

KAJIAN KUAT LENTUR DAN KUAT LEKAT BALOK BETON BERTULANGAN BAMBU WULUNG POLOS

Dian Kurniawan¹⁾, Agus Setiya Budi²⁾, Sunarmasto³⁾,

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, ²⁾Universitas Sebelas Maret,

³⁾Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail: dianscoonthe@yahoo.com

Abstract

Concrete with steel reinforcement is a powerful blend of strong concrete due to the press but weak against tensile and powerful steel reinforcement against tensile but weak against the press. However, the reinforcing steel is the material of the mine so the longer the results will be exhausted. To overcome these problems, as an alternative effort using bamboo reinforcement that cheap and has high strength.

This study uses an experimental method with a total of 3 samples objects. The sample used in this research is a concrete block measuring $110 \times 150 \times 1700$ mm. The three samples using plain steel reinforcement and three others using plain bamboo Wulung. The quality of concrete is planned $f_c = 17.5$ MPa. Bending test performed at 28 days with third-point loading method. Six cylindrical specimens is planted wulung bamboo reinforcement with Nodia and without Nodia with depth of 15 cm with a size of $60 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 0.52 \text{ cm}$. Three cylinders is planted the steel reinforcement $\varnothing 8$ mm as comparison. This test is performed in the Structures Laboratory, Faculty of Engineering of Sebelas Maret University (UNS), on the concentrate age of 28 days by giving two point loads centered at a distance of $1/3$ span of beam from the pedestal, for adhesion test using Universal Testing Machine (UTM).

The yield strength melting of wulung bamboo taken at 322.529 N/mm^2 or yield strength on nodia, because the yield strength on nodia in half range of internodia yield strength. Crack pattern on a block of concrete with steel reinforcement in concrete beams and bamboo Wulung with torsion bars are located plain $1/3$ spans the middle. Such a collapse is included in the bending collapse. The result of M_{max} or critical moment of concrete beams reinforced plain wulung bamboo is 0.328 Tonm. Nominal moment based on the analysis of concrete beams reinforced plain wulung bamboo nodia of 0.328 Tonm, bamboo wulung internodia of 0.809 Tonm. For the flexural capacity of beam reinforced bamboo wulung is 7.460 MPa. The result of research on fault test adhesion reinforcement obtained value of 0.25 mm Bamboo wulung on nodia of 0.1600 MPa, bamboo wulung internodia of 0.1783 MPa.

Keywords : Wulung Bamboo, Flexural Capacity, Adhesive Strength

Abstrak

Beton dengan tulangan baja adalah perpaduan yang kuat karena beton yang kuat terhadap tekan tetapi lemah terhadap tarik dan tulangan baja yang kuat terhadap tarik tetapi lemah terhadap tekan. Akan tetapi baja tulangan merupakan bahan hasil tambang sehingga semakin lama akan semakin habis. Untuk mengatasi masalah tersebut, sebagai alternative dicoba pemakaian tulangan bambu yang murah dan berkekuatan tinggi.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan total benda uji 3 buah. Benda uji yang digunakan adalah balok beton berukuran $110 \times 150 \times 1700$ mm. Tiga buah menggunakan tulangan baja dan tiga buah menggunakan tulangan bambu Wulung polos. Mutu beton yang direncanakan adalah $f_c = 17,5$ MPa. Uji lentur dilakukan pada umur 28 hari dengan metode *third point loading*. Enam benda uji silinder ditanam tulangan bambu wulung nodia dan tanpa nodia sedalam 15 cm dengan ukuran $60 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 0,52 \text{ cm}$. Tiga silinder ditanam tulangan baja $\varnothing 8$ mm sebagai pembanding. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur, FT UNS, pada umur beton 28 hari dengan memberikan dua titik beban terpusat pada jarak $1/3$ bentang balok dari tumpuan, untuk uji lekat menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)*.

Kuat tarik leleh bambu wulung diambil sebesar $322,529 \text{ N/mm}^2$ atau kuat tarik pada nodia, karena kuat tarik pada nodia berkisar setengah dari kuat tarik internodia. Pola keruntuhan pada balok beton dengan tulangan baja maupun pada balok beton dengan tulangan bambu Wulung polos terletak antara $1/3$ bentang tengah. Keruntuhan yang demikian termasuk dalam keruntuhan lentur. Nilai M_{max} atau momen kritis pada benda uji balok beton bertulangan bambu wulung polos didapat sebesar 0,328 Tonm. Momen nominal berdasarkan analisis pada benda uji balok beton bertulangan bambu wulung pada kuat tarik Nodia didapat sebesar 0,328 Tonm, bambu wulung Internodia sebesar 0,809 Tonm. Untuk kapasitas lentur balok bertulangan bambu wulung sebesar 7,460 MPa. Hasil penelitian uji lekat tulangan pada sesar 0,25 mm didapatkan nilai bambu wulung nodia sebesar 0,1600 MPa, bambu wulung internodia sebesar 0,1783 Mpa.

