

# KAJIAN SIFAT MEKANIKAL DAN KOMPOSISI ELEMEN BATANG PROFIL L BERBAHAN FERROCEMENT SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF PENGGANTI KAYU DAN BAJA

Remigildus Cornelis ([remi\\_cor@yahoo.com](mailto:remi_cor@yahoo.com))<sup>\*)</sup>

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengkaji sifat mekanikal dan komposisi elemen batang profil L berbahan ferrocement sebagai material alternatif pengganti kayu dan baja untuk elemen – elemen struktur ringan seperti gording dan kuda-kuda untuk atap rumah sederhana. Hal ini berkaitan dengan isu pemanasan global (*global warming*) dan halnya dengan material baja, mengingat kendala di daerah seperti Propinsi Nusa Tenggara Timur dimana harga baja yang semakin mahal. Material yang digunakan untuk pembuat elemen profil tersebut (sebagai alternative) adalah Ferrosemen. Pada penelitian ini, telah didapatkan beberapa karakteristik teknis material dan elemen profil tersebut (*engineering properties*) yaitu karakteristik mortar yang digunakan, karakteristik tekan dan tarik. Material dasar yang digunakan adalah pasir Takari, semen bosowa, wiremesh hexagonal Watson 3 lapis. Pasir yang digunakan adalah yang lolos No.40 ASTM. Komposisi material yang optimal (berdasarkan kekuatan dan *workability*) untuk membentuk ferosemen adalah pasir : semen : air = 1.4 : 1 : 0.5. Wiremesh yang digunakan 3 lapis dengan diameter kawat 0,5 mm dan jarak bukaan 1,5 cm x 2,5 cm . Pengujian tekan profil L ferosemen dengan panjang 15 cm dan 30 cm menunjukkan bahwa keruntuhan material masih dominan dimana pengaruh panjang elemen belum ada. Faktor koefisien kekuatan tekan mortar untuk desain adalah 0,3735 dengan menghasilkan Safety Factor (SF)>3,0. Kekuatan tarik ultimate profil terhadap kekuatan tekan ultimate profil adalah 7,07 % dan kekuatan tarik layan profil terhadap kekuatan tekan ultimate profil adalah 1,90 %. Kekuatan tekan ultimate profil maksimum sebesar 77 KN (770 kg), kekuatan tarik ultimate profil maksimum sebesar 5,7 KN (57 kg). Hal ini menunjukkan adanya kemungkinan peluang profil ferosemen ini digunakan sebagai material alteranatif pengganti kayu atau baja untuk elemen konstruksi atap atau rangka batang yang mengalami beban yang kecil (sederhana).

**Kata Kunci : Ferosemen, Elemen Profil L, Rangka Atap, Rangka Batang, kuat tekan ultimate, kuat tarik ultimate, perkuatan lubang.**

## PENDAHULUAN

Teknologi Ferrocement telah hadir di Indonesia selama lebih dari 30 tahun namun pada awal munculnya teknologi ini di Indonesia, kebanyakan penerapan teknologi tersebut adalah di bidang struktur laut (*marine structures*) ataupun pembuatan kapal (Frick dan Koesmartadi 1999). Namun sejak tahun 1978 penerapan Teknologi Ferrocement telah dilakukan pada berbagai bidang seperti bangunan monumental, rumah dan struktur irigasi. Semua penerapan teknologi yang pernah dilakukan di Indonesia tersebut memakai

---

<sup>\*)</sup> Jurusan Teknik Sipil FST Undana

system pelaksanaan (pembangunan) cast in situ/dibuat ditempat hingga tahun 2000 (Djausal dkk 2000). Sejak tahun 2005 di Indonesia teknologi fero semen telah diperkenalkan pembuatannya dengan menggunakan system *prefabricated / knock down* (bongkar pasang) pada pembuatan rumah fero semen oleh Masdar Helmi dan tim UNILA (Masdar Helmi 2007). Lebih lanjut Djausal dkk (2000) menyatakan bahwa perkembangan Teknologi Ferrocement pada beberapa daerah di Indonesia didasarkan pada penerapan di lapangan dan meneliti sejauh mana keuntungannya pada pengembangan masyarakat.

