

PERILAKU BALOK PROFIL KANAL (C) KONFIGURASI (I) FERROFOAM CONCRETE DENGAN VARIASI TINGGI PROFIL AKIBAT BEBAN LENTUR

Farid Saputra¹, Mochammad Afifuddin², Abdullah³

¹⁾ Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,
email: farid_saputra_exciv05@yahoo.co.id

^{2,3)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,
Email : afifuddin64@gmail.com²

Abstract: Many areas have inadequate transportation infrastructure. The current technological developments, demanding the construction of easy to move. To accomplish this, a concrete technology is required that can provide lightweight concrete with high strength. Lightweight concrete technology is also urgently needed, to make innovations in the technical work of the new world of construction. For that combination of ferrocement and foam concrete can be a technology solution needed by the people of Indonesia today. The purpose of this study was to obtain information about the behavior of the confined ferrofoam concrete channel block beam I due to the bending load. The observed behavior in this research is the capacity of the beam in accepting the load, the deflection that occurs as well as the resulting crack pattern and the type of collapse. The test specimen to be made is a C-shaped profile with a height variation of 1500 mm, 200 mm, and 300 mm, a width of 100 mm, and a thickness of 30 mm. Test object repeats using D8 (Threaded Steel), and wiremesh layer of 3 layers. Mix design based on specific gravity of 1600 kg/m³ with FAS 0,4 and addition of pozolan equal to 10%. Results obtained 200-3L test object increased capacity by 38% compared to 150-3L test object, 300-3L increased by 97% compared to 150-3L. 200-3L test object decreased deflection by 12% compared to 150-3L, 300-3L test object decreased 61% compared to 150-3L. 200-3L test specimen increased 7% ductility compared to 150-3L test object, 300-3L increased by 76% compared to 150-3L. The overall profile failure is a sliding bending failure.

Keywords : Ferrofoam Concrete, Channel C, I Configuration, Model Collapse

Abstrak: Banyak daerah yang infrastrukturnya belum memadai. Perkembangan teknologi saat ini, menuntut adanya konstruksi yang mudah untuk dipindahkan. Untuk mewujudkan hal ini, dibutuhkan suatu teknologi beton yang bisa menyediakan beton ringan dengan kekuatan yang tinggi. Teknologi beton yang ringan juga sangat dibutuhkan, untuk membuat inovasi dalam teknis pekerjaan baru di dunia konstruksi. Untuk itu kombinasi wiremesh dan foam concrete bisa menjadi solusi teknologi yang dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia saat ini. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan informasi tentang perilaku dari balok profil kanal ferrofoam concrete yang dikonfigurasi I akibat beban lentur. Perilaku yang ditinjau pada penelitian ini berupa kapasitas balok dalam menerima beban, lendutan yang terjadi serta pola retak yang dihasilkan dan jenis keruntuhannya. Benda uji yang akan dibuat adalah profil berbentuk kanal C dengan variasi tinggi masing-masing 1500 mm, 200 mm, dan 300 mm, lebar 100 mm, dan ketebalan 30 mm. Penulangan benda uji menggunakan D8 (Baja Ulir), dan lapisan wiremesh sebanyak 3 lapisan. Mix design berdasarkan berat jenis yaitu 1600 kg/m³ dengan FAS 0,4 dan penambahan pozolan sebesar 10%. Hasil yang didapatkan benda uji 200-3L terjadi peningkatan kapasitas sebesar 38% dibandingkan benda uji 150-3L, 300-3L meningkat sebesar 97% dibanding 150-3L. Benda uji 200-3L terjadi penurunan lendutan sebesar 12% dibandingkan benda uji 150-3L, 300-3L menurun sebesar 61% dibanding 150-3L. Benda uji 200-3L terjadi peningkatan daktilitas sebesar 7% dibandingkan benda uji 150-3L, 300-3L meningkat sebesar 76% dibanding 150-3L. Kegagalan profil yang terjadi secara keseluruhan yaitu kegagalan lentur geser.

