



## PERILAKU BALOK PROFIL DOUBLE KANAL (C) FERROFOAM CONCRETE DENGAN PLAT BAJA DAN BOUT SEBAGAI ALAT PENYAMBUNG (STUDI KASUS : VARIASI JUMLAH BOUT PADA SAYAP PROFIL)

Sornia Derni<sup>a,\*</sup>, Muhammad Afifuddin<sup>b</sup>, Abdullah Abdullah<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

<sup>a,b</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

\*Corresponding author, email address: [neni\\_art92@yahoo.com](mailto:neni_art92@yahoo.com)

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 08 April 2018

Received in revised form 04 June 2018

Accepted 11 June 2018

#### Keywords:

Ferrofoam Concrete, Channel C, I Configuration, Flexure Capacity, Model Collapse

### ABSTRACT

Construction of the bridge generally and especially the bridge girders made of steel, wood and concrete materials. The ferrocement technology is not as popular yet as reinforced concrete. In fact, this technology is more economical and can be applied to various things. Now ferrocement technology has been applied in various types and structures in various parts of the country. The use of lightweight concrete in earthquake-prone areas is a good alternative. This is because the lightweight concrete can reduce the risk that will be caused by the earthquake. The purpose of this study was to determine the strength of the cross-section of the ferrofoam concrete channel beam profile with the addition of pozzolan to the variation of the number of bolt connectors on the profile wing. Then the profile with a variation of some bolts, i.e., 2 bolts (2 specimens) and 4 bolts (2 specimens) 1 each (test specimen) using a joining plate on the side of the body and 1 (specimen) not wearing a joint plate on the body. A testing object that uses 6 bolts (1 specimen) is treated without using the body connector plate. Concrete is planned to have the compressive strength ( $f_c$ ) 35 MPa and steel used is D8 threaded iron. The results of the study were 450.6 larger capacity 103% compared to the 450.2A profile. Unlike the case with the 450.4A profile after receiving the maximum load the load slowly drops until the test is stopped, capacity 450.4A is 89% greater than the 450.2A profile.

©2018 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

## 1. PENDAHULUAN

Konstruksi jembatan umumnya dan khususnya gelagar jembatan terbuat dari material baja, kayu dan beton. Teknologi ferrocement memang belum sepopuler dibanding dengan beton bertulang. Padahal, teknologi ini lebih ekonomis dan bisa diaplikasikan untuk berbagai hal. Teknologi ini sebenarnya telah dikenal di Indonesia sejak 30 tahun lalu. Kini teknologi ferrocement telah diaplikasikan dalam berbagai jenis dan bentuk struktur di berbagai pelosok wilayah di negeri ini. Penggunaan beton ringan pada daerah rawan gempa merupakan suatu alternatif yang baik, hal ini disebabkan beton ringan dapat mereduksi resiko yang akan ditimbulkan akibat gempa bumi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan dari batang penampang balok profil kanal ferrofoam concrete dengan penambahan pozzolan terhadap variasi jumlah alat sambung baut pada sayap profil. Kemudian profil diberi gaya tekan pada sayap profil I.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Ferrocement

*ferrocement* menurut *American Concrete Institute Committee (ACI Commitee)* yang disetujui oleh *Ferrocement Model Code* dan dikeluarkan oleh *International Ferrocement Society (IFS)*, “ Ferosemen adalah suatu konstruksi beton bertulang tipis, dimana biasanya menggunakan semen hidrolis yang ditulangi dengan lapisanlapisan kawat anyam jala yang bergaris tengah kecil dan menerus”.

#### *Ferrofoam Concrete*

*Ferrofoam concrete* adalah merupakan material yang dimodifikasi dari material ferosemen. Prinsip dasar dari material *ferrofoam concrete* adalah dengan mengganti bahan mortar pada ferosemen dengan bahan *foam concrete* (beton busa) (Nazliza, 2013).

### 2.2 Pasir Pozzolan Alami

Menurut Abdullah (2010), penggunaan beton busa pada *specific gravity* (SG) tertentu dengan penambahan pasir *pozzolan* pada persentase tertentu pula menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada sifat mekanis beton busa, terutama pada kuat tekannya. Hal ini terjadi pada SG 1,6 dan factor air semen 0,4 pada persentase pasir *pozzolan* 10% diperoleh kekuatan sebesar 31,38 MPa. Dari hasil ini ditemukan bahwa beton busa dengan tambahan 10% *pozzolan* dapat digunakan sebagai bahan struktural karena kuat tekannya telah melebihi dari 27,5 MPa.