Teknologi Fero semen merupakan teknologi yang atraktif. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Partogi Hasudungan Simatupang (Partogi H Simatupang dkk 2007) telah berhasil membuat panel fero semen yang kedap air dengan ketebalan 4 cm dengan karakteristik tekan dan lentur yang baik. Selain fero semen dapat dibuat dalam bentuk elemen dinding tipis, Jean Louis Lambot pada tahun 1850 telah menyatakan bahwa fero semen dapat digunakan untuk mengganti elemen yang terbuat dari kayu ataupun baja karena dapat dibuat dalam bentuk beranekaragam (ACI Committee 549 1997).

Menurut Frick dan Setiawan (2001), seorang insinyur teknik sipil haruslah bersikap etis dan penuh tanggung jawab terhadap isu-isu lokal setempat (isu yang berkembang dalam masyarakat) dalam menghasilkan produk rancangan dan konstruksinya. Dalam hal ini, isu setempat (secara khusus untuk Propinsi Nusa Tenggara) yang terjadi adalah : 1) sulitnya mendapat bahan baku kayu yang berakibat pada mahalannya harga kayu apalagi dengan adanya pembatasan penebangan kayu sebagai respons terhadap isu lingkungan yang berkembang belakangan ini ( isu *global warming* yang telah dicanangkan di Bali belum lama ini), 2) rendahnya pendapatan dan daya beli masyarakat, dan 3) sulitnya mendapat produksi elemen baja, dimana baja umumnya didatangkan dari Surabaya ke Propinsi NTT sehingga harganya sangat mahal.

Oleh karena itu, diperlukan suatu elemen pengganti yang terbuat dari bahan lain untuk mengganti elemen gording dan rangka atap yang berbahan kayu ataupun baja dengan tujuan mendapatkan biaya konstruksi yang lebih murah dan lebih ramah lingkungan. Untuk itulah penelitian ini akan dilakukan dengan judul “ Kajian Sifat

Mekanikal Dan Komposisi Elemen Batang L Berbahan Ferrocement Sebagai Material Alternatif Pengganti Bahan Kayu dan Baja ”.

### **Pengujian bahan dasar Fero semen**

#### **A. Pengujian Material Pasir**

Pasir yang digunakan adalah pasir sungai ex-lokal yang didapat dari tempat pengolahan agregat AMP (*Asphalt Mixing Plant*). Pasir yang digunakan diuji gradasi dan kadar lumpur. Ukuran pasir yang akan digunakan sebagai agregat halus untuk pembuatan Fero semen dalam penelitian ini adalah yang lolos N.40 ASTM (diameter butiran < 4,75 mm). Hal ini berbeda dengan penelitian sebelumnya (tahun 2009) yang menggunakan pasir lolos No.4 ASTM (diameter butiran < 0,425 mm). Hal ini dilakukan untuk menghemat biaya bahan pembuat fero semen sehingga lebih dapat memenuhi pelaksanaan di lapangan (praktis). Gradasi butiran agregat pasir yang digunakan adalah yang lolos ukuran No.40 ASTM tersebut.

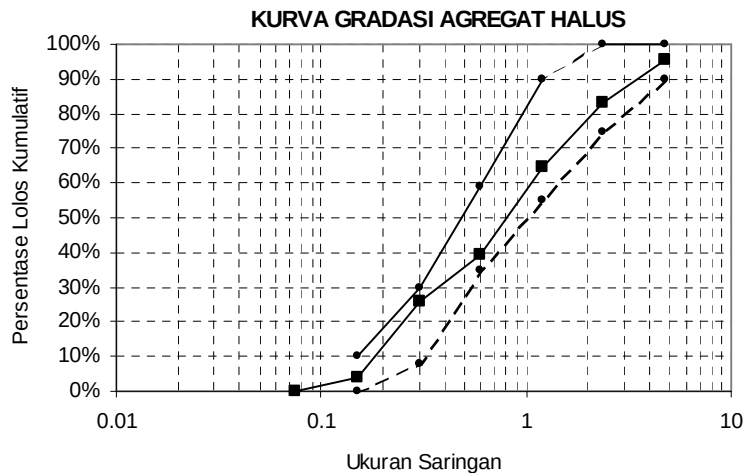
**Tabel 1.1**  
Karakteristik Agregat Halus (Pasir)

