

**PENGARUH RIB PADA PERILAKU LENTUR  
PANEL FERROSEMENT LANTAI SATU ARAH  
AKIBAT BEBAN TERPUSAT**

**( SKRIPSI )**

**Oleh**

**SYIFA SEKAR AMALIA**

**NPM 2215011023**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2026**

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH RIB PADA PERILAKU LENTUR PANEL FEROSEMEN LANTAI SATU ARAH AKIBAT BEBAN TERPUSAT**

Oleh

**SYIFA SEKAR AMALIA**

Perkembangan konstruksi menuntut penggunaan material struktur yang ringan, ekonomis, namun tetap memiliki kekuatan dan kekakuan yang baik. Pada elemen lantai sering terjadi lendutan dan retak akibat beban terpusat, sehingga diperlukan inovasi struktur seperti panel ferosemen dengan penambahan rib sebagai pengaku. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh rib terhadap perilaku lentur panel ferosemen serta membandingkan hasil pengujian laboratorium dengan analisis numerik menggunakan SAP2000. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental melalui pengujian beban terpusat hingga panel mengalami keruntuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan rib terbukti meningkatkan kapasitas beban dan kekakuan panel. Panel dengan rib memanjang memiliki kapasitas beban maksimum tertinggi, Sedangkan kombinasi rib keduanya menunjukkan kinerja paling optimal dengan lendutan terkecil sebesar 8,11 mm (kekakuan yang tinggi) dan regangan tarik terbesar yaitu 0,0042 (daktilitas terbaik) serta pola retak yang lebih terkendali. Perilaku lentur panel terdiri atas fase elastis, retak awal, dan kapasitas maksimum. Kapasitas lentur hasil pengujian lebih besar dibandingkan hasil teoritis yang menunjukkan adanya kerja komposit antara mortar, tulangan, dan kawat ayam. Selain itu, hasil pengujian laboratorium dan analisis SAP2000 pada nilai lendutan cenderung lebih besar sedangkan regangan tarik dari hasil pengujian lebih tinggi yang disebabkan keterbatasan model numerik dalam merepresentasikan kondisi aktual struktur. Berdasarkan penelitian, penggunaan rib pada panel ferosemen lantai satu arah mampu meningkatkan kinerja struktural panel terhadap beban terpusat sehingga berpotensi menjadi alternatif elemen lantai yang lebih efisien dan ekonomis.

Kata kunci: ferosemen, rib, perilaku lentur, panel lantai satu arah, beban terpusat

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF RIB ON THE FLEXURAL BEHAVIOR OF ONE-WAY FERROCEMENT FLOOR PANELS UNDER CONCENTRATED LOAD**

By

**SYIFA SEKAR AMALIA**

*The development of construction demands structural materials that are lightweight, economical, while still having good strength and stiffness. In floor elements, deflection and cracking often occur due to concentrated loads, therefore structural innovations such as ferrocement panels with rib reinforcement are needed. This study aims to analyze the effect of ribs on the flexural behavior of ferrocement panels and to compare laboratory test results with numerical analysis using SAP2000. The research method used was an experimental method through concentrated load testing until the panels failed. The results showed that the addition of ribs increased the load capacity and stiffness of the panels. Panels with longitudinal ribs had the highest maximum load capacity, while the combination of both ribs showed the most optimal performance with the smallest deflection of 8.11 mm (high stiffness), the largest tensile strain of 0.0042 (best ductility), and more controlled crack patterns. The flexural behavior of the panels consisted of elastic, initial cracking, and maximum capacity phases. The flexural capacity from experimental testing was greater than the theoretical results, indicating composite action between mortar, reinforcement, and wire mesh. In addition, differences were found between laboratory testing and SAP2000 analysis, where the deflection values from numerical analysis tended to be larger, while the tensile strain values from experimental testing were higher due to the limitations of the numerical model in representing actual structural conditions. Based on the results of this study, the use of ribs in one-way ferrocement floor panels is able to improve the structural performance of panels under concentrated loads, making them a potential alternative for more efficient and economical floor elements.*

*Keywords: ferrocement panel, flexural behavior, rib, concentrated load, one-way slab*

**PENGARUH RIB PADA PERILAKU LENTUR  
PANEL FERROSEMENT LANTAI SATU ARAH  
AKIBAT BEBAN TERPUSAT**

**Oleh:**

**SYIFA SEKAR AMALIA**

**Skripsi**

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

**Pada**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL Fakultas  
Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2026**

Judul Skripsi

: **PENGARUH RIB PADA PERILAKU  
LENTUR PANEL FEROSEMEN  
LANTAI SATU ARAH AKIBAT BEBAN  
TERPUSAT**

Nama Mahasiswa


: **Syifa Sekar Amalia**

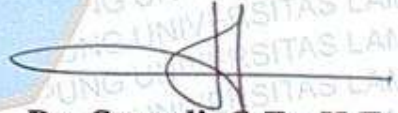
Nomor Pokok Mahasiswa : 2215011023

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik





  
**Prof. Ir. Masdar Helmi, S.T., D.E.A., Ph.D.**  
NIP 19700430 199703 1 003

  
**Dr. Suyadi, S.T., M.T.**  
NIP 19741225 200501 1 003

**2. Ketua Jurusan Teknik Sipil**

**3. Ketua Prodi Teknik Sipil**

  
**Sasana Putra, S.T., M.T.**  
NIP 19691111 200003 1 002

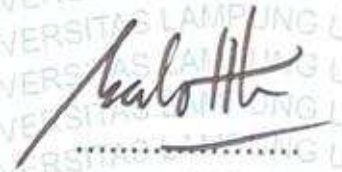
  
**Dr. Suyadi, S.T., M.T.**  
NIP 19741225 200501 1 003

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

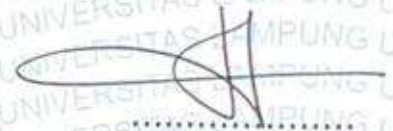
**Ketua**

**: Prof. Ir. Masdar Helmi, S.T.,  
D.E.A., Ph.D.**



**Sekretaris**

**: Dr. Suyadi, S.T., M.T.**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing : Fikri Alami, S.T., M.Sc., M.Phil.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.**

**NIP.19691030 200003 1 001**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Mei 2026**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syifa Sekar Amalia

Nomor Pokok Mahasiswa : 2215011023

Program Studi : S-1 Teknik Sipil

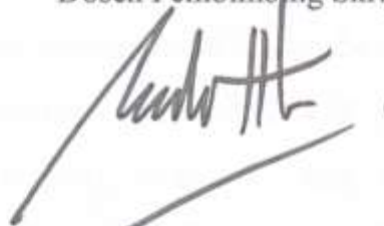
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Pengaruh Rib Pada Perilaku Lentur Panel Fero semen Lantai Satu Arah Akibat Beban Terpusat”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Ide penelitian ini didapat dari Pembimbing I, oleh karena itu hak atas data penelitian berada pada saya dan Pembimbing I, Prof. Ir. Masdar Helmi, S.T., D.E.A., Ph.D., Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 - Mei - 2026

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Skripsi



Prof. Ir. Masdar Helmi, S.T., D.E.A., Ph.D.  
NIP. 197004301997031003

Mahasiswa



Syifa Sekar Amalia  
NPM. 2215011023

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di kota Bandar Lampung pada tanggal 03 September 2003. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, Putri dari Bapak Iwan Susanto dan Ibu Sri Palupi, serta memiliki satu saudara perempuan bernama Sophie Sekar Ningrum.

Penulis memulai jenjang pendidikan di PAUD Bintang Cilik Way Dadi, Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2009, lalu dilanjutkan di TK Satria Sukarame, Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2010, lalu dilanjutkan Pendidikan Tingkat Dasar di SD Al-Azhar 2, Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2016, lalu dilanjutkan Pendidikan Tingkat Pertama di SMP Negeri 1 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2019, dan dilanjutkan Pendidikan Menengah Atas di SMA Negeri 5 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2022. Kemudian, penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN pada tahun 2022. Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung sebagai Anggota dan Kepala Divisi Media Departemen Media dan Informasi pada periode 2023-2024 dan 2024-2025.

Selama menjadi mahasiswa, penulis sering mengikuti berbagai kegiatan seperti kepanitiaan event lomba sebagai bendahara pelaksana lomba Futsal Rungip Championship 4.0. Serta beberapa kali terlibat dalam kepanitiaan berbagai event konser sebagai Kepala Media Partner. Penulis juga mengikuti beberapa perlombaan seperti kaligrafi dan poster digital dan berhasil meraih juara. Selain itu, penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode I di Desa Muji Rahayu, Kecamatan Seputih Agung, Kabupaten Lampung Tengah, Lampung selama 30 hari, yaitu pada Januari-Februari 2025. Kemudian, pada Juni-September 2025 penulis melaksanakan Kerja Praktik pada Proyek Rekonstruksi Jalan ruas Padang Cermin-SP. Teluk Kiluan (Link.043) Kabupaten Pesawaran, Lampung. Mulai pada tahun 2025 juga, penulis melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Rib Pada Perilaku Lentur Panel Fero semen Lantai Satu Arah Akibat Beban Terpusat” sebagai tugas akhir dan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillahirabbilalamin, Dengan Syukur atas segala Karunia-Mu dan Dengan Segala Kerendahan Hati memohon Ridho-Mu, ya Illahi Robbi serta syafaat nabi Muhammad SAW, Kupersembahkan karya Kecilku ini untuk orang-orang yang saya sayangi.

### **Kedua Orang Tuaku dan Adikku**

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta dan hormat kepada kedua orang tua tercinta, yang senantiasa merawat, mendampingi, serta memberikan dukungan materi, moril, dan spiritual tanpa mengenal lelah. Terima kasih atas kasih sayang, doa, kesabaran, pengorbanan, serta nasihat yang selalu menjadi pegangan dalam setiap langkah kehidupan saya. Serta adik saya yang telah memberi dukungan besar, menjadi tempat berbagi cerita, dan tempat berkeluh kesah selama perjalanan ini.

### **Sahabat-sahabat terbaik**

Sahabatku yang setia menemani di setiap proses, setiap keluh kesah, setiap cerita, dan setiap tawa. Terima kasih telah menjadi rumah di tengah penatnya perkuliahan.

### **Dosen Teknik Sipil**

Terima kasih kepada seluruh dosen jurusan teknik sipil yang dengan tulus membimbing, mengajar, dan menginspirasi. Ilmu serta arahan yang diberikan menjadi bekal berharga bagi perjalanan saya ke depan. Saya juga sangat berterima kasih atas waktu dan perhatian yang telah diberikan dalam membimbing hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Dan terakhir untuk

### **Diri saya sendiri**

Terima kasih telah bertahan, berjuang, dan tidak menyerah meski sering merasa lelah. Skripsi ini adalah bukti nyata bahwa setiap usaha, air mata, dan doa tidak pernah sia-sia. Semoga ke depan, saya terus menjadi pribadi yang lebih kuat, lebih bijaksana, dan lebih bermanfaat.

## MOTTO

**“Kejarlah akhirat, maka dunia dan seisinya akan selalu mengikutimu”**

**(HR. Tirmizi)**

**“Tidak apa-apa merasa takut karena mimpimu terlalu tinggi. Justru jika mimpimu tidak membuatmu takut, mungkin mimpi itu belum cukup besar untuk diperjuangkan.”**

**(Najwa Shihab)**

**“Apa yang melewatiku tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatiku”**

**(Umar Bin Khattab)**

**“Semua jatuh bangunmu hal yang biasa, angan dan pertanyaan waktu yang menjawabnya, berikan tenggat waktu bersedihlah secukupnya, rayakan perasaanmu sebagai manusia”**

**(Mata Air-Hindia)**

***“Long Story Short, I Survived”***

**(Taylor Swift)**

## SANWACANA

Atas berkat rahmat hidayat Allah SWT. dengan mengucapkan puji syukur Alhamdulillah, penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Rib Pada Perilaku Lentur Panel Fero semen Lantai Satu Arah Akibat Beban Terpusat” sebagai salah satu syarat dalam mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung. Pada penyusunan laporan ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, dukungan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM, selaku Rektor Universitas Lampung sekaligus Dosen Teknik Sipil.
2. Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Prof. Ir. Masdar Helmi, S.T., D.E.A., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing utama yang sudah meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan arahan selama masa perkuliahan dan dalam proses penyelesaian skripsi. Saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas pengetahuan, ide, inspirasi, dan petunjuk yang sangat berharga, khususnya dalam proses penyelesaian skripsi ini. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih atas kebaikan hati, pemahaman, dan kesabaran yang telah diberikan selama proses penulisan ini. Saya berharap semua kebaikan yang telah Bapak berikan akan selalu membawa berkah bagi Bapak dan seluruh keluarga.
5. Dr. Suyadi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembimbing 2 yang sudah meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan arahan selama masa perkuliahan dan dalam proses penyelesaian skripsi. Saya juga ingin

mengucapkan terima kasih atas kebaikan hati, pemahaman, dan kesabaran yang telah diberikan selama proses penulisan ini. Saya berharap semua kebaikan yang telah Bapak berikan akan selalu membawa berkah bagi Bapak dan seluruh keluarga.

6. Bapak Fikri Alami, S.T., M.Sc., M.Phil. selaku Dosen Penguji yang selalu mampu memberikan pengetahuan baru, masukan, serta kritik dan saran yang sangat bermanfaat baik dalam proses perkuliahan maupun dalam proses penyusunan skripsi ini. Semoga segala kebaikan Bapak akan selalu membawa keberkahan bagi Bapak dan Keluarga.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil yang dengan tulus membagikan ilmu dan wawasan berharga, sehingga proses pembelajaran dapat berjalan baik dan menjadi bekal berarti bagi perjalanan ke depannya.
8. Seluruh Staf Laboratorium Bahan Konstruksi yang telah menyediakan fasilitas sarana dan prasarana, serta memberikan bantuan dan dukungan selama proses pelaksanaan penelitian. Terima kasih atas kerjasama dan perhatian yang sangat membantu kelancaran penelitian ini.
9. Mamaku tercinta, sosok perempuan terkuat dalam kehidupan penulis. Dengan penuh kasih sayang, mama telah merawat, membimbing, dan membesarkan penulis sejak kecil hingga dewasa. Terima kasih atas setiap doa yang tidak pernah terhenti, pengorbanan yang sering kali mama lakukan tanpa keluh, serta ketegaran yang selalu mama tunjukkan dalam menjalani peran sebagai seorang ibu. Segala perhatian, kasih, dan cinta yang mama berikan menjadi cahaya yang menuntun langkah penulis hingga saat ini. Semoga setiap kebaikan dan ketulusan mama menjadi sumber kekuatan dan inspirasi yang tak akan pernah pudar dalam perjalanan hidup penulis.
10. Papa tercinta, sosok yang selalu hadir dengan doa, dukungan, dan pengorbanan tanpa henti. Terima kasih atas keteguhan hati, rasa tanggung jawab, serta nilai-nilai kehidupan yang papa tanamkan sejak kecil. Nasihat, keteladanan, dan ketekunan papa telah membentuk penulis menjadi anak perempuan pertama yang kuat dan mandiri. Semoga setiap kebaikan papa selalu menjadi cahaya dan inspirasi yang tak pernah pudar dalam hidup penulis.

11. Adikku tersayang, Sophie, terima kasih atas doa, dukungan, dan kehadirannya yang selalu memberikan semangat serta kekuatan tersendiri bagi penulis.
12. Bobi, Mici, Emoy, Desi, dan Rocky, kucing kesayangan yang selalu menghadirkan keceriaan dan menjadi penghibur di setiap momen lelah selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
13. Visca, Rahma, Khayla, dan Azizah, sahabat-sahabatku sejak SD, yang selalu hadir, menguatkan, dan menjadi tempat berbagi di setiap keadaan. Terima kasih atas ketulusan dan kebersamaan yang tak pernah berubah.
14. Nisput, Sukma, dan Angel yang selalu siap sedia hadir dalam setiap situasi. Terima kasih atas kebersamaan, bantuan, serta dukungan yang tidak pernah putus. Kehadiran kalian menjadi penguat dan penyemangat bagi penulis dalam menjalani berbagai proses dan tantangan selama ini.
15. Kintara dan Cipang, sahabat yang selalu siap memberikan masukan dan pendapat jika penulis merasa kesulitan dalam menentukan suatu hal.
16. Dita dan Anggi, yang selalu hadir dalam berbagai cerita dan perjalanan hidup. Terima kasih atas kebersamaan, tawa, dukungan, dan segala momen berharga yang telah kita lalui bersama.
17. Qaisara, Novenda, dan Manda sahabat sejak SMP yang selalu menghibur di tengah kesibukan dan tekanan. Kehadiran kalian menjadi pelipur lelah dan sumber semangat yang mengiringi penulis dalam melalui setiap proses hingga saat ini.
18. Nadya dan Citra teman semasa SMA, yang meskipun jarang bertemu tetap memberikan dukungan, perhatian, dan hiburan yang berarti selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
19. Teman-teman APAKEK (Lala, Sesa, Amel, Dirok, Farah, Moza, Dindam, Keisya, Daiva, Akbar, Wildan, Denny, El, Vetto, Akhdan), yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan perkuliahan penulis. Terima kasih karena telah menjadi tempat berbagi, penguat di saat lelah, serta salah satu alasan penulis mampu bertahan dan menyelesaikan masa perkuliahan ini.
20. Keluarga besar Angkatan 2022 (TEGAS) yang telah menemani perjalanan perkuliahan serta memberikan semangat dan dukungan hingga penyelesaian skripsi ini. Terima kasih atas kebersamaan dan perjuangan yang kita lalui

bersama. Semoga setelah menyelesaikan studi, kita semua dapat meraih masa depan dan pekerjaan yang diharapkan.