Kata kunci : Bambu Wulung, Kapasitas Lentur, Kuat Lekat

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan material yang sangat umum digunakan dalam sebuah struktur bangunan, Beton merupakan bahan bangunan yang dibuat dari campuran antara agregat kasar, agregat halus, semen, dan air dengan jumlah perbandingan tertentu. Keunggulan utama beton dibandingkan bahan bangunan lainnya adalah mudah dibentuk, mempunyai kekuatan daya tekan yang besar, namun disisi lain memiliki daya tarik sangat lemah, Sehingga perlu diberikan tulangan yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi. untuk mengatasi kekurangan tersebut, Pada saat ini baja merupakan material yang terbaik sebagai tulangan pada beton karena kekuatan tariknya yang sangat tinggi, sehingga beton bertulangan baja banyak digunakan sebagai bahan bangunan.

Penggunaan baja pada tulangan beton masih menimbulkan beberapa kendala, harga material baja yang cukup mahal membuat biaya pembuatan beton bertulang menjadi besar. Disamping itu baja merupakan bahan tambang

yang tidak dapat diperbaharui dan keberadaannya suatu hari akan habis. Untuk mengatasi kendala tersebut, Penelitian-penelitian telah banyak dilakukan oleh para ahli struktur guna mencari material alternatif pengganti tulangan baja pada beton bertulang, antara lain seperti yang dilakukan oleh morisco pada tahun 1996 yaitu dengan memanfaatkan bambu sebagai tulangan pada beton.

Bambu merupakan produk hasil alam yang *renewable* yang dapat diperoleh dengan mudah, murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dan memiliki kuat tarik sangat tinggi yang dapat dipertandingkan dengan baja (Setiyabudi. A, 2010). Menurut Janssen (1980), kekuatan tarik bambu sejajar serat antara 200-300 MPa, kekuatan lentur rata-rata 84 MPa, modulus elastisitas 200.000 MPa.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Morisco dan Murdjono (1996) dan Janssen (1987) Penggunaan bambu sebagai tulangan beton merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk membuat suatu elemen struktur untuk bangunan sederhana. Karena kekuatan tarik yang dimiliki bambu sangat tinggi yang mendekati dua kali kuat tarik baja, sehingga jika bambu dikombinasikan dengan beton yang memiliki kuat tekan yang tinggi akan diperoleh bahan bangunan yang baru dan cukup baik kualitasnya. Sifat lentur bambu dapat mengimbangi sifat getas beton sehingga perpaduannya akan menghasilkan elemen struktur yang baik.

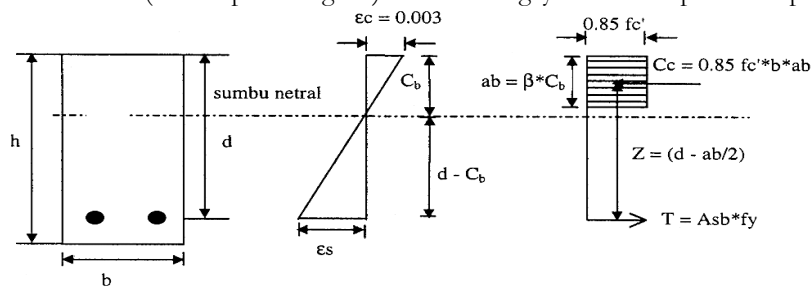
LANDASAN TEORI

Analisis dan perencanaan balok menggunakan rumus-rumus dalam analisis beton bertulang dengan ketentuan sebagai berikut :

Anggapan-Anggapan

Menurut Istimawan (1994), pendekatan dan pengembangan metode perencanaan kekuatan di dasarkan atas anggapan-anggapan sebagai berikut:

1. Prinsip Navier - Bernoulli tetap berlaku.
2. Tenggangan beton dapat disederhanakan menjadi tegangan kotak.
3. Kuat tarik beton diabaikan (tidak diperhitungkan) dan seluruh gaya tarik dilimpahkan kepada tulangan bambu.



