

POLA KERUSAKAN SAMBUNGAN BAUT PADA STRUKTUR BALOK PROFIL KANAL (C) FERROFOAM CONCRETE DENGAN TINGGI 300 MILIMETER SEBAGAI ALTERNATIF GELAGAR JEMBATAN (Variasi Jumlah Baut 2 dan 4 buah)

Irwansyah¹, Faiz Isma¹, Ipak Neneng MB¹

¹ Program Studi Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Samudra, Meurandeh - Langsa 24416, Aceh

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 10 Mei 2016

Direvisi dari 20 Mei 2016

Diterima 30 Mei 2016

Kata Kunci:

Ferro foam, baut, retak

ABSTRAK

Telah di uji 2 (Dua) balok profil I *ferrofoam concrete* yang dibentuk dengan 4 segmen profil kanal (C) yang panjangnya 110 mm dirangkai dan disambung dengan pelat 5 mm dan baut berdiameter 12 mm. Balok I tersebut masing-masing dimensinya $h = 300$ mm, $bf = 100$ mm, $tf = 30$ mm, $tw = 30$ mm, panjang 220 mm. Dari hasil pengujian didapat hasil untuk 2 baut beban maksimum sebesar 3,31 Ton untuk 4 buah baut sebesar 7,10 Ton dan lendutan terbesar 73,14 mm untuk 2 buah baut, Dari data uji tarik *wiremesh* menghasilkan tegangan luluh 4200 Kg/cm^2 , regangan luluh 0,0012, modulus elastisitas baja $3,5 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$, diuji juga kawat tulangan di dapat hasil tegangan luluh 4217 Kg/cm^2 , regangan luluh 0,00176, modulus elastisitas baja $2,393 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$. Uji tarik baut di dapat hasil tegangan luluh 3670 Kg/cm^2 , regangan luluh 0,0018, modulus elastisitas baja $2,0388 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$, uji tarik pelat tegangan luluh 2585 Kg/cm^2 , regangan luluh 0,0012, modulus elastisitas baja $2,205 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$.

© 2016 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

1. PENDAHULUAN

Jembatan dapat didefinisikan sebagai suatu konstruksi atau struktur bangunan yang menghubungkan rute atau lintasan transportasi yang terpisah baik oleh sungai, rawa, danau, selat, saluran, jalan raya, jalan kereta api, dan perlintasan lainnya. Pertumbuhan pembangunan yang pesat mengakibatkan mobilisasi manusia dan barang dari suatu tempat ke tempat lain meningkat. Hal ini sangat membutuhkan ketersediaan sarana dan prasarana transportasi

memadai, salah satunya adalah jembatan. Oleh karena itu jembatan yang sudah ada perlu dikelola dengan baik agar kinerja jembatan dapat dipertahankan atau ditingkatkan selama masa layannya.

Pada umumnya, konstruksi jembatan yang terdapat di perkampungan dan desa-desa terbuat dari kayu. Namun demikian, kayu seharusnya merupakan material yang mudah didapatkan dan mudah dirangkai, kayu berkualitas struktur sangat sulit didapat. Saat ini penggunaan kayu menjadi sangat dibatasi dikarenakan saat ini di Provinsi Aceh khususnya setelah dikeluarkan Instruksi Gubernur No. 05/INSTR/2007 pada 6

Juni 2007 tentang pemberlakuan moratorium logging. Juga umur konstruksi dari kayu berumur pendek karena renta terhadap cuaca dan rayap. Untuk itu, upaya mencari bahan alternatif pengganti kayu perlu dilakukan.

TINJAUAN LITERATUR

Ferrocement

Ferrocement adalah sejenis beton bertulang yang tipis yang terdiri mortar semen hidraulik dengan jarak lapisan yang rapat dan ukuran jaringan kawat yang relatif kecil. Pada umumnya susunan struktur ferosemen terdiri dari lapisan mortar, jaringan kawat, dan tulangan rangka (Djausal, 2004 : 12). Material ini ditemukan oleh *Joseph Louis Lambot* yang dipatenkan pada tahun 1852 di Prancis (Naaman, 2000 : 1). Afifuddin (2010), tentang kemampuan lentur dari balok profil kanal (C) *ferrocement* dengan tinggi balok profil canal dikonfigurasi menjadi profil I, jumlah lapisan *wiremesh*, dan jumlah tulangan tarik pada rangka. Abdullah (2010), menyatakan pada tinjauan parameter dengan jumlah tulangan tarik yang berbeda pada ukuran tinggi profil kanal 300 mm *ferrocement* dengan konfigurasi I

Ferro Foam Concrete

Prinsip dasar dari material ini mengacu kepada material *ferrocement*. *ferro foam concrete*, yang menjadi lapisan mortar diganti dengan bahan *foam concrete*. Penggantian material semen dengan *foam concrete* diharapkan dapat diberikan peningkatan kemampuan elemen struktur dalam menerima beban-beban yang berkerja. Abdullah (2010)

menyatakan bahwa hasil uji sifat mekanis dari beton busa dengan penambahan pozzolan, cangkang sawit dan serat nylon memberikan pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan kuat tekan beton.