Kata kunci : Ferrofoam Concrete, Kanal C, Konfigurasi I, Model Keruntuhan.

Perkembangan teknologi saat ini, menuntut adanya konstruksi yang mudah untuk dipindahkan. Untuk mewujudkan hal ini, dibutuhkan suatu teknologi beton yang bisa menyediakan beton ringan dengan kekuatan yang tinggi. Teknologi beton yang ringan juga sangat dibutuhkan, untuk membuat inovasi dalam teknis pekerjaan baru di dunia konstruksi. Untuk itu kombinasi *ferrocement* dan *foam concrete* bisa menjadi solusi teknologi yang dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia saat ini.

Hasil penelitian sebelumnya, secara umum kesimpulan dari penelitian profil kanal *ferrocement* memungkinkan untuk dapat digunakan sebagai gelagar jembatan dan berbagai macam alternatif teknologi konstruksi yang berupa elemen balok. Ini terlihat dari kemampuan profil untuk menahan beban yang diberikan serta defleksi atau penurunan yang terjadi pada profil masih dalam batas nilai yang diizinkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang perilaku dari balok profil kanal *ferrofoam concrete* yang dikonfigurasi I akibat beban lentur. Perilaku yang ditinjau pada penelitian ini berupa kapasitas balok dalam menerima beban, lendutan yang terjadi serta pola retak yang dihasilkan dan jenis keruntuhannya.

KAJIAN KEPUSTAKAAN

Ferrocement

American Concrete Institute (ACI) Committee 549R-97 (1997:2) memberikan definisi bahwa *ferrocement* merupakan sejenis

beton bertulang yang tipis yang terdiri dari mortar semen hidrolik dengan jarak lapisan yang rapat dan ukuran jaringan kawat yang relatif kecil.

Foam Concrete

Scott (1993) dalam Kamus Lengkap Teknik Sipil menjelaskan bahwa beton busa adalah beton yang mengandung busa kalsium silikat.

Pozolan Alami

American Society for Testing and Materials (ASTM) C 618 mendefinisikan bahwa pozolan merupakan bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina.

Jaringan Kawat (*Wiremesh*)

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

Tulangan Rangka

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

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 :

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

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

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

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

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

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

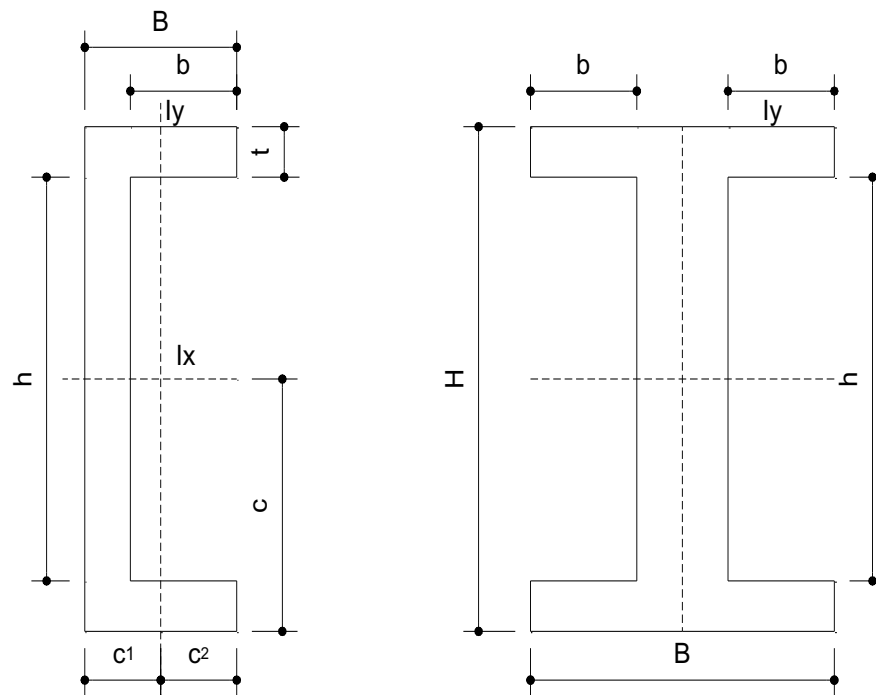
$$I_y = \frac{1}{3} (Hc_1^3 - hy^3 + 2tc_2^3) \dots\dots\dots (7)$$