21. Kepada seluruh orang terdekat yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terima Kasih atas dukungan, doa, dan perhatian kalian yang hadir, tanpa banyak kata telah menjadi kekuatan yang mengiringi setiap langkah penulis. Kehadiran kalian memberi arti tersendiri dalam proses panjang ini, dan semoga segala kebaikan kalian dibalas dengan limpahan berkah dan kebahagiaan.
22. Dan terakhir, terima kasih untuk diri saya sendiri, Syifa Sekar Amalia. Terima kasih karena telah memilih untuk tetap bertahan di saat lelah, berani melangkah meski dihantui keraguan, serta terus berusaha walau sering merasa tidak mampu. Terima kasih karena tidak menyerah pada keadaan dan tetap memperjuangkan setiap proses yang telah dimulai hingga akhirnya dapat diselesaikan. Setiap air mata, rasa lelah, dan doa yang terucap telah menjadi saksi perjalanan panjang yang penuh makna ini. Penyelesaian skripsi ini adalah bukti bahwa diri ini mampu melewati berbagai tantangan dan pantas merasa bangga atas setiap langkah yang telah diambil.

Penulis menyadari bahwa laporan masih jauh dari kata sempurna, sehingga saran dan masukan membangun diperlukan oleh penulis agar laporan sempurna di kemudian hari. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna.

Bandar Lampung, 22 Mei 2026

Penulis,

Syifa Sekar Amalia

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	4
1.4. Tujuan Penelitian .....	5
1.5. Manfaat Penelitian .....	5
1.6. Sistematika Penelitian .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1. Pengertian Ferosemen .....	7
2.2. Rib Pada Ferosemen .....	9
2.3. Perilaku Lentur Ferosemen .....	9
2.3.1. Lendutan Panel Ferosemen .....	10
2.3.2. Regangan Panel Ferosemen .....	11
2.4. Bahan Pembentuk Ferosemen .....	11
2.4.1. Mortar .....	12
2.4.2. Semen Portland .....	12
2.4.3. Agregat Halus .....	14
2.4.4. Air .....	15
2.4.5. Tulangan dan Kawat Ayam .....	15
2.4.6. Bahan tambahan ( <i>Admixtures</i> ) .....	17
2.5. Pengujian Panel Ferosemen .....	18
2.5.1. Uji Kuat Lentur Mortar .....	18
2.5.2. Uji Kuat Tekan Mortar .....	20
2.5.3. Uji Kuat Tarik Kawat Ayam .....	21
2.5.4. Uji Kuat Tarik Tulangan .....	23
2.5.5. Uji Lentur Dua Titik Pembebanan Panel Ferosemen .....	24
2.6. Pemodelan Struktur Menggunakan SAP2000 .....	26
2.7. Penelitian Terdahulu .....	27
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>29</b>
3.1. Lokasi Penelitian .....	29
3.2. Bahan .....	30
3.2.1. Semen .....	30

3.2.2. Tulangan Dan Kawat Ayam .....	30
3.2.3. Agregat Halus (Pasir) .....	32
3.2.4. Air .....	33
3.2.5. Bahan Tambahan ( <i>Admixture</i> ) .....	33
3.3. Peralatan .....	34
3.4. Benda Uji .....	43
3.4.1. Benda Uji Mortar Ferosemen .....	44
3.4.2. Benda Uji Panel Ferosemen .....	45
3.5. Pelaksanaan Penelitian .....	48
3.5.1. Persiapan Bahan dan Peralatan .....	49
3.5.2. Pemeriksaan Bahan dan Peralatan .....	49
3.5.3. Perencanaan Campuran Ferosemen .....	51
3.5.4. Pembuatan Benda Uji Ferosemen .....	51
3.5.5. Perawatan Benda Uji Ferosemen ( <i>Curing</i> ) .....	56
3.5.6. Pengujian Benda Uji Ferosemen .....	57
3.5.7. Pemodelan Panel Ferosemen Menggunakan SAP2000 .....	64
3.5.8. Analisis Pengujian Ferosemen .....	66
3.5.9. Diagram Alir Penelitian .....	67
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>68</b>
4.1. Umum .....	68
4.2. Hasil Pemeriksaan Bahan .....	68
4.3. Perencanaan Campuran Ferosemen .....	69
4.4. Pengujian Mortar Ferosemen .....	70
4.4.1. Pengujian Kuat Lentur Mortar .....	70
4.4.2. Pengujian Kuat Tekan Mortar .....	72
4.5. Pengujian Lentur Dua Titik Pembebanan Panel Ferosemen .....	74
4.6. Pemodelan dan Analisis Panel Ferosemen Menggunakan SAP2000 .....	90
4.6.1. Model Panel Ferosemen pada SAP2000 .....	90
4.6.2. Hasil Analisis Panel Ferosemen menggunakan SAP2000 .....	92
4.7. Analisis Perbandingan Hasil Uji Eksperimental dan Pemodelan dengan SAP2000 .....	99
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>103</b>
5.1. Kesimpulan .....	103
5.2. Saran .....	104

## DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (Uji Bahan)

LAMPIRAN B (Komposisi Campuran Mortar)

LAMPIRAN C (Hasil Pengujian)

LAMPIRAN D (Hasil Analisis SAP2000)

LAMPIRAN E (Lembar Asistensi dan Jilid)

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pengujian lentur mortar ferosemen .....	19
2. Patahan uji lentur yang akan diuji tekan .....	20
3. Pembebanan dua titik terpusat pada benda uji .....	25
4. Semen .....	30
5. Tampak samping memanjang penulangan panel .....	31
6. Tampak samping memendek penulangan panel .....	31
7. Tampak atas penulangan panel .....	31
8. Penulangan panel ferosemen .....	32
9. Pasir .....	32
10. Air .....	33
11. Bahan Tambahan ( <i>Admixture</i> ) .....	34
12. Cetakan yang digunakan pada pengujian ferosemen .....	35
13. Mesin molen beton .....	36
14. Mesin CTM .....	36
15. Mesin UTM .....	37
16. <i>Loading Frame</i> .....	38
17. <i>Overhead Crane</i> .....	38
18. <i>Strain gauge</i> .....	39
19. <i>Data logger 8</i> .....	40
20. <i>Strain indicator</i> .....	41
21. Alat pembebanan .....	41
22. Satu set saringan .....	42
23. Oven .....	42
24. Timbangan .....	43

25. Benda uji mortar ferosemen .....	44
26. Benda uji ferosemen dengan rib di pinggir .....	46
27. Benda uji ferosemen dengan rib di pinggir dan di tengah arah memanjang .....	46
28. Benda uji ferosemen dengan rib di pinggir dan di tengah arah melintang .....	46
29. Benda uji ferosemen dengan rib di pinggir dan di tengah arah memanjang dan melintang .....	47
30. Penimbangan bahan penyusun ferosemen .....	51
31. Pecampuran bahan dengan mesin molen .....	52
32. Memasukkan campuran mortar kedalam cetakan .....	53
33. Membuka cetakan mortar .....	53
34. Pemotongan tulangan <i>wire mesh</i> .....	54
35. Pemasangan kawat ayam pada tulangan panel .....	54
36. Menyiapkan cetakan panel ferosemen .....	55
37. Meletakkan rangkaian tulangan pada cetakan .....	55
38. Memasukkan campuran ferosemen pada cetakan .....	56
39. Membuka cetakan benda uji .....	56
40. Melakukan proses <i>curing</i> .....	57
41. Skema pengujian lentur mortar ferosemen .....	58
42. Skema pengujian tekan mortar ferosemen .....	59
43. Pengujian kuat tarik tulangan .....	60
44. Pengujian kuat tarik kawat ayam .....	61
45. Menyiapkan alat <i>loading frame</i> .....	61
46. Meletakkan benda uji di atas tumpuan .....	62
47. Mengatur posisi sistem pembebanan .....	62
48. Menambahkan beban secara bertahap dan konstan .....	63
49. Skema pengujian lentur dengan dua titik pembebanan .....	63
50. Modifikasi pada pengujian lentur dengan dua titik Pembebanan .....	64
51. Material yang digunakan pada SAP2000 .....	65
52. Letak tumpuan dan pembebanan pada SAP2000 .....	65

53. Pengujian kuat lentur mortar .....	72
54. Pengujian kuat tekan mortar .....	74
55. Kurva beban-lendutan pengujian lentur panel ferosemen .....	74
56. Kurva beban-regangan pengujian lentur panel ferosemen .....	75
57. Pola retak panel 1 akibat pembebanan terpusat .....	85
58. Pola retak panel 2 akibat pembebanan terpusat .....	85
59. Pola retak panel 3 akibat pembebanan terpusat .....	86
60. Pola retak panel 4 akibat pembebanan terpusat .....	87
61. Hasil retakan panel 1 akibat pembebanan terpusat .....	87
62. Hasil retakan panel 2 akibat pembebanan terpusat .....	87
63. Hasil retakan panel 3 akibat pembebanan terpusat .....	88
64. Hasil retakan panel 4 akibat pembebanan terpusat .....	88
65. Input properti material pada SAP2000 .....	91
66. Pemodelan panel ferosemen menggunakan SAP2000 .....	91
67. Hasil analisis lendutan panel 1 menggunakan SAP2000 .....	92
68. Hasil analisis lendutan panel 2 menggunakan SAP2000 .....	92
69. Hasil analisis lendutan panel 3 menggunakan SAP2000 .....	93
70. Hasil analisis lendutan panel 4 menggunakan SAP2000 .....	93
71. Hasil analisis regangan panel 1 menggunakan SAP2000 .....	94
72. Hasil analisis regangan panel 2 menggunakan SAP2000 .....	95
73. Hasil analisis regangan panel 3 menggunakan SAP2000 .....	95
74. Hasil analisis regangan panel 4 menggunakan SAP2000 .....	95

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Variabel Pengujian Kuat Lentur Mortar Fero semen .....	45
2. Variabel Pengujian Kuat Tekan Mortar Fero semen .....	45
3. Variabel Pengujian Kuat Lentur Panel Fero semen .....	48
4. Hasil Pemeriksaan Bahan (Agregat Halus) .....	69
5. Hasil Pemeriksaan Bahan (Uji Tarik Tulangan) .....	69
6. Hasil Pemeriksaan Bahan (Uji Tarik Kawat Ayam) .....	69
7. Komposisi Campuran Fero semen .....	70
8. Hasil Pengujian Kuat Lentur Mortar Fero semen .....	71
9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Fero semen .....	73
10. Hasil Pengujian Lentur Panel Fero semen .....	76
11. Ringkasan Hasil Analisis Teoritis Momen Lentur Retak Pertama .....	80
12. Perbandingan Kinerja Struktural Panel dengan Variasi Rib .....	82
13. Ringkasan Pola Retakan Pengujian Lentur Panel Fero semen .....	88
14. Hasil Analisis Panel Fero semen Menggunakan SAP2000 .....	97
15. Perbandingan Hasil Pengujian dan Analisis Pemodelan SAP2000 .....	100

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi bahan di bidang rekayasa struktur saat ini terus difokuskan pada penciptaan elemen bangunan yang ringan, tangguh, hemat biaya, dan ramah lingkungan. Salah satu bahan komposit yang memenuhi persyaratan ini adalah ferosemen, yaitu material yang berbasis mortar semen dengan tulangan kawat halus (*wire mesh*) yang disusun rapat dan berlapis. Ferosemen memiliki karakteristik kuat lentur, mudah dibentuk, serta tahan terhadap retak kecil, sehingga sering digunakan pada panel dinding, pelat lantai, dan elemen struktural tipis lainnya.

Penelitian tentang perilaku lentur panel ferosemen telah dilakukan secara luas, baik melalui pendekatan eksperimental maupun numerik. Peningkatan jumlah lapisan *wire mesh* dapat meningkatkan kekuatan lentur baik pada panel datar maupun panel ber-rib. Namun, penelitian tersebut lebih menekankan dampak volume fraksi *mesh*, sementara dimensi, jumlah, dan konfigurasi rib belum dieksplorasi secara mendalam. Selain itu, beban yang diterapkan adalah beban merata (*uniform load*), bukan beban terpusat, sehingga belum mencerminkan respons lokal panel terhadap beban terkonsentrasi yang umum terjadi pada pelat lantai nyata. Ini merupakan kesenjangan penelitian pertama yang perlu diatasi, yaitu perlunya kajian perilaku lentur panel ferosemen ber-rib di bawah beban terpusat dengan variasi konfigurasi rib (Gaidhankar *et al.*, 2023).

Penggunaan rib dapat meningkatkan kekakuan lentur dan kapasitas beban ultimit hingga lebih dari 30% dibandingkan panel datar. Meski demikian, fokus

utama penelitian tersebut adalah pada efek material komposit sebagai penguat rib, bukan geometri atau jumlah rib terhadap distribusi defleksi dan pola retak. Di samping itu, pengujian dilakukan dengan beban terdistribusi dan tidak spesifik pada sistem pelat satu arah. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki potensi besar untuk mengisi kekurangan pengetahuan terkait pengaruh variasi rib pada perilaku lentur panel ferosemen satu arah di bawah beban terpusat (Shaheen & Mahmoud, 2022).

Alaa *et al.*, (2025) memberikan kontribusi signifikan terhadap studi perilaku lentur material ferosemen. Penelitian ini menekankan bahwa variasi jenis *mesh reinforcement* berpengaruh besar terhadap kapasitas lentur dan daktilitas elemen. Namun, fokusnya masih pada balok berlubang (*hollow beam*), bukan panel lantai satu arah, serta tidak melibatkan variabel rib sebagai elemen peningkat kekakuan. Dengan demikian, hasil penelitian tersebut dapat dijadikan referensi dalam menentukan jenis dan konfigurasi *mesh* pada panel ferosemen ber-rib, tetapi belum menjelaskan interaksi antara rib dan perilaku lentur panel di bawah beban terpusat.

Di sisi lain, studi lokal oleh (Cahyono *et al.*, 2025) menunjukkan bahwa penggunaan material limbah sebagai pengganti pasir dan semen dapat meningkatkan aspek keberlanjutan tanpa mengurangi kekuatan lentur secara signifikan. Penelitian ini menyoroti pentingnya inovasi material ferosemen yang ramah lingkungan, namun belum membahas aspek konfigurasi struktural seperti rib atau arah pembebanan satu arah. Temuan ini memperkuat urgensi penelitian yang tidak hanya menekankan material, tetapi juga geometri struktural untuk meningkatkan efisiensi dan performa mekanis panel ferosemen.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat diidentifikasi bahwa kajian tentang pengaruh rib terhadap perilaku lentur panel ferosemen lantai satu arah di bawah beban terpusat masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya menyoroti aspek material (jenis *mesh*, volume fraksi, bahan

tambahan), atau menggunakan beban terdistribusi, bukan beban terpusat. Selain itu, belum banyak studi yang secara sistematis mengamati interaksi antara konfigurasi rib (jumlah, tinggi, dan jarak antar rib) terhadap kapasitas lentur, kekakuan, defleksi maksimum, dan pola retak panel ferosemen satu arah.

Oleh karena itu pada penelitian ini, penulis mengambil judul penelitian "Pengaruh Rib Pada Perilaku Lentur Panel Ferosemen Lantai Satu Arah Akibat Beban Terpusat". Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai bagaimana keberadaan dan geometri rib memengaruhi perilaku lentur panel ferosemen, baik dari segi kekuatan ultimit, kekakuan, maupun daktilitas. Hasil penelitian ini dapat menjadi fondasi untuk perancangan panel ferosemen yang lebih efisien dan berkelanjutan dalam aplikasi lantai atau struktur ringan di masa mendatang.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan rib terhadap perilaku lentur panel ferosemen pelat lantai satu arah akibat beban terpusat?
2. Bagaimana perilaku lentur panel ferosemen pelat lantai satu arah dengan variasi penempatan rib, yaitu rib di bagian pinggir dan tambahan rib di bagian tengah, akibat beban terpusat?
3. Bagaimana perbandingan hasil pengujian laboratorium dengan hasil analisis numerik (pemodelan) pada panel ferosemen pelat lantai satu arah terhadap beban terpusat?

