

# Evaluasi Kinerja Pelat Ferosemen Berlapis Seng Sebagai Inovasi Material Pelat Lantai Bangunan Bertingkat

Y DJOKO SETIYARTO

Universitas Komputer Indonesia, Indonesia  
Email: y.djoko.setiyarto@email.unikom.ac.id

## ABSTRAK

Konstruksi pelat beton konvensional umumnya memerlukan bekisting yang bersifat sementara, waktu yang tidak singkat dan menghasilkan limbah. Dalam konteks kebutuhan konstruksi yang lebih cepat, efisien, dan ramah lingkungan, konstruksi pelat lantai membutuhkan inovasi material struktural yang dapat mengintegrasikan fungsi bekisting dan struktur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja mekanik dari pelat ferosemens berlapis seng, sehingga dapat diketahui potensinya sebagai bekisting permanen. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental yang dilanjutkan dengan kegiatan uji coba konstruksi pada rumah bertingkat. Benda uji pelat ferosemens berlapis seng dibuat dengan ukuran panjang 55 cm, lebar 20 cm, tinggi 4 cm, dan menggunakan mortar dengan perbandingan semen-pasir sebesar 1:3. Dari pengujian lentur, diperoleh hasil pelat ferosemens berlapis seng dapat dibebani hingga 365 kgf dengan lendutan sebesar 0,65 mm. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat memberikan kontribusi inovasi material pelat lantai yang efisien dan ramah lingkungan.

**Kata kunci:** bekisting permanen, ferosemens berlapis seng, mortar, pelat lantai

## ABSTRACT

*Conventional concrete slab construction generally requires temporary formwork, is time-consuming, and produces waste. In the context of faster, more efficient, and environmentally friendly construction needs, construction floor slabs require structural innovation materials that can integrate the functions of formwork and structure. The purpose of this study was to evaluate the mechanical performance of zinc-coated ferrocement plates, so that their potential as permanent formwork can be known. This study uses an experimental approach followed by construction trial activities in a multi-storey house. The zinc-coated ferrocement plate test specimens were made with a length of 55 cm, a width of 20 cm, a height of 4 cm, and using mortar with a cement-sand ratio of 1:3. From the flexural test, the results showed that the zinc-coated ferrocement plate could be loaded up to 365 kgf with a deflection of 0.65 mm. The results of this study are expected to be useful in contributing to innovations in efficient and environmentally friendly floor slab materials.*

**Keywords:** permanent formwork, zinc coated ferrocement, mortar, floor plate

## 1. PENDAHULUAN

Pelat lantai merupakan elemen struktural utama dalam bangunan bertingkat yang berfungsi menyalurkan beban ke elemen struktur lainnya. Sistem pelat beton bertulang konvensional umumnya masih mendominasi konstruksi di Indonesia, namun metode ini memiliki keterbatasan berupa kebutuhan bekisting sementara, waktu pengrajaan yang lama, serta limbah konstruksi dari bahan bekisting. Seiring berkembangnya teknologi konstruksi, berbagai alternatif pelat lantai dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi pelaksanaan, seperti pelat bondek dan pelat beton pracetak berongga. Pelat bondek berbahan baja profil gelombang berfungsi sebagai bekisting permanen, namun biayanya cenderung tinggi dan memerlukan keahlian pemasangan khusus. Sementara itu, pelat pracetak berongga menawarkan efisiensi waktu tetapi terbatas pada ketersediaan dimensi standar dari pabrik dan biaya pengadaan yang relatif tinggi. Kajian-kajian sebelumnya (**Christian & Kushartomo, 2023; Sekaryadi & Hermawan, 2020**) menunjukkan bahwa meskipun teknologi ini efisien dari sisi waktu, penggunaannya kurang fleksibel dan tidak sepenuhnya ramah lingkungan.

Studi terkini menunjukkan bahwa ferosemen, yaitu material komposit berdinding tipis dari mortar dan jaring kawat, memiliki potensi sebagai alternatif pelat struktural yang ringan dan ekonomis. Beberapa penelitian telah mengevaluasi kekuatan lentur ferosemen dengan tambahan lapisan aluminium atau penggunaan struktur melengkung untuk meningkatkan daktilitas (**Rahman et al., 2013; NorHidayati, 2022; Elsanosi, 2019**). Pelat ferosemen dapat mencegah terjadinya retakan bila minimal memiliki satu lapis jaring kawat (**Daniel et al., 2015**). Sebagai salah satu versi awal dari beton bertulang (**Yaswanth et al., 2017**), kekuatan lentur ferosemen dapat dipengaruhi jumlah lapisan jaring serat karbon yang digunakan. Semakin berkembangnya teknologi penggunaan ferosemen sebagai pelat lantai maka dilakukan pula penelitian ferosemen *sandwich* (**Obaid & Jaaffer, 2022**) yang bertujuan untuk mengurangi berat sendiri ferosemen. Pemanfaatan ferosemen tidak hanya terbatas sebagai pelat lantai namun juga dapat diaplikasikan pada komponen struktur balok (**Makhlof et al., 2024; Shaheen et al., 2023**) atau komponen struktur kolom (**Kencanawati et al., 2022**). Namun, kajian mengenai aplikasi pelat ferosemen yang dilapisi seng sebagai bekisting permanen pada pelat lantai bangunan bertingkat masih sangat terbatas.

Penelitian ini menghadirkan kebaruan ilmiah melalui pengembangan sistem pelat ferosemen berlapis seng yang tidak hanya berfungsi sebagai bekisting permanen, tetapi juga sebagai bagian dari elemen struktural aktif. Kombinasi seng dan mortar ini diharapkan mampu mengurangi kebutuhan volume beton dan tulangan, serta mempercepat pelaksanaan tanpa mengorbankan performa mekanis.

Permasalahan yang ingin dijawab dalam penelitian ini adalah: sejauh mana pelat ferosemen berlapis seng dapat menahan beban lentur sebagai pelat lantai, serta bagaimana efektivitas aplikasinya dalam konstruksi bangunan bertingkat dari sisi kekuatan dan efisiensi. Dengan demikian, tujuan dari kajian ini adalah mengevaluasi kinerja mekanik pelat ferosemen berlapis seng melalui pendekatan eksperimental dan analisis teoritis untuk menilai kelayakannya sebagai inovasi material bekisting permanen yang efisien, ekonomis, dan ramah lingkungan.