|                               |       |          |
|-------------------------------|-------|----------|
| Apparent Specific Gravity     | 2,719 | Kg/L     |
| Bulk.Spec.Grav.Kondisi kering | 2,495 | Kg/L     |
| Bulk.Spec.Grav.Kondisi SSD    | 2,577 | Kg/L     |
| Prosentase Absorpsi Air %     | 3,31% |          |
| Berat isi gembur              | 1401  | gr/Liter |
| Berat isi padat               | 1547  | gr/Liter |
| kadar air                     | 7,71% |          |
| Kadar organik                 | No 1  |          |
| Kadar Lumpur                  | 2,82% |          |



**Gambar 1.1** Foto Uji Gradasi Agregat Halus

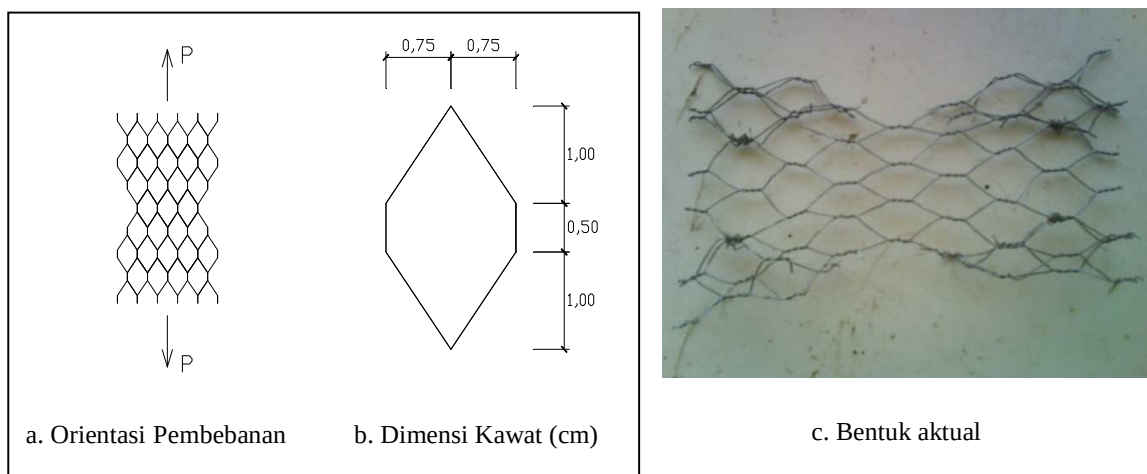
Sementara itu dari pengujian kadar lumpur diketahui secara rata-rata kadar lumpur 2,82% (< 5% yang disyaratkan) sehingga tidak perlu dilakukan pencucian. Adapun gradasi butiran pasir termasuk pasir ukuran sedang No.2 menurut SNI.



**Gambar 1.2** Gradasi Pasir ukuran Sedang/No.2 (SNI 03-2834-1993)

#### B. Pengujian Material *Wire Mesh*

Wire mesh yang digunakan adalah berbentuk hexagonal watson dengan diameter kawat 0,5 mm dan jarak bukaan 1,5 cm x 2,5 cm. Karakteristik tarik wiremesh watson digunakan hasil pada tahun 2009. Karakteristik ini nantinya dimasukkan sebagai input dalam analisa struktur/numerik. Kuat tarik wiremesh adalah 2000 N (200 kg) per 3 buah bukaan. Adapun bentuk wiremesh yang digunakan dalam keseluruhan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.3 berikut.



**Gambar 1.3** Bentuk Wire Mesh Watson yang digunakan

### Campuran Mortar dan Uji Tekan Mortar

Komposisi campuran optimum yang digunakan adalah seperti pada rekomendasi pada penelitian sebelumnya yaitu semen : pasir : air = 1 : 1,4 : 0,5. Yang membedakan adalah ukuran pasir yang digunakan lebih kasar seperti dijelaskan subbab 5.1.1 di atas. Oleh karena itu mortar juga diuji baik konsistensi normalnya maupun uji tekan (tegangan-regangan) mortar. Mortar yang dibuat berdasarkan ASTM.