Bahan Pembentuk *Ferro Foam Concrete* Pasir Pozzolan Alami

Menurut ASTM C 618-91, Pozzolan merupakan bahan yang mengandung senyawa silica dan alumina. Bahan-bahan pozzolan ini tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, dalam bentuknya yang halus dan bila ada air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dibebaskan dari hasil proses pengikatan semen pada suhu kamar.

Standar mutu Pozzolan telah diatur dalam *American Standard Testing Material (ASTM) C 618-86* (dalam Aman Subakti, 1994) yang dibedakan menjadi tiga kelas :

1. Kelas N : Pozzolan alam atau hasil pembakaran pozzolan alam, yang dapat digolongkan kedalam jenis seperti : tanah diaktomic, opaline chers, shales, tuff dan abu terbang vulkanik atau punicite. Semuanya bisa diproses melalui pembakaran atau tanpa pembakaran.
2. Kelas C : Fly Ash mengandung CaO diatas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub bitumen batu bara.

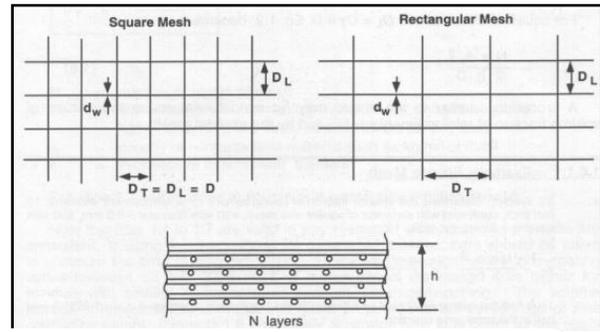
3. Kelas F : Fly Ash mengandung CaO 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batu bara.

Menurut ASTM C 593-82, Pozzolan dibagi atas dua macam yaitu: pozzolan alam (*natural pozzolan*) dan pozzolan buatan (*artificial pozzolan*). Pozzolan alam adalah bahan alam yang merupakan timbunan atau bahan sedimentasi dari abu atau lava gunung berapi (*pumice*) mengandung silikan aktif. Pozzolan buatan berasal dari tungku maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silica reaktif melalui proses pembakaran, seperti abu terbang (*fly ash*) dan abu sekam (*rice husk ash*) dan mikro silica (*silica fume*).

Abdullah (2010), penggunaan beton busa pada *specific gravity* (SG) 1,6 dan factor air semen 0,4 pada persentase pasir pozzolan 10% menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada sifat mekanis beton busa, terutama pada kuat tekannya.

Jaringan Kawat (*wiremesh*)

Kawat tulangan tersebut adalah tulangan kawat baja atau bahan lain yang sesuai kebutuhan (Naaman 2000 ; 17). Jaringan baja dalam *ferro foam concrete* juga dapat berupa jaringan persegi anyaman atau hasil pengelasan, jaringan kawat ayam yang berbentuk hexagonal atau silang semua jaringan kawat ini lebih baik yang telah dilapisi galvanis seperti digunakan pada *ferrocement*.



Gambar 2.1 Karakteristik Jaringan kawat
Sumber : Antoine E.Namaan (2000 : 25)

Keterangan :

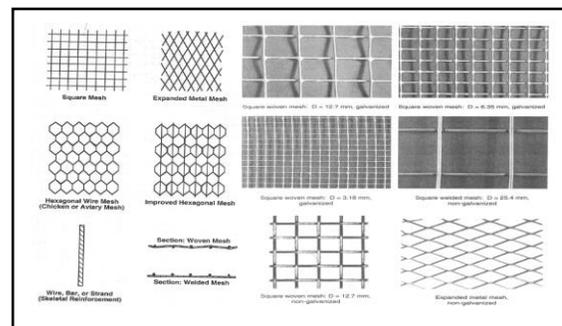
DL = Jarak pusat ke pusat kawat (p.k.p) dalam arah memanjang (mm)

DT = Jarak pusat ke pusat kawat (p.k.p) dalam arah melintang (mm)

N = Jumlah lapisan kawat jala

(*wiremesh*)

h = Tinggi elemen (mm)



Gambar 2.2 Bentuk-bentuk Jaringan kawat
Sumber : Antoine E.Namaan (2000:20,21)

Bangsals dkk (2010), orientasi dalam arah *wiremesh* berpengaruh terhadap kapasitas daya dukung balok yang diperkuat dengan ferrocement dengan orientasi sudut *wiremesh* 0° , 45° dan 60° terhadap sumbu longitudinal balok.

Pada *wiremesh* persegi, tegangan leleh, modulus elastisitas dan tegangan tarik ultimit dapat diperoleh dengan pengujian tegangan langsung (direct tensile test) benda uji dapat berupa kawat yang dipotong dari jaringan kawat tersebut. Panjang dari benda uji ini tidak boleh berkurang dari tiga kali lebarnya atau 6 inch (150 mm) (ACI committee 549 2000 : 21).

