



*Research Articles*

## **Pengaruh Specific Surface dari Tulangan Galvanised Welded Wire-Mesh terhadap Daktilitas Displasemen Panel Ferrocement**

### *The Influence of Specific Surface of Galvanised Welded Wire-Mesh on Displacement Ductility of Ferrocement Panel*

**I Nyoman Merdana\*, Fathmah Mahmud, I Dewa Gede Jaya Negara,  
I Wayan Suteja, Nengah Erna Purnama Devi, Nazula Muthia Sahlani**

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

*\*corresponding author, email : [nmerdana@unram.ac.id](mailto:nmerdana@unram.ac.id)*

Manuscript received: 21-02-2026. Accepted: 29-03-2026

#### **ABSTRAK**

Untuk konstruksi bangunan yang berada pada daerah yang beresiko gempa tinggi dikehendaki adanya perilaku material yang daktil yang mana kondisi ini dapat dipenuhi dengan menggunakan Ferrocement. Ferrocement telah banyak digunakan sebagai bahan konstruksi dan perkuatan pada struktur yang telah rusak karena sifatnya yang unik. Dalam studi ini diteliti tentang pengaruh Specific surface tulangan wire-mesh terhadap perilaku Displacement ductility dari panel Ferrocement. Untuk pengujian telah disiapkan panel Ferrocement berukuran 20x200x600mm yang dibuat dengan matrik 1Pc:3Ps dan fas=0.50. Panel Ferrocemen diberikan tulangan berupa Galvanised welded wire-mesh berbagai ukuran lubang bukaan dan diameter wire-mesh, yang mana dipasang tersebar merata pada penampang Ferrocement. Adapun variabel utama dalam riset ini adalah nilai Specific surface  $S_r$ . Pengujian panel Ferrocement dilakukan dengan cara pengujian lentur sesuai SNI 4431:2011 dan dari analisis data disimpulkan bahwa Displacement ductility meningkat seiring dengan bertambahnya nilai Spesific surface serta untuk daerah gempa disarankan menggunakan nilai Specific surface minimal  $4\text{mm}^2/\text{mm}^3$ .

**Kata kunci:** Specific surface, Wire-mesh, Ferrocement, Daktilitas displasemen, Perilaku lentur

#### **ABSTRACT**

For building construction located in high-risk seismic zone, ductile material is required which can be fulfilled with Ferrocement. Ferrocement has been widely applied as construction material and strengthening damaged structures due to its unique properties. In this study, the effect of Specific surface of wire-mesh reinforcement on the Displacement ductility behaviour of Ferrocement panels was investigated. Ferrocement panels of 20x200x600mm, made of 1Pc:3Ps mortar and water-cement ratio of 0.50, was prepared. The Ferrocement panels were reinforced with evenly distributed Galvanised welded wire-mesh having various opening sizes and wire-mesh diameter. The main variable in this research is the Specific surface. Ferrocement panels were tested with third-point loading correspond to SNI 4431:2011. Based on data analysis it was concluded that Displacement ductility raised as the Specific surface  $S_r$  increase. Furthermore, minimum specific surface of  $4\text{mm}^2/\text{mm}^3$  is recommended for seismicity zone.

**Keywords:** Specific surface, Wire-mesh, Ferrocement, Displacement ductility, Flexural behaviour

## PENDAHULUAN

Ferrocement adalah beton unik yang berbeda dibandingkan beton bertulang konvensional yang dikenal selama ini terutama dalam hal cara penulangannya. Ferrocement diberikan tulangan dalam bentuk lapisan-lapisan Wire-mesh halus dengan jarak yang berdekatan dan tertanam didalam mortar. Beton ini dapat dibentuk menjadi panel-panel atau komponen-komponen tipis dengan ketebalan sampai kurang dari 25mm tebalnya, hanya dengan lapisan mortar tipis di atas lapisan tulangan terluar. Tidak seperti beton konvensional, tulangan ferosemen dapat dirakit menjadi bentuk akhir yang diinginkan dan mortar dapat dipleset langsung di tempatnya tanpa menggunakan cetakan.(ACI 549.1R-18, 2018). Ferrocement telah banyak diaplikasikan sebagai bahan pada bangunan *non-engineered construction* di negara-negara berkembang seperti Bangladesh, India, Pakistan. Namun aplikasi teknologi Ferrocement di Indonesia tidak begitu populer. Ferrocement telah dipergunakan sejak lama pada konstruksi bangunan dan untuk perbaikan bangunan, tangki, atap, silo dan struktur lainnya. (Gaidhankar *et al.*, 2017), (Usman & Shahrudin, 2018). Ferrocement juga populer digunakan untuk tujuan perkuatan balok beton, kolom dan juga pelat ((Kaish *et al.*, 2018), (Kaish *et al.*, 2018)).