(a)



(b)

**Gambar 1.4** Pembuatan mortar (a) cetakan dalam cube ASTM dan (b) uji konsistensi. Hasil uji konsistensi menunjukkan campuran termasuk dalam konsistensi normal dengan syarat  $100 \pm 5\%$ . Berat rerata sampel kubus pada umur 28 hari adalah  $2133,3 \text{ kg/m}^3$  seperti diberikan pada Tabel 1.2 berikut.

**Tabel 1.2**

Berat Volume Mortar

| Kode Sampel | berat (kg) | b (m) | h (m) | p (m) | Berat ( $\text{kg/m}^3$ ) | Rerata Berat ( $\text{kg/m}^3$ ) |
|-------------|------------|-------|-------|-------|---------------------------|----------------------------------|
| Kubus1      | 0.25       | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 2,000.00                  | <b>2,133.33</b>                  |
| Kubus2      | 0.25       | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 2,000.00                  |                                  |
| Kubus3      | 0.30       | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 2,400.00                  |                                  |

Dari uji tekan yang dilakukan didapat tegangan rerata berkisar 47,1275 MPa dengan standard deviasi per sampel lebih kecil dari 5%.

**Tabel 1.3**  
Tegangan Mortar

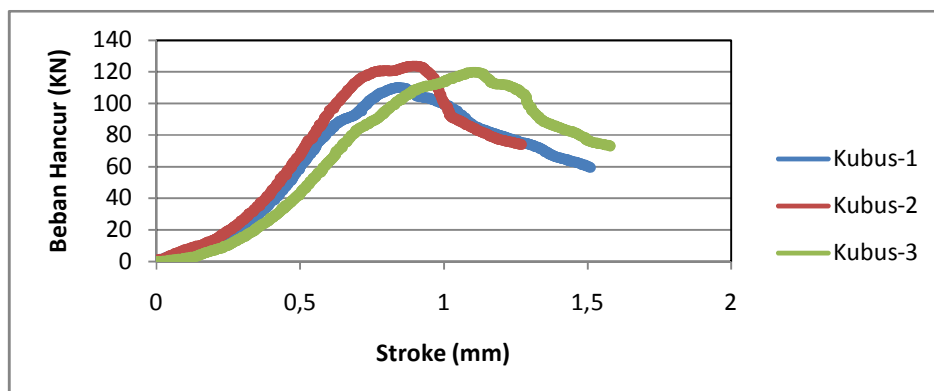
| Kode Sampel   | Tegangan (MPa) | Standar Deviasi |
|---------------|----------------|-----------------|
| Kubus1        | 44.0146        | 2.7740          |
| Kubus2        | 49.4850        | 1.1839          |
| Kubus3        | 47.8828        | 0.4361          |
| <b>rerata</b> | <b>47.1275</b> |                 |



