

ANALISIS KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG BAMBU PROFIL DENGAN VARIASI SUSUNAN TULANGAN

Juanita¹, Naimuddin

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Al-Azhar Mataram
Jln. Unizar No. 20 Turida, Mataram

¹Email : Joanne_nita@ymail.com

ABSTRAK

Penggunaan beton bertulang dalam pembangunan yang membutuhkan biaya tinggi menimbulkan fenomena yang menarik untuk mencari material pengganti tulangan baja. Tujuan dari penelitian ini mengukur kekuatan mekanik bambu galah, mengukur beban maksimum dan momen runtuh pada benda uji beton bertulang bambu, dan membandingkan kapasitas kuat balok uji bertulang bambu profil terhadap balok uji bertulang baja. Pengukuran kapasitas balok beton bertulang dibagi menjadi dua yaitu beton bertulang baja sebagai kontrol dan beton bertulang bambu dengan 2 variasi susunan berbeda dengan dimensi 150 mm x 150 mm x 1000 mm. Pengujian balok beton bertulang dilakukan dengan mengacu SNI 03 – 4154 – 1996 “Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Dibebeani Terpusat Langsung”. Momen runtuh rata-rata balok tipe 1, 2, dan 3 (kontrol) secara berurutan yaitu 4994,00 MPa, 6890,17 MPa, dan 8810,00 MPa. Hasil pengujian lentur menunjukkan bahwa balok bertulang baja (kontrol) mempunyai nilai kapasitas kuat balok yang tertinggi. Balok bertulang bambu yang memiliki nilai kapasitas kuat mendekati nilai kontrol adalah balok tipe 2 dengan persentase 78,21 % karena balok tipe 2 memiliki posisi tulangan yang vertical khususnya pada daerah tekan sehingga inersia yang dimiliki pada daerah tekan besar dan bagian kulit bambu di pasang horizontal pada daerah tarik sehingga kuat tariknya lebih besar.

Kata kunci: balok, lentur, tulangan

ABSTRACT

The use of reinforced concrete in construction that requires a high cost raises an interesting phenomenon to find replacement material for steel reinforcement. The purpose of this study was to measure the mechanical strength of bamboo poles, measure the maximum load, and the moment of collapse in bamboo reinforced concrete specimens, and to compare the strength capacity of bamboo reinforced test beams against steel reinforced test beams. The measurement of reinforced concrete beam capacity is divided into two, they are steel reinforced concrete as a control and bamboo reinforced concrete with two different arrangement variations with dimensions of 150 mm x 150 mm x 1000 mm. The testing of reinforced concrete beams is carried out by referring to SNI 03-4154-1996 (concrete flexural strength testing method with a simple test beam which is directly centered.) The average moment collapse of type 1, 2, and 3 (control) beams are 4994.00 MPa, 6890.17 MPa and 8810.00 MPa respectively. The results of the flexural test showed that the steel reinforced beam (control) had the highest beam strength capacity value. Bamboo reinforced beam which has a strong capacity value which approaching the control value is type 2 beam with a percentage of 78.21% because type 2 beam has a vertical reinforcement position especially in the compressed area so that the inertia that is owned in the large compressed area and the bamboo skin part is mounted horizontally in the area Pull so that the strength of the pull is greater.

Keywords: beam, flexural, reinforcement

PENDAHULUAN

Beton merupakan suatu material yang sampai sekarang merupakan material yang banyak digunakan dalam pembangunan karena sifatnya yang kuat, keras dan kaku. Komposisi pembentuk beton antara lain semen, agregat halus, agregat kasar, dan air menjadikan beton mempunyai kekuatan tekan yang tinggi. Nilai kekuatan beton dapat diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum.