### 2.3 Jaringan Kawat (Wiremesh)

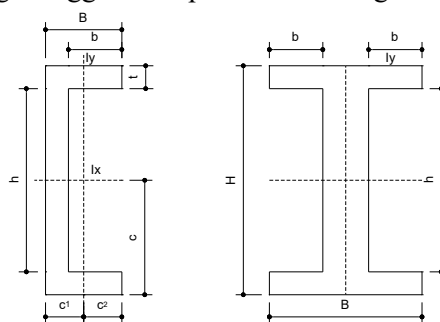
Pada *ferrofoam concrete* diberi tulangan jaringan kawat yang relatif kecil diameternya dan tersebar merata dalam beberapa lapisan (Naaman, 2000).

### 2.4 Tulangan Rangka

Tulangan rangka juga dapat menambah keamanan terhadap gaya tarik secara signifikan pada *ferrofoam concrete* (Naaman, 2000).

### 2.5 Analisa Kekuatan Penampang

Menurut Hicks (2002) karakteristik mekanik untuk penampang kanal (C) dan I homogen diperlihatkan pada Gambar 1 dan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :



**Gambar 1.**

Karakteristik Mekanik Profil C dan I

Sumber : Hicks

$$A = (H \times t) + (2(b \times t)) \quad (1)$$

$$c = \frac{1}{2} H \quad (2)$$

$$c_1 = \frac{1}{2} \left( \frac{2tB^2 + ht^2}{2tB + ht} \right) \quad (3)$$

$$c_2 = B - c_1 \quad (4)$$

$$y = c_1 - t \quad (5)$$

$$I_x = \frac{BH^3 - bh^3}{12} \quad (6)$$

$$I_y = \frac{1}{3} (Hc_1^3 - hy^3 + 2tc_2^3) \quad (7)$$

$$W_x = \frac{I_x}{c_1} \quad (8)$$

$$W_y = \frac{I_y}{c_2} \quad (9)$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad (10)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (11)$$

## 2.6 Sambungan Baut

Berdasarkan SNI 03-1729-2002, dua tipe dasar baut mutu tinggi yang distandarkan oleh ASTM adalah tipe A325 dan A490. Baut ini mempunyai kepala berbentuk segi enam. Baut A325 terbuat dari baja karbon yang memiliki kuat leleh 560-630 Mpa, baut a490 terbuat dari baja alloy dengan kuat leleh 790-900 Mpa tergantung pada diameternya. Diameter baut mutu tinggi berkisar antara ½ in - 1½ in, dalam desain jembatan sering digunakan 7/8 in hingga 1 in.

## 2.7 Lendutan

Dipohusodo (1996) berpendapat analisis lentur balok bertulang rangkap menyangkut penentuan kuat nominal momen suatu penampang (Mn) dengan nilai-nilai  $b, d, d', A_s, A_s', f'_c$  dan  $f_y$  dapat ditulis dengan persamaan :

$$M_{n1} = A_s l f_y (d - a/2) \quad (12)$$

$$M_{n2} = A_s l f_y (d - d') \quad (13)$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} \quad (14)$$

Tinggi balok tegangan beton :

$$a = \frac{A_s l f_y}{(0,85 f'_c b)} \quad (15)$$

Letak garis netral :

$$c = \frac{a}{\beta} \quad (16)$$

Dengan :

Mn = Kuat nominal momen lentur (kg.cm)

a = Tinggi balok tegangan tekan (cm)

c = Letak garis netral (cm)

d = Jarak dari sisi tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)

d' = Jarak dari sisi tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)