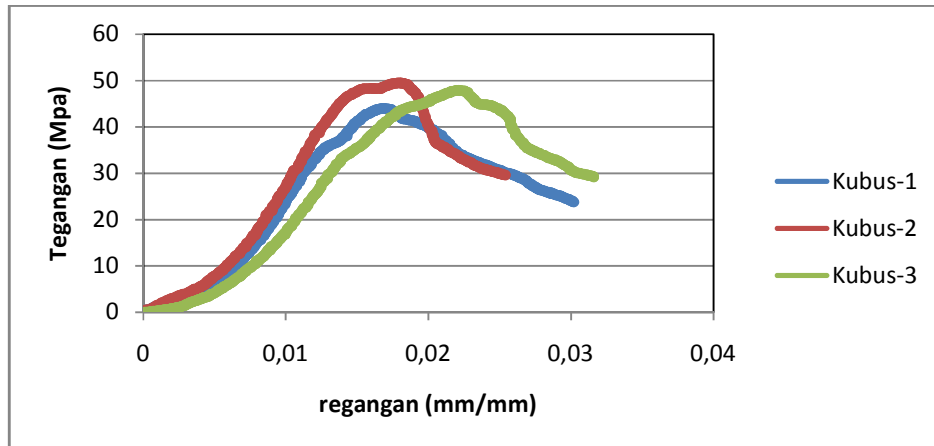
**Gambar 1.5** Uji Tekan Mortar

Hasil tegangan mortar ini jauh lebih besar dari hasil sebelumnya (pada tahun 2009) yang besar tegangan adalah 21,99 MPa. Oleh karena itu ternyata penggunaan pasir yang lebih kasar pada fasa mortar memiliki 2 keuntungan yaitu (1) menghemat biaya material (praktis) dan (2) meningkatkan kuat tekan mortar.

Hubungan beban hancur dengan stroke dan tegangan dengan regangan mortar tersebut diberikan pada Gambar 1.6 (a) dan (b) berikut.



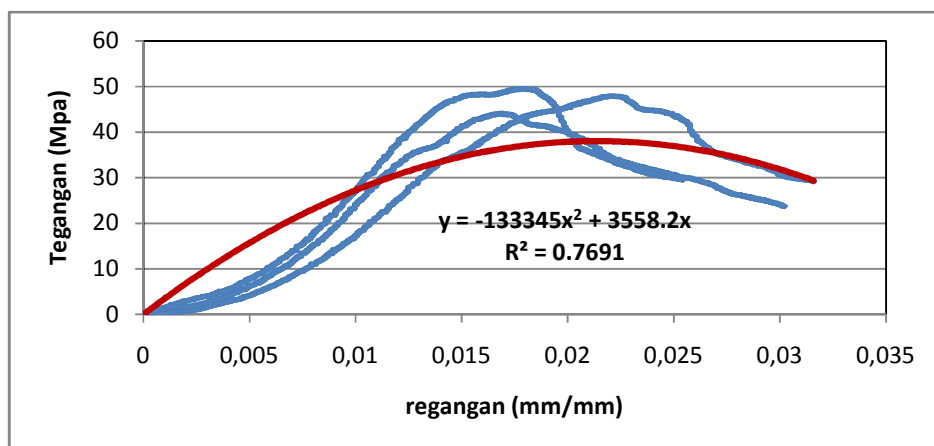
(a)



(b)

**Gambar 1.6** Karakteristik material mortar

Selanjutnya karakteristik mortar di atas, digunakan untuk membentuk karakteristik mortar yang mewakili yang nantinya digunakan dalam analisa struktur/numeric.



**Gambar 1.7** Karakteristik tegangan-regangan mortar yang digunakan untuk analisis

Sehingga persamaan tegangan vs regangan yang digunakan sebagai karakteristik mortar adalah :

$$f_c = -133345 (\epsilon_c^2) + 3558.2 (\epsilon_c) \dots \dots \dots (1)$$

#### **Karakteristik tekuk elemen fero semen**

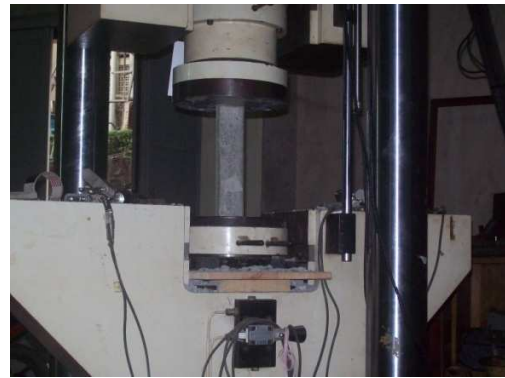
Mengingat pada penelitian sebelumnya (pada tahun 2009), elemen tekan tidak menunjukkan perilaku keruntuhan dimensi (hanya dominan keruntuhan material), maka pada penelitian tahun 2010 ini, factor dimensi ingin dilihat karakteristiknya. Oleh karena itu didesain elemen tekan yang diuji hingga hancur. Elemen yang digunakan adalah



elemen penampang segiempat dengan dimensi 1,5 cm x 7,5 cm. Panjang elemen divariasikan yaitu 15 cm, 30 cm dan 45 cm. Selanjutnya jumlah lapis wiremesh yang divariasikan yaitu 3 lapis, 4 lapis dan 5 lapis. Setiap elemen disediakan 3 buah sampel. Tiap elemen diuji tekan dengan alat uji tekan DARTEC, namun 1 buah tiap variable yang diukur stroke aksialnya dengan menggunakan electric Dial LVDT yang terintegrasi dengan alat uji tekan tersebut. Batching mortar yang digunakan untuk semua elemen tersebut pada satu batching.