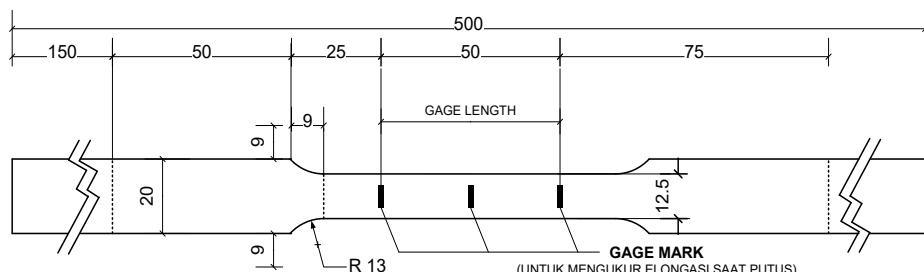
## 2. METODE

Metode penelitian diawali dengan tinjauan literatur terkait penelitian terdahulu tentang pemanfaatan ferosemen dan seng sebagai material konstruksi bangunan. Selanjutnya, penelitian melakukan kegiatan pengambilan data primer dan sekunder untuk dapat

menjelaskan bahwa pelat ferosemen berlapis seng berpotensi digunakan sebagai bekisting alternatif dalam konstruksi pelat lantai bangunan bertingkat. Data primer diambil berdasarkan hasil kegiatan eksperimental yang menguji kekuatan tarik pelat seng, kekuatan tekan mortar dan kekuatan lentur ferosemen berlapis seng. Data sekunder diambil berdasarkan hasil analisis sesuai teori mekanika bahan yang parameternya diperoleh dari hasil eksperimental. Produk akhir penelitian ini merupakan suatu gambar desain ferosemen berlapis seng yang diuji coba sebagai bekisting pelat lantai rumah bertingkat.

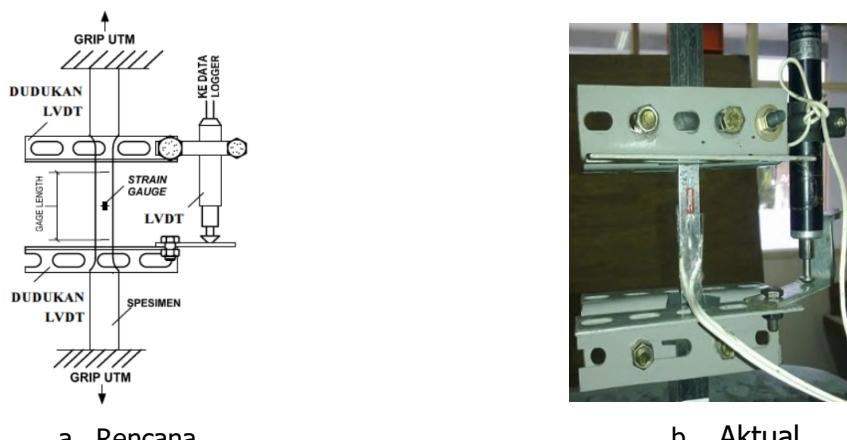
## 2.1 Metode Uji Tarik Pelat Seng

Pelat seng yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis pelat seng gavalum yang sering digunakan untuk pembuatan talang air hujan dengan ketebalan 0,2 m dan lebar 55 cm. Karena fungsinya sebagai talang, brosur produk belum mencantumkan nilai kekuatan tarik seng, sehingga perlu dilakukan pengujian tarik tersendiri untuk mengetahui tegangan leleh dan modulus elastisitas dari pelat seng tersebut. Spesimen atau benda uji tarik pelat seng dibuat sesuai standar *American Society for Testing and Materials (ASTM A370-24a, 2024)* seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Rencana Benda Uji Pelat Seng Sesuai ASTM A370-24a (Satuan dalam mm)**

Sebelum diuji, benda uji pelat seng terlebih dahulu diberi tanda pada bagian *gage length*. Kemudian pada bagian benda uji yang membesar luasnya, diberi amplas untuk memperkuat cengkeraman *grip* alat uji. Pengujian tarik menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM), yang dilengkapi dengan *Linear Variable Differential Transformer* (LVDT) dan *Strain Gauge* untuk mengukur regangan tarik yang terjadi. *Test setup* dan instrumentasi pengujian dapat dilihat pada Gambar 2. Pengujian oleh UTM dilakukan dengan memberikan gaya tarik uniaksial pada benda uji pelat seng hingga benda uji mengalami kelelahan atau putus. Kecepatan pengujian yang digunakan adalah jenis *displacement control* sebesar 6 mm/min.



**Gambar 2. Pengujian Kekuatan Tarik Seng**

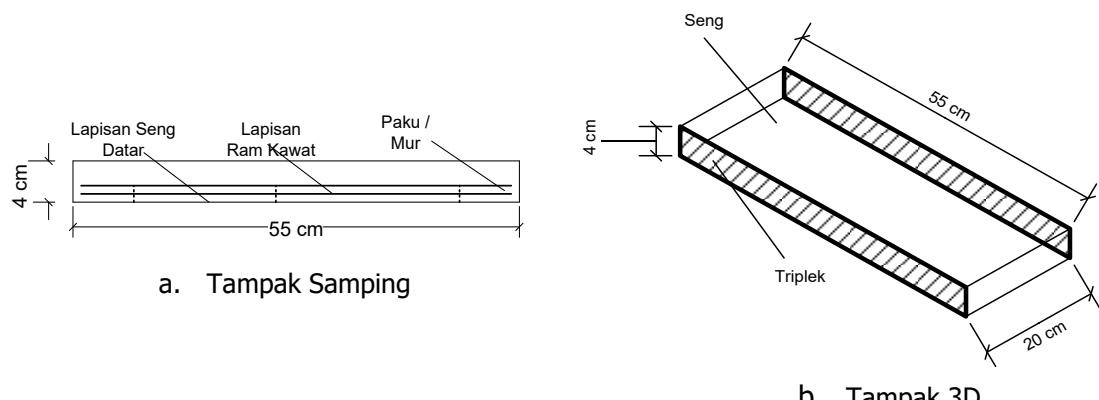
## 2.2 Metode Uji Tekan Mortar dan Uji Lentur Pelat Ferosemen Berlapis Seng

Mortar merupakan komponen utama dalam pembuatan ferosemen. Dalam penelitian ini mortar yang digunakan adalah mortar dengan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:3 yang perencanaannya mengacu pada SNI 2049-7:2022 tentang "Metode Uji Kuat Tekan Mortar". Benda uji mortar dibuat berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm sebanyak 3 buah seperti Gambar 3.



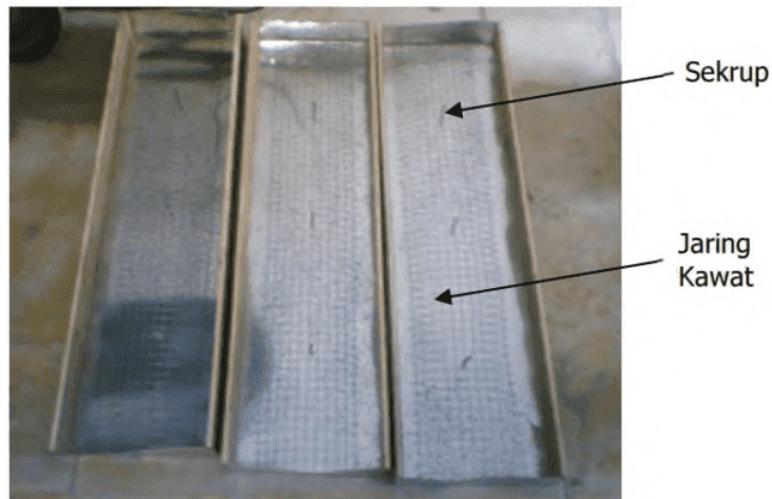
Gambar 3. Pembuatan Benda Uji Mortar

Benda uji pelat ferosemen dibuat sebanyak 24 buah dengan ukuran panjang x lebar x tinggi = 55 cm x 20 cm x 4 cm seperti pada Gambar 4. Benda uji tersebut dicetak dengan cetakan yang terbuat dari triplek dan pelat seng. Triplek digunakan pada sisi memanjang cetakan benda uji, sementara lembaran pelat seng digunakan pada sisi memendek dan sisi alas/bawah dari cetakan. Setelah ferosemen mengeras dan berumur sesuai yang dikehendaki, bagian cetakan yang dilepas adalah bagian tripleknya saja. Bagian seng tetap menyatu dengan ferosemen akibat ikatan paku/mur, yang secara bersamaan akan dilakukan pengujian lentur.