Lombok yang merupakan bagian dari jajaran kepulauan Nusa Tenggara adalah daerah gempa beresiko tinggi, hal ini dapat diketahui dari catatan sejarah kegempaan Indonesia yang dilaporkan BMKG. Berdasarkan Katalog Gempa Bumi Signifikan dan Merusak (Karnawati *et al.*, 2025) serta Katalog Tsunami Indonesia 2025 (Riama *et al.*, 2025) bahwa sampai dengan tahun 2023 di kepulauan Nusa Tenggara setidaknya telah terjadi sebanyak 62 kali gempa besar dengan magnitude lebih dari 6,5SR. Di Lombok terakhir terjadi Gempa 6,9SR tahun 2018, NTT tahun 2021 dengan magnitude 7,5SR dan Maluku tahun 2023 dengan 7,5SR. Untuk mendapatkan struktur bangunan tahan gempa adalah disyaratkan, salah satunya material yang bersifat daktil (*Ductile*). Sifat material yang daktil didefinisikan sebagai suatu material yang mampu mengalami deformasi yang besar secara berulang kali tanpa mengalami keruntuhan tiba-tiba. Kajian tentang perilaku lentur dan Daktilitas Ferrocement telah dilaporkan oleh sejumlah peneliti. Beberapa diantaranya yaitu oleh (Alaa *et al.*, 2025), (Shaheen *et al.*, 2023), (Inayah & Chairunnisa, 2022), (Kencanawati *et al.*, 2022), dan (Aules *et al.*, 2022).

Perilaku lentur balok ferrocement berongga secara eksperimental dan numerik telah diteliti oleh (Alaa *et al.*, 2025). Pada riset tersebut digunakan lima balok ferrocement yang diberikan tulangan, baik dengan Welded wire-mesh atau Expanded metal-mesh dan memiliki inti berupa Expanded foam core. Perilaku struktural balok yang diteliti meliputi pengukuran retak pertama, defleksi, beban maksimum, mode kegagalan, pola retak, dan Indeks daktilitas. Dalam riset tersebut juga melibatkan model numerik yang divalidasi menggunakan data eksperimental. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan lapisan kedua tulangan Expanded wire-mesh pada balok ferrocement secara signifikan meningkatkan kinerjanya. Penambahan tulangan tadi menghasilkan peningkatan kapasitas beban ultimate dan defleksi maksimum.

(Shaheen *et al.*, 2023) telah menguji sepuluh balok Ferrocement berisikan beton ringan sebagai inti (*Lightweight concrete core*) yang diperkuat dengan Wire-mesh baja sebagai tulangan geser. Sebagai pembanding telah disiapkan dua balok beton normal konvensional. Dalam riset tersebut beberapa variable utama seperti jenis beton ringan yang digunakan sebagai inti, tipe balok beton, bentuk dan jumlah lubang, tulangan *Steel mesh fabrics* dan penempatan lubang. Pengujian dilakukan tersebut untuk memperoleh Indeks daktilitas, mode keruntuhan, beban retak, beban ultimit dan defleksinya. Dari rangkain pengujian tersebut salah-satu fakta bahwa penggunaan Ferrocement, berbagai bahan pengisi, dan *Welded wire-mesh* sebagai pengganti tulangan geser konvensional dapat meningkatkan beban maksimum 36,6–107,3%, defleksi maksimum 6–272%, dan daktilitas sebesar 89–1155% jika dibandingkan dengan balok balok beton konvensional. Ketika rasio lubang meningkat dari 10 menjadi 20%, daktilitas balok Ferrocement meningkat sebesar 307,7%. Dalam studi tersebut tidak ada informasi lebih lanjut terkait nilai Fraksi volume tulangan  $V_f$  ataupun Spesific surface  $S_r$  dari Wire-mesh yang

dipergubakan sebagai Ferrocement. Selanjutnya, pengujian kuat lentur Ferrocement dan Ferro-Geopolymer telah dilakukan oleh (Inayah & Chairunnisa, 2022) dengan panel berukuran 750x350x35mm. Dalam studinya dipergunakan Ferrocement dan Ferro-Geopolymer dengan berbagai jumlah lapisan Wire-mesh dan cara perawatan yang berbeda-beda. Jumlah lapisan Wire-mesh yang diterapkan sampai dengan 3 lapis Wire-mesh, namun belum ada informasi lebih detail mengenai nilai Fraksi volume ataupun Specific surfaces dari Wire-mesh yang digunakan sebagai tulangan. Dari Riset tersebut dilaporkan bahwa kuat lentur Ferrocement dan Ferro-Geopolymer meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah lapisan Wire-mesh yang diberikan.

Kemudian (Kencanawati *et al.*, 2022) dan juga (Aules *et al.*, 2022) melakukan riset tentang perkuatan kolom beton dengan Ferrocement jacketing. (Kencanawati *et al.*, 2022) melaporkan tentang kemampuan komposit Ferrocement untuk perbaikan kolom, yaitu mengetahui pengaruh kekangan Ferrocement terhadap kolom beton bertulang yang telah diberikan beban aksial sentris. Dalam studi tersebut digunakan sembilan buah kolom beton bertulang tampang persegi dengan ukuran 15x15x100cm yang diperkuat dengan Ferrocement. Sebagai kolom kontrol dibuat enam buah kolom beton konvensional berukuran 12x12x100cm. Sebagai perbaikan kolom maka benda uji diberikan kekangan dengan Welded wire-mesh dengan tiga variasi diameter kawat yaitu 0.5mm, 1mm, dan 1.5mm.