Pengujian Elemen 45 cm



(b) Pengujian Elemen 30 cm



( c ) Pengujian Elemen 15 cm



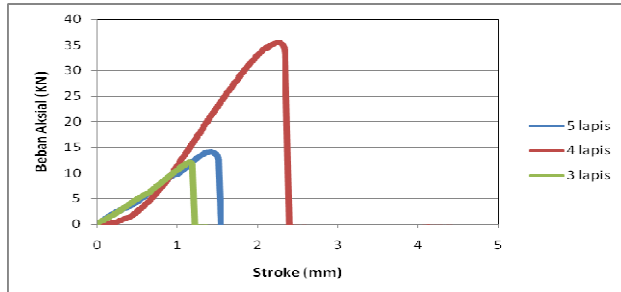
(d) Rangkaian Pengujian

**Gambar 1.8** Pengujian Karakteristik Tekuk Elemen Tekan

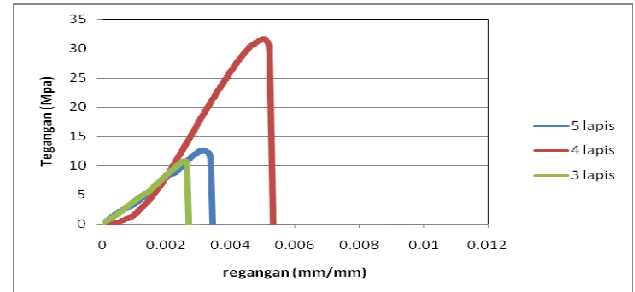
Berat volume elemen rerata adalah  $2183,81 \text{ kg/m}^3$ . Jika dibandingkan dengan berat volume mortar yang sebesar  $2133,33 \text{ kg/m}^3$ , terlihat hal ini logis mengingat lapisan wiremesh memberikan kontribusi penambahan berat volume elemen. Oleh karena itu, nantinya untuk analisis digunakan berat volume elemen adalah  $2183,81 \text{ kg/m}^3$  untuk jumlah lapis wiremesh adalah 4 lapis.



Dari pengujian tekan yang diintegrasikan dengan pencatatan stroke, sehingga bisa mendapatkan hubungan tegangan tekan (aksial) dan regangan (aksial) yang terjadi, didapat hasil seperti tersaji pada Gambar 1.9, Gambar 1.10 dan Gambar 1.11.

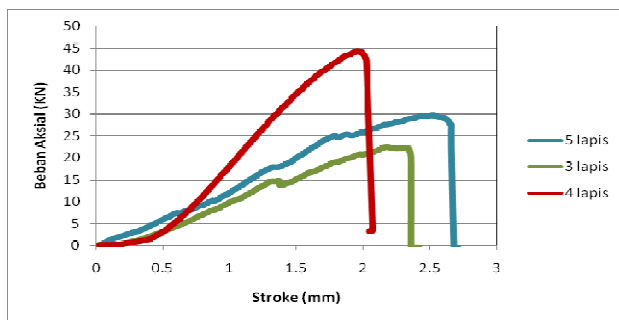


(a)

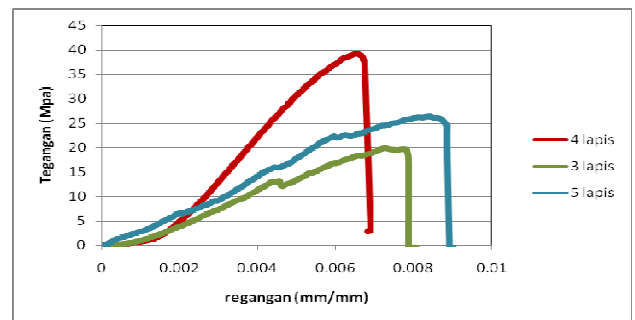


(b)