Menurut Naaman (2000 : 211) tegangan dihitung dengan rumus :

$$\sigma_r = \frac{N}{A_1} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

σ_r = Tegangan Tarik (Kg/cm²)

N = Besar Beban (kg)

A = Luas tampang *wiremesh* (cm²)

Menurut Naaman (2000 : 211) regangan dapat dihitung dengan rumus :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

ε = Regangan

Δl = Perpanjangan dalam daerah beban (mm)

I = panjang daerah yang diamati (mm)

Modulus elastisitas ditentukan dari tegangan pada daerah elastisitas dibagi dengan regangan yaitu :

$$E = \frac{\sigma_r}{\varepsilon} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

ε = Reganga

σ_r = Tegangan tarik (kg/cm²)

E = Modulus elastisitas (kg/cm²)



Gambar 2.3 Grafik Uji Gaya Tarik *Wiremesh*
Sumber : Antoine E. Namaan (2000 : 208)

Afifuddin, (2013) menyatakan bahwa lapisan *wiremesh* pada *ferro foam concrete* dengan penambahan serat *nylon* memperlihatkan hasil yang berbeda apabila digunakan lapisan *wiremesh* 2, 3, 4 dan 5 lapis dimana pola kehancuran terjadi pada benda uji dengan lapisan *wiremesh* 3 lapis dan memperlihatkan pola kehancuran yang daktail

Pasir Halus

Pasir halus atau agregat halus adalah pasir yang ukuran $\leq 4,75$ mm dan lebih besar dari $\geq 0,075$ mm (Ranian, 2006 : 20). Menurut ACI *Committee* 549 (1999 : 4), pada keadaan normal agregat terdiri dari agregat halus bergradasi baik yang melewati saringan standar ASTM No.8 (2,36 mm)

Tulang Rangka

Pada kontruksi *ferro foam concrete*, tulangan rangka sering digunakan sebagai pembentuk dari WWF (*welded wire fabric*) secara sederhana dapat berupa kawat, batangan dan benang baju. Tulangan rangka juga menambah keamanan terhadap gaya tarik secara signifikan pada struktur pada *ferrosemen*

(Naaman, 2000 : 17). Menurut pedoman pengerjaan beton berdasarkan SKSNI (Sagel, et.al, 1993), regangan baja pada pengujian tarik baja didapat dengan menempatkan *deflection dial* dengan jarak *gauge* minimum 10 cm dan untuk menghitung diameter baja *deform* (garis tengah karakteristik) dapat ditentukan dengan rumus :

$$\varphi_k = 12,74 \sqrt{\frac{\text{Massa batang}}{\text{Panjang batang}}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Hasil uji tarik diplot dalam suatu grafik hubungan tegangan-regangan baja. Tegangan dihitung dengan rumus :

$$f_s = \frac{P}{A_s} \dots\dots\dots(2.5)$$

Regangan baja dapat dihitung dengan rumus :

$$\epsilon_s = \frac{\Delta l}{l} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Modulus elastisitas baja E_s ditentukan dari tegangan pada daerah elastis dibagi dengan regangannya ϵ_s yaitu :

$$E_s = \frac{f_s}{\epsilon_s} \dots\dots\dots(2.7)$$

Mortar

Menurut Namaan (2000 : 15), campuran semen hidraulik untuk *ferrosemen* harus direncanakan menurut standar prosedur *mix design* untuk mortar dan beton. Pada umumnya mortar terdiri dari semen portland, pasir halus, air dan *admixture* tambahan lainnya.

ACI *Committee* 549 (1999: 6), menyatakan interfal perbandingan campuran

berdasarkan berat untuk *ferrosemen* yang dianjurkan adalah rasio pasir dan semen berada pada (S/C) 1,5 – 2,5 serta untuk rasio air dan semen (W/C) berada pada 0,35 – 0,5. Pada keadaan normal nilai slump dari mortar segar sebaiknya tidak melebihi 2 inci (50 mm) pada umur 28 hari kuat tekan benda uji silinder 75 – 150 mm sebaiknya tidak kurang dari 35 Mpa (*ACI Committee* 549 1999 : 5).

Menurut *ACI Committee* 549 (1999 : 4), semen pembentuk mortar ferrosemen harus bersih, seragam, bebas dari gumpalan dan benda asing. Pilihan terhadap tipe semen harus bergantung kepada kondisi pelayanan. Pada umumnya semen yang digunakan adalah tipe I.

Menurut Gere dan Timoshenko (2000 : 4) kuat tekan yang timbul dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

σ = Kuat tekan benda uji beton (kg/ cm²)

P = Besar maksimum (kg)

A = Luas penampang (cm²)

Modulus elastisitas beton dapat dihitung dengan persamaan (2.3) yang dikutip dari Anonim (2002).

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

E_c = Modulus elastisitas Beton (kg/ cm²)

$f'c =$ Mutu beton umur 28 hari (kg/cm^2)

Sambungan Baut

Sambungan berfungsi menyatukan elemen-elemen dan menyalurkan beban dari satu bagian ke bagian yang lain. Kegagalan atau kerutuhan bangunan ditentukan oleh kualitas sambungan.