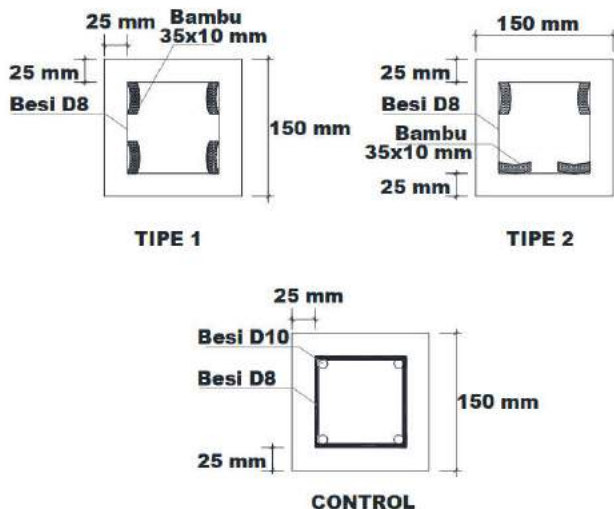
Pada era modern ini banyak dijumpai beton bertulang bambu sebagai pengganti tulangan baja yang harganya terus meningkat. Beton bertulang bambu telah menjadi inovasi sejak tahun 1990an. Menurut Khare (2005) balok bertulang bambu sangat disarankan untuk daerah yang terbatas dalam ketersediaan tulangan baja polos. Menurut penyidikan yang telah dilakukan, kekuatan tegangan tarik ultimit dari bambu sekitar 1000 – 2000 kg/cm² dimana nilai tersebut merupakan ½ sampai

¼ dari tegangan tarik ultimit besi (Surjokusumo dan Nugroho, 1993), sehingga sangat menarik untuk direncanakan peningkatan potensi bambu sebagai material pengganti besi agar dapat mengurangi biaya pembuatan beton bertulang baja.

METODE PENELITIAN

1. Desain Balok Beton Bertulang

Penampang balok yang digunakan pada penelitian ini berdimensi 15 cm x 15 cm, panjang balok beton bertulang yaitu 100 cm. Tipe tulangan balok yang akan digunakan ada 3 tipe yaitu 2 tipe balok bertulang bambu dan 1 tipe balok bertulang baja sebagai kontrol. Bambu yang digunakan adalah bambu jenis *Gigantochloa atter* (Hassk)/bambu galah dengan ketebalan ± 1cm dan lebar penampang ± 3,5 cm, sedangkan baja yang digunakan yaitu tulangan baja polos berdiameter 10 mm dan besi sengkang berdiameter 8 mm. Pada Gambar 3 berikut merupakan bentuk susunan tulangan pada penampang balok uji sederhana.



Gambar 1. Susunan tulangan pada penampang balok

Keterangan :

- Tipe 1 = Empat bagian bambu yang disusun vertikal dengan kulit bambu saling berhadapan di tengah susunan sebagai tulangan longitudinal.
- Tipe 2 = Dua bagian bambu disusun vertikal pada daerah tekan dan dua bagian bambu disusun horizontal pada daerah tarik.
- Kontrol = Tulangan baja polos dengan diameter 10 mm dan sengkang berdiameter 8 mm
- Sebagai penghubung geser pada tulangan adalah kawat sebagai pengikat tulangan bambu pada besi sengkang.

2. Pengerjaan Bambu

Bambu jenis *Gigantochloa atter* (Hassk)/bambu galah yang sudah dipilih adalah bambu dengan diameter luar ± 12 cm. Bambu tersebut ditebang dengan cara mengambil jarak 30 cm dari pangkal ujung bawah batang untuk mencegah air

tertampung pada sisa bambu yang akan merusak akar rimpang bambu. Bambu yang sudah ditebang, dipotong-potong sesuai ukuran rencana benda uji yaitu uji lentur dengan panjang 98 cm. Setelah dipotong dengan panjang 98 cm, bambu dibelah menjadi 4 bagian. Masing-masing bagian bambu dipergunakan sebagai tulangan pengganti besi. Total jumlah tulangan bambu untuk seluruh spesimen adalah 24 buah bagian bambu. Jumlah potongan bambu yang diperlukan untuk pembuatan benda uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Dimensi benda uji untuk mendapatkan berat jenis bambu kering udara dan kadar air bambu adalah dengan ketebalan 15 mm, lebar 20 mm dan panjang 300 mm. Semua bambu yang sudah dipotong tersebut kemudian didiamkan selama 3-4 hari untuk pengeringan kadar air. Setelah bambu cukup kering, tulangan bambu tersebut ditimbang agar mendapatkan berat jenis bambu kering udara.

