muhammad Firzi Arka'an
Tempat dan Tanggal Lahir : Medan, 28 Agustus
2002 Jenis Kelamin : Laki – laki
Agama : Islam
Alamat : Jalan Sei Blutu No 52 A
Nomor Handphone : 0895320689261
Nama Ayah : MHD Nurdhin
Nama Ibu : Heni Juliliah
E – mail : firziarkaan@gmail.com

Riwayat Pendidikan

NIM : 2107210017
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muctar Basri No. 3 Medan 20238

Pendidikan Formal

Sekolah Dasar	: SD Nurul Huda	2008 - 2014
Sekolah Menengah Pertama	: SMP Albukhori Muslim	2014 - 2017
Sekolah Menengah Atas	: SMA Darussalam Medan	2017 - 2020