### 1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus, maka batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Kajian ini terbatas pada analisis perilaku lentur panel ferosemen lantai satu arah yang dikenai beban terpusat, tanpa melibatkan beban berulang atau dinamis.
2. Fokus penelitian ini merupakan panel ferosemen pelat lantai satu arah berbentuk U dengan rib di pinggir, berdimensi 210 x 60 x 15 cm dan tebal permukaan 4 cm.
3. Variasi benda uji meliputi empat tipe panel, yakni:
  - a. Panel ferosemen yang tidak memiliki rib di tengah,
  - b. Panel ferosemen yang ditambahkan rib di tengah arah memanjang,
  - c. Panel ferosemen yang ditambahkan rib di tengah arah melintang, dan
  - d. Panel ferosemen yang ditambahkan rib di tengah arah memanjang dan melintang
4. Semen yang digunakan adalah semen PCC merek Tiga Roda.
5. Pengujian kuat lentur mortar ferosemen, dengan komposisi perbandingan 1 : 2,5 : 0,35 untuk perbandingan semen, pasir dan air.
6. Pengujian kuat tarik kawat, pada benda uji Ø0,5 mm dengan bukaan celah berukuran 1 cm x 1 cm sebanyak dua lapis.
7. Tulangan baja utama (pengaku) berupa batang baja berdiameter Ø6 mm, yang dipasang pada bagian pinggir panel serta untuk variasi dengan rib di tengah panel ferosemen.
8. Proses *curing* mortar dan panel ferosemen dilaksanakan hingga usia 28 hari, sesuai dengan standar SNI 1974:2011 mengenai metode pengujian kekuatan tekan beton.
9. Pengujian beban lentur ini dilakukan dengan beban terpusat dua titik berupa kuat lentur, beban maksimum, lendutan maksimum, dan pola retak yang timbul.
10. Analisis hasil uji ini difokuskan pada perbandingan perilaku lentur panel ferosemen satu arah dengan dan tanpa variasi rib di tengah, untuk

mengetahui sejauh mana keberadaan rib mampu meningkatkan kekuatan lentur, kekakuan, serta ketahanan deformasi panel ferosemen satu arah ketika diberi beban terpusat.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis pengaruh rib pada perilaku lentur panel ferosemen pelat lantai satu arah akibat beban terpusat.
2. Menganalisis perilaku lentur panel ferosemen pelat lantai satu arah dengan rib di pinggir dan tambahan rib di tengah akibat beban terpusat.
3. Membandingkan hasil pengujian di laboratorium dengan analisis numerik (pemodelan).

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memperkaya literatur ilmiah terkait perilaku lentur panel ferosemen yang dilengkapi rib, terutama dalam aplikasi pelat lantai satu arah.
2. Menawarkan opsi desain panel ferosemen yang lebih efisien dan hemat biaya untuk diterapkan pada sistem lantai ringan atau bangunan sederhana.
3. Mendorong penggunaan material komposit yang berkelanjutan, kuat, dan ringan dalam industri konstruksi.
4. Menyediakan landasan bagi perancang struktur atau kontraktor untuk mempertimbangkan panel ferosemen ber-rib sebagai pilihan struktural yang tangguh menghadapi beban lokal, seperti beban terpusat.
5. Berfungsi sebagai sumber rujukan bagi peneliti masa depan yang berminat mengeksplorasi variasi beban, bahan, atau susunan rib yang berbeda.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Penelitian ini disusun menggunakan sistematika penulisan yang baku agar memudahkan proses penyusunan. Adapun rincian sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan tugas akhir yang dilakukan.

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang landasan teori fundamental sebagai penunjang penelitian yang akan dilakukan.

### **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi uraian mengenai gambaran umum dan metode yang akan digunakan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan.

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

Bab ini membahas tentang hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis serta pembahasan data berdasarkan teori yang ada.

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

Bab ini berisi kesimpulan akhir yang merupakan hasil dari pembahasan yang didapat dari pengolahan data dan saran dari hasil tersebut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengertian Fero semen

Fero semen adalah bahan komposit yang terdiri dari mortar semen portland dan lapisan kawat halus (*wire mesh*) yang didistribusikan secara merata di seluruh bagian penampangnya. Mortar berperan sebagai matriks pengikat dan sarana perpindahan tegangan, sementara kawat halus bertanggung jawab untuk menahan gaya tarik serta memperbaiki sifat daktilitas. Berdasarkan ACI Committee 549 (2018), fero semen didefinisikan sebagai "beton bertulang bagian tipis yang terbuat dari mortar semen hidrolik yang diperkuat dengan lapisan kawat mesh yang rapat, berkelanjutan, dan berdiameter relatif kecil". Penelitian oleh (hocaoğlu *et al.*, 2023) juga menunjukkan bahwa fero semen menunjukkan perilaku lentur yang lebih unggul dibandingkan beton konvensional, berkat penyebaran tulangan yang homogen di seluruh volume panel.

Karakteristik tersebut membuat fero semen sangat sesuai untuk diterapkan pada panel struktural tipis, seperti pelat lantai satu arah. Dalam penggunaan panel lantai yang mengalami beban terpusat, kemampuan lentur dan daktilitas menjadi faktor krusial. Oleh sebab itu, penggabungan fero semen dengan rib sebagai komponen pengaku merupakan pendekatan inovatif untuk memperbaiki kekakuan dan kemampuan lentur panel menghadapi gaya terpusat. Pendekatan ini selaras dengan hasil penelitian Shaheen *et al.* (2016), yang menunjukkan bahwa panel fero semen yang dilengkapi rib mengalami peningkatan kekakuan struktural dan kapasitas lentur yang signifikan jika dibandingkan dengan panel tanpa elemen pengaku.

ferosemen memiliki sejumlah keunggulan, antara lain:

- a. Struktur lebih ringan, tipis, dan ekonomis, namun tetap memiliki kekuatan lentur yang tinggi.
- b. Susunan *wire mesh* rapat mampu menggantikan kebutuhan tulangan besar, sehingga ketebalan optimal dapat dikurangi.
- c. Mudah dibentuk, dapat diterapkan pada berbagai jenis panel dan bentuk struktural.
- d. *Wire mesh* membatasi lebar retak dan menyebarkannya secara merata, meningkatkan ketahanan lentur pada beban terpusat.
- e. Ketahanan korosi yang baik karena mortar bersifat homogen dan tidak memerlukan batang baja besar yang mudah mengalami korosi.
- f. Dapat dibuat secara pracetak dan dipasang di lokasi dengan cepat.
- g. Mudah diperbaiki bila terjadi kerusakan, terutama pada struktur lantai atau panel yang mengalami retak lokal.

Ferosemen memiliki kelebihan berupa rasio kekuatan tarik terhadap berat yang tinggi, ketahanan retak yang baik, kapasitas deformasi besar, dan kemudahan dibentuk menjadi elemen tipis. Namun, material ini membutuhkan tenaga kerja terampil dan kontrol ketebalan mortar yang presisi. *Wu et al. (2025)* menunjukkan bahwa penambahan rib pada panel ferosemen dapat meningkatkan beban retak awal hingga 11–224% dan beban ultimit hingga 18–76%, tetapi performa optimal menuntut konfigurasi geometris yang tepat, pengawasan kualitas yang ketat, serta homogenitas mortar.

Seiring perkembangan teknologi konstruksi, ferosemen semakin banyak digunakan untuk panel struktural, *stiffener*, dan elemen pelat tipis. Penelitian terbaru juga mengeksplorasi modifikasi seperti penambahan rib, fiber, atau *mesh* untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan lentur, terutama pada elemen yang menerima beban terpusat seperti panel lantai satu arah.

## 2.2. Rib Pada Fero semen

Dalam sistem panel fero semen, rib berfungsi sebagai elemen pengaku yang meningkatkan kekakuan, stabilitas, dan kapasitas lentur panel tipis. Secara umum, fero semen merupakan material komposit tipis yang terdiri dari mortar semen-pasir dengan penguat berupa *wire mesh*, sehingga memiliki perilaku yang baik terhadap retak namun memiliki kekakuan dan kedalaman efektif yang terbatas. Kehadiran rib sebagai pengaku berfungsi untuk meningkatkan momen inersia penampang sehingga panel mampu menahan deformasi lebih kecil ketika menerima beban terpusat maupun beban lentur satu arah. (Shaheen & Mahmoud, 2022) juga menunjukkan bahwa rib secara signifikan meningkatkan kekakuan, kapasitas lentur, dan menghasilkan pola retak yang lebih terkontrol dibandingkan panel tanpa pengaku.

Studi lain oleh Saleem (1988) pada panel fero semen berkonfigurasi *sandwich* juga menguatkan bahwa keberadaan rib atau web *reinforcement* bekerja efektif sebagai pengaku internal yang mampu menambah kapasitas geser dan lentur elemen komposit tersebut. Penelitian tersebut menekankan bahwa panel fero semen tipis sangat rentan mengalami defleksi besar dan retak awal ketika menerima beban terpusat, sehingga penambahan rib pengaku menjadi strategi utama untuk meningkatkan performa struktural elemen tersebut.

## 2.3. Perilaku Lentur Fero semen

Perilaku lentur panel fero semen sangat dipengaruhi oleh konfigurasi penguat seperti jumlah dan tipe *wire mesh*, komposisi mortar, serta ketebalan panel. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa respons lentur fero semen dapat digambarkan melalui kurva beban–lendutan dan momen–kelengkungan yang terbagi dalam tiga tahap, yaitu tahap elastis sebelum retak, tahap setelah retak, dan tahap plastis hingga kondisi ultimit. Kapasitas lentur panel meningkat seiring

bertambahnya jumlah lapisan mesh, serta dapat ditingkatkan lebih lanjut dengan penambahan *skeletal steel* dan tulangan geser yang memperkuat kinerja struktur secara keseluruhan (Saleem M. Al-Sulaimani *et al.*, 1991; Reddy Venkata Krishna *et al.*, 2025).

### 2.3.1. Lendutan Panel Fero semen

Secara teoritis lendutan maksimum pada pelat satu arah dengan beban terpusat dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_{\text{maks}} = \alpha \frac{Pa^2}{D} \dots\dots\dots 1$$

Keterangan :

$\sigma_{\text{maks}}$  = lendutan maksimum (mm)

P = beban terpusat (N)

a = bentang pendek pelat (mm)

$\alpha$  = Koefisien lendutan yang bergantung pada rasio bentang dan kondisi perletakan

D = kekakuan lentur pelat

Nilai kekakuan lentur pelat (*flexural rigidity*) dapat dihitung dengan persamaan:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \dots\dots\dots 2$$

Keterangan:

E = modulus elastisitas material (MPa atau N/mm<sup>2</sup>)

h = tebal pelat (mm)

$\nu$  = rasio poisson material

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa lendutan dipengaruhi oleh kekakuan dan dimensi panel. Semakin besar kekakuan pelat, maka lendutan yang terjadi akan semakin kecil karena kemampuan pelat dalam menahan deformasi meningkat (Neville, 2011).

### 2.3.2. Regangan Panel Fero semen

Regangan adalah parameter mekanika yang menunjukkan perubahan panjang relatif suatu material akibat pengaruh tegangan yang bekerja pada elemen struktur dan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \dots\dots\dots 3$$

Keterangan :

$\varepsilon$  = regangan

$\sigma$  = tegangan

E = modulus elastisitas material

Pada penelitian ini, distribusi regangan digunakan sebagai indikator kinerja lentur panel satu arah akibat beban terpusat. Regangan tarik terjadi pada bagian bawah panel dan regangan tekan pada bagian atas. Penambahan rib meningkatkan kekakuan penampang sehingga regangan yang terjadi lebih kecil dibandingkan panel tanpa rib. Distribusi regangan tetap mengikuti prinsip *plane sections remain plane*, yaitu penampang yang tetap datar setelah deformasi (Naaman, 2006).

### 2.4. Bahan Pembentuk Fero semen

Fero semen tersusun atas dua komponen utama, yaitu matriks dan tulangan. Matriks adalah campuran dari semen portland, agregat halus seperti pasir, air, serta bahan tambahan yang disebut *admixtures*, yang bertugas sebagai perekat, pengontrol penyusutan, dan peningkat daya tahan terhadap korosi. Matriks ini dikenal sebagai mortar, yang berfungsi untuk menyalurkan gaya tekan serta melapisi tulangan dengan merata.

Tulangan ferro semen berupa kawat baja tipis atau *wire mesh* berfungsi menahan gaya tarik dan mendistribusikan tegangan. Kombinasi mortar padat dan tulangan

rapat menghasilkan material komposit dengan kekuatan lentur dan daktilitas tinggi. Pada panel lantai satu arah, kualitas ikatan mortar dan tulangan sangat menentukan respons lentur terhadap beban terpusat. Penelitian juga menunjukkan bahwa penambahan pengaku (rib) secara signifikan meningkatkan kekakuan dan kapasitas lentur panel (Wu *et al.*, 2025; Yardım, 2020).

#### **2.4.1. Mortar**

Mortar adalah campuran antara semen portland, agregat halus (pasir), air, dan admixture tambahan lainnya. Dalam pemilihan material dan pencampuran mortar, dilakukan dengan seksama. Hal itu dikarenakan, mortar mempunyai pengaruh yang sangat besar pada sifat mekanik ferosemen. Komposisi mortar untuk ferosemen sebaiknya memiliki perbandingan berat semen terhadap pasir antara 1 – 2,5 dan perbandingan berat air terhadap semen (*water cement ratio*) antara 0,35 – 0,65.

Mortar ferosemen umumnya memiliki kuat tekan ( $f'c$ ) yang lebih tinggi dibanding mortar biasa karena menggunakan agregat halus dan rasio air–semen yang rendah. Dalam berbagai penelitian, nilai  $f'c$  mortar ferosemen umumnya berada pada kisaran 20–40 MPa, dan dapat mencapai lebih dari 45 MPa apabila dengan bahan tambahan seperti *silica fume*, *fly ash*, atau serat mikro. Kuat tekan ini krusial karena mortar menjadi matriks utama penahan gaya tekan serta menentukan kekakuan dan kapasitas lentur panel. Semakin tinggi  $f'c$ , semakin baik ketahanan panel terhadap retak awal dan deformasi lentur.

#### **2.4.2. Semen Portland**

Kekuatan dan mutu beton sangat dipengaruhi oleh jenis semen yang digunakan dalam campurannya. Semen Portland (*Portland Cement/PC*)

merupakan material hidrolis yang berfungsi sebagai perekat antar komponen penyusun beton. Melalui proses hidrasi, semen ini menghasilkan gel yang kemudian mengeras dan memberikan kekuatan tinggi pada campuran beton maupun mortar (Neville, 2012).

Semen Portland dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu Semen *Portland Ordinary* (OPC), Semen *Portland Pozzolan* (PPC), dan Semen *Portland Composite* (PCC) (Taylor, 1997). OPC memiliki keunggulan berupa kekuatan awal yang tinggi, namun menghasilkan panas hidrasi yang relatif besar, sehingga kurang sesuai untuk pengecoran dalam skala besar karena dapat memicu retak akibat suhu yang tinggi (Wahyuni *et al.*, 2025).

Semen *Portland Pozzolan* (PPC) merupakan campuran semen Portland dan pozzolan halus yang memberikan kekuatan jangka panjang lebih stabil serta ketahanan lebih baik terhadap lingkungan agresif (Faisal *et al.*, 2024). Sementara itu, Semen *Portland Composite* (PCC) dihasilkan dari penggilingan klinker dengan gipsum atau bahan anorganik lain, sehingga lebih fleksibel penggunaannya dan lebih efisien energi dibandingkan OPC (Agustiningtyas *et al.*, 2025).

Dalam panel ferosemen, semen dicampur dengan pasir halus untuk membentuk mortar tipis yang melekat pada *wire mesh*. Jenis semen sangat memengaruhi sifat mekanis panel seperti kekuatan lentur, daktilitas, pola retak, dan hubungan beban–lendutan (Shukur *et al.*, 2023). Oleh karena itu, pemilihan semen yang tepat sangat penting untuk memperoleh kinerja panel ferosemen yang optimal sesuai kebutuhan.

Selain itu, semen yang digunakan harus memenuhi standar nasional maupun internasional, seperti SNI 15-2049-2004, BS 8110-1:1997, dan ASTM C150/C150M–22. Kepatuhan terhadap standar tersebut penting

untuk menjamin kualitas, kekuatan, dan daya tahan material dalam konstruksi panel ferosemen (BSI, 1997).

### 2.4.3. Agregat Halus

Agregat merupakan butiran mineral hasil disintegrasi alami batuan atau hasil pemecahan batu. Pada struktur ferosemen, jenis agregat yang digunakan adalah agregat halus, karena elemen ferosemen memiliki ketebalan tipis, umumnya berkisar antara 10 mm hingga 50 mm, termasuk panel ferosemen lantai satu arah yang digunakan dalam penelitian ini. Penggunaan agregat halus memungkinkan mortar mengisi ruang di antara lapisan *wire mesh* dan rib pengaku secara merata, sehingga meningkatkan kekompakan mortar serta kualitas ikatan dengan tulangan halus. Hal ini berpengaruh langsung terhadap perilaku lentur panel, terutama dalam menahan retak awal dan meningkatkan kekakuan pada beban terpusat.

Gradasi agregat halus untuk ferosemen harus memenuhi standar bahwa pasir lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.100 menurut standar Amerika. Selain itu, pengujian kadar zat organik dilakukan menggunakan larutan NaOH 3% untuk memastikan kualitas pasir berada dalam batas yang diizinkan. Berdasarkan ketentuan *American Concrete Institute (ACI) Committee 304*, pasir yang baik untuk mortar ferosemen adalah pasir yang mengandung material lolos saringan No.50 (0,30 mm) sebanyak 15%–30%. Namun demikian, ukuran partikel maksimum tetap harus disesuaikan dengan keterbatasan konstruksi ferosemen, seperti jarak antar anyaman kawat (*wire mesh*) serta konfigurasi rib pada panel lantai, agar aliran mortar tidak terhambat dan menghasilkan penampang yang homogen.