Hasil memberikan fakta diantaranya, bahwa kemampuan menahan beban pada kolom yang diperbaiki dengan Ferrocement menjadi lebih besar dibandingkan dengan kolom awal yang tanpa kerusakan. Disamping itu disebutkan juga bahwa diameter Wire-mesh yang digunakan adalah salah satu faktor yang perlu dipertimbangkan untuk efektifitas Ferrocement sebagai bahan perbaikan kolom. Selanjutnya (Aules *et al.*, 2022) dalam risetnya dibuat lima-belas kolom beton berbagai bentuk tampang dan ukuran. Kolom-kolom tersebut dibuat dari beton bertulang dikekang dengan Ferrocement, CFRP dan kombinasi antara Ferrocement dan CFRP, baik dengan pengekangan penuh (Fully confined) dan pengekangan secara parsial (Partially confined).

Dalam studi tersebut ditetapkan material pengekang (Ferrocement, CFRP dan kombinasinya), bentuk penampang, dan jenis pengekangan yaitu Fully-confined dan Partially-confined sebagai parameter penelitian. Dari serangkaian pengujian diperoleh bahwa pengekangan dengan Ferrocement, baik Fully-confined maupun Partially-confined, meningkatkan penyerapan energi 520%-870%. Namun, dengan mengkombinasikan Ferrocement dan CFRP memberikan efek penyerapan energi yang tertinggi. Secara umum, semua teknik pengekangan yang digunakan dalam penelitian tersebut secara signifikan meningkatkan daktilitas. Spesimen yang diperkuat hanya dengan CFRP mencapai daktilitas tertinggi dibandingkan dengan teknik lainnya. Dalam studi-studi tersebut tadi tidak tersedia informasi lebih lanjut terkait nilai Fraksi volume tulangan  $V_f$  ataupun Specific surface  $S_r$  dari Wire-mesh yang dipergunakan pada Ferrocement.

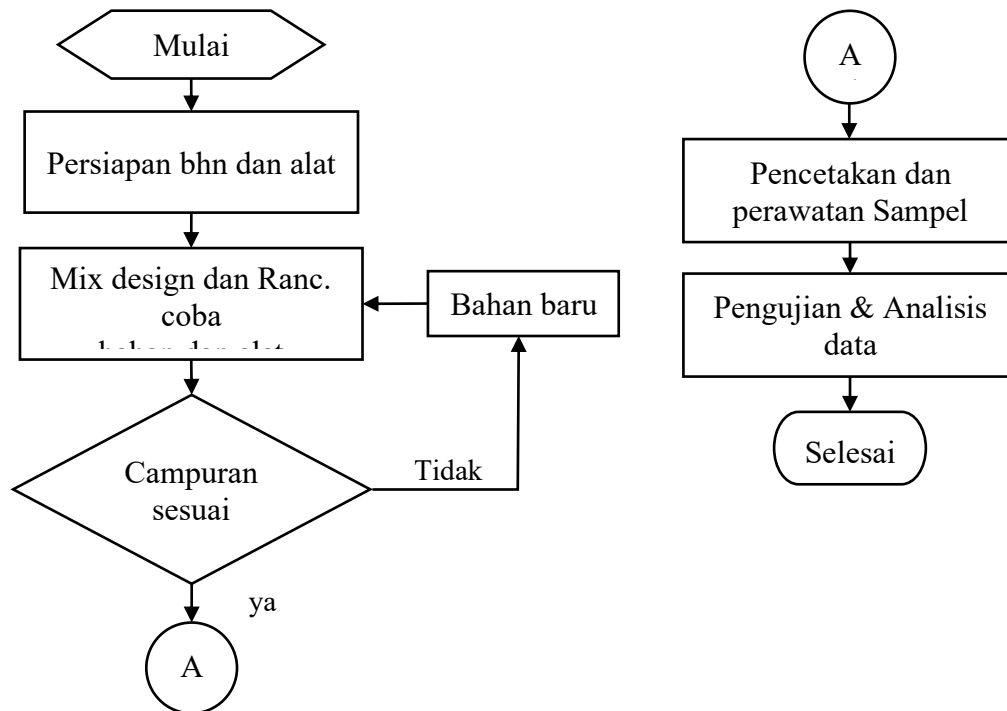
Semua penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa Ferrocement efektif untuk bahan perkuatan struktur. Selanjutnya dalam artikel ini dibahas tentang bagaimana pengaruh dari specific surface dari Wire-mesh terhadap Displacement ductility dari panel Ferrocement. Dalam studi ini dibahas daktilitas panel Ferrocement yang dibuat dengan perkuatan berupa Galvanised welded wire-mesh dengan nilai Specific surfaces yang bervariasi.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap besar, tahap pertama yaitu persiapan bahan, peralatan, serta uji pendahuluan bahan. Selanjutnya tahap kedua yaitu rancangan mix design dan uji coba campuran, pembuatan benda uji serta perawatannya. Tahap terakhir adalah tahap pengujian dan analisa data. Secara umum pentahapan penelitian ini dijabarkan pada Gambar 1.