Tabel 2.1 Spesifikasi Baut dan Paku Keling

Baut	Mutu	d_b	Proof Stress (Mpa)	Kuat Tarik Min,	Tegangan geser ijin	Tegangan Tarik ijin
		(mm)		f_u (Mpa)	(Kg/cm^2)	(Kg/cm^2)
A307	Normal	6,35 - 10,40	-	60	960	1600
A325	Tinggi	12,70 - 25,40	585	825	1225	3080
		28,60 - 38,10	510	725	-	-
A490	Tinggi	12,70 - 38,10	825	1035	1540	3780
Keling	Normal		-	370	-	-

Sumber : Agus Setiawan (2008 : 110)

Keterangan :

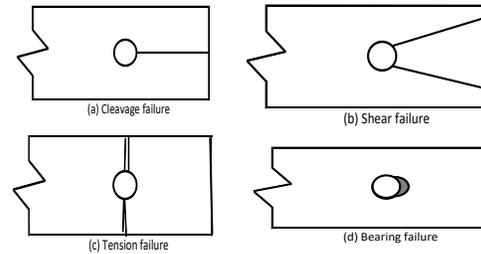
$d_b =$ Diameter baut nominal

Sambungan Baut Pada Ferrocement

Beberapa penelitian tentang sambungan baut pada konstruksi ferrocement telah dilakukan sebelumnya. Diantara penelitian yang dilakukan oleh : Mansur, M.A., Abdullah, and Alwis, W.A.M., (1993) menyatakan bahwa kegagalan sambungan baut pada konstruksi ferrocement dapat dikategorikan kepada 4. Jenis seperti ditunjukkan pada gambar 2.4 dibawah.

Kegagalan yang terjadi yaitu :

- a) *Cleavage failure* (Pecah)
- b) *Shear failure* (Geser)
- c) *Tension failure* (Tarik)
- d) *Bearing failure* (Tumpuan)



Gambar 2.4 Gambar kegagalan pada baut
Sumber : Antoine E. Namaan (2000 : 258)

Kekuatan sambungan baut untuk masing-masing kegagalan dapat dihitung sebagai mana direkomendasikan oleh Mansur, M.A., Abdullah, and Alwis, W.A.M., (1994)

Untuk kegagalan geser

$$P_s = eh \cdot \sqrt{f'_c * f_t} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

$P_s =$ kegagalan geser

$e =$ Jarak dari tepi baut (cm)

$h =$ Tebal ferrocement

$f_t =$ Kekuatan tarik putus terendah dari baut atau pelat

Untuk kegagalan Tarik

$$P_T = h \cdot (W - d) \cdot f_t \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

$P_T =$ Kegagalan Tarik

$W =$ Lebar plat

$H =$ Tebal ferrocement

$f_t =$ Kekuatan tarik putus terendah dari baut atau pelat

METODE PENELITIAN

Benda uji dibuat berjumlah 2 (Dua) balok profil I ferrocement yang di bentuk 4 segmen profil kanal (C) yang tinggi Profil 300 mm dengan lebar 100 mm dan tebal 30 mm dan

panjang 1100 mm berjumlah 2 buah variasi baut 2 dan 4 buah. Perangkaian 4 buah segmen dirangkai menjadi 1 buah benda uji dengan disambungkan dibagian tengah bentang dengan pelat tebal 5 mm dan dibaut dengan berdiameter 12 mm.

Bahan dan Peralatan

Semen portland yang digunakan adalah Portland Cement tipe I yang diproduksi oleh PT. Semen Padang Indonesia. Air digunakan dari PDAM Tirta Daroy. Pozzolan alam yang digunakan terdiri dari butiran lolos saringan 4,76 mm.

Foam agent yang akan digunakan dalam penelitian ini berasal dari busa sintetik yang telah diolah dengan menggunakan bahan kimia untuk menghasilkan busa yang sejenis busa sabun sehingga dapat digunakan sebagai pengisi campuran beton.

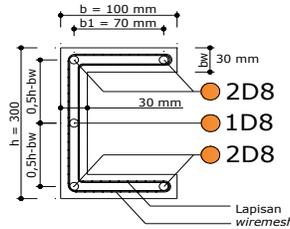
Jaringan kawat (wiremesh) yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu di antaranya penelitian ferosemen yang diteliti oleh Martha Pratama (2009) yaitu berdiameter 1,02 mm dan ukuran grid (G) 12,71 mm. Wiremesh berbentuk bujur sangkar dilas satu sama lain pada setiap rangkaian pertemuan dalam arah memanjang dan melintang.

Peralatan yang digunakan pada penelitian adalah : *Universal loading frame, compressive strength tester concrete, compressive strength tester steel, LVDT (Linear Variable Displacement Tranducers), hydraulic hand*

pump, data logger TDS-302, Ukuran penampang profil kanal yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

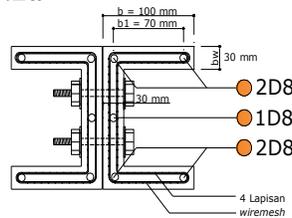
Tabel 3.1 Variasi Benda Uji

Nama Benda Uji	Jumlah Wiremesh	Jumlah Tulangan	h = 300 mm	b = 100 mm	Berat benda Uji (Kg)	P _{maks} (Kg)	Jumlah Baut	Benda Uji
PCPBB 302	4	5	b _w = h _f = 30 mm	100 mm	115	3310	2 bh	1 bh
PCPBB 304	4	5	b _w = h _f = 30 mm	100 mm	123	7100	4 bh	1 bh