Gambar 4. Dimensi Cetakan Benda Uji Ferosemen Berlapis Seng

Variasi pengujian untuk uji lentur berupa jumlah lapis ram kawat dan umur benda uji yang dapat dilihat pada Tabel 1. Agar jaring kawat yang terpasang tidak menempel pada seng maka diikatkan pada sekrup seperti pada Gambar 5, yang berfungsi juga untuk meningkatkan lekatan pelat seng ke ferosemen. Jumlah lapis jaring kawat yang menjadi variasi pengujian yaitu 1 lapis, 2 lapis dan tanpa jaring kawat. Pengujian kuat lentur dilakukan saat ferosemen berumur 3 hari, 7 hari, 21 hari dan 28 hari.

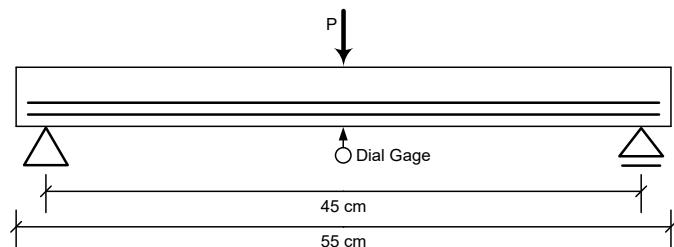


**Gambar 5. Pemasangan Jaring Kawat dan Sekrup Pada Cetakan Benda Uji Ferosemen**

**Tabel 1. Variasi Pembuatan dan Jumlah Benda Uji Pelat Pracetak Ferosemen**

Mortar	Jumlah Jaring Kawat	Umur Benda Uji (hari)				Jumlah Benda Uji
		3	7	21	28	
(semen : pasir = 1:3)	0	2	2	2	2	8
	1	2	2	2	2	8
	2	2	2	2	2	8
TOTAL		6	6	6	6	24

Proses persiapan mesin uji dan *setting* benda uji yang disertai pemasangan *dial gage* dapat dilihat pada Gambar 6. Pengujian lentur oleh mesin dilakukan dengan memberikan beban tekan pada benda uji pelat ferosemen berlapis seng. Bentang yang digunakan sepanjang 45 cm dengan pemberian gaya tekan  $P$  pada tengah bentang. *Dial gage* dengan ketelitian 0,01 mm yang terletak di bawah benda berfungsi untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi. Pengamatan selama uji lentur seperti Gambar 7 dilakukan dengan mencatat lendutan yang terjadi setiap beban tekan memiliki kelipatan 50 kgf. Pengamatan berakhir apabila jarum penunjuk beban tekan mengalami penurunan, dan pada benda uji terlihat kehancuran retak. Selama proses pengujian kuat lentur, dipelajari pula perilaku benda uji hingga mengalami kehancuran.



**Gambar 6. Rencana Model Uji Lentur**



**Gambar 7. Pengujian Lentur Pelat Ferosemen Berlapis Seng**

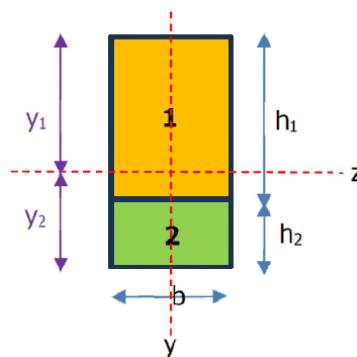
### 2.3 Analisis Material Komposit

Pelat ferosemen berlapis seng merupakan pelat lentur satu arah yang terdiri lebih dari satu material, yaitu ferosemen yang dikompositkan dengan seng. Tinjauan analisis tegangan untuk pelat lentur satu arah tersebut dapat mengacu pada teori lentur balok komposit yang dimodelkan seperti Gambar 8. Model material komposit yang terdiri atas bahan 1 (ferosemen) dan bahan 2 (pelat seng) memiliki persamaan lentur seperti yang tercantum pada Persamaan 1 dan 2 (**Ugural & Fenster, 2020**). Persamaan lentur material komposit tersebut memberikan tegangan normal bahan 1 ( $\sigma_{x1}$ ) dan tegangan normal bahan 2 ( $\sigma_{x2}$ ) yang dipengaruhi oleh momen (M), modulus elastisitas ( $E_1, E_2$ ), lokasi tegangan (y), dan momen inersia ( $I_1, I_2$ ) dari masing-masing bahan. Penentuan momen inersia dilakukan berdasarkan letak sumbu netral material komposit, yang besarnya  $y_1$  dan  $y_2$  dengan menggunakan Persamaan 3.

$$\sigma_{x1} = \frac{MyE_1}{E_1I_1 + E_2I_2} \quad (1)$$

$$\sigma_{x2} = \frac{MyE_2}{E_1I_1 + E_2I_2} \quad (2)$$

$$\int \sigma_{x1} dA + \int \sigma_{x2} dA = 0 \quad (3)$$



**Gambar 8. Material Komposit**

Material komposit dikatakan belum hancur bila tegangan normal yang terjadi tidak melebihi tegangan ijin yang dimiliki oleh bahan. Dalam penelitian ini, kapasitas material komposit ditentukan oleh beban tekan hasil uji kuat lentur ( $P$ ) dan jarak antar tumpuan  $L$  yang menghasilkan momen lentur ( $M$ ) seperti pada Persamaan 4.

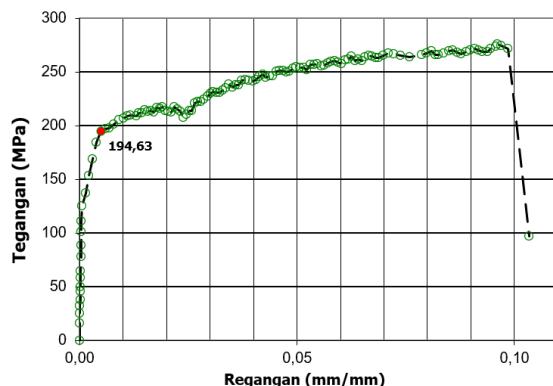
$$M = \frac{1}{4} PL + \frac{1}{8} qL^2 \quad (4)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian komponen-komponen pelat ferosemen berikut dibahas berdasarkan pengujian yang telah dilakukan. Selanjutnya dilakukan analisis tegangan lentur dan penentuan gambar desain untuk uji coba di lapangan.