### ***Bahan dan Pengujian Pendahuluan***

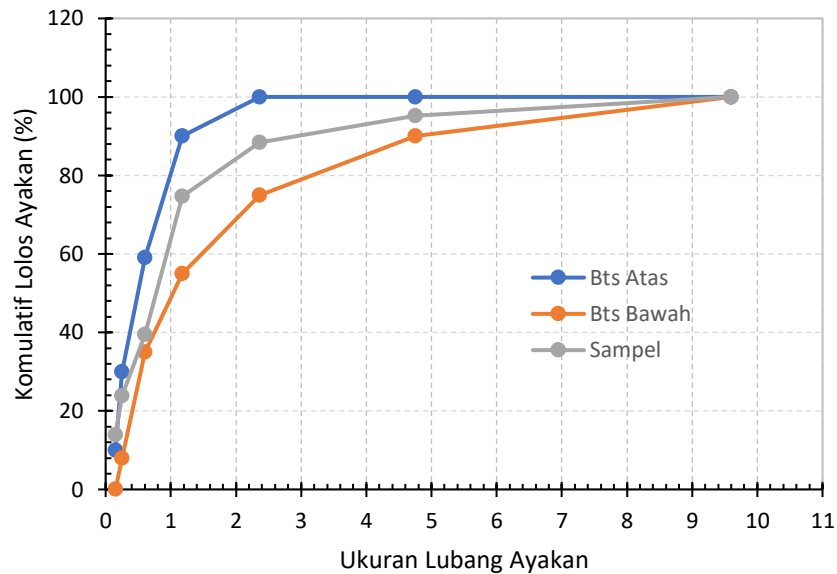
Dalam studi ini adapun mortar yang digunakan sebagai matrik untuk Ferrocement adalah mortar dengan perbandingan volume 1PC:3Ps dengan fas=0.50. Adapun karakteristik bahan untuk mortar dan uji pendahuluan yang bersesuaian dirangkum pada Tabel 1. Pasir yang digunakan adalah pasir yang memenuhi persyaratan gradasi dari ACI (ACI 549.1R-18, 2018) dan gradasinya diuji sesuai SNI (SNI ASTM C136:2012, 2012). Adapun grafik hasil uji gradasi pasir dapat dilihat pada Gambar 2. Dari Gambar 2 tersebut nampak bahwa pasir yang tersedia telah memenuhi syarat sebagai bahan pembuatan mortar untuk Ferrocement. Sedangkan untuk tulangan Ferrocement digunakan Wire-mesh berlapis Galvanis dengan bukaan bujur sangkar memiliki lubang nominal rata-rata 12.43mm, 18.76mm dan 25.08mm yang mana masing masing berdiameter 0.53mm, 0.60mm dan 0.72mm.



Gambar 1 Bagan alir proses pelaksanaan penelitian

Tabel 1. Resume karakteristik bahan Ferrocement

Material	Jenis Uji	Nilai	Rujukan SNI/ASTM
Pasir sungai	Analisa Saringan Mod. Halus butir	Gambar 2 2.80	(SNI ASTM C136:2012, 2012) (SNI ASTM C136:2012, 2012)
	Berat satuan gembur	1304 kg.m <sup>-3</sup>	(SNI 03-4804:1998, 1998)
	Berat Jenis, SSD	2210 kg.m <sup>-3</sup>	(SNI 1970:2008, 2008)
	Penyerapan	9.48%	(SNI 1970:2008, 2008)
	Kadar Lumpur	3.21%	(SK SNI S-04-1989-F, 1989)
Semen PPC	Uji visual	Tdk menggumpal	(SNI 15-0302-2004, 2014)
Galvanized Welded wire-mesh	Dia. kawat mesh; Ukuran lubang mesh	0.53; 0.60; 0.72 12.43; 18.76; 25.08	--- ---
Air	Uji visual dan bau		(SNI 03-6817:2002, 2002)



Gambar 2. Grafik hasil uji gradasi pasir Sungai (ACI 549.1R-18, 2018), (SNI ASTM C136:2012, 2012)

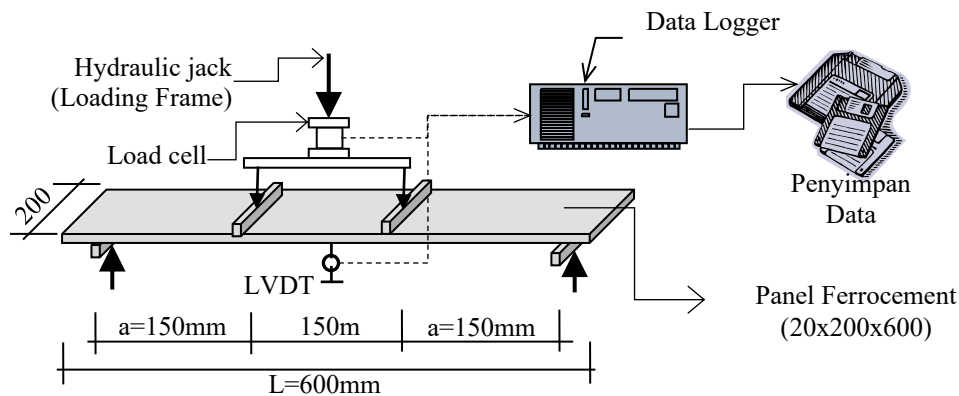
**Desain Benda Uji dan Peralatan**

Pada Tabel 2 di cantumkan rancangan benda uji Ferrocement yang telah disiapkan. Panel Ferrocement yang digunakan adalah berukuran sama 20x200x600mm yang mana diberikan tulangan wire-mesh dengan Specific surface  $S_r$  yang bervariasi sebagaimana terangkum pada Tabel 2. Ukuran diameter wire-mesh dan lubang bukaan pada Tabel 2 tersebut adalah hasil rata-rata tiga pengukuran secara acak terhadap sampel Wire-mesh. Untuk menentukan kuat tekan mortar dari Ferrocement disediakan kubus dengan ukuran rusuk 50mm yang diuji bersamaan dengan pengujian lentur panel Ferrocement. Kuat tekan mortar diuji dengan rujukan (SNI 03-6825:2002, 2002) dengan nilai rata-rata  $f'_c=26\text{MPa}$ . Nilai Fraksi volume  $V_f$  dan Specific surface tulangan  $S_r$  dari panel Ferrocement, yang berupa Welded wire-mesh dengan lubang bukaan bujur sangkar, dihitung sesuai dengan Section 3.2 dan Appendix A dari ACI (ACI 549.1R-18, 2018).