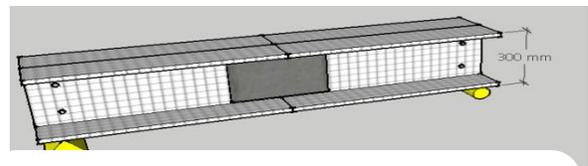


Gambar 3.1 Tipikal benda uji

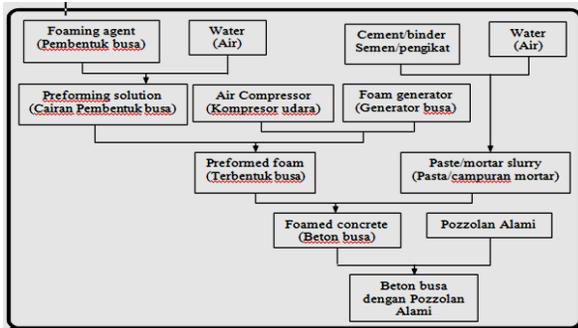
Profil kanal seperti pada Gambar 3.1, selanjutnya dikonfigurasi menjadi bentuk I menggunakan baut yang dapat di lihat pada Gambar 3.2a



Gambar 3.2a Desain konfigurasi 2 profil kanal menjadi profil I



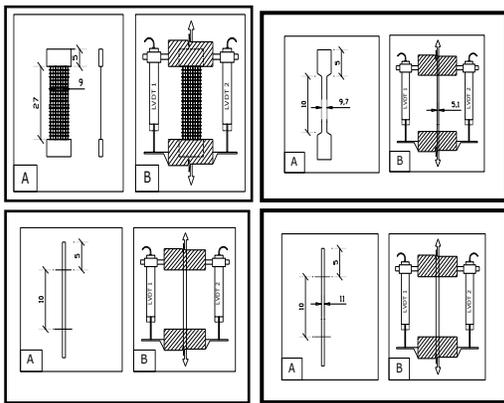
Gambar 3.2b Tipikal benda uji setelah dirakit



Gambar 3.3 Proses Pembuatan Beton Busa

Mekanisme Pengujian

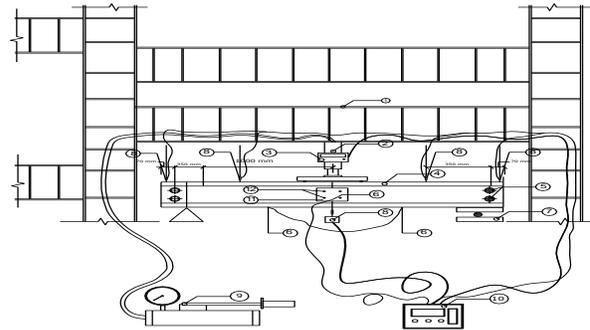
Pengukuran kuat tarik menggunakan mesin pembebanan tarik (*Universal Strength Tester*) merek Tonindustrie No. UPD. 10- 7385/1970 produksi Manhein Jerman dengan skala pembebanan maksimum 10 Ton. Pengukuran regangan baja dilakukan dengan memasang *deflection dial* pada benda uji. Pembacaan regangan dilakukan setiap kenaikan 0,2 ton



Gambar 3.4 A. Sampel : B. Pengujian wiremesh tulangan, baut dan Pelat

Pada Gambar 3.5 dapat dilihat keadaan alat dan benda uji. LVDT 1 dan 2 berjarak 70 mm dari tumpuan, sedangkan LVDT 3 dan 4 di letakkan pada jarak 350 mm dari tumpuan dan LVDT 5

diletakkan pada jarak 1000 mm dari tumpuan atau ditengah bentang



Gambar 3.5 Posisi alat dan benda uji pada loading frame

1. Loading frame
2. Loading jack
3. Loading cell
4. Profil yang diuji
5. Baut pengikat berdiameter 12 mm
6. Strain gauge
7. Tumpuan
8. LVDT
9. Hidraulyc loading pump
10. Data logger
- 11 Pelat 5 mm
12. Baut berdiameter 12 mm

I

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dan berat volume beton dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2 berikut

Tabel 4.1 Kuat tekan silinder control

Umur (hari)	Perlakuan	Nama Benda Uji	Dimensi (cm)		Beban (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
			Diameter	Tinggi			
			d	t	P	f _c	f _c
28	Beton Ringan Busa dengan Penambahan Pozzolan 10%	K11	10.05	20.09	19500	246.06	245.47
		K12	10.03	20.21	19000	240.71	
		K13	10.10	20.48	20000	249.63	
		K21	9.99	20.12	19500	248.78	243.49
		K22	10.05	20.06	19000	239.75	
		K23	10.13	20.10	19500	241.95	
		K31	10.04	19.83	19500	246.31	
K32	9.98	20.21	18500	236.73	252.91		
K33	10.08	20.13	22000	275.68			