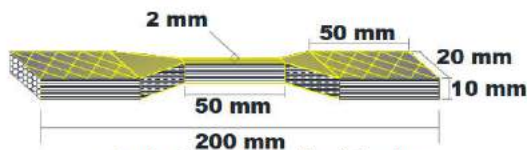
Tabel 2. Komposisi Tulangan Bambu Profil

Penampang Balok	Panjang Balok (cm)	Jumlah Tulangan (unit)	Jumlah Balok Beton	Jumlah Tulangan Setiap Tipe Balok
Tipe 1	98	4	3	12
Tipe 2	98	4	3	12
Total				24

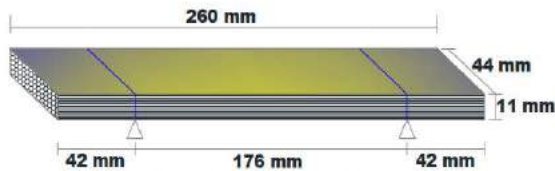
Sumber : Penelitian 2017

Pengujian bambu yang dilakukan adalah pengujian tarik dan pengujian lentur bambu. Pembuatan sampel uji tarik dan lentur spesimen bambu dilakukan dengan mengacu ASTM D143-09 "*Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber*". Spesimen kuat tarik membutuhkan 3 buah specimen dengan penampang terkecil 2 mm x 10 mm (Gambar 2). Spesimen kuat lentur bambu

dibuat dengan dimensi 11 mm x 44 mm x 176 mm yang membutuhkan 4 spesimen yaitu 2 buah specimen dengan buku ditengah bentang dan 2 spesimen bebas buku, specimen untuk lentur bambu (Gambar 3). Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah jangka sorong dan *Universal Testing Machine (UTM)* merk *Multiansayo* dan *Advantes9* kapasitas 3000 KN.



Gambar 2. Spesimen uji tarik bamboo



Gambar 3. Spesimen uji lentur bamboo

3. Pengujian Bambu

- Pengujian kuat tarik bambu dilakukan untuk memperoleh data beban (P) dan defleksi (δ).
- Pengujian lentur dilakukan untuk mendapat nilai MOE dan MOR.

4. Pengujian Beton

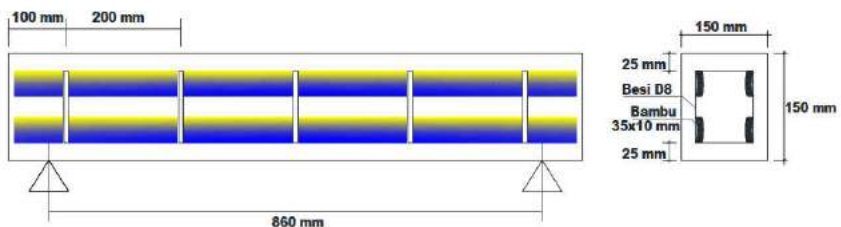
- Concrete Mix Design
Beton yang akan digunakan pada penelitian ini adalah beton dengan kuat tekan kubus rencana (f'_c) 17,5 MPa dan $w/c = 0,54$. *Concrete mix design* mengacu pada metode *American Concrete Institute* (ACI 318-89).
- Slump Test
- Perawatan/Curing Beton

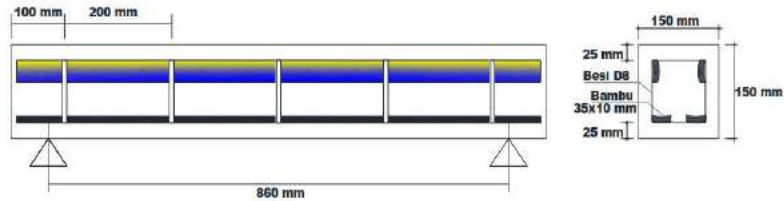
5. Pengujian Beton

- Uji Tekan Kubus Beton
Uji tekan kubus beton dilakukan untuk mengetahui kualitas beton. Kubus beton yang akan diuji berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm yang sudah berumur 28 hari.