Dalam riset ini digunakan peralatan utama berupa Compression testing machine untuk uji kuat tekan mortar, Loading frame, Load cell, LVDT, Microcrack meter dan Data logger untuk pengujian lentur panel Ferrocement. Pengaturan benda uji panel Ferrocement serta peralatan-peralatan tersebut dijelaskan pada Gambar 3 yang diadopsi dari (SNI 4431:2011, 2011)

Tabel 2. Rancangan benda uji panel Ferrocement

No	Kode	Jumlah Lapis Wire-mesh	Diam. Wire-mesh (mm)	Ukuran lubang rata-rata (mm)	Fraksi Vol. Wire-mesh $V_f(\%)$	Specific surfaces $S_r(\text{mm}^2/\text{mm}^3)$
1	F2-1	1	0.53	12.43	0.18	1.35
2	F2-2	2	0.53	12.43	0.36	2.70
3	F2-3	3	0.53	12.43	0.54	4.04
4	F2-4	4	0.53	12.43	0.72	5.39
5	F3-1	1	0.60	18.76	0.15	1.00
6	F3-2	2	0.60	18.76	0.30	2.00
7	F3-3	3	0.60	18.76	0.45	3.00
8	F3-4	4	0.60	18.76	0.60	4.01
9	F4-1	1	0.72	25.08	0.16	0.90
10	F4-2	2	0.72	25.08	0.32	1.79
11	F4-3	3	0.72	25.08	0.48	2.69
12	F4-4	4	0.72	25.08	0.64	3.59



Gambar 3. Pengaturan Pengujian Lentur Panel Ferrocement Diadopsi dan Penyesuaian dari (SNI 4431:2011, 2011)

### Pengujian Benda uji Ferrocement.

Panel Ferrocement yang diuji adalah sampel yang telah melalui perawatan. Perawatan dilakukan dengan menjaga permukaan panel tetap lembab dengan penyemprotan air bersih selama 3 minggu dan selanjutnya dibiarkan kering angin sampai saat pengujian lentur. Bersamaan dengan pengujian lentur dilakukan juga pengujian kuat tekan mortar Ferrocement dengan kubus beton 50x50mm. Selama pengujian panel Ferrocement maka Loading-rate telah diusahakan konstan. Data yang direkam secara otomatis dengan Data logger adalah beban yang dikerjakan, displasemen tengah bentang yang kemudian selanjutnya dapat dilakukan Analisis data.

### Kuat Lentur dan Displasemen Ductility panel Ferrocement

Kuat momen lentur  $M_n$  Ferrocement hasil pengujian eksperimen kemudian dibandingkan dengan Kuat lentur hasil prediksi secara teoritis. Setidaknya terdapat lima teori pendekatan yang dapat digunakan untuk prediksi kuat lentur Ferrocement yaitu Metode analisis plastis, Metode pendekatan mekanisme, Metode penyederhanaan (Naaman & Homrich, 1986) (ACI 549.1R-18, 2018), Gene Expression Programming model, dan metode GMDH (Naderpour et al., 2020). Dengan pertimbangan kesederhanaan rumus maka untuk menentukan nilai kuat lentur  $M_n$  teoritis dari panel Ferrocement digunakan *Simplified method* merujuk ACI (ACI 549.1R-18, 2018) seperti rumus (1)

$$M_n = \left( 0.005 + 0.422 \frac{V_f f_y}{f'_c} - 0.0772 \left( \frac{V_f f_y}{f'_c} \right)^2 \right) f'_c b h^2 \eta \quad \dots(1)$$

Dimana:

- $V_f$ = fraksi volume wire-mesh
- $f_y$ =kuat leleh wire-mesh
- $f'_c$ =kuat tekan matrik Ferrocement
- $\eta$ =faktor efesiensi global

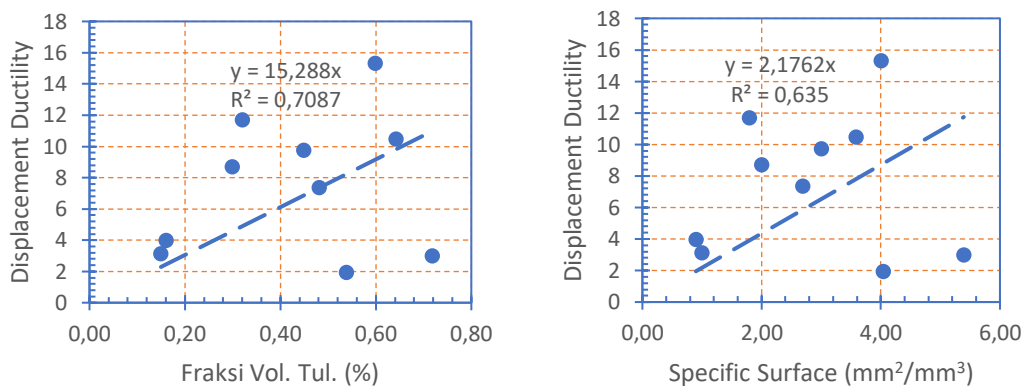
Displacement ductility  $\mu_\delta$  adalah rasio antara displasemen pada kondisi beban ultimit  $\delta_u$  dan displasemen pada kondisi tulangan leleh  $\delta_y$ . Untuk konstruksi beton penetapan displasemen  $\delta_y$  adalah