Selain gradasi, mutu agregat halus sangat dipengaruhi oleh kadar lumpur yang terbawa dari lokasi penambangan. Kandungan lumpur yang diizinkan dalam agregat halus adalah maksimum 5% dari total berat agregat. Kadar lumpur yang melebihi batas tersebut dapat menurunkan kualitas ikatan antar material, meningkatkan porositas mortar, serta berdampak negatif terhadap kekuatan tekan, kekakuan, dan perilaku lentur panel ferosemen, khususnya saat menerima beban terpusat yang menjadi fokus dalam penelitian ini.

#### **2.4.4. Air**

Air merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan mortar ferosemen yang berperan penting dalam proses hidrasi semen serta mempengaruhi tingkat kelecakan (*workability*), kepadatan, dan kekuatan mortar. Air berfungsi sebagai media reaksi kimia antara semen dan agregat halus untuk membentuk pasta pengikat yang kuat, sekaligus bertindak sebagai pelumas antar butiran agregat agar campuran mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Menurut ACI *Committee 549* (2018), air yang digunakan dalam campuran mortar harus bersih dan bebas dari zat-zat yang dapat merugikan seperti minyak, garam, bahan organik, gula, dan senyawa bersifat asam. Air dengan  $\text{pH} \geq 7$  dianjurkan untuk mencegah reaksi asam yang dapat menurunkan daya rekat dan mempercepat korosi pada tulangan kawat. Air yang layak diminum (*potable water*) umumnya dianggap memenuhi persyaratan mutu untuk pembuatan mortar atau beton ferosemen.

#### **2.4.5. Tulangan dan Kawat Ayam**

Tulangan pada ferosemen berfungsi untuk menahan gaya-gaya yang bekerja akibat pembebanan, terutama gaya tarik dan momen lentur yang dapat menyebabkan retak dan patah pada elemen struktur. Dalam sistem panel

ferosemen lantai satu arah, tulangan memiliki peran utama dalam menahan gaya tarik di sisi bawah panel yang mengalami tegangan maksimum saat menerima beban terpusat di tengah bentang.

Tulangan pada ferosemen dibedakan menjadi dua jenis, yaitu tulangan baja dan kawat ayam (*wire mesh*). Tulangan baja berfungsi sebagai penulangan utama dan pembentuk rangka ferosemen, sedangkan kawat ayam berfungsi sebagai tulangan sekunder yang mendistribusikan tegangan tarik dan tekanan secara merata di permukaan panel. Kombinasi kedua jenis tulangan ini menghasilkan sistem komposit yang memiliki kekuatan lentur tinggi, daktilitas baik, serta ketahanan terhadap retak yang lebih baik dibanding beton konvensional (Yardim, 2020; Wu *et al.*, 2025).

Tulangan baja merupakan material utama yang dirancang untuk menahan gaya tarik pada konstruksi ferosemen, sebagaimana pada beton bertulang konvensional. Beton pada dasarnya kuat terhadap gaya tekan namun lemah terhadap gaya tarik, sehingga diperlukan tulangan baja untuk memperbaiki kinerjanya terhadap beban lentur. Dalam panel ferosemen lantai satu arah, tulangan baja dipasang sejajar dengan arah bentang utama dan diintegrasikan dengan rib (pengaku) agar dapat bekerja sebagai satu kesatuan struktural dalam menahan beban terpusat.

Penelitian oleh (Yardim & Koroglu, 2020) menunjukkan bahwa penggunaan tulangan baja longitudinal pada panel ferosemen berpengaku meningkatkan kapasitas momen ultimit hingga 25% dan mengurangi lendutan sebesar 15%, karena tulangan tersebut berperan sebagai rangka struktural yang menahan gaya tarik utama.

Kawat ayam atau *wire mesh* merupakan tulangan halus yang berfungsi sebagai pereduksi retak dan pendistribusi tegangan pada seluruh permukaan

ferosemen. Tulangan ini dibuat dari kawat baja galvanis berdiameter kecil (0,5–1,0 mm) yang disusun rapat dan saling berpotongan membentuk jaring heksagonal atau persegi. Dalam panel ferosemen satu arah, kawat ayam membantu menahan gaya tarik sekunder dan memperkecil lebar retak akibat beban terpusat.

Secara umum, terdapat dua bentuk jaring kawat yang digunakan, yaitu heksagonal (*chicken mesh*) dan persegi (*square welded mesh*). Secara struktural, jaring berbentuk persegi lebih efisien dalam menahan tegangan karena orientasi kawatnya sejajar dengan arah tegangan utama, sedangkan jaring heksagonal lebih fleksibel dan cocok digunakan pada elemen tipis atau panel melengkung. Namun, kombinasi kedua jenis kawat ini dapat meningkatkan daktilitas serta kemampuan redistribusi tegangan pada panel ferosemen berpengaku (*ribbed ferrocement panel*).

Menurut (Rameshkumar *et al.*, 2022), panel ferosemen dengan *square welded mesh* menunjukkan peningkatan kekakuan lentur hingga 35% dan kapasitas momen ultimit hingga 28% dibanding panel dengan *chicken mesh*, terutama pada pengujian beban terpusat di tengah bentang.

#### **2.4.6. Bahan tambahan (*Admixtures*)**

Bahan tambahan atau *admixtures* merupakan material kimia atau mineral yang ditambahkan ke dalam campuran mortar untuk memperbaiki sifat fisik, mekanik, maupun durabilitas material. Tujuan utama penggunaannya adalah untuk meningkatkan *workability*, memperbaiki ikatan antar bahan (*bond strength*), mengurangi retak susut, serta meningkatkan ketahanan terhadap pengaruh lingkungan. Dalam panel ferosemen satu arah, penambahan *admixtures* dapat meningkatkan respon lentur, terutama pada

fase awal pembebanan, dengan cara memperkuat matriks mortar dan meningkatkan kemampuan ikatan dengan *wire mesh*.

Penelitian oleh (Qureshi *et al.*, 2023) menunjukkan bahwa kombinasi *Styrene Butadiene Rubber (SBR) latex* dan serat polipropilena (PP) dalam mortar ferosemen mampu meningkatkan *first-crack load* sebesar 30%, *ultimate load* sebesar 25%, serta mengurangi lendutan hingga 20% dibanding mortar tanpa bahan tambahan. Peningkatan ini disebabkan oleh kemampuan partikel SBR dalam membentuk lapisan polimer elastis di dalam pori-pori mortar, sehingga memperbaiki kohesi internal dan menunda terbentuknya retak mikro. Selain itu, serat polipropilena berperan dalam memperkuat zona tarik di bawah beban terpusat dan meningkatkan daktilitas panel.

Secara keseluruhan, penggunaan *admixtures* memberikan efek sinergis terhadap peningkatan kekakuan lentur, kekuatan pasca-retak, dan ketahanan deformasi plastis panel ferosemen, terutama ketika dikombinasikan dengan konfigurasi rib (pengaku) yang berfungsi memperluas bidang kerja tarik pada struktur.

## **2.5. Pengujian Panel Ferosemen**

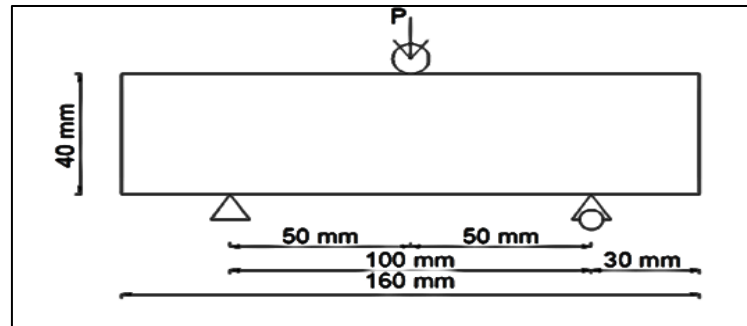
Pengujian yang akan dilakukan mencakup pemeriksaan terhadap komponen penyusun ferosemen serta evaluasi langsung terhadap performa panel itu sendiri.

### **2.5.1. Uji Kuat Lentur Mortar**

Pengujian kuat lentur mortar dilakukan untuk mengetahui kemampuan mortar ferosemen menahan gaya lentur sebelum digunakan sebagai bahan pembentuk panel ferosemen lantai satu arah. Nilai kuat lentur mortar

menggambarkan ketahanan material terhadap pembebanan tarik tidak langsung, yang berpengaruh langsung terhadap perilaku lentur panel ferosemen berpengaku (rib) di bawah beban terpusat.

Benda uji mortar dibuat dalam bentuk balok prisma dengan dimensi  $40 \times 40 \times 160$  mm, sesuai dengan standar BS EN 1015-11:2019.



Gambar 1. Pengujian lentur mortar ferosemen.

Untuk menghitung nilai kuat lentur pada mortar menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{3 PL}{2 bh^2} \dots\dots\dots 4$$

Keterangan :

$\sigma$  = kuat lentur mortar (MPa)

$P$  = beban maksimum yang diterima benda uji saat patah (N)

$L$  = panjang bentang antara dua tumpuan (mm)

$b$  = lebar penampang benda uji (mm)

$h$  = tinggi penampang benda uji (mm)

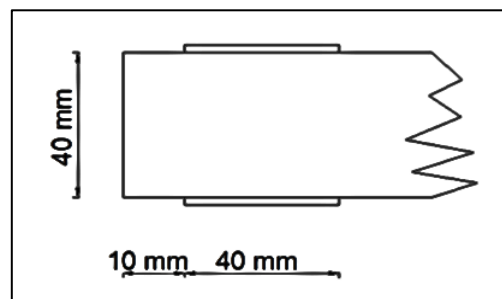
Nilai kuat lentur mortar yang diperoleh dari pengujian ini digunakan untuk menilai kontribusi matriks mortar terhadap kekakuan lentur dan daktilitas panel ferosemen, khususnya pada bagian bawah panel di sekitar pengaku (rib). Hasil pengujian biasanya menunjukkan bahwa peningkatan mutu mortar (misalnya dengan *admixtures* atau pengurangan rasio air-semen)

dapat meningkatkan nilai kuat lentur hingga 25–40%, yang berdampak langsung pada peningkatan kapasitas beban ultimit panel ferosemen satu arah.

### 2.5.2. Uji Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan untuk mengetahui kemampuan mortar ferosemen dalam menahan beban tekan maksimum sebelum mengalami keruntuhan. Nilai kuat tekan mortar menjadi parameter penting untuk menilai mutu dan kekakuan matriks yang berperan dalam menahan gaya tekan pada panel ferosemen satu arah di bawah beban terpusat.

Uji kuat tekan dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) terhadap pecahan benda uji hasil pengujian kuat lentur yang telah patah di tengah bentang akibat uji lentur. Metode ini mengacu pada standar BS EN 1015-11:2019, di mana dua potongan hasil uji lentur digunakan untuk uji tekan dengan menempatkannya pada sisi patahan yang rata.



Gambar 2. Patahan uji lentur yang akan diuji tekan.

Menurut SNI 1974:2011 menghitung kuat tekan dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots 5$$

Keterangan :

$f'_c$  = kuat tekan mortar/beton (MPa)

$P$  = beban tekan maksimum yang diterima spesimen saat gagal (N)

$A$  = luas permukaan penampang yang menerima beban tekan ( $\text{mm}^2$ )

Nilai kuat tekan mortar digunakan untuk mengevaluasi kualitas matriks komposit dalam panel ferosemen. Mortar dengan kuat tekan tinggi akan meningkatkan kapasitas lentur panel, terutama pada area tekan di atas *neutral axis*. Hasil penelitian Kaushik *et al.* (2025) menunjukkan bahwa peningkatan kuat tekan mortar sebesar 20–30% dapat meningkatkan kapasitas momen ultimit dan menurunkan lendutan pada panel ferosemen satu arah berpengaku. Hal ini disebabkan oleh peningkatan modulus elastisitas dan ikatan mortar terhadap tulangan kawat yang lebih baik.

### 2.5.3. Uji Kuat Tarik Kawat Ayam

Uji kuat tarik kawat ayam dilakukan untuk mengetahui kemampuan tulangan kawat (*wire mesh*) dalam menahan beban tarik maksimum sebelum mengalami leleh atau patah. Pengujian ini penting karena *wire mesh* merupakan tulangan utama yang menahan gaya tarik akibat momen lentur pada panel ferosemen satu arah, terutama di bawah beban terpusat.

Pengujian dilakukan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) dengan prosedur yang serupa dengan pengujian tarik pada baja tulangan. Menurut ACI Committee 549 (2018), lebar benda uji pada pengujian jaring kawat tidak boleh kurang dari enam kali bukaan jaring kawat, sedangkan panjang benda uji harus minimal tiga kali lebarnya atau sekitar 150 mm (6 inci). Hal ini bertujuan untuk memastikan hasil pengujian mewakili perilaku tarik aktual jaring kawat tanpa pengaruh lokal dari penjepit (*grip effect*). Nilai tegangan, regangan, dan modulus elastisitas kawat ayam dapat dihitung dengan persamaan berikut:

Tegangan tarik putus kawat ayam ( $\sigma_r$ ):

$$\sigma_r = \frac{P}{A_r} \dots\dots\dots 6$$

Regangan kawat ayam ( $\epsilon_r$ ):

$$\epsilon_r = \frac{\Delta L}{L} \times 100\% \dots\dots\dots 7$$

modulus elastisitas kawat ayam ( $E_r$ )

$$E_r = \frac{\sigma_r}{\epsilon_r} \dots\dots\dots 8$$

Keterangan:

$\sigma_r$  = tegangan tarik kawat ayam (MPa)

P = beban tarik maksimum (N)

$A_r$  = luas penampang kawat (mm<sup>2</sup>)

$\epsilon_r$  = regangan kawat ayam (%)

$\Delta L$  = pertambahan panjang (mm)

L = panjang awal benda uji (mm)

$E_r$  = modulus elastisitas kawat ayam (MPa)

Hasil uji kuat tarik digunakan untuk menilai kinerja tulangan kawat terhadap gaya tarik yang bekerja pada zona tarik panel ferosemen, terutama di bagian bawah panel berpengaku (*ribbed panel*). Kawat dengan kekuatan tarik tinggi akan memberikan kontribusi signifikan terhadap kekuatan lentur total dan kapasitas pasca-retak panel.

Penelitian oleh Rameshkumar *et al.* (2022) menunjukkan bahwa kawat ayam galvanis berdiameter 0,9 mm memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 350–420 MPa dan modulus elastisitas sekitar 200 GPa. Peningkatan kekuatan tarik ini berpengaruh langsung terhadap peningkatan kekakuan lentur panel

ferosemen satu arah hingga 35% dibanding panel dengan mesh konvensional.

#### 2.5.4. Uji Kuat Tarik Tulangan

Uji kuat tarik tulangan dilakukan untuk memperoleh nilai tegangan tarik maksimum, tegangan tarik leleh, dan tegangan tarik putus dari tulangan yang digunakan. Pengujian ini dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM).

Berdasarkan SNI 07-2529-1991, perhitungan kekuatan tarik tulangan dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

Tegangan Tarik putus ( $f_u$ ):

$$f_u = \frac{P_{maks}}{A_{so}} \dots\dots\dots 9$$

Tegangan tarik leleh ( $f_y$ ):

$$f_y = \frac{P_y}{A_{so}} \dots\dots\dots 10$$

Regangan maksimum ( $\epsilon_{maks}$ )

$$\epsilon_{maks} = \frac{lu-lo}{lo} \times 100 \% \dots\dots\dots 11$$

Keterangan:

$F_u$  dan  $f_y$  = tegangan tarik putus dan leleh tulangan dalam MPa.

$P_{maks}$  dan  $P_y$  = beban tarik maksimum dan beban tarik leleh yang diukur dalam Newton (N).

$A_{so}$  = luas penampang awal tulangan dalam mm<sup>2</sup>.

$\epsilon_{maks}$  = regangan maksimum tulangan dalam persen (%).

$lu$  = panjang tulangan setelah diberikan beban tarik, sedangkan

$lo$  = panjang awal tulangan sebelum diberi beban, keduanya dalam mm.

Uji ini penting dalam penelitian ferosemen karena menentukan kapasitas tarik tulangan yang akan mempengaruhi perilaku lentur panel ferosemen saat diberi beban terpusat. Nilai tegangan tarik dan regangan maksimum tulangan menjadi parameter utama dalam menganalisis kekuatan dan daktilitas panel ferosemen yang diuji.