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

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

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

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



Gambar 1 Karakteristik Mekanik Profil C dan I

Sumber : Hicks

Analisa Perhitungan *Ferrofoam* *Concrete*

Menurut Naaman (2000), untuk menghitung momen metode regangan langkah-langkahnya adalah :

1. Plot diagram regangan dengan mengasumsi regangan tekan maksimum $\epsilon_{mu} = 0,003$ dan harga coba-coba garis netral c ;
2. Dari diagram regangan tentukan regangan dari tiap lapisan tulangan.
3. Dari hubungan tegangan-regangan tiap lapisan tulangan tentukan tegangan pada lapisan dan gaya yang sesuai (tarik atau

tekan);

4. Cek apabila jumlah dari gaya tekan apakah sama dengan gaya tarik, jika tidak sama, ulangi langkah ke -1 dan ganti harga c sehingga kecil perbedaan antara gaya tekan dan gaya tarik. Apabila sama, lanjutkan ke langkah selanjutnya; dan
5. Untuk gaya pada penampang hitung momen dari garis netral.

Menurut Naaman (2000), momen nominal tahanan (M_n).

$$M_n = (C \text{ atau } T) \times (Y_c + Y_T) \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan :

C = Gaya tekan pada blok tekan mortar (N)

T = Total gaya tarik (N)

Y_C = Jarak gaya tekan ke garis netral (c)(mm)

Y_T = Jarak gaya tarik ke garis netral (c) (mm)

Regangan, tegangan dan gaya selanjutnya, berikut hubungan yang digunakan :

$$\varepsilon_{ri} = \left(\frac{d_j - c}{c} \right) \varepsilon_{mu} \dots\dots\dots (13)$$

Lendutan

Menurut Hicks (2002 : 41) untuk menghitung lendutan dengan tumpuan 2 titik dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\Delta = \frac{PL^3}{24E_cI} k(3 - 4k^2) \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan :

- L = Panjang bentang profil (mm);
- P = Beban terpusat (kN/mm);
- E_c = Modulus elastisitas beton (MPa);
- I = Momen inersia penampang (mm⁴);
- k = Konstanta.

Model Keruntuhan

Menurut Nawy (1998), pada dasarnya dapat terjadi tiga ragam keruntuhan pada balok yaitu :