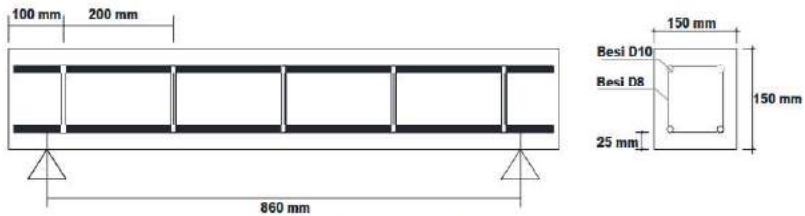
Alat yang digunakan pada pengujian ini yaitu *Advantest9* dengan kapasitas 3000 ton.

- Uji Lentur Balok Beton Bertulang
Balok yang sudah siap uji yaitu balok beton yang sudah berumur 28 hari. Pengujian lentur dilakukan dengan metode *center point loading* atau balok dengan dibebani terpusat dengan panjang bentang 86 cm dan batas toleransi 9 mm (SNI 03 – 4154 – 1996) seperti yang terlihat pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6. Alat yang digunakan yaitu *Advantest9* dengan kapasitas 3000 KN dan printer. Data yang diperlukan langsung di print. Jika benda uji telah mengalami kerusakan maka pengujian dapat dihentikan. Data dari pengujian balok yang didapat adalah data beban (P) dan data *defleksi* (δ).





Gambar 4. Balok uji beton bertulang bambu



Gambar 5. Balok uji beton bertulang baja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tarik Bambu Sejajar Serat

Hasil dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa nilai rata-rata tegangan tarik bambu sejajar serat (σ_{tr}) adalah 166,41 MPa atau 1664,13 kg/cm²

dengan defleksi maksimum (δ_{max}) rata-rata 1,77 mm dari 3 buah benda uji. Selain tegangan tarik, pengujian tersebut menghasilkan tegangan leleh bambu (f_y) dengan rata-rata 93,54 MPa atau 935,39 kg/cm² seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tegangan tarik bambu

No	P_{max} (Mpa)	F_y (Mpa)	A_{trll} (Mpa)
1	2420	59.618	114.504
2	2370	157.999	283.679
3	2390	63.002	101.057
Rata-rata	2393.333	93.539	166.413

Sumber: Hasil Pengujian Tahun 2017

Kuat Lentur Bambu Tegak Lurus Serat

Pengujian lentur bambu dilakukan dengan 2 bagian yaitu pengujian lentur batang bambu dengan buku ditengah bentang dan batang bambu bebas buku. Pengujian tersebut dilakukan 2 bagian bertujuan untuk menganalisa perbedaan posisi/susunan tulangan bambu yang ditinjau dari penampang balok beton.

Modulus of elasticity (MOE) adalah nilai kekakuan suatu bahan yang diberi perlakuan lentur. Nilai rata-rata MOE bambu bebas buku yaitu 2654,19 MPa atau 26541,99 kg/cm², sedangkan kekuatan

bambu dengan buku adalah 2987,28 MPa atau 29872,81 kg/cm². Hal tersebut menunjukkan bahwa kekuatan bambu dengan buku yang diberi beban lentur lebih besar daripada kekuatan bambu bebas buku.

Modulus of rupture (MOR) adalah suatu nilai tegangan suatu bahan yang diberi beban lentur. Nilai rata-rata MOR bambu bebas buku adalah 86,01 MPa atau 860,08 kg/cm², sedangkan nilai MOR bambu dengan buku ditengah bentang adalah 100,19 MPa atau 1001,90 kg/cm².

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil dari pengujian tekan menunjukkan bahwa kubus beton dengan

umur 28 hari atau umur beton dengan kekuatan maksimum mempunyai kuat tekan 31,86 MPa atau 318,58 kg/cm².