#### 3.1 Hasil dan Pembahasan Uji Tarik Pelat Seng

Hasil uji tarik pelat seng disajikan dalam kurva tegangan-regangan seperti Gambar 9. Berdasarkan kurva tersebut, tegangan dan regangan leleh pelat seng dapat diperoleh dengan menggunakan metode *offset* 0,2% yang hasilnya sebesar 194,63 MPa dan 0,00496, sehingga diperoleh pula besarnya modulus elastisitas seng sebesar 39.233,9 MPa.



Gambar 9. Perilaku Tarik Pelat Seng

#### 3.2 Hasil dan Pembahasan Uji Tekan Mortar

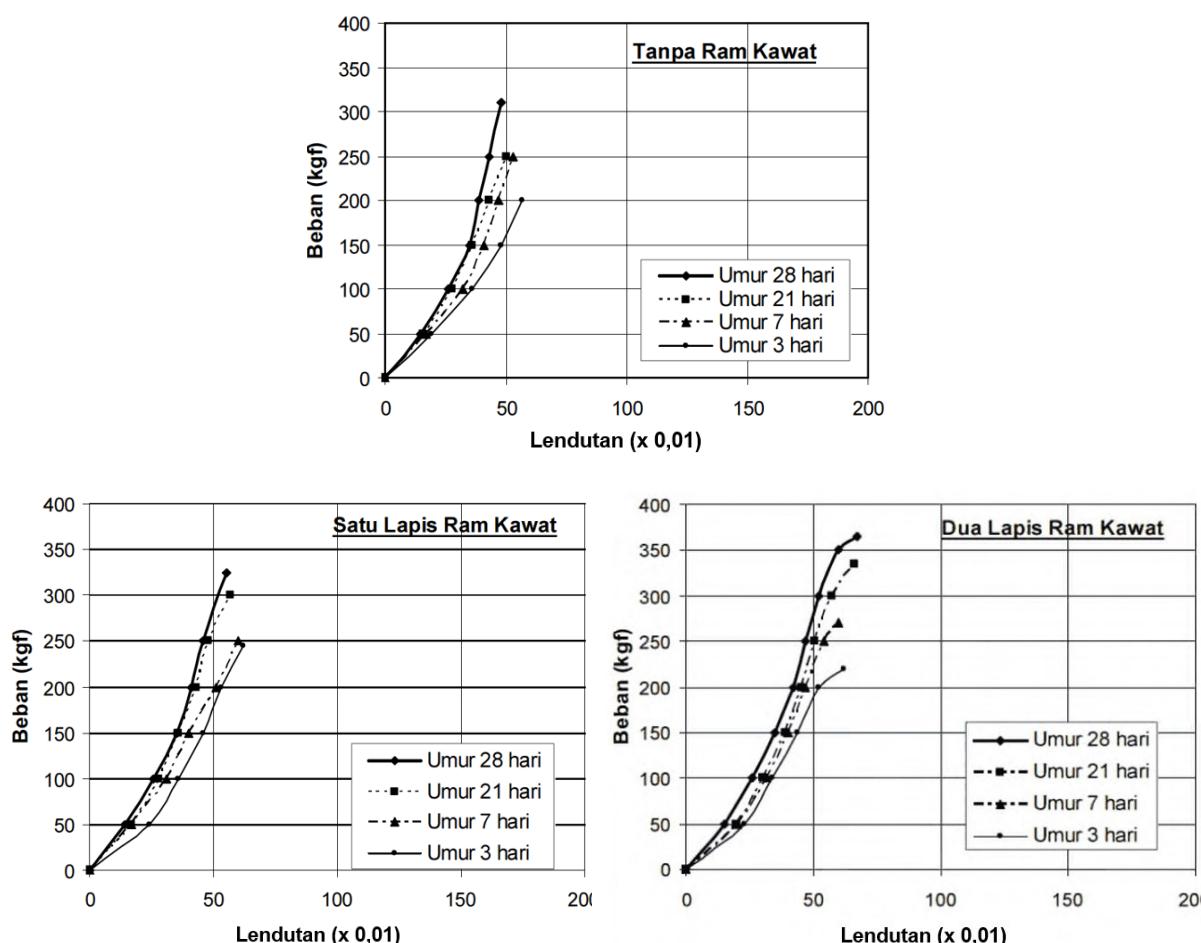
Agar diperoleh ketepatan proporsi campuran dalam setiap model benda uji maka perlu dilakukan terlebih dahulu analisis agregat halus, meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar air, dan analisis saringan. Dari pengujian agregat halus yang telah dilakukan diketahui bahwa berat jenis kering permukaan dari pasir beton yang digunakan adalah sebesar 2,59 dan persentase penyerapan air sebesar 2,8%. Berat volume pasir beton dalam kondisi padat adalah sebesar 1658,7 kg/m<sup>3</sup>. Selanjutnya dari hasil analisis saringan diketahui bahwa gradasi dari pasir beton yang digunakan adalah terletak pada zona 2 dengan nilai modulus kehalusan sebesar 3,1. Hasil analisis agregat halus tersebut telah memenuhi ketentuan yang disyaratkan SNI 2049-7:2022.

Uji tekan mortar dilakukan saat mortar berumur 28 hari, dengan jumlah 3 benda uji untuk tiap perbandingan semen dan pasir. Hasil rata-rata kuat tekan mortar adalah 22,3 MPa. Sesuai dengan hasil kuat tekan tersebut maka diketahui nilai modulus elastisitas mortar adalah 22.194,75 MPa. Kuat tarik yang terjadi pada mortar beton tersebut diasumsikan sebesar 15% dari kuat tekannya (SNI 2847:2019), sehingga diperoleh besarnya kuat tarik mortar adalah 3,345 MPa.

### 3.3 Hasil Uji Lentur Pelat Ferosemen Berlapis Seng

Setelah benda uji yang berupa adukan mortar ferosemen berumur satu hari, maka cetakan dapat dilepas. Bagian yang dilepas adalah sisi-sisi samping cetakan, atau tripleknya. Bagian dasar cetakan yang berupa lapisan pelat seng tetap menyatu pada dasar benda uji. Kemudian dilakukan penimbangan untuk mengetahui berat dari masing-masing benda uji pelat ferosemen berlapis seng. Dari hasil pengukuran berat masing-masing benda uji, diperoleh berat rata-rata ferosemen berlapis seng adalah 10,74 kgf atau berat per volume rata-ratanya adalah 2118,2 kgf/m<sup>3</sup>. Hasil tersebut menunjukkan bahwa berat per volume untuk ferosemen sedikit lebih rendah daripada berat jenis beton bertulang yaitu kurang dari 2.400 kgf/m<sup>3</sup>.