1. Keruntuhan lentur;
2. Keruntuhan lentur geser; dan
3. Keruntuhan geser tekan.

METODE PENELITIAN

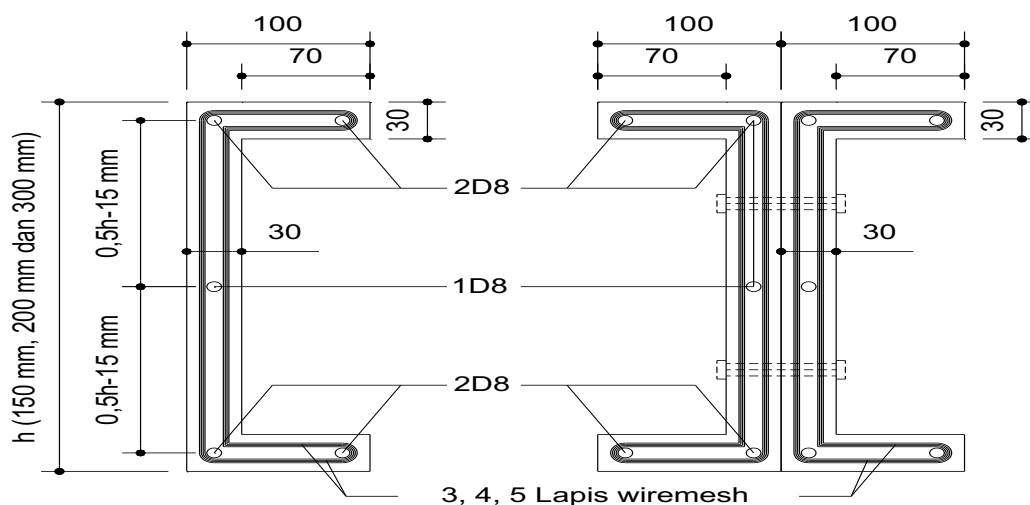
Material dan Peralatan

Material yang akan digunakan pada penelitian ini adalah semen *portland* tipe I, *foam agent*, air, besi tulangan ukuran D8 (baja ulir), kawat jala (*wiremesh*), *pozzola*, *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 Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.

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 150 mm, 200 mm, dan 300 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 dan Jumlah Benda Uji
*Ferrofoam Concrete***

Tinggi	Jumlah Tulangan	Wiremesh	Benda Uji Silinder
150-3L	5D8	3 Lapis	3
200-3L	5D8	3 Lapis	3
300-3L	5D8	3 Lapis	3

Rancangan Campuran

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

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.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tekan

Hasil kuat tekan benda uji silinder dengan penambahan pozolan, dimensi silinder Ø150 mm x 300 mm didapat berkisar 313 kg/cm² sampai 335 kg/cm².

Pengujian Kuat Tarik Tulangan Rangka

Data hasil pengujian kuat Tarik tulangan rangka didapat tegangan luluh (f_y) dari tulangan rangka yang di uji, yaitu 4217 Kg/cm² (422 MPa). Hasil modulus elastisitas tulangan rangka sebesar 2,84 x 10⁶ Kg/cm² (284 GPa).

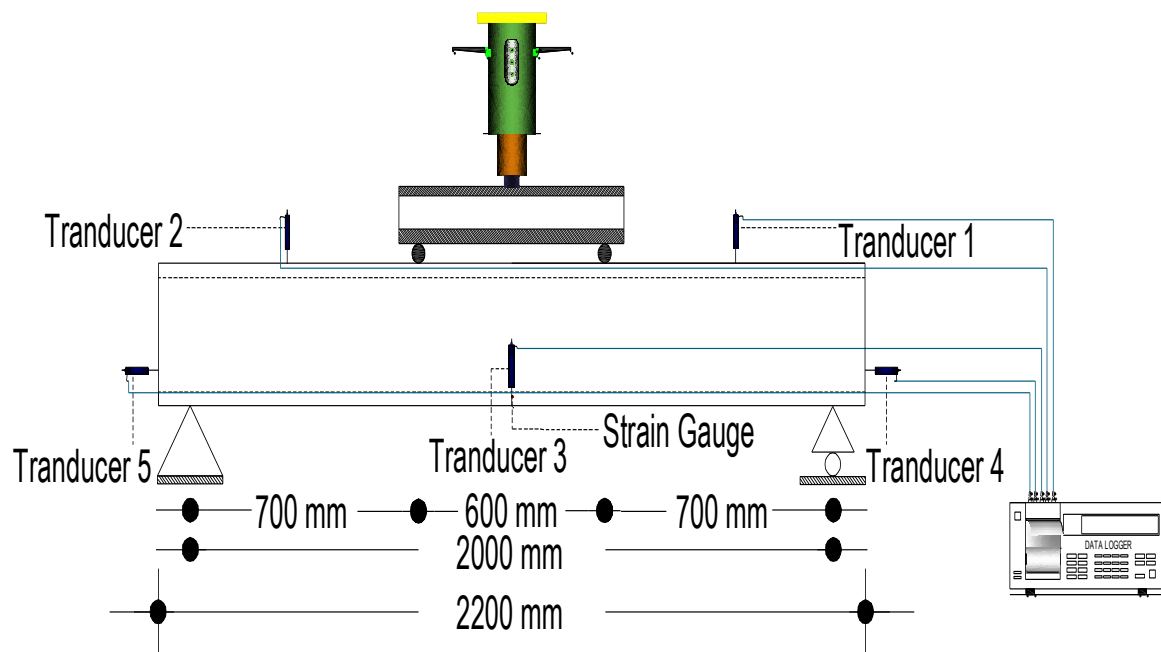
Pengujian Kuat Tarik Wiremesh

Data hasil pengujian kuat tarik *wiremesh* didapat tegangan luluh (f_{yw}) dari *wiremesh* yang di uji, yaitu 3263,46 Kg/cm² (320 MPa). Hasil modulus elastisitas *wiremesh* sebesar 1,92 x 10⁶ Kg/cm² (192 GPa).