### 2.5.5. Uji Lentur Dua Titik Pembebanan Panel Ferosemen

Pada panel ferosemen pelat satu arah yang menerima beban terpusat, momen lentur utama hanya terjadi pada satu arah bentang sehingga perilaku struktur lebih sederhana. Menyebabkan distribusi tegangan terkonsentrasi pada arah bentang utama, dan retak awal umumnya terjadi pada serat tarik di bagian bawah tengah bentang. Tegangan retak pertama ( $\sigma_{cr}$ ) digunakan untuk menentukan batas tegangan lentur saat mortar mulai tidak mampu lagi menahan gaya tarik akibat beban terpusat.

$$\sigma_{cr} = 24,5 \times S_L + S_{mu} \dots\dots\dots 12$$

Keterangan:

$\sigma_{cr}$  = tegangan retak pertama panel ferosemen (MPa)

$S_L$  = *specific surface of reinforcement* atau luas permukaan tulangan/wire mesh per satuan volume mortar

$S_{mu}$  = kuat lentur mortar (*modulus of rupture*) (MPa)

Momen retak awal ( $M_{cr}$ ) adalah momen lentur minimum yang menyebabkan mortar pada panel ferosemen mulai mengalami retak pertama (*first crack*). Material masih bersifat elastis, tetapi tegangan tarik pada serat terluar sudah melampaui kekuatan tarik mortar sehingga retak awal muncul lebih cepat, karena mortar memiliki kapasitas tarik yang rendah dan retak

biasanya terjadi sebelum elemen mencapai kapasitas lentur maksimumnya.

Nilai  $M_{cr}$  dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$M_{cr} = \frac{\sigma_{cr} \times I_r}{Y_r} \dots\dots\dots 13$$

Keterangan:

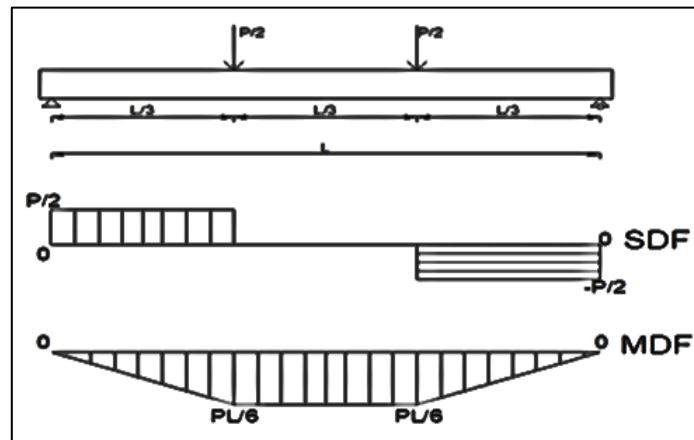
$M_{cr}$  = momen retak pertama panel ferosemen (N/mm<sup>2</sup> atau kNm)

$\sigma_{cr}$  = tegangan retak pertama panel ferosemen (MPa)

$I_r$  = momen inersia penampang terhadap garis netral (mm<sup>4</sup>)

$Y_r$  = jarak garis netral ke serat tarik terluar penampang (mm)

Kekuatan lentur adalah kemampuan material dalam menahan beban yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu benda uji hingga terjadi keruntuhan. Pengujian kuat lentur pada panel ferosemen umumnya menggunakan metode dua titik pembebanan sesuai SNI 4431:2011, di mana lendutan maksimum terjadi pada daerah tengah bentang. Hasil pengujian meliputi beban ultimit, lendutan, dan pola retak, yang kemudian digunakan untuk menyusun kurva hubungan beban–lendutan serta menentukan nilai ketangguhan (*toughness*) material.



Gambar 3. Pembebanan dua titik terpusat pada benda uji.

Untuk perhitungan kuat lentur dua titik pembebanan benda uji dengan beban terpusat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W} \dots\dots\dots 14$$

Dimana,

$$M = \frac{PL}{6} \dots\dots\dots 15$$

$$W = \frac{I_r}{Y_r} \dots\dots\dots 16$$

Keterangan:

$\sigma_1$  = kuat lentur panel ferosemen (N/mm<sup>2</sup> atau MPa)

M = momen lentur maksimum (Nmm)

W = momen tahanan panel (mm<sup>3</sup>)

P = beban maksimum (N)

L = panjang bentang antar tumpuan (mm)

$I_r$  = Momen inersia penampang (mm<sup>3</sup>)

$Y_r$  = Garis netral penampang (mm)

Hocaoğlu (2023), panel ferosemen dengan satu rib di tengah menunjukkan peningkatan kapasitas momen ultimit sebesar 30–35% dan penurunan lendutan hingga 20% dibanding panel tanpa pengaku, karena rib bekerja sebagai elemen pengaku lentur yang memperkaku area tarik di bawah beban terpusat. Yardım (2020) juga melaporkan bahwa konfigurasi tulangan dan penambahan rib memperbaiki perilaku pasca retak, menghasilkan kurva beban–lendutan yang lebih stabil dan daktilitas lebih tinggi.

## 2.6. Pemodelan Struktur Menggunakan SAP2000

Pemodelan struktur merupakan metode analisis numerik yang digunakan untuk memprediksi respons elemen struktur terhadap pembebanan, seperti lendutan dan regangan. Dalam penelitian teknik sipil, pendekatan ini banyak dimanfaatkan untuk

memahami perilaku struktur secara teoritis serta membandingkannya dengan hasil pengujian eksperimental di laboratorium. Melalui pemodelan numerik, struktur direpresentasikan dalam bentuk idealisasi geometri, sifat material, dan kondisi batas yang memungkinkan analisis dilakukan secara sistematis. Perangkat lunak analisis struktur seperti SAP2000 mampu mensimulasikan perilaku struktur dengan tingkat ketelitian yang tinggi, sehingga respons seperti deformasi, tegangan, dan regangan dapat diperoleh secara efisien. Dengan demikian, pemodelan numerik menjadi alat penting dalam proses evaluasi dan verifikasi kinerja struktur terhadap berbagai kondisi pembebanan (Qureshi *et al.*, 2023; CSI, 2020).

## 2.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Taufiqurrahman Nata Manggala (2023) berjudul “Sifat Mekanik Panel Fero semen Akibat Beban Lentur dan Geser Terpusat”. Penelitian ini mengkaji karakteristik mekanik panel fero semen berbentuk pelat U dengan rib di pinggir, berukuran  $120 \times 80 \times 8$  cm dan tebal permukaan 2,5 cm. Panel dibuat menggunakan komposisi mortar 1 : 2,5 : 0,35 (semen : pasir : air), dan diperkuat tulangan baja  $\varnothing 6$  mm serta satu lapis kawat ayam  $\varnothing 0,5$  mm dengan bukaan  $1,25 \times 1,25$  cm.

Pengujian yang dilakukan meliputi:

- a. uji kuat lentur dua titik pembebanan,
- b. uji kuat geser terpusat,
- c. serta uji material penyusun seperti kuat tekan dan kuat lentur mortar, kuat tarik kawat ayam, dan kuat tarik tulangan baja.

Hasil pengujian panel kemudian dibandingkan dengan hasil analisis teoritis penampang untuk menilai kesesuaian perilaku aktual terhadap perhitungan desain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain penampang dan komposisi bahan fero semen mampu bekerja dengan baik dalam menahan beban lentur dan beban geser terpusat. Selain itu, pola retakan, beban maksimum, lendutan, serta kekuatan

geser dan lentur dicatat sebagai parameter utama dalam mengevaluasi kinerja panel ferosemen.

Penelitian (Gaidhankar *et al.*, 2023) meneliti pengaruh ketebalan panel, *volume fraction* ( $V_r$ ) *wire mesh*, dan penggunaan rib terhadap kekuatan lentur serta ketahanan impak panel ferosemen, menggunakan mortar 40 MPa (1:1,75) dan *wire mesh* 2–4 lapis, dengan pengujian *two-point loading* dan *drop-weight test*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa:

1. Penambahan jumlah lapisan *mesh* serta pemasangan rib di tepi dan tengah panel meningkatkan kapasitas beban ultimit dan kekakuan panel secara signifikan.
2. Panel lebih tebal (40 mm) menghasilkan kekuatan lentur dan energi serap impak yang lebih besar dibanding panel 20 dan 30 mm.
3. Panel dengan rib memiliki ketahanan retak awal dan retak akhir yang lebih tinggi serta menunjukkan perilaku yang lebih duktail.
4. Analisis numerik menggunakan ANSYS 16.0 memperlihatkan hasil yang konsisten dengan hasil eksperimen, dengan perbedaan sekitar 5%.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa peningkatan *volume fraction mesh*, penambahan rib, dan peningkatan ketebalan panel berkontribusi langsung pada peningkatan performa lentur dan impak panel ferosemen. Studi ini relevan sebagai dasar pembandingan untuk penelitian terkait pengaruh pengaku (rib) terhadap perilaku lentur panel ferosemen satu arah.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Proses pembuatan panel ferosemen dan pengujiannya dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi. Panel yang diproduksi berbentuk pelat U dengan rib memiliki ukuran  $210 \times 60 \times 15$  cm, serta ketebalan permukaan 4 cm. Campuran panel disusun dari semen dan agregat halus berupa pasir dengan perbandingan C/S sebesar 1 : 2,5, sedangkan faktor air semen (W/C) ditetapkan pada nilai 0,35. Tahap pengujian tidak hanya mencakup material penyusun panel, tetapi juga dilakukan langsung pada panel ferosemen yang sudah dibentuk untuk memperoleh gambaran sifat mekaniknya. Data hasil pengujian ini digunakan sebagai input untuk memperoleh nilai kekuatan lentur, kekakuan, serta ketahanan deformasi panel ferosemen satu arah saat diberi beban terpusat.

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung. Pada laboratorium tersebut, peneliti melakukan seluruh rangkaian kegiatan penelitian, mulai dari tahap pembuatan benda uji panel ferosemen, proses perawatan (*curing*), hingga tahap pengujian mekanis. Dengan demikian, semua aktivitas penelitian dipusatkan di satu lokasi untuk memudahkan pengendalian kualitas serta memastikan hasil yang diperoleh lebih konsisten.

## 3.2. Bahan

Dalam penelitian ini, panel ferosemen dibuat dari beberapa bahan atau material. Bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

### 3.2.1. Semen

Semen berperan sebagai bahan pengikat utama dalam pembuatan beton konstruksi, yang memiliki sifat hidrolis, artinya akan mengeras ketika dicampur dengan air. Fungsi utamanya adalah untuk menyatukan berbagai bahan material menjadi sebuah struktur yang kokoh dan kuat, sehingga beton dapat menahan beban dan tahan lama. Pada penelitian ini, jenis semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement* dari merek Semen Tiga Roda, yang dipilih karena kualitasnya yang terjamin dan sesuai dengan standar konstruksi yang diperlukan.

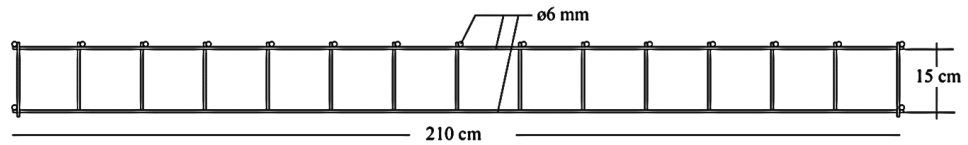


Gambar 4. Semen.

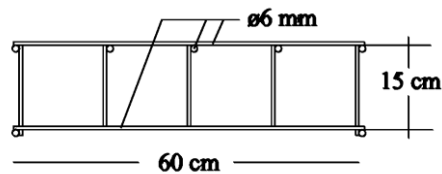
### 3.2.2. Tulangan Dan Kawat Ayam

Pada penelitian ini, tulangan yang diterapkan berupa batang tulangan polos dengan ukuran diameter  $\text{Ø}6$  mm, yang dirangkai untuk membentuk struktur

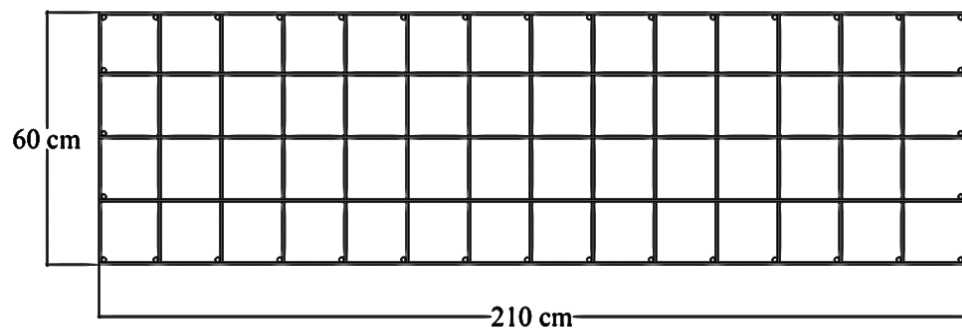
kerangka panel ferosemen. Sementara itu, untuk komponen kawat ayam atau *wire mesh*, digunakan jaring berbentuk persegi dengan spesifikasi diameter kawat  $\text{Ø}0,5 \text{ mm}$ , dimensi bukaan  $1 \times 1 \text{ cm}$ , dan ditempatkan secara seragam di seluruh permukaan sesuai dengan desain yang telah ditetapkan, yakni sebanyak 2 lapis. Dapat dilihat bentuk penulangan panel ferosemen pada Gambar 5, 6, 7, dan 8.



Gambar 5. Tampak samping memanjang penulangan panel.



Gambar 6. Tampak samping memendek penulangan panel.



Gambar 7. Tampak atas penulangan panel.



Gambar 8. Penulangan panel ferosemen.

### 3.2.3. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus adalah bahan berupa batuan yang diperoleh dari proses disintegrasi batuan alami atau pecahan batu hasil pemecahan, dengan ukuran butir maksimal 5 mm. Agregat halus wajib melalui serangkaian uji coba, meliputi pengukuran berat volume, berat jenis serta tingkat penyerapan, kadar air, kadar lumpur melalui penyaringan, kandungan bahan organik di dalam pasir, dan distribusi ukuran butir agregat halus. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari Gunung Sugih, yang termasuk kategori pasir sungai.



Gambar 9. Pasir.

### 3.2.4. Air

Air merupakan bahan pokok dalam pembentukan mortar. Ia bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta beton serta berfungsi sebagai pelumas di antara partikel-partikel agregat, sehingga memudahkan proses pengolahan dan pemadatan. Dalam penelitian ini, air yang dipakai diperoleh dari lingkungan sekitar Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Air yang digunakan harus memenuhi standar kualitas untuk produksi beton, seperti harus jernih dan tidak mengandung bahan kimia berbahaya. Selain itu, air tersebut harus terbebas dari unsur organik, lumpur, minyak, gula, klorida, zat asam, serta bahan kimia lain yang dapat merusak beton dan tulangan baja.



Gambar 10. Air.

### 3.2.5. Bahan Tambahan (*Admixture*)

Bahan tambahan (*admixture*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sika tipe *retarder* (RD-31), yang termasuk kategori tipe B dan berfungsi memperlambat proses pengikatan mortar. Penggunaannya bertujuan untuk memperpanjang waktu kerja (*workability*), sehingga mortar tetap plastis lebih lama dan lebih mudah dibentuk serta dipadatkan.

Pada penelitian ini, dosis *admixture* yang digunakan adalah sebesar 0,4% dari berat semen yang masih berada dalam rentang standar pemakaian yaitu 0,2%–0,6% dari berat semen. Persentase ini dipilih untuk menghasilkan efek perlambatan yang optimal tanpa menurunkan kekuatan mortar secara signifikan. Dengan dosis 0,4%, waktu pengikatan menjadi lebih lambat sehingga proses pencetakan dan pembentukan pelat ferosemen dapat dilakukan dengan lebih teliti. Selain itu, penggunaan *retarder* juga membantu mengurangi risiko retak awal akibat pengerasan yang terlalu cepat, sehingga kualitas akhir lebih baik.



Gambar 11. Bahan tambahan (*Admixture*).

### 3.3. Peralatan

Peralatan yang dipakai dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. Cetakan Ferosemen

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua jenis, yaitu cetakan untuk benda uji mortar dan cetakan untuk panel ferosemen. Pembuatan benda uji mortar mengacu pada ketentuan BS EN 1015:2019 mengenai prosedur pengujian mortar, dan seluruh peralatan yang digunakan telah tersedia di Laboratorium Bahan dan Konstruksi.

Sementara itu, untuk pembuatan panel ferosemen digunakan cetakan khusus berbahan kayu yang dirangkai dengan sistem baut agar dapat dibongkar pasang dengan mudah. Cetakan tersebut dirancang sesuai dimensi panel uji, yaitu  $210 \times 60 \times 15$  cm, menyesuaikan metode pembuatan pracetak (*precast*) yang diterapkan dalam proses fabrikasi panel.



a. Cetakan uji mortar

b. Cetakan panel ferosemen

Gambar 12. Cetakan yang digunakan pada pengujian ferosemen.

## 2. Mesin Molen Beton

Mesin molen beton merupakan alat yang digunakan untuk mencampur bahan-bahan penyusun beton atau mortar, seperti semen, pasir, air, dan bahan tambahan, agar menghasilkan adukan yang homogen dan merata. Proses pencampuran dilakukan secara mekanis dengan putaran drum sehingga kualitas campuran lebih konsisten dibandingkan pengadukan manual. Penggunaan mesin ini juga berfungsi untuk meningkatkan efisiensi pekerjaan dari segi waktu dan tenaga, serta membantu memastikan bahwa setiap komponen tercampur dengan baik sehingga mutu adukan yang dihasilkan sesuai dengan yang direncanakan.