Dari hasil pengujian lentur, diperoleh hasil bahwa pelat ferosemen berlapis seng yang berumur 28 hari dapat dibebani hingga mencapai beban tekan lentur sebesar 365 kgf dengan lendutan sebesar 0,65 mm. Diketahui pula bahwa semakin banyak jumlah lapisan ram kawat, maka kekuatan lentur juga akan makin meningkat. Demikian pula semakin tua umur mortar, maka kekuatan lentur juga akan makin meningkat dan defleksi yang terjadi juga akan mengecil. Gambar 10 menunjukkan hubungan beban dan defleksi pelat ferosemen berlapis seng yang menggunakan mortar 1:3 dan jaring (ram) kawat dengan jumlah lapis yang bervariasi. Perilaku keruntuhan yang ditunjukkan semua benda uji sebanyak 24 buah adalah sama, yaitu ketika mencapai beban puncak, pelat ferosemen (mortar) pada bagian sisi bawah mengalami kehancuran terlebih dahulu, sementara pelat seng masih terlihat elastis (belum leleh).



**Gambar 10. Perilaku Lentur Pelat Ferosemen Berlapis Seng**

### **3.4 Analisis Tegangan Lentur Pelat Ferosemen Berlapis Seng**

Hasil eksperimental uji lentur seperti Gambar 10 menghasilkan beban lentur maksimum ( $P$ ) untuk pelat ferosemen berlapis seng sebesar 365 kgf. Dengan menggunakan Persamaan 4, besarnya kapasitas momen lentur pelat ferosemen berlapis seng akan diperoleh sebesar 0,403 kNm. Selanjutnya, momen lentur tersebut mempengaruhi nilai tegangan normal untuk masing-masing bahan komposit seperti pada Tabel 2. Tegangan normal untuk tiap serat yang ditinjau adalah berdasarkan Persamaan 1 dan 2. Sebelumnya, momen inersia telah diperoleh untuk bahan pelat ferosemen dan pelat seng masing sebesar  $107,47 \text{ cm}^4$  dan  $16,01 \text{ cm}^4$  dengan menggunakan Persamaan 3.

Hasil analisis tegangan Tabel 2 tersebut sesuai dengan perilaku kehancuran pelat ferosemen berlapis seng ketika dilakukan uji lentur. Tegangan serat bawah ferosemen yaitu serat yang merupakan perbatasan antara ferosemen dan seng, memiliki tegangan tarik 5,64 MPa yang melebihi tegangan tarik mortar ( $>3,35 \text{ MPa}$ ), sehingga pada bagian serat tersebut mengalami kehancuran lentur tarik. Di sisi lain, bahan pelat seng masih berada dalam kondisi elastis karena nilai tegangannya tetap berada jauh di bawah tegangan leleh material tersebut.

**Tabel 2 : Analisis Tegangan Pada Material Komposit Pelat Ferosemen Berlapis Seng**

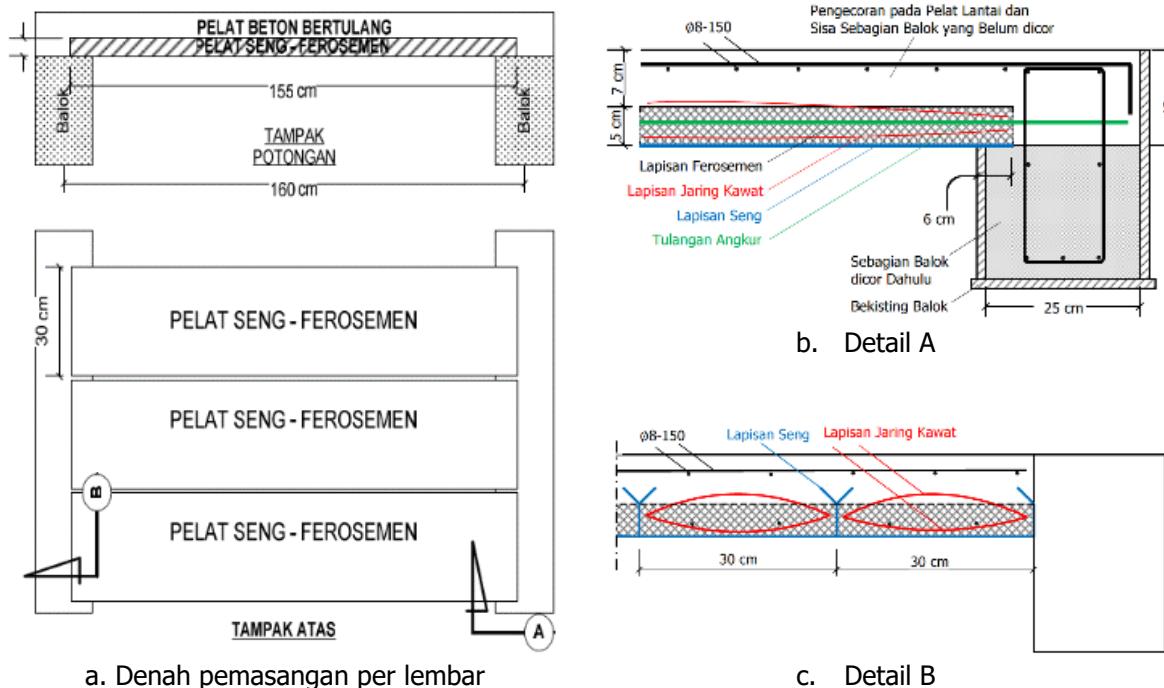
No	Bahan Komposit	Serat	Tegangan Normal (MPa)	Keterangan
1	Ferosemen (Mortar)	Atas (Tekan)	-6,23 MPa	Persamaan 1
		Bawah (Tarik)	5,64 MPa	Persamaan 1
2	Pelat Seng	Bawah (Tarik)	11,01 MPa	Persamaan 2

### **3.5 Desain Pelat Uji Coba Menggunakan Pelat Ferosemen Berlapis Seng**

Bekisting sebagai salah satu material pembentuk pelat lantai terkadang memerlukan pertimbangan pemilihannya untuk menghemat biaya konstruksi. Pemanfaatan bekisting sebagai komponen permanen pelat lantai yang turut serta menyumbangkan kekuatan lentur, akan berdampak terhadap pengurangan volume beton maupun besi tulangannya. Hal ini menyebabkan total biaya proyek dapat dioptimalkan mengingat pelat lantai merupakan elemen struktural terbesar pada sistem struktur bangunan bertingkat.