**Gambar 1.9** Karakteristik tekan aksial elemen panjang 45 cm : (a) Beban vs Stroke dan (b) Tegangan vs Regangan

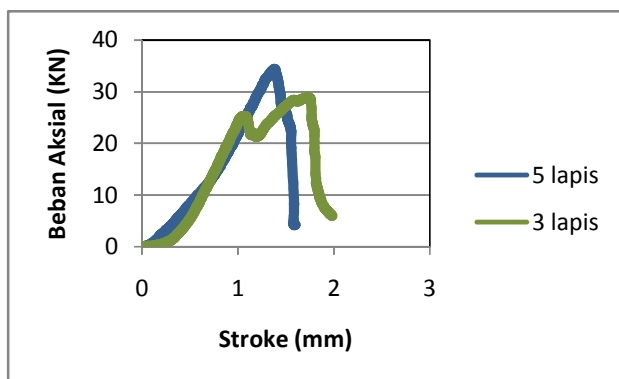


(a)

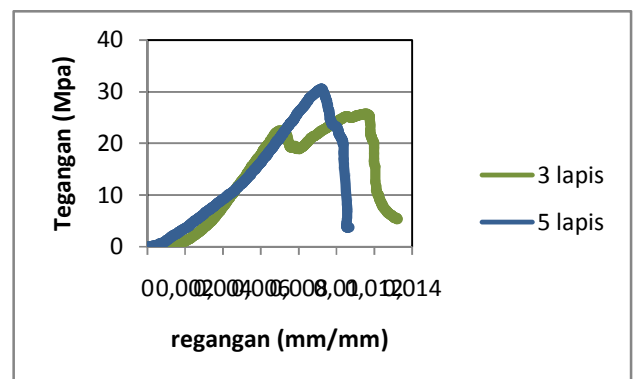


(b)

**Gambar 1.10** Karakteristik tekan aksial elemen panjang 30 cm : (a) Beban vs Stroke dan (b) Tegangan vs Regangan



(a)



(b)

**Gambar 1.11** Karakteristik tekan aksial elemen panjang 15 cm : (a) Beban vs Stroke dan (b) Tegangan vs Regangan

Terlihat bahwa jumlah lapis wiremesh sebanyak 4 lapis memberikan kekuatan optimum (paling baik) untuk semua panjang elemen. Hal ini menunjukkan bahwa pemadatan dan distribusi wiremesh terhadap tebal 1,5 cm paling baik. Terlihat juga regangan aksial yang terjadi pada elemen akan semakin kecil untuk panjang elemen yang semakin besar. Ini menunjukkan bahwa rancangan percobaan untuk melihat factor tekuk sudah berhasil, hal ini juga dapat dilihat pada foto keruntuhan elemen yang terjadi berikut ini.

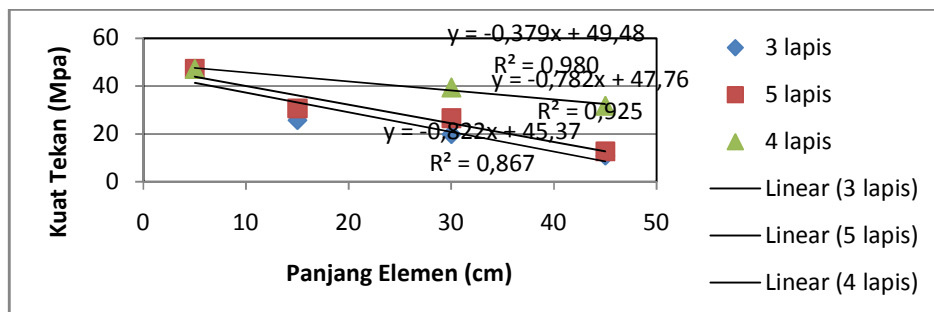


**Gambar 1.12** Model Keruntuhan Tekuk elemen 45 cm dan 30 cm



**Gambar 1.13** Model Keruntuhan Tekuk elemen 15 cm

Terlihat bahwa pada elemen 30 cm dan 45 cm terjadi factor tekuk (keruntuhan dimensi), sementara pada elemen 15 cm tidak terjadi keruntuhan dimensi/ factor tekuk.