Gambar 13. Mesin molen beton.

### 3. *Compression Testing Machine (CTM)*

Dalam penelitian ini digunakan *Compression Testing Machine (CTM)* sebagai alat untuk menguji dan mengetahui kuat tekan beton. Perangkat ini memiliki spesifikasi teknis berupa kapasitas beban maksimum 1500 kN, dengan tingkat ketelitian pengukuran sebesar 5 kN, yang memungkinkan hasil uji lebih presisi. Selain itu, CTM mampu bekerja dengan kecepatan pembebanan pada rentang 0,14 hingga 0,34 MPa/detik.



Gambar 14. Mesin CTM.

#### 4. *Universal Testing Machine (UTM)*

Dalam penelitian ini, *Universal Testing Machine (UTM)* dimanfaatkan untuk melakukan pengujian kuat tarik pada tulangan baja dan kawat ayam (*wire mesh*). Perangkat ini dioperasikan dengan pengaturan penambahan tegangan sebesar 10 MPa per detik, yang memungkinkan proses pengujian berlangsung secara konsisten. Pengukuran gaya tarik dilakukan dengan ketelitian 10% dari nilai gaya maksimum, sehingga data yang diperoleh dari hasil pengujian dapat diandalkan sebagai dasar dalam mengevaluasi karakteristik tarik material yang digunakan.



Gambar 15. Mesin UTM.

#### 5. *Loading Frame*

Peralatan uji lentur ini berbentuk rangka yang dibuat dari profil baja dengan tingkat kekakuan dan kekuatan yang cukup tinggi sehingga mampu menahan beban selama proses pengujian. Pada rangka tersebut dipasang tumpuan yang dapat diatur posisinya sesuai kebutuhan, sehingga benda uji dapat ditempatkan dengan tepat. Alat ini berfungsi sebagai media penyangga atau tempat perletakan benda uji ketika dilakukan pengujian kuat lentur.



Gambar 16. *Loading frame.*

## 6. *Overhead Crane*

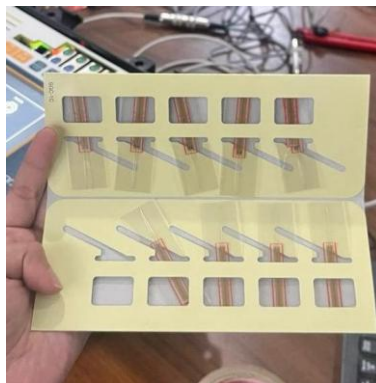
Overhead Crane digunakan sebagai alat bantu pengangkat dan pemindah beban berat yang digunakan dalam proses pengujian untuk memindahkan benda uji, material, maupun peralatan pendukung lainnya. Alat ini bekerja dengan sistem *hoist* yang bergerak secara horizontal pada balok rel (*girder*) dan dapat mengangkat beban secara vertikal menggunakan kait (*hook*). Dalam penelitian ini, *Overhead Crane* digunakan untuk memudahkan proses penanganan panel ferosemen, terutama saat proses pengangkatan, pemindahan, dan penempatan benda uji ke posisi pengujian. Penggunaan alat ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kerja, menjaga keselamatan selama proses pengujian, serta menghindari kerusakan pada benda uji akibat penanganan manual.



Gambar 17. *Overhead Crane.*

## 7. *Strain Gauge*

*Strain gauge* merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur regangan (*strain*) pada material akibat pembebanan, dengan bekerja berdasarkan perubahan hambatan listrik pada kawat tipis yang ditempelkan pada permukaan benda uji. Ketika material mengalami deformasi (tarik atau tekan), *strain gauge* ikut berubah bentuk sehingga terjadi perubahan hambatan listrik yang kemudian dikonversikan menjadi nilai regangan dan direkam melalui sistem akuisisi data. Dalam pengujian kuat lentur panel ferosemen, *strain gauge* berfungsi untuk mengetahui besarnya regangan pada daerah tarik dan tekan serta menganalisis perilaku struktur sebelum dan saat terjadinya retak.



Gambar 18. *Strain gauge*.

## 8. *Data Logger 8*

*Data Logger 8* merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk mencatat, menyimpan, dan memantau data hasil pengukuran dari berbagai sensor secara otomatis. Alat ini dilengkapi dengan 8 *channel* yang memungkinkan pencatatan data dari beberapa titik pengukuran secara bersamaan. Pada penelitian ini, *Data Logger 8 Channel* digunakan untuk merekam besarnya beban, regangan, tegangan, serta displacement selama proses pengujian panel ferosemen. Data yang diperoleh ditransfer langsung ke komputer melalui koneksi digital, sehingga hasil pengujian dapat dimonitor secara *real-time* dan tersimpan

dengan baik untuk keperluan analisis lebih lanjut. Perangkat ini memiliki kecepatan sampling yang dapat diatur sesuai kebutuhan pengujian, sehingga pencatatan nilai uji dapat berlangsung dengan lebih akurat dan konsisten.



Gambar 19. Data logger 8.

#### 9. *Strain Indicator*

*Strain Indicator* merupakan perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur dan menampilkan nilai regangan (*strain*) pada benda uji secara langsung. Alat ini terhubung dengan sensor *strain gauge* yang dipasang pada permukaan panel ferosemen, sehingga mampu mendeteksi perubahan regangan akibat pembebanan. *Strain Indicator* yang digunakan dalam penelitian ini dilengkapi dengan beberapa channel input, sehingga dapat membaca data regangan dari beberapa titik pengukuran secara bersamaan. Dengan penggunaan *Strain Indicator*, nilai regangan pada panel dapat diamati secara langsung dan digunakan sebagai dasar dalam analisis perilaku struktur selama pembebanan.



Gambar 20. *Strain indicator*.

#### 10. Alat Pembebanan

Alat pembebanan yang digunakan berupa sistem pembebanan dua titik (*two-point loading*) dengan hydraulic jack yang dipasang pada rangka uji. Beban diteruskan melalui balok baja (profil I/H) sebagai balok pembagi sehingga menghasilkan dua titik pembebanan yang simetris pada panel, dengan pelat baja sebagai alas kontak untuk meratakan distribusi beban. Besar beban dan lendutan diukur menggunakan *load cell* yang terhubung langsung dengan alat data *logger*. Penggunaan elemen baja memastikan kekakuan sistem sehingga beban dapat tersalurkan secara stabil dan hasil pengujian menjadi lebih akurat.



Gambar 21. Alat pembebanan.

### 11. Satu Set Saringan

Saringan yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk menentukan gradasi dari agregat halus. Rentang ukuran saringan yang dipakai adalah antara 9,50 mm hingga 0,15 mm. Tujuan dari pengujian gradasi ini adalah untuk memperoleh nilai modulus kehalusan (*fineness modulus*) dari agregat halus yang akan digunakan dalam campuran.



Gambar 22. Satu set saringan.

### 12. Oven

Oven digunakan sebagai alat untuk mengeringkan material yang akan diuji dalam penelitian ini. Perangkat oven yang digunakan memiliki kapasitas suhu maksimum mencapai 110°C dan berdaya 2800 Watt, sehingga mampu menjaga kestabilan suhu selama proses pengeringan berlangsung.



Gambar 23. Oven.

### 13. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menentukan berat material yang akan digunakan dalam penelitian ini. Beberapa jenis timbangan diperlukan sesuai dengan kapasitas dan tingkat ketelitiannya, yaitu timbangan kecil dengan kapasitas maksimum 12 kg dan ketelitian 1 gram, timbangan sedang berkapasitas hingga 50 kg dengan ketelitian 10 gram, serta timbangan besar dengan kapasitas maksimum 100 kg dan ketelitian 50 gram. Penggunaan berbagai jenis timbangan tersebut memastikan hasil pengukuran massa material menjadi lebih akurat sesuai kebutuhan pengujian.



Gambar 24. Timbangan.

### 14. Alat Bantu Tambahan

Beberapa peralatan penunjang digunakan dalam penelitian ini untuk mendukung kelancaran proses pelaksanaan, di antaranya perlengkapan alat tulis untuk mencatat.

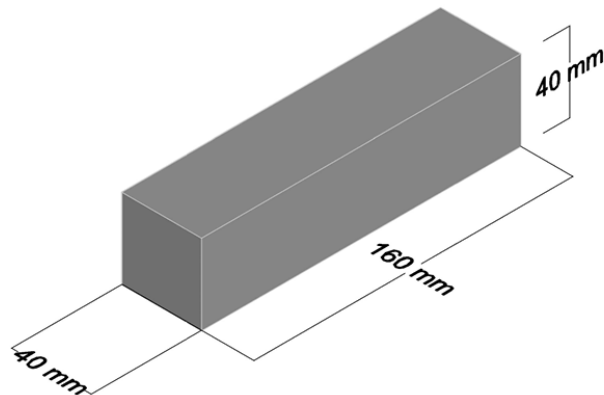
## 3.4. Benda Uji

Dalam penelitian ini disiapkan dua jenis benda uji, yaitu benda uji mortar dan benda uji panel ferosemen. Kedua jenis benda uji tersebut direncanakan untuk melalui beberapa tahapan pengujian. Benda uji mortar ferosemen akan diuji

terhadap kuat tekan dan kuat lentur, sedangkan benda uji panel ferosemen akan diuji untuk mengetahui kuat lentur akibat pembebanan beban terpusat.

### 3.4.1. Benda Uji Mortar Ferosemen

Benda uji mortar ferosemen dalam penelitian ini dibuat dengan ukuran  $40 \times 40 \times 160$  mm. Komposisi material penyusunnya terdiri dari campuran semen dan agregat halus berupa pasir dengan perbandingan 1 : 2,5, sedangkan nilai faktor air-semen (W/C) ditetapkan sebesar 0,35 untuk memperoleh adukan yang homogen. Bentuk benda uji mortar ferosemen dapat dilihat pada gambar.



Gambar 25. Benda uji mortar ferosemen.

Selanjutnya, benda uji mortar ini direncanakan untuk menjalani dua jenis pengujian mekanis, yaitu uji kuat lentur dengan sistem pembebanan dua titik di tengah bentang serta uji kuat tekan, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi kinerja mekanik material mortar ferosemen sebelum diaplikasikan pada pembuatan panel. Berikut ini beberapa variabel yang akan disajikan dalam bentuk Tabel 1. Dan 2.

Tabel 1. Variabel Pengujian Kuat Lentur Mortar Ferosemen

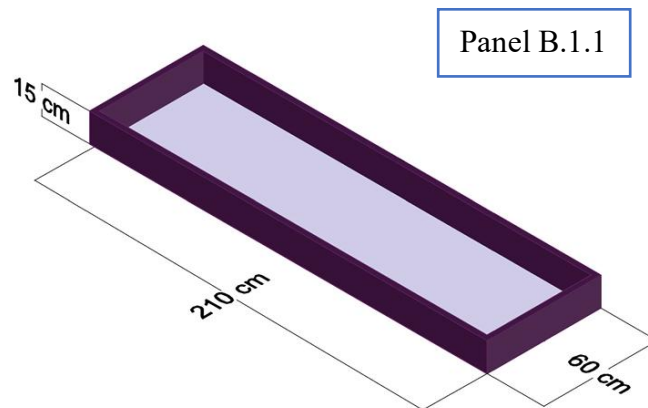
<b>Komposisi Mortar Semen : Pasir : Air</b>	<b>Jenis pengujian</b>	<b>Kode</b>	<b>Benda Uji</b>
1 : 2,5 : 0,35	Uji kuat lentur mortar ferosemen	A.0.1	1
		A.0.2	1
		A.0.3	1
		A.0.4	1
		A.0.5	1
		A.0.6	1
Jumlah benda uji			6

Tabel 2. Variabel Pengujian Kuat Tekan Mortar Ferosemen

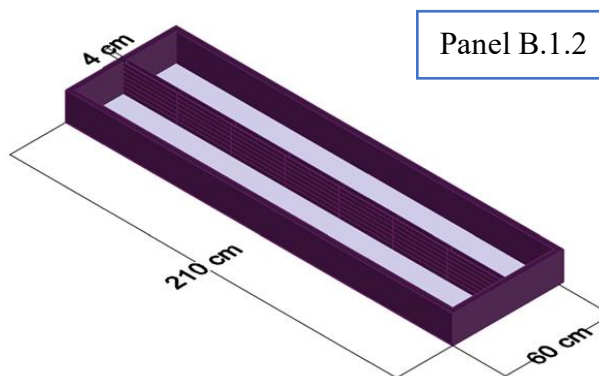
<b>Benda Uji</b>	<b>Jenis pengujian</b>	<b>Kode</b>	<b>Benda Uji</b>
Hasil Patahan Benda Uji Mortar	Uji kuat tekan mortar ferosemen	A.1.1	2
		A.1.2	2
		A.1.3	2
		A.1.4	2
		A.1.5	2
		A.1.6	2
Jumlah benda uji			12

### 3.4.2. Benda Uji Panel Ferosemen

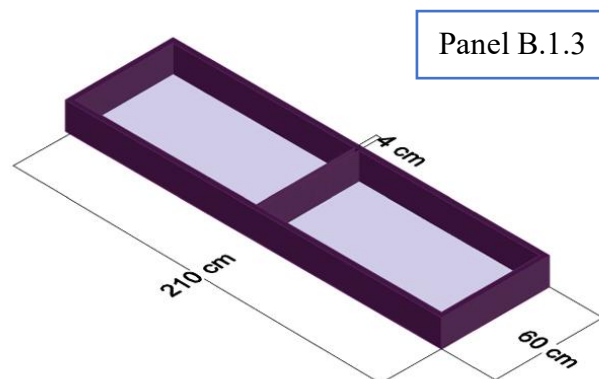
Benda uji panel ferosemen dalam penelitian ini dirancang berbentuk pelat satu arah dengan tambahan rib, sehingga memiliki kekakuan yang lebih baik. Dimensi panel ditetapkan sebesar  $210 \times 60 \times 15$  cm, dengan ketebalan permukaan 4 cm. Panel ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu campuran mortar dan tulangan baja. Mortar yang digunakan pada panel ferosemen memiliki komposisi campuran yang sama dengan mortar uji sebelumnya, yakni semen : pasir : air dengan perbandingan 1 : 2,5 : 0,35, sehingga diharapkan menghasilkan kualitas adukan yang seragam. Bentuk benda uji panel ferosemen seperti pada gambar.



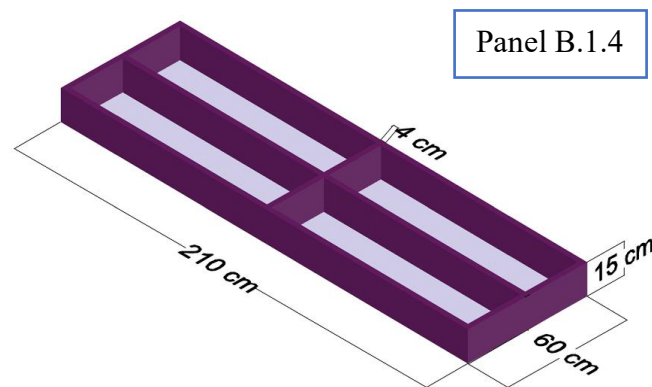
Gambar 26. Benda uji ferosemen dengan rib di pinggir.



Gambar 27. Benda uji ferosemen dengan rib di pinggir dan di tengah arah memanjang.



Gambar 28. Benda uji ferosemen dengan rib di pinggir dan di tengah arah melintang.



Gambar 29. Benda uji ferosemen dengan rib di pinggir dan di tengah arah memanjang dan melintang.

Untuk bagian tulangan, digunakan baja berdiameter  $\text{Ø}6$  mm yang dirakit sesuai dengan detail penulangan. Setelah rangka tulangan selesai dipasang, seluruh permukaannya kemudian dilapisi dengan kawat ayam (*wire mesh*) berdiameter  $\text{Ø}0,5$  mm yang memiliki ukuran celah  $1 \times 1$  cm. *Wire mesh* ini dipasang dalam dua lapisan penuh dan berfungsi untuk memperkuat serta menahan retakan pada permukaan panel ferosemen.

Selanjutnya, untuk menilai kinerja mekanik panel, dilakukan serangkaian pengujian struktural yang meliputi uji kuat lentur dengan pembebanan dua titik, uji kuat lentur dan uji kuat geser dengan pembebanan terpusat. Variasi pengujian ini bertujuan agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai perilaku lentur dan regangan panel ferosemen dalam berbagai kondisi pembebanan.

Tabel 3. Variabel Pengujian Kuat Lentur Panel Fero semen

<b>Komposisi Mortar Semen : Pasir : Air</b>	<b>Jenis pengujian</b>	<b>Uraian Panel Fero semen</b>	<b>Kode</b>	<b>Benda Uji</b>
1 : 2,5 : 0,35	Uji lentur dengan beban terpusat	Dengan rib di pinggir	B.1.1	1
		Dengan rib di pinggir dan di tengah arah memanjang	B.1.2	1
		Dengan rib di pinggir dan di tengah arah melintang	B.1.3	1
		Dengan rib di pinggir dan di tengah arah memanjang dan melintang	B.1.4	1
Jumlah benda uji				4

### 3.5. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan utama, yaitu persiapan bahan dan peralatan, pemeriksaan kelayakan bahan dan alat, perancangan komposisi campuran fero semen, pembuatan benda uji, proses perawatan, pengujian karakteristik fero semen, serta analisis terhadap hasil pengujian. Seluruh rangkaian kegiatan penelitian dilakukan secara berurutan di Laboratorium Bahan Konstruksi guna menjamin efisiensi pelaksanaan dan konsistensi hasil penelitian.