Berikut disajikan gambar desain untuk uji coba di lapangan yang menggunakan pelat seng-frosemen (frosemen berlapis seng) sebagai material inovatif untuk bekisting permanen pada pelat lantai rumah tinggal. Panjang pelat ferosemen berlapis seng dibuat sebesar 160 cm yang sesuai dengan jarak antar 2 balok. Tebal dan lebarnya adalah 5 cm dan 30 cm. Pelat seng menggunakan tebal 0,2 mm seperti yang telah digunakan sebagai benda uji kuat tarik. Pelat ferosemen berlapis seng tersebut dicetak terlebih dahulu, kemudian dilakukan pemasangan secara per lembar papan seperti pada Gambar 11a. Detail pemasangan pelat ferosemen berlapis seng tersebut dapat dilihat pada Gambar 11b dan 11c. Ketika akan dipasang pada balok, pelat ferosemen berlapis seng tersebut ditambahkan tulangan angkur yang dikaitkan pada tulangan balok seperti pada Gambar 12. Setelah pelat ferosemen berlapis seng terpasang seluruhnya, disertai juga selesainya perakitan penulangan pelat lantai satu lapis, maka lapisan beton bertulang setebal 7 cm dapat dicor diatasnya. Analogi dengan cara yang dihasilkan pada Tabel 2 sebelumnya, agar tegangan tarik ferosemen tidak melebihi kuat tarik mortar yang digunakan, maka kapasitas momen lentur untuk pelat seng-frosemen harus kurang dari 0,488 kNm. Mengingat pelat seng-frosemen berfungsi sebagai bekisting permanen, maka diasumsikan hanya dapat menerima beban terpusat maksimal dari pekerja sebesar 80 kg dan berat sendiri pelat beton bertulang 50,4 kgf/m. Jika asumsi ini benar maka pelat ferosemen

berlapis seng dalam kondisi aman, karena menggunakan Persamaan 4 menghasilkan momen lentur sebesar 0,472 kNm yang lebih rendah dari kapasitas momen lenturnya. Terbukti selama uji coba lapangan pun tidak ada laporan kegagalan struktur hingga pelat lantai dapat berfungsi menerima beban hidup.



**Gambar 11. Denah dan Detail Bekisting Pelat Ferosemen Berlapis Seng**

Pelat ferosemen berlapis seng bila dibandingkan dengan pelat beton konvesional dan bondek memiliki beberapa keunggulan dalam aspek *workability*, biaya, waktu, beban ditopang dan *sustainability*. Tabel 3 berikut merangkum perbandingan keunggulan pelat ferosemen berlapis seng terhadap pelat beton konvesional dan bondek berdasarkan luasan konstruksi seperti denah pada Gambar 11 di atas.

**Tabel 3 : Perbandingan Pelat Ferosemen Berlapis Seng dengan Pelat Beton Konvensional dan Bondek**

Aspek	Ferosemen Berlapis Seng	Beton Konvensional	Bondek
Workability	Mudah dikerjakan oleh siapa pun	Perlu tukang kayu untuk mengerjakan bekisting	Perlu tukang las dan tukang besi untuk pemasangan
Ketersediaan	Mudah diperoleh di lokasi mana pun	Umumnya tersedia luas	Tidak selalu tersedia, perlu pesan terlebih
Biaya	Lebih ekonomis (seng, ram, mortar)	Cenderung mahal (multiplek, beton segar)	Relatif mahal (produk ukuran terbatas)
Volume Beton	Lebih sedikit	Sesuai desain	Berkurang akibat tonjolan <i>emboss</i>
Waktu	Cepat, tanpa bekisting tambahan	Lama, perlu bekisting	Cepat, tanpa bekisting
Beban ditopang	Cukup untuk pekerja dan beton segar	Perlu tambahan perancah atau multiplek tebal	Cukup pekerja dan beton segar
Sustainability	Minim limbah, hemat material	Limbah multiplek dan kayu tinggi	Minim limbah, hemat material



a. Saat dicetak



b. Saat konstruksi

**Gambar 12. Pengangkuran Pelat Ferosemen Berlapis Seng Pada Balok**

### **3.6 Perbandingan Pelat Ferosemen Berlapis Seng dengan Pelat Beton Konvensional**

Dalam konstruksi bangunan bertingkat, pelat lantai merupakan elemen struktural utama yang harus memiliki kekuatan, kekakuan, serta kemudahan dalam pemasangan. Selama ini, pelat beton bertulang konvensional telah digunakan secara luas karena kekuatannya yang baik dan familiar bagi pekerja konstruksi. Namun, metode ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti kebutuhan bekisting sementara, waktu penggeraan yang relatif lama, dan berat struktur yang tinggi. Sebagai alternatif, pelat ferosemen berlapis seng menawarkan pendekatan yang lebih efisien dan inovatif melalui konsep bekisting permanen dengan beberapa kelebihan sebagai berikut:

- a. Eliminasi Bekisting Sementara dan Percepatan Waktu Konstruksi  
Pelat beton konvensional memerlukan bekisting kayu atau papan multipleks yang harus dipasang, ditopang, dan kemudian dibongkar setelah beton mengeras. Proses ini tidak hanya memakan waktu, tetapi juga meningkatkan biaya tenaga kerja dan risiko kesalahan pemasangan. Sebaliknya, pelat ferosemen berlapis seng menggunakan seng sebagai bekisting permanen, yang langsung menjadi bagian dari struktur akhir. Ini mengurangi waktu penggeraan secara signifikan dan menghilangkan kebutuhan pembongkaran bekisting.
- b. Pengurangan Berat Struktur  
Pelat beton bertulang konvensional memiliki massa jenis yang tinggi karena mengandung agregat kasar dan tulangan baja. Dalam pelat ferosemen, penggunaan mortar semen dengan wire mesh sebagai tulangan menghasilkan pelat yang lebih ringan, karena tidak menggunakan agregat kasar. Lembaran seng yang tipis dan ringan juga mendukung pengurangan beban mati, yang dapat mengurangi beban total pada struktur utama dan pondasi.
- c. Efisiensi Material dan Biaya  
Ferosemen menggunakan kombinasi semen, pasir halus, dan wire mesh dalam jumlah terbatas namun efektif dalam mendistribusikan tegangan. Selain itu, lembaran seng yang berfungsi sebagai bekisting tidak perlu dibongkar, sehingga menghemat biaya material dan mengurangi limbah konstruksi. Sebaliknya, bekisting beton konvensional bersifat sementara dan seringkali tidak dapat digunakan ulang dalam kondisi baik.
- d. Kemudahan Produksi Modular dan Penerapan Prefabrikasi

Pelat ferosemen berlapis seng dapat diproduksi secara modular dan dipasang dengan sistem prefabrikasi, memungkinkan kualitas lebih terkontrol dan pemasangan yang cepat di lapangan. Beton konvensional umumnya dibuat secara in-situ, yang lebih bergantung pada kondisi cuaca dan keterampilan tenaga kerja.

e. Potensi Keberlanjutan dan Pengurangan Limbah

Penggunaan bekisting permanen dari seng mengurangi limbah kayu dari bekisting konvensional. Selain itu, volume material yang digunakan pada ferosemen lebih sedikit, sehingga lebih ramah lingkungan jika dikembangkan dengan prinsip daur ulang dan efisiensi energi.

Pelat ferosemen berlapis seng sebagai bekisting permanen menawarkan solusi yang lebih ringan, cepat, dan efisien dibandingkan pelat beton konvensional. Inovasi ini dapat menjadi alternatif yang menjanjikan untuk bangunan bertingkat ringan hingga menengah, khususnya dalam proyek yang membutuhkan kecepatan konstruksi, efisiensi biaya, dan pendekatan berkelanjutan. Temuan dari berbagai studi mendukung keunggulan sistem pelat ferosemen berlapis seng dalam hal percepatan konstruksi, pengurangan berat struktur, efisiensi material, kemudahan produksi modular, dan keberlanjutan. Studi oleh Sudhakar Burakale & Attarde (2020) dan Bhangale et al. (2023) menunjukkan efisiensi dalam penggunaan biaya dan bahan. Sementara itu, Pardeshi & Chipade (2024) menekankan potensi prefabrikasi dan bobot struktur yang jauh lebih ringan dibanding beton konvensional. Selain itu, penggunaan bekisting permanen dari seng sebagaimana diuji oleh Minde et al. (2023) dan Saqib & Singh (2024) memperkuat posisi sistem ini sebagai solusi ramah lingkungan dan layak diterapkan pada bangunan bertingkat ringan hingga menengah.