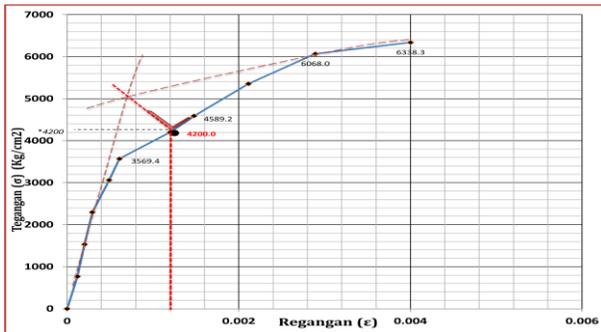
Tabel 4.2 Berat Volume Beton

Umur (hari)	Perlakuan	Nama Benda Uji	Dimensi (cm)		Berat (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rerata (kg/m ³)	Modulus Elastisitas (kg/cm ²)
			Diameter	Tinggi				
			d	t				
28	Beton Ringan Busa dengan Penambahan Pozzolan 10%	K11	10.05	20.09	2.58	1620.91	1611.96	13819.96
		K12	10.03	20.21	2.61	1636.12		
		K13	10.10	20.48	2.59	1578.86		
		K21	9.99	20.12	2.58	1635.95	1608.95	13725.77
		K22	10.05	20.06	2.55	1604.06		
		K23	10.13	20.10	2.57	1586.85		
		K31	10.04	19.83	2.47	1573.32	1633.48	14309.61
		K32	9.98	20.21	2.61	1652.56		
		K33	10.08	20.13	2.69	1674.55		

Dari uji silinder terdapat f'_c maksimum sebesar 252,91 Kg/cm². Nilai f'_c rata-rata sebesar 247,29 Kg/cm².

Kuat Tarik Wiremesh

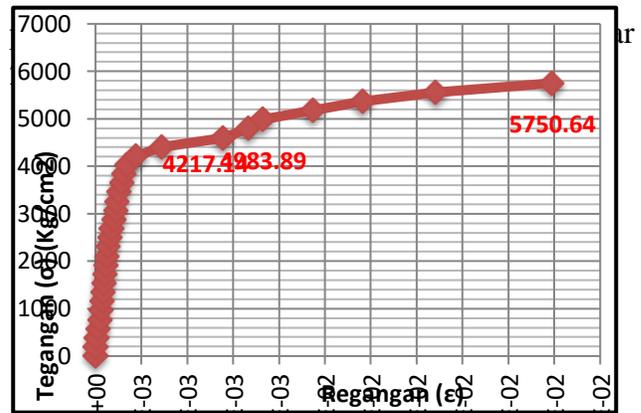
Hasil uji kuat tarik 3 sampel wiremesh. Gambar 4.1 dapat dilihat dimana tegangan luluh (σ_y) dari wiremesh G 12.7 mm yang di uji, yaitu 4200 Kg/cm² (420 MPa). Wiremesh ini tidak termasuk baja lunak, hal ini dibuktikan dengan tidak terlihatnya daerah regangan luluh (ϵ_y) pada grafik. Modulus elastisitas wiremesh sebesar 3,50 x 10⁶ Kg/cm².



Gambar 4.1. Grafik tegangan dan regangan wiremesh

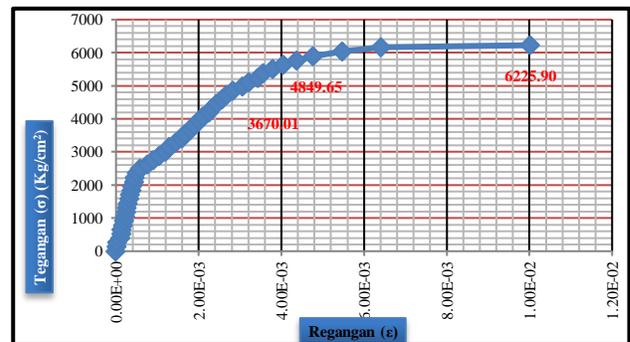
Kuat Tarik Tulangan

Gambar 4.2 dapat dilihat. Uji kuat tarik 2 sampel tulangan adalah tegangan luluh (σ_y) yaitu 4217 Kg/cm² (422 MPa). Tulangan ini termasuk baja lunak, hal ini dibuktikan dengan terlihatnya daerah regangan luluh (ϵ_y) 0.176 % (0,0017)



Gambar 4.2. Grafik tegangan dan regangan tulangan

Berdasarkan hasil Gambar 4.3. Pengujian kuat tarik 2 sampel baut berdiameter 12 mm tegangan luluh (σ_y) yaitu 3670 Kg/cm². Baut ini termasuk baja lunak, dibuktikan dengan terlihatnya daerah regangan luluh (ϵ_y) 0,180 % (0,0018) pada grafik. Perhitungan modulus elastisitas baut sebesar 2,04 x 10⁶ Kg/cm².

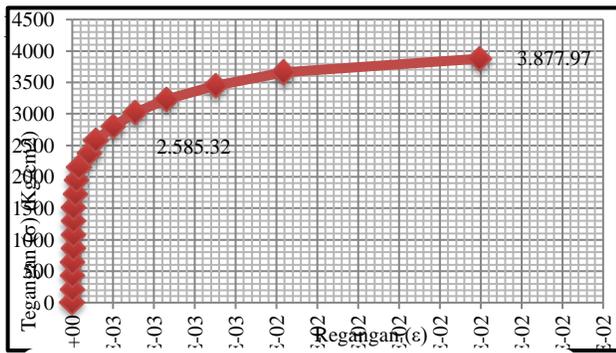


Gambar 4.3. Grafik tegangan dan regangan baut berdiameter 12 mm

Kuat Tarik Pelat Tebal 5 mm

Gambar 4.4, uji dari pengujian kuat tarik 1 sampel pelat dengan tebal 5 mm diketahui tegangan luluh (σ_y) dari pelat dengan tebal 5 mm yang di uji, yaitu 2585 Kg/cm². Pelat ini termasuk baja lunak, hal ini dibuktikan dengan terlihatnya daerah regangan luluh (ϵ_y) 0,1172 %