### **3.5.1. Persiapan Bahan dan Peralatan**

Tahap awal penelitian dimulai dengan persiapan bahan dan peralatan, yang merupakan langkah krusial untuk memastikan kelancaran seluruh proses penelitian. Pada tahap ini, ketersediaan serta kondisi bahan dan peralatan diperiksa secara menyeluruh di laboratorium, sehingga setiap tahapan penelitian dapat dijalankan dengan efisien dan tanpa kendala.

### **3.5.2. Pemeriksaan Bahan dan Peralatan**

Pemeriksaan bahan dan peralatan dilakukan untuk memastikan seluruh komponen yang digunakan dalam penelitian berada dalam kondisi baik dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Adapun pemeriksaan yang dilakukan meliputi beberapa aspek berikut:

#### **a) Semen**

Pengujian terhadap semen tidak dilakukan secara khusus karena semen yang digunakan telah memenuhi standar semen Portland normal sesuai spesifikasi pabrikan.

#### **b) Agregat Halus**

Pemeriksaan terhadap agregat halus mencakup beberapa pengujian, antara lain:

1. Kadar air agregat halus
2. Berat jenis dan penyerapan agregat halus
3. Berat volume agregat halus
4. Kadar lumpur dengan metode penyaringan
5. Kandungan zat organik pada pasir
6. Analisis gradasi agregat halus

## c) Air

Pemeriksaan kualitas air mengacu pada persyaratan ACI Committee 549, yaitu air harus tampak jernih, tidak berwarna, serta tidak berbau secara visual, sehingga layak digunakan dalam campuran ferosemen.

d) Tulangan dan Kawat Ayam (*Wire mesh*)

Pemeriksaan terhadap tulangan dan kawat ayam dilakukan dengan cara mengevaluasi kondisi fisiknya, seperti tingkat karat, kelurusan, dan kesesuaian dimensi dengan rancangan. Uji kuat tarik untuk tulangan dan *wire mesh* dilakukan di Laboratorium Baja Universitas Lampung menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) untuk menentukan kekuatan tarik dari material-material tersebut.

e) Bahan Tambahan (*Admixtures*)

Pemeriksaan bahan tambahan meliputi pengecekan kondisi segel (*seal*) kemasan serta kesesuaian fungsi bahan tambahan dengan jenis campuran mortar yang akan digunakan.

## f) Peralatan

Pemeriksaan peralatan dilakukan untuk memastikan seluruh alat dalam kondisi baik dan berfungsi sebagaimana mestinya. Kondisi dan fungsi peralatan memiliki pengaruh besar terhadap hasil pengujian, sehingga dilakukan penyesuaian maupun modifikasi tertentu agar sesuai dengan kebutuhan benda uji dan kondisi pengujian yang merepresentasikan keadaan lapangan sebenarnya. Peralatan pengujian, terutama data *logger* 8 dan *strain indicator*, diperiksa fungsinya, termasuk koneksi sensor, keandalan sistem, dan kalibrasi instrumen.

### 3.5.3. Perencanaan Campuran Fero semen

Komposisi campuran mortar yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas perbandingan antara semen dan agregat halus (pasir) sebesar 1 : 2,5, dengan faktor air-semen (W/C ratio) sebesar 0,35. Selain itu, ditambahkan pula bahan tambahan (*admixture*) sebanyak 0,4% dari berat semen untuk memperpanjang waktu kerja, sehingga mortar tetap plastis dalam waktu yang lebih lama dan lebih mudah untuk dibentuk, diratakan, serta dipadatkan sesuai kebutuhan.

### 3.5.4. Pembuatan Benda Uji Fero semen

Proses pembuatan benda uji fero semen dilaksanakan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

#### a) Penimbangan bahan-bahan

Seluruh bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji fero semen ditimbang sesuai dengan komposisi yang telah ditetapkan pada tahap perencanaan. Penentuan perbandingan bahan dilakukan berdasarkan perbandingan berat atau volume. Proses penimbangan ini menggunakan timbangan sebagai alat ukur utama dan harus dilakukan secara teliti untuk menjaga ketepatan komposisi campuran.



Gambar 30. Penimbangan bahan penyusun fero semen.

### b) Pencampuran bahan

Setelah proses penimbangan selesai, tahap berikutnya adalah pencampuran bahan menggunakan alat molen untuk menghasilkan campuran mortar ferosemen yang homogen. Homogenitas campuran dapat diamati secara visual, yaitu memiliki warna yang seragam, tidak terlalu encer maupun terlalu kental, serta tidak tampak adanya pemisahan butiran. Tingkat homogenitas yang baik sangat memengaruhi kualitas akhir dari ferosemen yang dihasilkan.



Gambar 31. Pecampuran bahan dengan mesin molen.

### c) Pencetakan benda uji

#### 1. Pembuatan benda uji mortar ferosemen

- Siapkan cetakan yang telah tersedia, bersihkan dari debu atau kotoran, kemudian beri pelumas berupa oli agar proses pelepasan benda uji setelah mengeras lebih mudah.
- Masukkan campuran mortar ferosemen ke dalam cetakan hingga seluruh permukaan tertutup secara padat dan merata. Proses pemadatan dilakukan dengan mengetuk sisi luar cetakan menggunakan palu karet.



Gambar 32. Memasukkan campuran mortar kedalam cetakan.

- Setelah dibiarkan selama  $\pm 24$  jam, cetakan dibuka untuk melepaskan benda uji yang telah mengeras.



Gambar 33. Membuka cetakan mortar.

## 2. Pembuatan benda uji panel ferosemen

- Pemotongan *wire mesh* dilakukan sesuai dimensi panel dan variasi rib yang direncanakan. Rib tengah dibentuk dan disambung dengan pengelasan untuk menjaga kekakuan dan posisi, sedangkan rib tepi dibentuk dengan cara dibengkokkan sesuai ukuran tanpa melalui proses pengelasan.



Gambar 34. Pemotongan tulangan *wire mesh*.

- Pasang jaring kawat ayam pada tulangan yang telah dirakit dan ikat menggunakan kawat bendrat. Jaring kawat dipasang merata menutupi seluruh permukaan tulangan dengan jumlah lapisan sesuai perencanaan, yaitu sebanyak 2 lapis.



Gambar 35. Pemasangan kawat ayam pada tulangan panel.

- Siapkan cetakan panel yang telah dibuat sebelumnya, bersihkan dari kotoran atau debu, lalu oleskan oli sebagai pelumas untuk mempermudah proses pelepasan setelah beton mengering.



Gambar 36. Menyiapkan cetakan panel fero semen.

- Letakkan rangkaian tulangan dan *wire mesh* ke dalam cetakan yang telah disiapkan.



Gambar 37. Meletakkan rangkaian tulangan pada cetakan.

- Tuangkan campuran fero semen ke dalam cetakan hingga terisi penuh dan padat, kemudian lakukan pemadatan dengan mengetuk bagian luar cetakan menggunakan palu karet untuk menghindari terbentuknya rongga udara di dalam panel.



Gambar 38. Memasukkan campuran ferosemen pada cetakan.

- Setelah dibiarkan selama  $\pm 24$  jam, cetakan dibuka untuk melepaskan panel ferosemen yang telah mengeras.



Gambar 39. Membuka cetakan benda uji.

### 3.5.5. Perawatan Benda Uji Ferosemen (*Curing*)

Proses *curing* merupakan tahap perawatan yang dilakukan dengan memberikan air pada permukaan benda uji ferosemen. Tujuan dari proses ini adalah menjaga agar kelembaban pada ferosemen tidak hilang terlalu cepat, sehingga dapat mencegah terjadinya penyusutan maupun retak pada permukaannya. Selain itu, *curing* juga berperan penting dalam

mengoptimalkan proses hidrasi semen, sehingga kekuatan dan mutu ferosemen yang telah direncanakan dapat tercapai dengan baik.



Gambar 40. Melakukan proses *curing*.

### 3.5.6. Pengujian Benda Uji Ferosemen

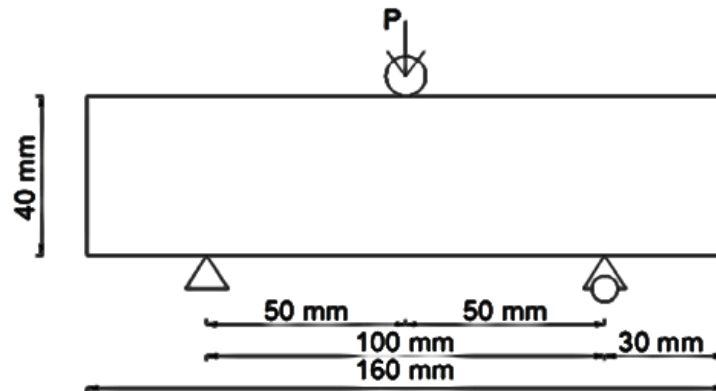
Pengujian pada benda uji panel ferosemen dilakukan untuk menganalisis perilaku lenturnya, yang meliputi kekuatan lentur, beban maksimum, lendutan maksimum, nilai regangan, serta pola retak yang terbentuk selama proses penelitian. Seluruh pengujian dilaksanakan ketika benda uji telah mencapai umur 28 hari. Data *logger* digunakan untuk merekam beban dan lendutan secara otomatis, sehingga hasil pengujian lebih akurat dan analisis data menjadi lebih mudah.

#### a) Uji Kuat Lentur Mortar Ferosemen

Uji kuat lentur mortar ferosemen dilakukan menggunakan alat digital *Compression Testing Machine* (CTM). Standar pengujian mengacu pada BS EN 1015:2019. Pengujian ini dilakukan pada tiga benda uji mortar ferosemen dengan beberapa penyesuaian pada peralatan yang digunakan. Seluruh pengujian dilaksanakan setelah benda uji mencapai umur 28

hari. Berikut ini langkah-langkah pengujian kuat lentur mortar ferosemen :

1. Meletakkan benda uji mortar ferosemen pada perletakan modifikasi di mesin CTM.
2. Mengatur pembebanan satu titik pada jarak  $L/2$  bentang.
3. Mengoperasikan alat CTM digital dengan pemberian beban secara konstan. Penambahan beban dilakukan sampai benda uji tidak sanggup lagi menahan beban (patah).
4. Melakukan pencatatan terhadap hasil pengujian benda uji, yang meliputi beban maksimum yang menyebabkan benda uji mengalami keruntuhan (*collapse*) serta nilai lendutan yang terjadi.



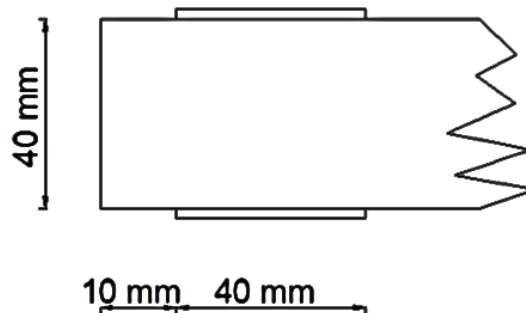
Gambar 41. Skema pengujian lentur mortar ferosemen.

#### b) Uji Kuat Tekan Mortar Ferosemen

Uji kuat tekan mortar ferosemen dilakukan menggunakan mesin uji tekan digital yaitu CTM (*Compression Testing Machine*). Standar pengujian mengacu pada BS EN 1015:2019. Pengujian dilaksanakan pada enam buah patahan benda uji mortar ferosemen yang diperoleh dari hasil pengujian lentur sebelumnya, dengan penyesuaian tertentu pada

peralatan uji. Berikut ini langkah-langkah pengujian kuat tekan mortar ferosemen :

1. Menimbang patahan hasil uji lentur benda uji pada setiap patahannya.
2. Benda uji ditempatkan secara sentris pada alat CTM dengan bantuan dudukan hasil modifikasi berupa pelat berukuran  $40 \times 40$  mm.
3. Mengoperasikan alat CTM digital dengan pemberian beban secara bertahap dan konstan. Proses pembebanan berlangsung hingga benda uji mulai mengalami retak dan mencapai kondisi tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan.
4. Mencatat hasil pengujian pada benda uji, khususnya nilai beban maksimum yang dicapai.



Gambar 42. Skema pengujian tekan mortar ferosemen.

### c) Uji Kuat Tarik Tulangan

Uji ini dilakukan pada tulangan utama diameter 6 mm yang terdapat pada panel ferosemen.

Prosedur:

1. Menyiapkan batang tulangan yang akan di uji sesuai SNI 07-2529-1991.
2. Memasang batang tulangan pada *Universal Testing Machine* (UTM).

3. Memberikan beban (dengan menarik batang baja yang sudah dijepit) hingga batang baja leleh atau putus.
4. Menggabungkan kembali batang baja yang sudah putus tadi, kemudian mengukur panjang total batang keseluruhan sebagai panjang setelah putus ( $l_u$ ).



Gambar 43. Pengujian kuat tarik tulangan.

d) Uji Kuat Tarik Kawat Ayam (*Wire mesh*)

Pengujian ini mengikuti referensi standar ACI *Committee 549. Wire mesh* yang diuji memiliki bukaan  $1 \times 1$  cm dan diameter  $\varnothing 0,5$  mm.

Prosedur:

1. Menyiapkan benda uji *wire mesh* dengan lebar minimal 6 kali bukaan dan panjang minimal 3 kali lebar ( $\pm 150$  mm).
2. Memasang benda uji pada penjepit yang sudah disiapkan, kemudian hubungkan ke mesin pengujian *Universal Testing Machine (UTM)*.
3. Memberikan beban tarik hingga kawat ayam leleh atau putus.
4. Mencatat besarnya beban yang akhirnya menyebabkan *wire mesh* tersebut meleleh dan terputus.



Gambar 44. Pengujian kuat tarik kawat ayam.

e) Uji Lentur Dua Titik Pembebanan Panel Ferosemen

Pengujian ini mengacu pada SNI 4431:2011 mengenai metode uji kuat lentur dengan dua perletakan. Pelaksanaan uji lentur dengan dua titik pembebanan tersebut menggunakan alat *Loading Frame* sebagai sistem perletakannya. Pengujian ini direncanakan pada empat benda uji ferosemen dengan variasi penggunaan kawat ayam (*wire mesh*) sebanyak dua lapis. Pelaksanaan pengujian dilakukan setelah benda uji mencapai umur 28 hari. Berikut ini langkah-langkah pengujian kuat lentur dengan dua titik pembebanan :

1. Menyiapkan alat *loading frame* sebagai alas perletakan



Gambar 45. Menyiapkan alat *loading frame*.

2. Meletakkan benda uji di atas perletakan *Loading Frame* agar benda uji berada pada posisi rata, stabil, dan terkunci dengan baik supaya tidak bergeser ketika dilakukan pengujian.



Gambar 46. Meletakkan benda uji di atas tumpuan.

3. Mengatur sistem pembebanan menjadi dua titik yang ditempatkan pada jarak sepertiga bentang ( $L/3$ ).



Gambar 47. Mengatur posisi sistem pembebanan.

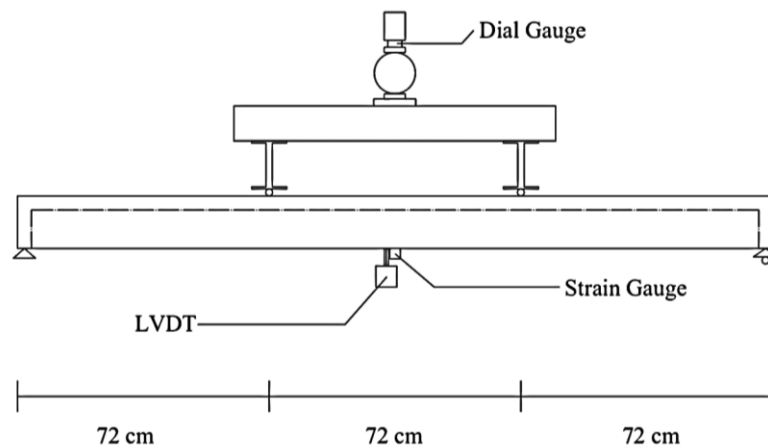
4. Mengoperasikan *hydraulic jack* dan menambahkan beban secara bertahap dan konstan hingga benda uji mengalami retak. Selama proses pengujian, *data logger* merekam beban maksimum serta

lendutan pada dua titik pembebanan, sedangkan *strain indicator* mencatat nilai regangan secara *real-time*.