### **3.7 Perbandingan Pelat Ferosemen Berlapis Seng dengan Bondek**

Dalam upaya mempercepat pelaksanaan struktur pelat lantai pada bangunan bertingkat, teknologi bekisting permanen telah banyak dikembangkan. Salah satu metode yang populer saat ini adalah penggunaan bondek, yaitu pelat baja bergelombang yang berfungsi sebagai bekisting sekaligus penulangan bawah pelat. Namun demikian, pelat ferosemen berlapis seng muncul sebagai alternatif inovatif yang menawarkan beberapa kelebihan signifikan dibandingkan bondek, sebagai berikut:

a. Biaya Material dan Pemasangan yang Lebih Ekonomis

Salah satu keunggulan utama pelat ferosemen berlapis seng adalah biaya produksi yang relatif lebih rendah dibandingkan bondek. Ferosemen hanya membutuhkan semen, pasir halus, dan ram kawat sebagai bahan utama, sementara seng yang digunakan sebagai bekisting permanen lebih murah dibandingkan pelat baja bondek. Selain itu, proses pemasangan pelat ferosemen tidak memerlukan pengelasan atau pengencang khusus seperti pada bondek, sehingga menurunkan biaya tenaga kerja dan peralatan. Efisiensi biaya pelat ferosemen berlapis seng tidak hanya berasal dari bahan yang lebih sederhana, tetapi juga dari metode konstruksi yang lebih praktis. Studi oleh Sudhakar Burakale & Attarde (2020) menunjukkan bahwa teknologi ferrocrete dapat menekan biaya konstruksi hingga 30% dibanding beton konvensional, berkat minimnya kebutuhan bekisting dan percepatan waktu kerja. Hal serupa ditegaskan oleh Bhangale et al. (2023), yang menemukan bahwa ferosemen memerlukan lebih sedikit material dan memungkinkan metode produksi manual yang hemat tenaga dan peralatan. Kedua temuan ini memperkuat bahwa pelat ferosemen berlapis seng memiliki keunggulan ekonomis dibanding bondek, terutama untuk proyek skala menengah yang mengutamakan efisiensi.

b. Fleksibilitas dalam Bentuk dan Ukuran

Bondek memiliki ukuran dan profil standar yang diproduksi secara pabrikasi massal. Hal ini membatasi fleksibilitas dalam menyesuaikan bentuk pelat terhadap kondisi lapangan

atau desain arsitektural tertentu. Sebaliknya, ferosemen berlapis seng dapat dibuat dengan ukuran dan bentuk yang lebih variatif sesuai kebutuhan, termasuk bentuk modular, pelat melengkung, atau kombinasi dimensi tidak standar. Saeed et al. (2022) menunjukkan bahwa pelat berbasis ferosemen dan serat baja dapat dirancang dalam berbagai konfigurasi tanpa menurunkan performa lenturnya, menandakan bahwa sistem ferosemen memiliki fleksibilitas bentuk yang tinggi sekaligus mempertahankan kekuatan struktural, menjadikannya ideal untuk proyek yang memerlukan adaptasi desain arsitektural atau kondisi lapangan yang tidak seragam.

c. Ringan dan Mudah Diangkut

Živković et al. (2024) menunjukkan bahwa penerapan lapisan ferosemen pada balok beton bertulang dapat meningkatkan kapasitas lentur hingga lebih dari 20%, menunjukkan efektivitas ferosemen sebagai elemen struktural aktif, bukan hanya pelapis ringan. Temuan ini memperkuat keyakinan bahwa pelat ferosemen berlapis seng dalam studi ini tidak hanya unggul dari sisi kemudahan transportasi, tetapi juga layak digunakan dalam aplikasi pelat lantai struktural yang memerlukan ketahanan beban lentur yang memadai.

d. Tidak Membutuhkan Peralatan Khusus

Saaqib & Singh (2024) menegaskan bahwa sistem ferosemen sangat sesuai untuk wilayah berkembang karena tidak memerlukan teknologi tinggi, dapat diproduksi secara lokal, dan tetap mampu memberikan kinerja struktural yang memadai.

e. Potensi Pengembangan Modular dan Prefabrikasi

Kajian Minde et al. (2023) menegaskan bahwa sistem ferosemen sangat cocok untuk aplikasi modular karena ringan, fleksibel dalam desain, dan dapat diproduksi tanpa fasilitas industri besar. Hal ini diperkuat oleh temuan (Saaqib & Singh, 2024) yang menunjukkan bahwa ferosemen memungkinkan penerapan komponen struktural prefab di wilayah berkembang dengan efisiensi tinggi dan sumber daya minimal. Dengan demikian, pelat ferosemen berlapis seng memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai sistem modular yang praktis, ekonomis, dan berkelanjutan.

f. Ramah Lingkungan dan Minim Limbah

Ferosemen sangat sesuai untuk struktur di wilayah berkembang karena memiliki karakteristik keberlanjutan yang tinggi. Beberapa di antaranya adalah konsumsi semen yang rendah, penggunaan tulangan kawat berdiameter kecil, serta limbah konstruksi yang minimal (Saaqib & Singh, 2024). Temuan ini selaras dengan pendekatan dalam artikel ini yang mengembangkan sistem pelat ferosemen berlapis seng sebagai solusi alternatif yang ekonomis, mudah dipasang, dan mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan.

Meskipun bondek telah terbukti efektif dalam konstruksi cepat dan modern, pelat ferosemen berlapis seng menawarkan kelebihan tersendiri dalam hal efisiensi biaya, kemudahan pengerjaan, fleksibilitas desain, dan keberlanjutan. Sistem ini sangat potensial diterapkan pada bangunan bertingkat ringan hingga menengah yang mengutamakan metode konstruksi sederhana, ekonomis, dan cepat.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian eksperimental yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pelat ferosemen berlapis seng dapat dimanfaatkan sebagai bekisting pelat lantai bangunan bertingkat, dan sistem ini menunjukkan kinerja struktural yang memadai. Pengujian kuat tarik seng dengan ketebalan 0,2 mm menghasilkan tegangan leleh sebesar 194,63 MPa. Mortar dengan perbandingan semen-pasir sebesar 1:3 memiliki nilai hasil

uji kuat tekan sebesar 22,3 MPa. Bila dikompositkan bersama 2 lapis jaring kawat dan pelat seng, terbentuk pelat ferosemen berlapis seng dengan kapasitas lentur sebesar 0,403 kNm. Dari hasil pengujian lentur, diperoleh hasil bahwa pelat ferosemen berlapis seng yang berumur 28 hari dapat dibebani hingga mencapai beban tekan lentur sebesar 365 kgf dengan lendutan sebesar 0,65 mm. Berdasarkan hasil uji coba di lapangan, pelat ferosemen berlapis seng dapat diaplikasikan secara aman sebagai bekisting permanen yang menerima beban konstruksi berupa pekerja sebesar 80 kg, dan berat sendiri pelat beton bertulang sebesar 50,4 kgf/m.