sangat sulit dilakukan dengan akurat. Untuk menentukan nilai daktilitas setidaknya terdapat tiga metode (Conventional ductility ratio, Deformation based ductility dan Energy based ductility), dan terdapat minimal dua-belas kombinasi bagaimana menentukan nilai  $\delta_u$  dan  $\delta_y$ . (Ling et al., 2023; Orientilize et al., 2023). Dalam studi ini  $\delta_u$  dan  $\delta_y$  masing masing ditentukan dari kurva hubungan beban vs displasemen dari masing masing benda uji. Nilai  $\delta_u$  ditetapkan sebagai displasemen maksimum yang dicapai bersesuaian dengan  $P_{u,maks}$  dan  $\delta_y$  adalah displasemen yang bersesuaian dengan beban leleh  $P_y$  ( $=\frac{2}{3}P_{u,maks}$ ) untuk pertimbangan lebih konservatif (Kim et al., 2022; Ling et al., 2023).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Lentur Panel Ferrocement

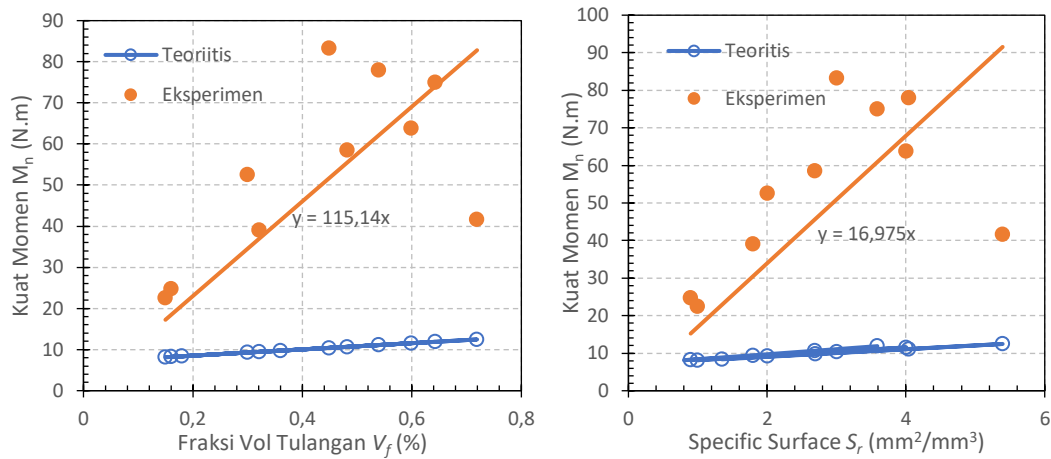
Sampel Ferrocement yang telah melalui proses perawatan selanjutnya diuji dengan beban lentur mengadopsi SNI (SNI 4431:2011, 2011) dan Setting-up pengujian dimaksud dapat dilihat pada Gambar 3. Kuat lentur panel Ferrocement hasil pengujian di laboratorium kemudian dibandingkan dengan Kuat lentur perhitungan teoritis yang dihitung dengan Simplified method. (ACI 549.1R-18, 2018). Setelah melalui serangkaian pengujian dan proses analisis data maka diperoleh grafik hubungan antara Fraksi volume  $V_f$  dan kuat momen lentur sebagaimana dihitung dengan Persamaan (1) seperti pada Gambar 5.



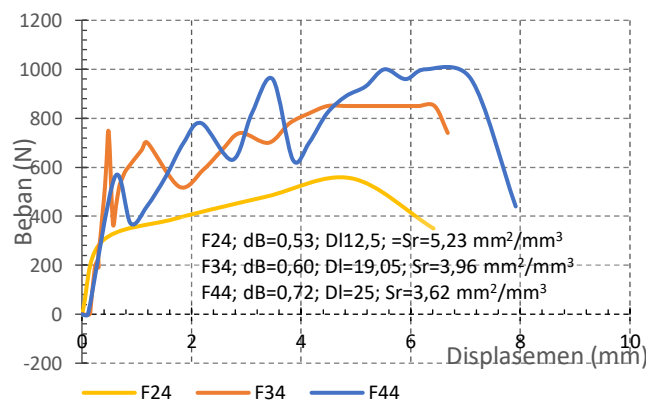
Gambar 4 Grafik Hubungan Fraksi Volume  $V_f$  vs Displacement Ductility dan Hubungan Specific Surface vs Displacement Ductility Panel Ferrocement

Dari Gambar 4 dapat diketahui secara umum bahwa Daktilitas meningkat seiring dengan peningkatan nilai Specific Surface  $S_r$  maupun Fraksi volume  $V_f$  dari tulangan Ferrocement. Data ini juga konsisten dengan temuan yang telah dilaporkan oleh (Aules et al., 2022; Kaish et al., 2015), Merujuk kepada dokumen NEHRP (FEMA P-2082-1, 2020) Ductility demand dibedakan berdasarkan zona gempa. Secara umum disyaratkan sebuah struktur untuk memiliki nilai daktilitas tidak-kurang dari 8 untuk daerah beresiko gempa tinggi dan tidak-kurang dari 4 untuk daerah gempa moderat. Berdasarkan pada Gambar 4 tadi, bila diinginkan untuk mendapatkan nilai Daktilitas 8 maka setidaknya harus disediakan Wire mesh dengan nilai  $V_f \geq 0,50\%$  atau  $S_r \geq 4\text{mm}^2/\text{mm}^3$ .