Tabel 4 Hasil pengujian tekan kubus beton

No	Kuat tekan 28 hari		FAS
	Kg/cm ²	Mpa	W/C
1	309.02	30.902	0.68
2	306.84	30.684	0.68
3	339.87	33.987	0.68
Rata-rata	318.58	31.86	0.68

Sumber: Hasil Pengujian Tahun 2017

Hasil Pengujian Lentur Balok

Fungsi utama struktur balok adalah menahan beban lentur merata maupun terpusat. Momen runtuh balok beban terpusat pada balok terjadi pada tengah bentang perletakkan sendi dan rol. Momen runtuh rata-rata balok tipe 1, 2, dan 3

(kontrol) secara berurutan yaitu 4994,00 Nm, 6890,17 Nm, dan 8810,00 Nm. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa balok kontrol atau balok bertulang baja masih unggul dalam momen runtuh balok. Hasil momen runtuh balok tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Pengujian Balok

Balok	No.	Pmax (N)	Momenexp (Nm)
Tipe 1 IBM (bambu)	1	18327	4796.75
	2	20510	5342.50
	3	18511	4842.75
	Rata-rata		4994.00
Tipe 2 IIBM (bambu)	1	25728	6647.00
	2	27187	7011.75
	3	27187	7011.75
	Rata-rata		6890.17
Tipe 3 CBj (kontrol)	1	30472	7833.00
	2	35497	9089.25
	3	37171	9507.75
	Rata-rata		8810.00

Sumber: Hasil Pengujian Tahun 2017

Balok bertulang bambu yang memiliki momen runtuh paling tinggi dan mendekati nilai balok kontrol adalah balok tipe 2. Balok tipe 2 memiliki persentase momen runtuh sebesar 78,21% dari balok kontrol. Hal tersebut terjadi karena susunan tulangan bambu tipe 2 memiliki posisi penampang dua tulangan yang di susun secara vertical pada daerah tekan sehingga pada daerah tekan memiliki inersia tulangan lebih besar dan dua susunan tulang

pada daerah tarik secara horizontal menunjukkan bahwa kulit bambu pada tulangan balok terdapat dibawah tulangan tarik. Tulangan pada daerah tekan dan tarik ini sangat mempengaruhi balok untuk menahan beban serta momen runtuh yang lebih besar. Letak kulit bambu pada tulangan tersebut yang berperan menahan beban lenturan pada balok dari atas, khususnya pada daerah tarik balok. Menurut hasil penelitian Morisco (1999),

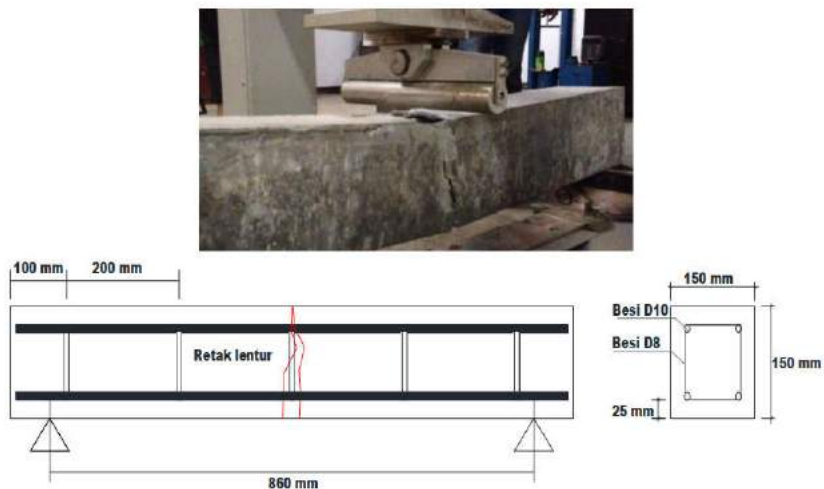
kulit bambu merupakan bagian bambu yang paling kuat. Karakteristik kulit bambu lebih kuat daripada daging bambu dimana tegangan tarik kulit bambu jenis galah tiga kali lipat lebih kuat daripada daging bambu.