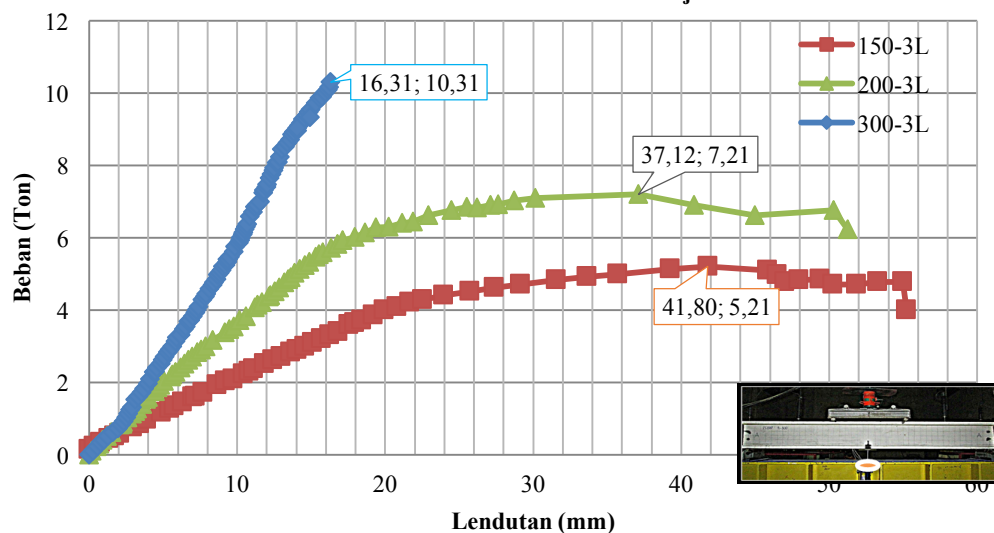
Perbandingan hasil pengujian panel

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

Berdasarkan grafik 4 dapat dilihat bahwa profil dengan tingi 150-3L memiliki lendutan paling besar dibandingkan dengan profil lainnya, dari segi kapasitas profil ini dengan kapasitas terkecil yaitu berada pada 5,2 ton dan lendutan 41,80. Dengan penambahan tinggi pril menjadil 200-3L membuat profil menjadi lebih kaku berada pada beban 7,21 dan lendutan 37,12. Profil 300-3L merupakan profil dengan kekakuan tertinggi diantara dua profil lainnya, namun profil tersebut getas, dapat dilihat dari pola grafik setelah mencapai kapasitas puncak profil langsung collapse, dalam artian profil tidak dapat berdeformasi dengan sempurna (getas).



Gambar 3. Posisi Alat dan Benda Uji



Gambar 4 Grafik Gabungan Hubungan Beban-Lendutan Profil Variasi Tinggi

Dari perbandingan yang terdapat pada Tabel 2, hasil pada penelitian ini didapatkan dengan penambahan tinggi terjadi peningkatan kapasitas dan membuat profil menjadi lebih kaku. Benda uji 200-3L terjadi peningkatan kapasitas sebesar 38% dibandingkan benda uji 150-3L, 300-3L meningkat sebesar 97% dibanding 150-3L. Benda uji 200-3L terjadi penurunan lendutan sebesar

12% dibandingkan benda uji 150-3L, 300-3L menurun sebesar 61% dibanding 150-3L. Benda uji 200-3L terjadi peningkatan daktilitas sebesar 7% dibandingkan benda uji 150-3L, 300-3L meningkat sebesar 76% dibanding 150-3L.