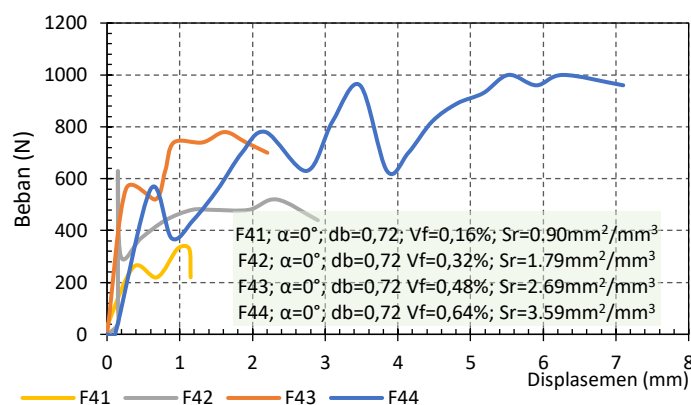
Gambar 5 memberikan informasi Hubungan Fraksi volume vs kuat Momen Nominal, dan hubungan Specific surface vs kuat Momen nominal panel Ferrocement baik hasil pengujian maupun prediksi secara teoritis, yang dihitung sesuai dengan ACI (ACI 549.1R-18, 2018).



Gambar 5. Grafik Hubungan  $V_f$  vs  $M_n$  dan Hubungan  $S_r$  vs  $M_n$  Panel Ferrocement, Hasil Eksperimen dan Prediksi Teoritis



Gambar 6. Grafik Hubungan Beban vs Displasemen Panel Ferrocement dengan Berbagai Specific Surface (Panel dengan 4 lapis Wire-mesh)



Gambar 7. Grafik Hubungan Beban vs Displasemen Panel Ferrocement dengan Berbagai Specific Surface untuk Mesh lubang 25,08mm

Gambar 6 dan Gambar 7 adalah grafik hubungan Beban  $P$  vs Displasemen  $\delta$  tengah bentang dari panel Ferrocement. Pada Gambar 7 diperlihatkan grafik hubungan beban vs displasemen Tengah bentang untuk panel Ferrocement dengan lubang bukaan 1” (25.08mm) serta nilai  $S_r$  yang bervariasi. Dari tersebut dapat diketahui bahwa daktilitas panel Ferrocement meningkat seiring dengan

bertambahnya jumlah lapisan wire-mesh. Temuan ini sama dengan yang dilaporkan oleh (Kaish *et al.*, 2015) dan juga (Aules *et al.*, 2022). Dilain pihak dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa penggunaan diameter kawat yang lebih besar dapat meningkatkan kinerja daktilitas. Hal ini sejalan dengan laporan dari (Kencanawati *et al.*, 2022).

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis data dapat disimpulkan bahwa Displacement ductility dari panel Ferrocement meningkat seiring bertambahnya nilai Specific surfaces  $S_r$  dan diameter kawat yang lebih besar dapat memberikan Displacement ductility yang lebih tinggi untuk jumlah lapis wire mesh yang sama. Lebih lanjut bahwa untuk mendapatkan indek Ductility minimal 8 untuk daerah gempa beresiko tinggi maka setidaknya harus disediakan tulangan wire-mesh dengan nilai  $S_r$  tidak kurang dari  $4\text{mm}^2/\text{mm}^3$ . Untuk perhitungan Momen nominal  $M_n$  panel Ferrocement dengan pendekatan Simplified method memberikan hasil yang sangat konservatif.

## Ucapan Terimakasih

Terimakasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Mataram dan Fakultas Teknik Universitas Mataram atas pendanaan riset ini melalui DIPA BLU (PNBP) Tahun anggaran 2025 dengan kontrak nomor 3240/UN18.L1/PP/2025. Penghargaan yang tinggi juga disampaikan kepada seluruh staf Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram atas dukungan peralatannya sehingga riset ini dapat terlaksana.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI 549.1R-18. (2018). Design Guide for Ferrocement [Standard]. American Concrete Insitute. [https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/549.1R-18\\_preview.pdf](https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/549.1R-18_preview.pdf)
- Alaa, M., Makhoulf, 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, Engineering-Civil Engineering*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s40069-025-00772-6>
- Aules, W. A., Saeed, Y. M., Al-Azzawi, H., & Rad, F. N. (2022). Experimental Investigation on Short Concrete Columns Laterally Strengthened with Ferrocement and CFRP. *Case Studies in Construction Materials*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01130>
- FEMA P-2082-1. (2020). NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures: Volume I (Sept 2020). Building Seismic Safety Council (BSSC).
- Gaidhankar, D. G., Kulkarni, M. S., & Jaiswal, A. R. (2017). Ferrocement Composite Beams Under Flexure. *04(10)*, 117–124.
- Inayah, Y., & Chairunnisa, N. (2022). Compressive and Flexural Behavior of Ferrocement and Ferro-Geopolymer Using Various Number of Wire Mesh Layers. *Jurnal Cerucuk*, 6(7), 481–496. <https://doi.org/10.20527/crc.v6i7.13209>
- Kaish, A. B. M. A., Jamil, M., Raman, S. N., & ZAin, M. F. M. (2015). Axial Behavior of Ferrocement Confined Cylindrical Concrete Specimens with Different Sizes. *Construction and Building Materials*, 78, 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.01.044>
- Kaish, A. B. M. A., Jamil, M., Raman, S. N., Zain, M. F. M., & Nahar, L. (2018). Ferrocement composites for strengthening of concrete columns: A review. *Construction and Building Materials*, 160, 326–340. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.054>