**Gambar 1.14** Persamaan Reduksi Tegangan Tekan terhadap panjang elemen

Untuk membentuk struktur rangka batang nantinya digunakan jumlah lapis wiremesh sebanyak 4 lapis. Sehingga persamaan reduksi tegangan tekan yang diberikan adalah :

$$f_c \text{ (Mpa)} = -0,3796 (L) + 49,484 \dots\dots\dots (2)$$

dimana : L dalam satuan (cm)

### **Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan mengenai karakteristik mekanikal elemental profil batang berbahan ferosemen adalah sebagai berikut :

- 1) Dengan menggunakan pasir yang lebih kasar (lolos No.4 ASTM) akan didapat 2 keuntungan yaitu : (1) biaya penyediaan pasir lebih murah dan (2) kuat tekan mortar yang lebih besar, jika dibandingkan dengan menggunakan pasir ukuran lolos No.40 ASTM..
- 2) Untuk tebal elemen 1,5 cm, jumlah lapis wiremesh yang optimal adalah 4 lapis.
- 3) Sistem cetakan yang efektif dalam pelaksanaan lapangan (praktis) adalah sistem cetakan yang menggunakan elemen statis dan elemen dinamis dengan proses pemadatan adalah dengan penggetaran.
- 4) Faktor reduksi kuat tekan terhadap panjang elemen untuk jumlah lapis wiremesh 4 lapis adalah  $f_c \text{ (Mpa)} = -0,3796 (L) + 49,484$  dimana L adalah panjang elemen satuan cm.

### **Saran**

Sementara, saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian sejauh ini adalah sebagai berikut :

- 1) Penelitian durability (ketahanan) material perlu dilakukan untuk mengetahui umur layan material.
- 2) Penggunaan serat pada mortar untuk membangun elemental perlu dilakukan untuk meningkatkan kuat tarik dan kuat tekan mortar.

### **Ucapan Terimakasih**

Penelitian ini dapat terlaksana dengan baik atas dukungan penuh Universitas Nusa Cendana atas bantuan dana DIPA VUCER T.A 2010. Untuk itu, diucapkan terima kasih yang tulus atas bantuan tersebut.

### **Daftar Pustaka**

- 1) ACI COMMITTEE 549.1997. State-of-the-Art Report On Ferrocement. ACI 549R-97 Code American Concrete Institute.USA.
- 2) Frick H dan Setiawan P.L. 2001. Ilmu Konstruksi Struktur Bangunan. Seri Konstruksi Arsitektur 4.Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- 3) Frick H dan Ch.Koesmartadi. 1999. Ilmu Bahan Bangunan. Seri Konstruksi Arsitektur 9.Penerbit Kanisius.Yogyakarta.
- 4) Naaman, A.E .2000. Ferrocement and Laminated Cementitious Composites. First Edition. Techno Press. Michigan.
- 5) Neville, A.M and Brooks J.J .1987. Concrete Technology. First Published, Longman Scientific and Technical. Essex, U.K.
- 6) NSPM (Norma,Standar,Pedoman, dan Manual) Kimpraswil. 2003. Metode, Spesifikasi, dan Tata Cara Bagian 3 : Beton, Semen,Perkerasan Beton Semen. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Badan Penelitian dan Pengembangan. Jakarta.
- 7) Puvanesvararao A/L Venkatasamy.2003. Kajian Awal kekuatan Groutfero Keratan C. Thesis Sarjana, Universiti Teknologi Malaysia. Malaysia.
- 8) Rukhsana Rahooja .2006. Alternate and Low Cost Construction Materials and Techniques Developed Through R & D Efforts at Council for Works and Housing Research. 2nd International Conference on Construction Industry-ICCI. Pakistan.
- 9) Shuxin Wang, A.E Naaman and Victor C Li. 2001. Bending Response of Hybrid Ferrocement Plates with meshes and fibers. ACI Journal.