Kejadian ini menunjukkan apabila rasio penulangannya sama, semakin tinggi profil maka beban ultimit dan kekakuan meningkat,

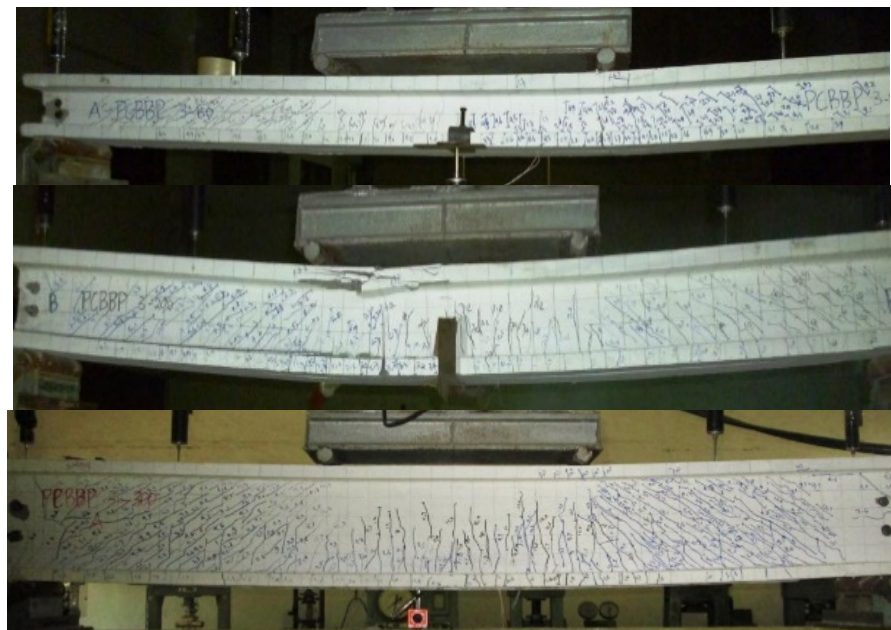
namun lendutan setelah ultimit menurun. Perbandingan kapasitas profil dengan variasi tinggi dapat dilihat Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Perbandingan Kapasitas Profil dengan Variasi Tinggi Profil

Benda Uji	Lendutan		Beban		Daktilitas	
	mm	%	ton	%		%
150-3L	41,8	100,0	5,2	100,0	2,0	100,0
200-3L	37,1	88,8	7,2	138,4	2,2	107,9
300-3L	16,3	39,0	10,3	197,9	3,6	176,4

Model Keruntuhan Panel

Pembentukan retak pada umumnya dari setiap benda uji berbeda-beda. Profil 150-3L, profil 200-3L dan profil 300-3L kehancuran yang terjadi yaitu kehancuran lentur geser. Retak yang terjadi pada pengujian profil dengan variasi tinggi profil dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Gambar Pola Retak Variasi Tinggi

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Benda uji 200-3L terjadi peningkatan kapasitas sebesar 38% dibandingkan benda uji 150-3L, 300-3L meningkat sebesar 97% dibanding 150-3L.
2. Benda uji 200-3L terjadi penurunan lendutan sebesar 12% dibandingkan benda uji 150-3L, 300-3L menurun sebesar 61% dibanding 150-3L.
3. Benda uji 200-3L terjadi peningkatan daktilitas sebesar 7% dibandingkan

benda uji 150-3L, 300-3L meningkat sebesar 76% dibanding 150-3L.

4. Kegagalan profil yang terjadi secara keseluruhan yaitu kegagalan lentur geser.

Saran

Penelitian ini diharapkan dapat dilanjutkan oleh peneliti lain, dengan memperhatikan beberapa hal dan saran yaitu memperhatikan kestabilan profil pada saat dikonstruksi menjadi agar pada saat pengujian beban yang didistribusi merata dan profil tidak akan terjadi perlemahan pada satu profil kanal C.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Abdullah, 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.