Secara khusus, penggunaan pelat ferosemen berlapis seng sebagai bekisting permanen memberikan beberapa keunggulan, antara lain:

- a. Menghilangkan kebutuhan akan bekisting konvensional yang harus dibongkar, sehingga menghemat waktu dan biaya konstruksi.
- b. Mengurangi beban mati struktur akibat massa jenis yang lebih ringan dibanding pelat beton konvensional.
- c. Meningkatkan efisiensi pemasangan di lapangan karena memungkinkan sistem modular dan prefabrikasi.
- d. Memerlukan biaya material dan pemasangan yang lebih ekonomis dibandingkan bondek
- e. Memiliki fleksibilitas dalam bentuk dan ukuran dibandingkan bondek

Secara umum, inovasi ini berkontribusi terhadap praktik konstruksi yang lebih efisien, cepat, dan berkelanjutan. Penggunaan material dalam volume yang lebih kecil, potensi daur ulang komponen seperti seng dan wire mesh, serta pengurangan limbah bekisting menjadikan sistem ini lebih ramah lingkungan dan ekonomis untuk proyek-proyek skala menengah dan ringan. Dengan mempertimbangkan hasil kinerja dan manfaat yang diperoleh, pelat ferosemen berlapis seng layak dipertimbangkan sebagai alternatif inovatif dalam pengembangan teknologi pelat lantai struktural, terutama di kawasan dengan keterbatasan sumber daya atau tuntutan efisiensi konstruksi.

## DAFTAR RUJUKAN

- ASTM A370-24a. (2024). *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 - Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. BSN.
- Balshankar, B., & Matkar, R. B. (2022). Ferrocement Construction Technology in Sustainable Construction. *Journal of Advances in Science and Technology*, 19(1). www.ignited.in
- Bhangale, S., Sutar, S., Solankar, P., Tajne, H., & Pwar, S. (2023). Comparative Study of Ferrocement and R.C.C Structure. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 5(4), 2582–2590. <https://doi.org/10.56726/irjmets36114>
- Christian, M., & Kushartomo, W. (2023). Analisis Perbandingan Efektifitas Beton Pelat Lantai Dengan Metode Bondek dan Konvensional. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(3), 627–634.

- Daniel, L., Daniel, Jvl., Ram, Srl., Devi, Pi., Author, C., & Krishnamoorthy, P. (2015). Experimental Impact Studies and Model on Ferrocement Slabs. *International Journal of Frontiers in Science and Technology*, 3(4), 19–24. [www.ijfstonline.org](http://www.ijfstonline.org)
- Elsanosi, A. (2019). Low Cost Ferrocement Composite Roof/Floor System. *Civil Engineering Beyond Limits*, 1(1), 1–4. <https://doi.org/10.36937/cebel.2020.001.001>
- Kencanawati, N. N., Merdana, I. N., & Darmawan, N. K. I. (2022). Kajian Kekangan Kawat Anyam Sebagai Material Perbaikan Kerusakan Kolom Beton Bertulang Akibat Beban Aksial Sentris. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 18(1), 30. <https://doi.org/10.25077/jrs.18.1.30-41.2022>
- Makhlof, M. H., Alaa, M., Khaleel, G. I., Elsayed, K. M., & Mansour, M. H. (2024). Shear Behavior of Reactive Powder Concrete Ferrocement Beams with Light Weight Core Material. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s40069-024-00684-x>
- Minde, P., Bhagat, D., Patil, M., & Kulkarni, M. (2023). A state-of-the-art review of ferrocement as a sustainable construction material in the Indian context. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.250>
- NorHidayati. (2022). Implementasi Ferrocement Curved Slab Terhadap Daktilitas. *Journal of Civil Engineering and Vocational Education*, 9(2), 2622–6774. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/cived/index>
- Obaid, A. H., & Jaafer, A. A. (2022). Experimental investigation of ferrocement sandwich composite jack arch slab. *Asian Journal of Civil Engineering*, 23(7), 1155–1168. <https://doi.org/10.1007/s42107-022-00467-3>
- Pardeshi, A. R., & Chipade, A. M. (2024). Comparative Analysis of LGSF-Ferrocement Composite Construction Technology As a Sustainable Alternative to RCC: A Case Study. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 6. <http://www.ijert.org>
- Rahman, A., Bachtiar, G., & Daryati. (2013). Studi Kuat Lentur Pelat Ferrocement Dengan Lapisan Lembaran Aluminium Sebagai Bekisting Tetap Pada Material Pelat Lantai Bangunan Bertingkat. *Jurnal Menara*, 8.
- Saaqib, H., & Singh, E. (2024). Evaluation Of Ferrocement As A Sustainable Reinforcement Material In Concrete Structures For Developing Regions. *Educational Administration Theory and Practice*, 5706–5715. <https://doi.org/10.53555/kuey.v30i1.9213>
- Saeed, H. Z., Saleem, M. Z., Chua, Y. S., & Vatin, N. I. (2022). Research on Structural Performance of Hybrid Ferro Fiber Reinforced Concrete Slabs. *Materials*, 15(19). <https://doi.org/10.3390/ma15196748>

- Sekaryadi, Y., & Hermawan, A. (2020). Evaluasi Pelat Lantai Beton Pracetak (Precast) ke Pelat Lantai Beton Konvensional Pada Gedung Rusunawa Sukabumi. *Jurnal Momen*, 03(01), 49–56.
- Shaheen, Y., El-Naby, R., Erfan, A., & Mohamed, M. (2023). *Structural Behavior of Light Weight Ferrocement Beam*. <https://www.researchgate.net/publication/371987597>
- SNI 2049-7. (2022). *Bagian 7: Metode Uji Kuat Tekan Mortar Semen Hidraulis (Menggunakan Spesimen Kubus Ukuran 2 in atau 50 mm)*.
- Sudhakar Burakale, A., & Attarde, M. (2020). Analysis and Cost Effectiveness by using Ferrocrete Construction Technology in Feasible Construction. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. www.ijirset.com
- Ugural, A. C., & Fenster, S. K. (2020). *Advanced Mechanics of Materials and Applied Elasticity* (6th ed.). Pearson.
- Yaswanth, Nachiar, S., & Sekar, A. (2017). Flexural Behaviour of Ferrocement Slab Panels Using Carbon Fibers. *Journal of Industrial Pollution Control*, 33, 1242–1245. <https://www.researchgate.net/publication/321700353>
- Živković, D., Blagojević, P., Kukaras, D., Cvetković, R., & Ranković, S. (2024). Comprehensive Analysis of Ferrocement-Strengthened Reinforced Concrete Beam. *Buildings*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/buildings14041082>