Selain balok tipe 2, balok bertulang bambu tipe 1 memiliki nilai momen runtuh lebih jauh mendekati balok kontrol. Persentase nilai momen runtuhnya sebesar 56,69 % dari kuat lentur balok kontrol. Menurut susunan tulangan bambu menunjukkan bahwa posisi tulangan bambu pada tulangan balok yang di susun secara vertikal baik tulangan didaerah tekan maupun tulangan didaerah tarik. Menurut Cahyono (2011), tegangan lentur adalah besarnya nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji berbentuk balok yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut atau hasil bagi antara momen lentur dengan inersia balok sehingga semakin besar nilai

inersia balok maka tegangan yang terjadi pada balok semakin kecil sehingga beban yang diterima lebih besar.

Pola Retak Balok

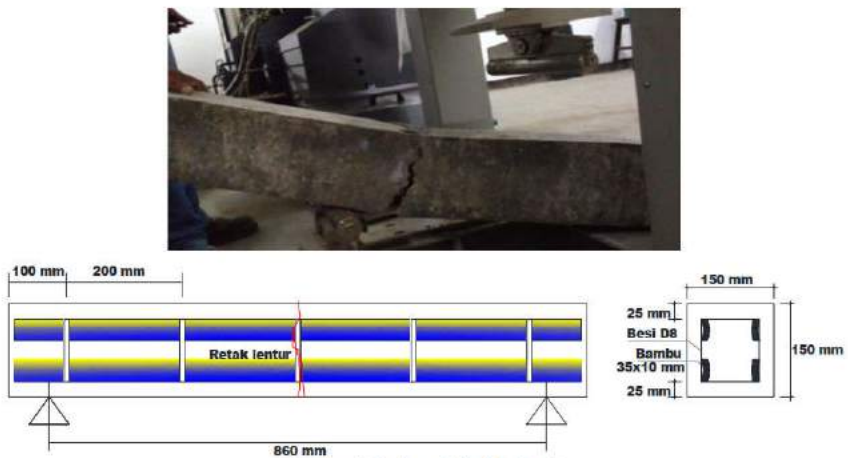
Retak lentur awal yang terjadi memang selalu berada pada daerah tarik selanjutnya retak menyebar sedikit demi sedikit ke daerah tekan. Retak yang terjadi pada daerah tekan tersebut tidak terlalu banyak dan lebar. Dalam penelitian ini, retak yang terjadi pada balok bertulang bambu tidak hanya keretakan tarik, tetapi juga keretakan geser. Retak yang terjadi pada balok kontrol merupakan retak lentur yang terjadi pada daerah tarik seperti yang terlihat pada Gambar 6, sedangkan pada balok tipe 1, 2, dan 3 (kontrol) keretakan yang terjadi adalah retak tarik dan retak geser.



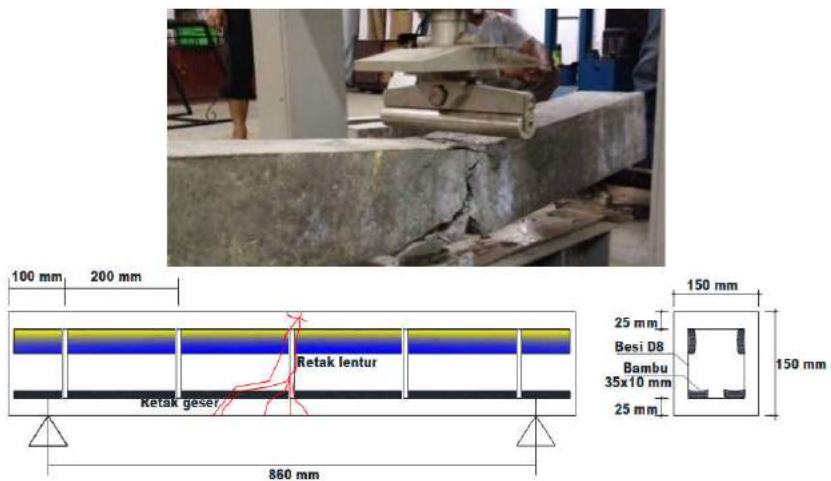
Gambar 6. Pola retak pada balok kontrol

Tulangan geser pada umumnya disebut sengkang yang fungsinya untuk menahan gaya geser yang terjadi balok. Pada balok kontrol tulangan geser atau besi sengkang telah didesain sehingga tidak terjadi retak geser pada balok tersebut.