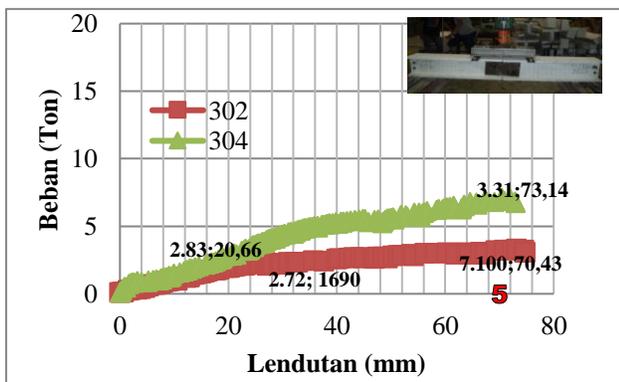
(0,0012) pada grafik. Perhitungan modulus elastisitas pelat dengan hasil sebesar $2,21 \times 10^6$



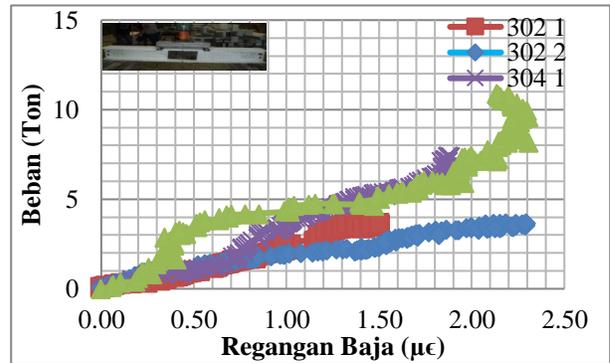
Gambar 4.4. Grafik tegangan regangan pelat tebal 5 mm

Uji Profil Canal (C) Ferro Foam Concrete

Gambar 4.5, memperlihatkan hubungan beban dan lendutan yang terjadi pada sambungan baut 2 buah dan 4 buah pada tengah bentang dari balok uji. Terlihat bahwa kemampuan balok dalam memikul beban terjadi peningkatan yang sangat *significant* pada tiap sambungan baut. Pola hubungan yang sama nampak jelas pada gambar ini, dimana semakin banyak jumlah baut, kekakuan balok semakin tinggi, dan daktilitas balok semakin turun.

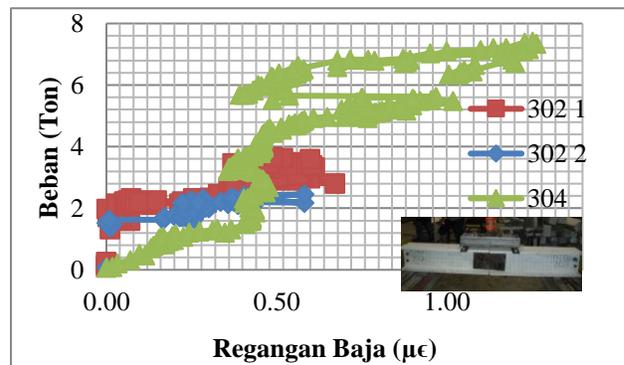


Gambar 4.5. Grafik hubungan beban – lendutan tengah bentang



Gambar 4.6. Grafik hubungan beban – regangan pada tulangan

Hubungan beban dengan regangan yang terjadi pada tulangan diperlihatkan pada Gambar 4.6. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa kemampuan tulangan pada balok dalam memikul beban terjadi peningkatan yang relatif sama pada kiri-kanan sambungan baut sampai dengan beban tertentu, tetapi pasca retak dan beban melebihi 40%, regangan baja pada kedua sisi terjadi perbedaan. Terutama pada benda uji 304. Gambar nampak jelas pada gambar ini, dimana semakin besar pembebanan, regangan tulangan semakin naik.



Gambar 4.7. Grafik hubungan beban – regangan pada pelat

Gambar 4.7, menerangkan hubungan beban dengan regangan yang terjadi pada pelat penyambung pada benda uji. Terlihat bahwa kemampuan pelat pada penyambung terjadi naik turun, dimana semakin besar pembebanan, regangan pelat semakin naik dan ada yang turun, dan daktilitas pelat semakin besar

Pola Retak Profil Canal (C) Ferro Foam Concrete



Gambar 4.8. Pola retak profil canal (c) ferro foam concrete

setiap benda uji pada gambar 4.8, dimana jenis retak geser pada badan balok dimana keretakan miring yang terjadi pada daerah garis netral penampang.

Kerusakan Baut Profil Canal (C) Ferro Foam Concrete



Gambar 4.9. Kerusakan baut profil canal(c)ferro foam concrete

Pada gambar 4.9, kerusakan pada sambungan baut yang terjadi dapat dilihat kerusakan rata-rata baut mengalami pembengkokan pada arah tarik balok saat pembebanan.