## 3. METODE PENELITIAN

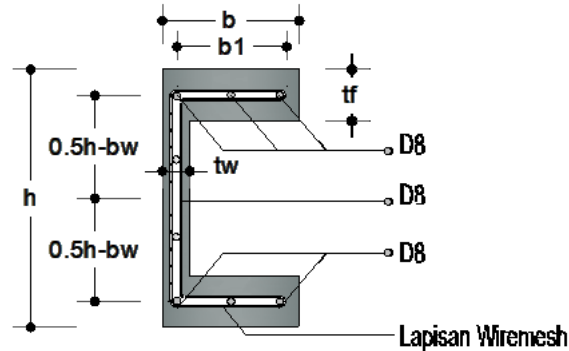
### 3.1 Material dan Peralatan

Material yang akan digunakan pada penelitian ini adalah semen *portland* tipe I, *foam agent*, air, besi tulangan ukuran D8 (baja ulir), kawat jala (*wiremesh*), BCS, *electric strain gauge* yang akan digunakan adalah produksi Tokyo Kyowa Electronic Instruments Co. Ltd. tipe KFG-5-120-C1-11 dengan panjang gauge 5 mm digunakan untuk mengukur regangan baja.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini umumnya telah tersedia di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.

### 3.2 Rancangan Benda Uji

Ukuran penampang benda uji profil kanal yang digunakan adalah lebar 100 mm, panjang bersih 2000 mm, panjang keseluruhan 2200 mm dengan tinggi 300 mm, 450 mm, dan 600 mm. Data perencanaan profil kanal dan dapat dilihat Gambar 2 berikut. Variasi jumlah benda uji diperlihatkan pada Tabel 1.



**Gambar 2.**  
 Tipikal Profil Kanal (C) yang Diuji

**Tabel 1.**  
 Variasi Benda Uji *Ferrofoam Concrete*

NO.	Kode Benda Uji	Jumlah Baut
1.	450.2A	2
2.	450.4A	4
3.	450.6	6

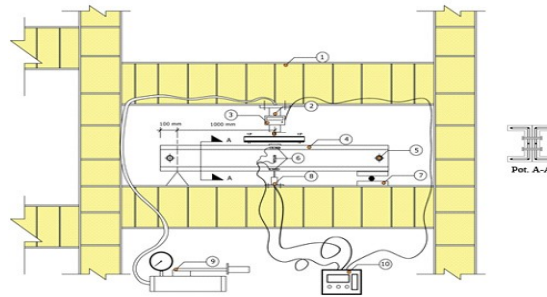
### 3.3 Rancangan Campuran

*Mix design* untuk *foam concrete* didasarkan pada target SG sebesar 1,6 dengan FAS 0,4 dan persentase cangkang sawit sebesar 10% dari berat volume beton.

### 3.4 Pengujian Benda Uji

Pengaturan dimulai dengan mengkonfigurasi 2 profil kanal (C) menjadi profil I. Profil digabungkan menggunakan dua unit baut Ø 3/8" pada bagian ujung-ujung profil. Benda uji yang telah dirangkai menjadi profil I tersebut ditempatkan pada tumpuan sendi-rol.

Sistem pembebanan yang dilakukan terhadap profil yaitu dengan memberikan pembebanan dua titik dengan jarak antar pembebanan 600 mm, dan jarak pembebanan dengan tumpuan 700 mm. Untuk pembacaan lendutan ditempatkan dua LVDT pada 250 mm dari tumpuan dan satu LVDT pada tengah bentang, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.



- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| 1. Loading frame     | 6. Strain gauge           |
| 2. Loading jack      | 7. Tumpuan                |
| 3. Loading cell      | 8. LVDT                   |
| 4. Profil yang diuji | 9. Hidraulic loading pump |
| 5. Baut pelekot ½ “  | 10. Data logger           |

**Gambar 3.**

Posisi Alat dan Benda Uji

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Pengujian Kuat Tekan

Hasil kuat tekan benda uji silinder *ferrofoam concrete* dengan penambahan BCS, dimensi silinder Ø100 mm x 200 mm didapat berkisar 353 kg/cm<sup>2</sup>.

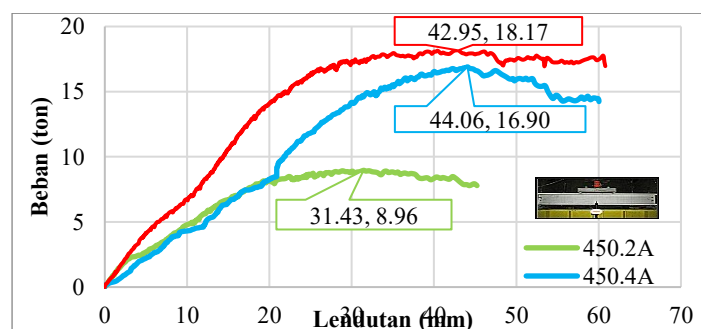
##### 4.2 Pengujian Kuat Tarik Tulangan, Plat dan Baut