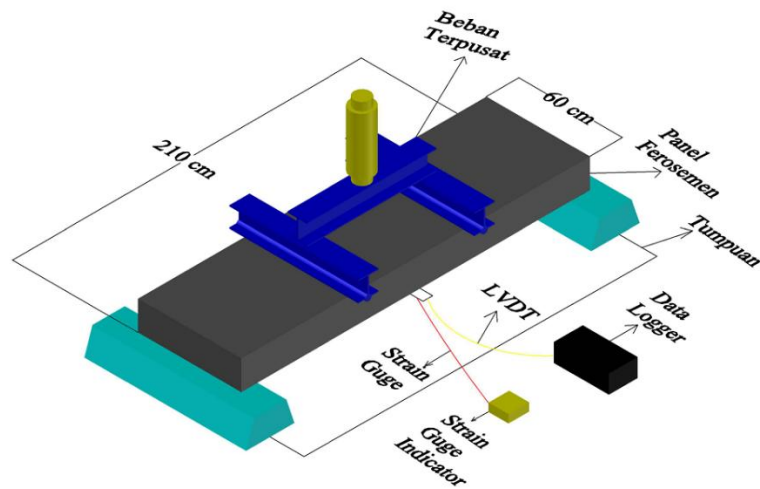


Gambar 48. Menambahkan beban secara bertahap dan konstan.

5. Analisis dilakukan berdasarkan kurva beban lendutan dua titik dan pengaruh jumlah lapisan kawat ayam terhadap kekuatan lentur.



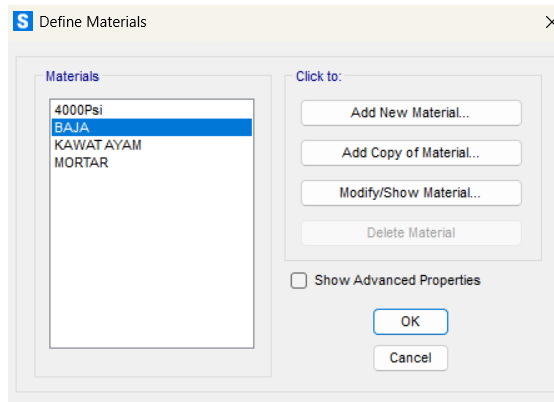
Gambar 49. Skema pengujian lentur dengan dua titik pembebanan.



Gambar 50. Modifikasi pada pengujian lentur dengan dua titik Pembebanan.

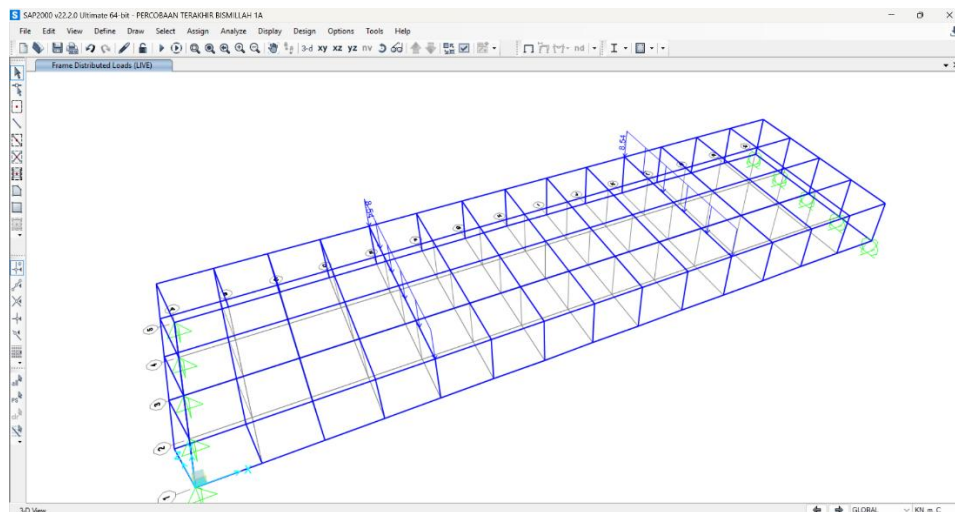
### 3.5.7. Pemodelan Panel Ferosemen Menggunakan SAP2000

Pemodelan panel ferosemen pada penelitian ini dilakukan menggunakan SAP2000 untuk menganalisis pengaruh penambahan rib terhadap perilaku lentur panel lantai satu arah akibat beban terpusat. Panel dimodelkan sebagai elemen *shell* dengan dimensi sesuai benda uji, sedangkan material ferosemen dianggap homogen menggunakan modulus elastisitas ekuivalen yang merepresentasikan kombinasi mortar dan tulangan kawat. Properti material yang dimasukkan dalam model meliputi mortar, baja tulangan, dan kawat ayam, serta elemen baja lainnya yang disesuaikan dengan karakteristik mekanik masing-masing material.



Gambar 51. Material yang digunakan pada SAP2000.

Rib dimodelkan sebagai elemen *frame* yang terhubung secara monolit dengan pelat untuk meningkatkan kekakuan lentur. Kondisi tumpuan dibuat sederhana (sendi-rol) dan beban diberikan secara terpusat di 1/3 bentang. Analisis yang digunakan adalah statik linier untuk memperoleh lendutan, tegangan, dan regangan, yang kemudian dibandingkan dengan hasil eksperimen guna mengevaluasi pengaruh rib terhadap kinerja panel ferosemen.



Gambar 52. Letak tumpuan dan pembebanan pada SAP2000.

### 3.5.8. Analisis Pengujian Fero semen

Analisis hasil pengujian fero semen dilakukan berdasarkan data hasil pengamatan selama proses pengujian, meliputi beban, lendutan, dan deformasi yang terjadi pada benda uji. Analisis dilakukan untuk setiap jenis pengujian sebagai berikut:

#### a) Analisa Uji Kuat Lentur Mortar Fero semen

1. Mengolah data yang mencakup beban maksimum yang menyebabkan benda uji patah (*collapse*).
2. Menghitung nilai kuat lentur dengan metode satu titik pembebanan yang disajikan dalam bentuk tabel.

#### b) Analisa Uji Kuat Tekan Mortar Fero semen

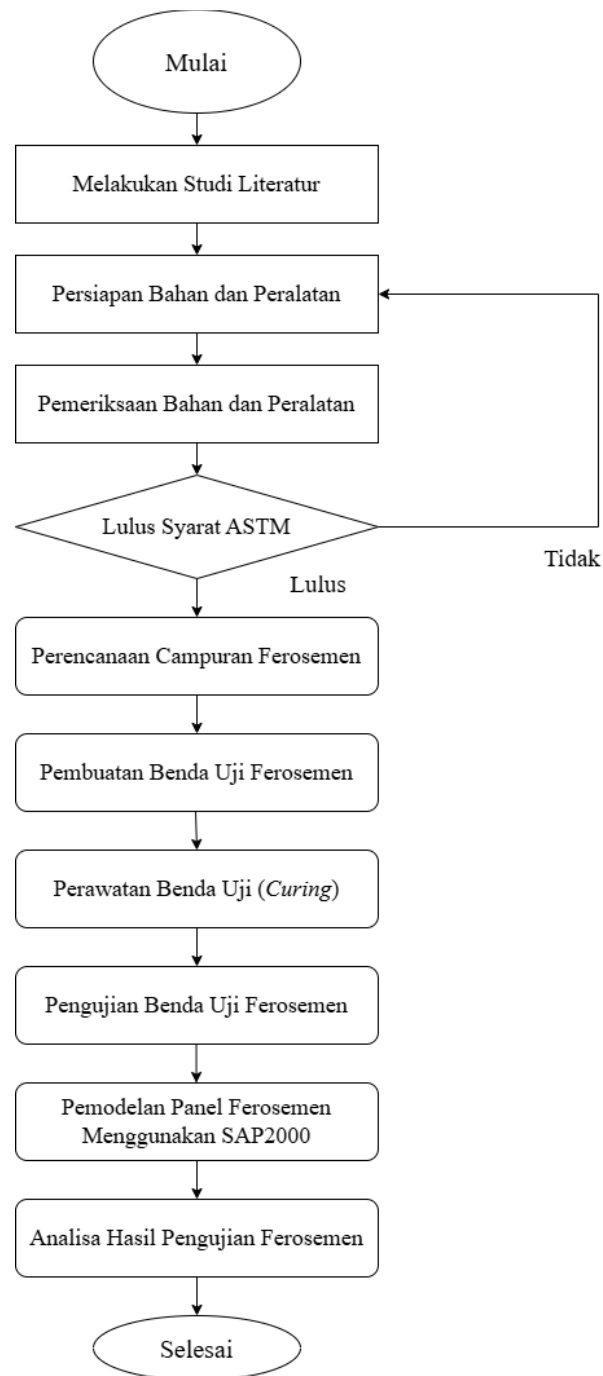
1. Mengolah data beban maksimum yang tercatat oleh CTM hingga benda uji mengalami retak atau patah.
2. Menghitung nilai kuat tekan berdasarkan data tersebut, kemudian menyajikannya dalam bentuk tabel agar terlihat perbandingan antar benda uji.

#### c) Analisa Uji Lentur Beban Terpusat Panel Fero semen

1. Mengolah data beban maksimum dan lendutan dari pembacaan sensor yang direkam *Data Logger 8* dan *Strain Indicator*, termasuk lendutan, regangan, serta pola retakan yang muncul.
2. Menghitung nilai kuat lentur dua titik pembebanan, dan juga nilai regangan kemudian menyajikan hasilnya dalam kurva hubungan beban-lendutan, beban-regangan dan tabel.
3. Membandingkan hasil pengujian dengan panel fero semen ber rib, meliputi rib di pinggir dan variasi rib di tengah, untuk menilai kesesuaian antara hasil eksperimen.
4. Melakukan perbandingan antara hasil pengujian yang dilakukan aktual dengan hasil pemodelan menggunakan SAP2000.

### 3.5.9. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir berikut menunjukkan tahapan pelaksanaan penelitian yang disusun secara sistematis dan terstruktur. Berikut ini merupakan tahapan yang dilakukan pada penelitian ini:



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Pada pengujian panel fero semen yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan rib pada panel fero semen berpengaruh signifikan terhadap perilaku lentur, terutama dalam meningkatkan kapasitas beban dan kekakuan. Panel tanpa rib memiliki kapasitas beban paling rendah dan lendutan terbesar. Penambahan rib tengah memanjang menghasilkan kapasitas beban tertinggi dibandingkan panel tanpa rib tengah. Sementara itu, variasi rib kombinasi memanjang dan melintang menunjukkan kinerja paling optimal secara keseluruhan, dengan lendutan paling kecil (kekakuan tertinggi) dan regangan tarik terbesar (daktilitas terbaik). Pola retak umumnya terjadi pada zona tarik di sekitar rib, dan penambahan rib terbukti mampu mengontrol jumlah, sebaran, dan lebar retak.
2. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, perilaku lentur panel fero semen pelat satu arah dengan variasi rib akibat beban terpusat terdiri atas fase elastis, retak awal, dan kapasitas maksimum. Pada tahap awal pembebanan, panel masih berperilaku linier dengan mortar sebagai penahan tarik. Setelah retak pertama, terjadi penyimpangan dari kondisi teoritis akibat pengaruh kondisi aktual struktur. Kapasitas lentur hasil pengujian laboratorium lebih tinggi dibandingkan analisis teoritis karena adanya kerja sama antara mortar, tulangan, dan kawat ayam sebagai sistem komposit. Nilai regangan tarik hasil pengujian yang lebih besar dari teoritis menunjukkan perilaku panel tidak sepenuhnya homogen, sedangkan regangan maksimum yang relatif kecil mengindikasikan keruntuhan diawali oleh retak lentur pada zona tarik.

3. Terdapat perbedaan antara hasil pengujian di laboratorium dan analisis menggunakan SAP2000 pada nilai lendutan dan regangan tarik panel fero semen. Secara umum, hasil analisis menunjukkan nilai lendutan yang cenderung lebih besar pada beberapa variasi, sedangkan nilai regangan tarik dari hasil pengujian lebih tinggi. Perbedaan ini terjadi karena model numerik belum sepenuhnya dapat menggambarkan kondisi nyata di lapangan, seperti pengaruh interaksi material, kondisi perletakan, dan ketidaksempurnaan benda uji. Namun demikian, hasil analisis tetap dapat digunakan untuk menunjukkan kecenderungan perilaku lentur panel fero semen terhadap pembebanan.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data, serta keterbatasan yang ditemui selama proses pengujian panel fero semen, maka beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Disarankan untuk penelitian selanjutnya melakukan variasi pembebanan dua titik dengan arah sejajar terhadap bentang panel, untuk mengetahui perbedaan distribusi tegangan, regangan, serta pola retak yang terjadi, sehingga perilaku lentur panel fero semen dapat dipahami secara lebih menyeluruh.
2. Disarankan untuk penelitian selanjutnya mengkaji variasi penempatan rib pada posisi tertentu, seperti pada  $1/3$  bentang panel. Hal ini bertujuan untuk melihat bagaimana perubahan posisi rib memengaruhi distribusi tegangan, regangan, lendutan, serta pola retak, sehingga dapat diketahui posisi rib yang paling efektif dalam meningkatkan kekakuan dan kinerja struktur.
3. Disarankan untuk penelitian selanjutnya mengkaji panel fero semen dengan penambahan rib arah diagonal sehingga dapat diketahui apakah arah diagonal lebih efektif dalam menyebarkan beban dan meningkatkan kekakuan dibandingkan rib arah memanjang dan melintang.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 549. (2018). *Guide for the Design, Construction, and Repair of Ferrocement (ACI 549.1R-18)*. American Concrete Institute. <https://www.concrete.org>
- Alaa, M., Makhlof, M. H., Mansour, M. H., & Elsayed, K. M. (2025). Flexural Behavior of Reactive Powder Concrete Ferrocement Hollow Beams Reinforced by Different Mesh Type. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s40069-025-00772-6>
- Cahyono, L. C., Pratiwi, W. D., & Widiana, D. R. (2025). Analisis Ketahanan Lentur Dan Kelayakan Lingkungan Pada Pelat Beton Fero semen Berbahan Limbah Sandblasting Dan Fly Ash. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 8(1), 193–200. <https://doi.org/10.24912/jmts.v8i1.31655>
- Gaidhankar, D. G., Dubey, R. K., Kulkarni, M. S., Shinde, S. N., & Ingle, G. S. (2023). Effect of Volume Fraction of Mesh on The Flexural Strength of Flat and Ribbed Ferrocement Panel. *Research Square*. <https://www.researchsquare.com/article/rs-3060872/v1>
- Hocaoğlu, İ., Topçu, İ. B., & Öcal, C. (2023). Alternative Ferrocement Panels for Reinforcement of Reinforced Concrete Structures Damaged on the 6 February 2023 Turkey Earthquake. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(2), 254–269. <https://doi.org/10.53501/rteufemud.1325149>
- Manggala, T. N. (2023). *Sifat mekanik panel fero semen akibat beban lentur dan geser terpusat* (Skripsi Sarjana). Universitas Lampung.
- Naaman, A. E. (2006). *High Performance Fiber Reinforced Cement Composites (HPFRCC)*. Michigan: High Performance Fiber Reinforced Cement Composites.

- Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.  
<https://doi.org/10.4324/9781315272831>
- Qureshi, H. J., Khurram, N., Akmal, U., Arifuzzaman, M., Habib, M. Q., & Al Fuhaid, A. F. (2023). Flexure Performance of Ferrocement Panels Using SBR Latex and Polypropylene Fibers with PVC and Iron Welded Meshes. *Polymers*, *15*(10). <https://doi.org/10.3390/polym15102304>
- Qureshi, M. A., Khan, A. N., & Ali, Z. (2023). Numerical modeling and analysis of structural behavior using finite element methods. *Journal of Structural Engineering*, *149*(3), 04023012. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0003456](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0003456)
- Rameshkumar, M., Malathy, R., Chandiran, P., Paramasivam, S., Chung, I. M., Kim, S. H., & Prabakaran, M. (2022). Study on Flexural Behaviour of Ferrocement Composites Reinforced with Polypropylene Warp Knitted Fabric. *Polymers*, *14*(19). <https://doi.org/10.3390/polym14194093>
- Reddy Venkata Krishna, *et al.* (2025). *Flexural performance of ferrocement panels with silica fume and fiber reinforcement*. Discover Civil Engineering.
- Saleem M. Al-Sulaimani, Basunbul, I. A., & Al-Sulaimani, G. J. (1991). *Ferrocement sandwich panels under flexural loading*. *Journal of Ferrocement*, *21*(1), 15–28.
- Shaheen, Y. B. I., & Mahmoud, A. M. (2022). Structural performance of RC beams with openings reinforced with composite materials. *Structural Engineering and Mechanics*, *83*(4), 475–493. <https://doi.org/10.12989/sem.2022.83.4.475>
- Shaikh, K. S., & Autabe, P. B. (2016). Effect of Geopolymer Mortar in Ferrocement for Variation in Mesh Size and Number of Layers. *International Journal Of Research Publications In Engineering And Technology [IJRPET]*, *2*(12), 82–87.
- Wu, Z., Madadi, A., & Yu, T. (2025). Structural analysis of ferrocement composite panels with expanded perlite based mortar. *Scientific Reports*, *15*(1), 1–19.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-97114-z>
- Yardim, Y., & Koroglu, M. A. (2020). An experimental study on the performance of precast ferrocement panel for composite masonry slab systems. *Revista de La Construccion*, *19*(3), 213–223. <https://doi.org/10.7764/rdlc.19.3.213-223>