Retak geser pada balok bisa terjadi karena tidak adanya tulangan geser yang didesain.



Gambar 7. Pola retak balok tipe 1



Gambar 8. Pola retak balok tipe 2

KESIMPULAN

1. Tulangan bambu galah memiliki sifat yang mendekati seperdua sifat mekanis baja mutu sedang. Kuat tarik bambu galah adalah 166,41 MPa, sedangkan tegangan leleh bambu (f_y) adalah 93,54 MPa. Berdasarkan SNI 07 – 2052 – 2002 tentang “Baja Tulangan Beton” dan dari hasil pengujian menunjukkan bahwa

bambu galah memiliki kekuatan tarik 43,79 % dan tegangan leleh bambu galah 39,80 % dari baja mutu sedang. Kondisi tersebut menunjukkan bambu galah bisa menjadi alternatif pengganti tulangan baja.

2. Momen runtuh rata-rata balok tipe 1, 2, dan 3 (control) secara berurutan yaitu 4994,00 MPa, 6890,17 MPa, dan

- 8810,00 MPa. Hasil analisis eksperimen menunjukkan bahwa balok tipe 2 mampu menahan beban lebih besar dibanding balok bertulang bambu tipe lainnya. Hal tersebut terjadi karena susunan tulangan bambu tipe 2 memiliki posisi tulangan yang vertical khususnya pada daerah tekan sehingga inersia yang dimiliki pada daerah tekan besar dan bagian luar/kulit bambu terletak dibawah, tulangannya di pasang horizontal pada daerah tarik sehingga kuat tariknya lebih besar.
3. Kapasitas kuat balok bertulang baja (kontrol) masih unggul daripada balok bertulang bambu. Kapasitas balok bertulang bambu tipe 2 mendekati nilai kontrol yaitu 6890,17 MPa dengan persentase 78,21 % dari balok kontrol bertulang baja.
- DAFTAR PUSTAKA**
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional 2002. *Baja Tulangan Beton SNI 07 – 2052 – 2002*. Jakarta: BSN.
- Cahyono B. 2011. *Kajian Kuat Lentur Beton Kertas (Papercrete) dengan Bahan Tambah Serat Nylon [skripsi]*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Fauzan M, Riswan D. 2002. *Analisa dan perhitungan konstruksi gedung perkantoran bidakara pancoran [Skripsi]*. Padang: Universitas Andalas.
- Janssen, JJA. 2000. *Designing and Building with Bamboo*-International Network for Bamboo and Ratan (INBAR) Technical Report #20. Beijing: INBAR.
- Ghavami K. 2008. *Bamboo: Low Cost and energy Saving Construction Materials, Modern Bamboo Structures*. London: aylor & Francis Group.
- Khare, L. 2005. *Perfomance evaluation of bamboo reinforced concrete beams*. Diakses dari <http://www.learningace.com/doc/1491267/bfa7323e7f692fdaf7e7679125bd5c89/umi-uta-1098>.
- McCormac JC. 2004. *Desain Beton Bertulang*. Jilid ke-1. Sumargo, penerjemah; Simarmata L, editor. Jakarta (ID): Penerbit Erlangga. Terjemahan dari: *Design of Reinforced Concrete Fifth Edition*.
- Morisco. 2006. *Teknologi Bambu*. Bahan Kuliah Program Magister Teknologi Bahan Bangunan. Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Nasution, A. 2009. *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB Press.
- Nugroho, H. 2013. *Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulangan Bambu Wulung Polos*. Skripsi. Surakarta: Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sebelas Maret.