Data hasil uji tarik tulangan rangka pada pengujian kuat tarik tulangan rangka D8 ini didapatkan tegangan luluh ( $f_{yb}$ ) dari tulangan yang di uji, yaitu 422 MPa dengan modulus elastisitas hasil sebesar 239 GPa, regangan luluhnya sebesar 0,0017. Tulangan ini termasuk baja lunak, hal ini dibuktikan dengan terlihatnya daerah leleh (*yield*) pada grafik. Pengujian kuat tarik *wiremesh* didapatkan tegangan luluh ( $f_{yw}$ ) dari *wiremesh* yang di uji, yaitu 420 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 350 GPa dan regangan luluh *wiremesh* sebesar 0,0018.

Pengujian kuat tarik baut diameter 12 mm didapatkan tegangan luluh ( $f_{yw}$ ) dari baut yang di uji, yaitu 367 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 204 GPa dan regangan luluh *wiremesh* sebesar 0,0018 termasuk kedalam kategori baja lunak. Pengujian kuat tarik pelat tebal 5 mm didapatkan tegangan luluh ( $f_{yw}$ ) dari dari pelat dengan tebal 5 mm yang di uji, yaitu 258 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 220 GPa dan regangan luluh *wiremesh* sebesar 0,0012 termasuk kedalam kategori baja lunak.

##### 4.3 Perbandingan hasil pengujian panel

Grafik gabungan hubungan beban-lendutan variasi tinggi profil diperlihatkan pada Gambar 4.



**Gambar 4**

Grafik Gabungan Hubungan Beban-Lendutan Variasi Jumlah Baut pada Sayap Profil

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat kekakuan masing-masing profil dengan ukuran plat pada bagian atas untuk semua profil sama, namun jumlah bautnya berbeda, mulai dari 2, 4 dan 6 baut. Masing-masing profil menunjukkan kapasitas dan kekakuan yang berbeda, profil 450.6 adalah profil yang paling kaku dimana setelah daerah linear terlampaui profil mampu berdeformasi, namun masih terjadi kenaikan beban sebelum profil hancur dan pengujian dihentikan, kapasitas 450.6 lebih besar 103% dibandingkan dengan profil 450.2A. Berbeda halnya dengan profil 450.4A setelah menerima beban maksimum beban perlahan turun sampai pengujian dihentikan, kapasitas 450.4A lebih besar 89% dibandingkan profil 450.2A. Untuk profil 450.2A setelah menerima beban maksimum profil mampu berdeformasi dengan beban yang stabil sampai pengujian dihentikan. Dari Tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan jumlah baut pada bagian sayap profil menambah kekakuan dan kapasitas dari profil dalam menerima beban.

**Tabel 4.1**

Perbandingan Kapasitas Profil Variasi Jumlah Baut pada Sayap Profil

Nama Benda Uji	Beban (ton)	Rasio (%)
450.2A	8,96	100
450.4A	16,90	189
450.6	18,17	203

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian adalah kapasitas 450.6 lebih besar 103% dibandingkan dengan profil 450.2A. Berbeda halnya dengan profil 450.4A setelah menerima beban maksimum beban perlahan turun sampai pengujian dihentikan, kapasitas 450.4A lebih besar 89% dibandingkan profil 450.2A.

### 5.2 Saran

Penelitian ini diharapkan dapat dilanjutkan oleh peneliti lain, dengan memperhatikan Penelitian selanjutnya diharapkan untuk lubang baut diset pada saat pengecoran profil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, dkk., 2010, *Pemanfaatan Bahan Limbah Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Busa Mutu Tinggi*, Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh.
- Hicks, T.G., 2002, *Civil Engineering Formulas*, McGraw Hill TLF eBook, New York.
- Naaman, A.E., 2000, *Ferrocement and Laminated Cementitious Composites*, Techno Press 3000, Michigan.
- Nawy, E.G., 2005, *Reinforced Concrete : A Fundamental Approach*, Prentice Hall, New Jersey.
- Nazliza. (2013). *Perilaku Balok Profil Kanal (C) Ferrofoam concrete dengan Penambahan Pozzolan Alami Akibat Beban Lentur (Studi Kasus Dengan Beda Tinggi 150 mm, 200 mm, dan 300 mm)*. Banda Aceh: Skripsi Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.