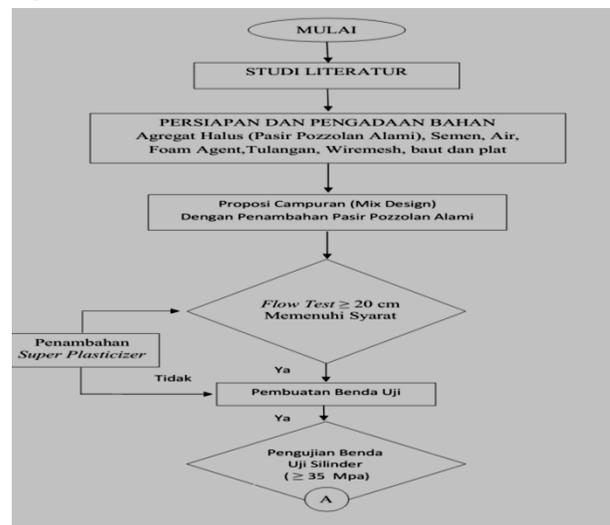
Tipe Kerusakan Lubang Baut

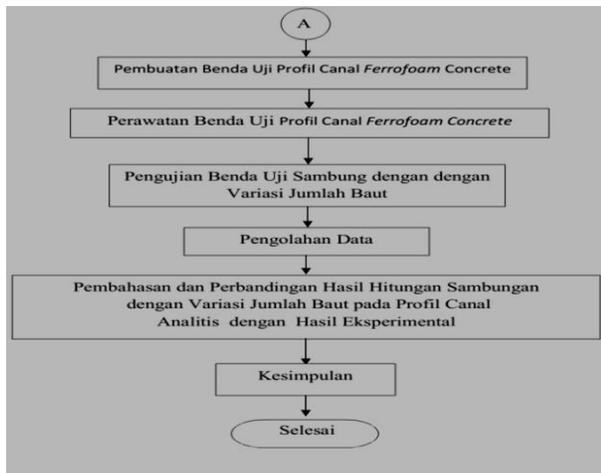


Gambar 4.10. Kerusakan lubang baut profil canal (c) ferro foam concrete

Tipe kerusakan pada lubang sambungan baut dimulai dari pembesaran lubang baut (*bearing failure*) akibat mengecilnya luas bidang tumpuan kemudian kerusakan *shear failure* (geser) dimana pembentukan retak cenderung memancar dari lubang baut. Kerusakan pada bidang tumpuan baut disebabkan proses persiapan lubang yang dilakukan pasca pengecoran. Upaya mengecilkan kerusakan bidang baut telah dilakukan dalam pengeboran lubang baut tersebut.

Bagan Alir Penelitian





KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk kuat tekan beton maksimum (f'_c) diperoleh nilai rata-rata sebesar 247,290 Kg/cm².
2. Beban maksimum yang mampu dipikul oleh profil kanal konfigurasi I dengan tinggi 300 mm atau jumlah sambungan baut 4 buah adalah 7,10 Ton
3. Semua baut mengalami kerusakan yaitu berupa pembengkokan pada arah tarik balok saat pembebanan.
4. Daerah di sekitar baut, terutama bagian belakang pembebanan mengalami kerusakan berupa retak miring atau kerusakan tumpuan.
5. Berdasarkan hasil penelitian ini, kapasitas profil kanal *ferosemen* konfigurasi I, memungkinkan untuk menjadi gelagar jembatan sederhana, dan jenis konstruksi rangka lainnya

Saran

1. Pada penelitian selanjutnya dicobakan pembuatan lubang baut di siapkan bersamaan pada saat pengecoran agar tidak mengalami pengecilan luas bidang tumpuan baut.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Abdullah, 2010, "*Penggunaan beton busa pada specific gravity (SG) tertentu dengan penambahan pasir pozzolan pada persentase tertentu meningkatkan kuat tekannya*", Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh.
- Bangsals 2010, *Orientasi dalam arah wiremesh berpengaruh terhadap kapasitas daya dukung balok yang diperkuat dengan ferrocement*, Bandar Lampung.
- Djausal, A., 2004, Struktur dan Aplikasi Ferosemen, Pusat Pengembangan Ferosemen Indonesia, Bandar Lampung.
- Krishnamoorthy, T.S., Paramewaraan, V.S.,M. and Balasubramaniam, K., "**Investigation of Precast Ferrocement Planks Connected by Steel Bolts**" ACI Publication SP124-19, Sep, 1990, pp.389-403.
- Mansur, M.A., Abdullah, and Alwis,W.A.M., "**Strength of Bolted Joints in Ferrocement**" ACI Journal, Vol. 91, No.3, 1993, pp. 315-323.
- Mansur, M.A., Tan, K.L, Naaman, A.E., and Paramasivam, P., "**Behavior of Moment Connections between Ferrocement Half-Box Panels.**" in Ferrocement 6 – Lambot Symposium, Proceedings of sixth International Syposium on Ferrocement, A.E. Naaman, Editor, University of Michigan, Ann Arbor, June, 1998, pp 139-151.
- Naaman, A.E., 2000, *Ferrocement and Laminated Cementitious Composites*, Techno Press 3000, Michigan