- Karnawati, D., Riama, N. F., Daryono, Weniza, Hidayanti, Anggraini, S., Rudianto, Kriswinarso, T., Anugrah, S. D., Pandadaran, S. H., Apriani, M., Maimuna, A. K., Setiawati, E. E., Aditya, G. P., Aristy, S. A., Panjaitan, O., Yagoswara, D. S., Yatimantoro, T., Arimuko, A., ... Ghifari, M. H. (2025). Katalog Gempa Bumi Signifikan & Merusak Tahun 1821–2024 (Cetakan Pertama). Direktorat Gempabumi dan Tsunami Kedeputan Bidang Geofisika BMKG. <https://content.bmkg.go.id/wp-content/uploads/Katalog-Gempabumi-Merusak-1821-2024.pdf> (Original work published Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika)
- 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)*, 8(1), 30–41. <https://doi.org/10.25077/jrs.18.1.30-41.2022>
- Kim, K.-S., Park, K.-T., & Park, C. (2022). Structural Behavior of Expanded Rib Steel Bars Used in Reinforced Concrete Beams. *Elsevier B.V.*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100455>
- Ling, J. H., Lim, Y. T., & Jusli, E. (2023). Methods to Determine Ductility of Structural Members: A Review. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 9(2), 181–194. <https://doi.org/10.22146/jcef.6631>
- Naaman, A. E., & Homrich, J. R. (1986). Flexural Design of Ferrocement: Computerized Evaluation and Design Aids. *Journal of Ferrocement*, 16(2), 101–116. [http://www.ferrocement-ifs.com/uploads/1/1/5/8/115874413/naaman\\_no.\\_78.pdf](http://www.ferrocement-ifs.com/uploads/1/1/5/8/115874413/naaman_no._78.pdf)
- Naderpour, H., Rezazadeh Eidgahee, D., Fakharian, P., Rafiean, A. H., & Kalantari, S. M. (2020). A New Proposed Approach for Moment Capacity Estimation of Ferrocement Members Using Group Method of Data Handling. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 23(2), 382–391. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.05.013>
- Orientilize, M., Prakoso, W. A., Lase, Y., Purnomo, S., Sumartono, I. H., & Agustin, W. (2023). The Evaluation of Displacement Ductility of Low Confinement Spun Pile to Pile Cap Connections. *International Journal of Technology*, 14(4), 823–832. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i4.5889>
- Riama, N. F., Daryono, Weniza, Hidayanti, Anggraini, S., Pandadaran, Sidiq Hargo, Kriswinarso, T., Rudianto, Panjaitan, O., Setiawati, E. E., Apriani, M., Maimuna, A. K., Aditya, G. P., Haryanto, F. T., Aristy, S. A., Arimuko, A., Prabowo, I., Fitriani, D. S., & Putra, M. R. J. (2025). Katalog Tsunami Indonesia Tahun 416-2025 Per-Wilayah (Cetakan Pertama). Direktorat Gempabumi dan Tsunami Kedeputan Bidang Geofisika BMKG. <https://content.bmkg.go.id/wp-content/uploads/Katalog-Tsunami-Indonesia-Perwilayah-416-2025.pdf> (Original work published Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika)
- Shaheen, Y. B., Eltaly, B. A., Yousef, S. G., & Fayed, S. (2023). Structural Performance of Ferrocement Beams Incorporating Longitudinal Hole Filled with Lightweight Concrete. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 17(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s40069-023-00579-3>
- SK SNI S-04-1989-F. (1989). Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam) [Standard]. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-4804:1998. (1998). Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat (Standard ICS 91.100.01). Badan Standardisasi Nasional. <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/5209-sni03-4804-1998>
- SNI 03-6817:2002. (2002). Metode Pengujian Mutu Air untuk digunakan dalam Beton (Standar ICS 13.060.01). Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-6825:2002. (2002). Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil (Standard ICS 91.100.10). Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 15-0302-2004. (2014). Semen Portland Pozolan (Standar ICS 91.100.10). Badan Standardisasi Nasional.

- SNI 1970:2008. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Standar ICS 91.100.15; 91.010.30). Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 4431:2011. (2011). Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan (Standar ICS 91.100.30). Badan Standardisasi Nasional. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- SNI ASTM C136:2012. (2012). Metode Uji untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C 136-06, IDT) (Standard ICS 91.100.30). Badan Standardisasi Nasional.
- Usman, F., & Shahrudin, M. S. (2018). Effect of Polypropylene Fibres on Torsional Strength of Ferrocement. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(8), 1–5. <https://doi.org/10.17485/ijst/2018/v11i8/114093>.