Gambar 1. Distribusi Tegangan dan Regangan Pada Penampang Beton

Untuk menghitung tinggi luasan tekan pada balok dan nilai beta, digunakan persamaan

$$a = \beta_1 c$$

Dimana : c = jarak serat tekan garis terluar ke garis netral
 β_1 = konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat beton

Menurut SNI 03-2847-2002, menetapkan nilai β_1 sebagai berikut:

$$fc' \leq 30 \text{ MPa } \beta_1 = 0.85$$

$$fc' > 30 \text{ MPa } \beta_1 = 0.85 - 0.05 \cdot (fc' - 30) / 7$$

$$\beta_1 \leq 0.65$$

Pembatasan Tulangan Tarik

Pada perhitungan beton bertulang menurut SNI 03-2847-2002, ditetapkan bahwa jumlah tulangan baja tarik, As , tidak boleh melebihi 0.75 dari tulangan balans, Asb , yaitu jumlah tulangan tarik bila beton dan baja kedua-duanya mencapai regangan hancur.

$$As \leq 0,75 \cdot Asb$$

Dalam penelitian ini tulangan bambu ditetapkan tidak lebih dari 60 persen tulangan balans.

$$As \leq 0,60 \cdot Asb$$

Analisis Balok

Kondisi regangan seimbang (balance) terjadi jika:

$$\epsilon c' = 0.003 \text{ dan } \epsilon s = \epsilon y = \frac{fy}{Es}$$

Pada kondisi balans didapat:

$$Cb = \frac{0,003}{0,003 \frac{fy}{Es}} d$$

$$ab = \beta_1 C_b$$

$$C_c = 0.85 f_c' b a b$$

$$T = A_s b f_y$$

Karena $\sum H = 0$, maka $T = C_c$

$$A_s b f_y = 0.85 f_c' b a b$$

$$A_s b = \frac{0.85 f_c' b a b}{f_y}$$

$$A_s \leq 0.75 A_s b \text{ (untuk baja) atau}$$

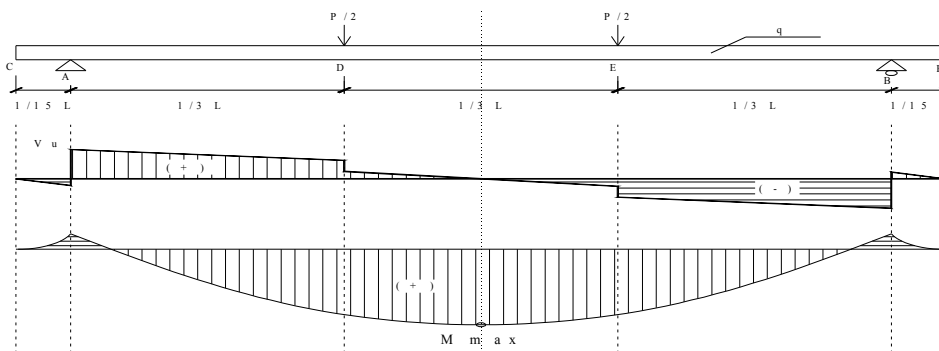
$$A_s \leq 0.60 A_s b \text{ (untuk bambu)}$$

- Momen Nominal Analisis:

$$a = \frac{(A_s f_y)}{0.85 f_c' b}$$

$$M_n = T (d - a/2)$$

- Momen Nominal Pengujian:



Gambar 2. SFD dan BMD

Reaksi Tumpuan:

$$\sum MB = 0$$

$$= -(RAv L) + \left[q \left(L + \frac{1}{15} L + \frac{1}{15} L \right) \frac{1}{2} L \right] + \left(P \frac{2}{3} L \right) + \left(P \frac{1}{3} L \right)$$

$$RAv = \frac{\left(\frac{17}{30} q L^2 \right) + (P L)}{L}$$

$$RAv = \left(\frac{17}{30} q L \right) + P$$

$$RAv = RBv$$

Momen:

$$X = \frac{1}{2} L$$

$$M_{max} = \left(RAv \frac{1}{2} L \right) - \left(q \frac{17}{30} L \frac{17}{60} L \right) - \left(P \frac{1}{6} L \right)$$

$$M_{max} = \left\{ \left[\left(\frac{17}{30} q L \right) + P \right] \frac{1}{2} L \right\} - \left(q \frac{17}{30} L \frac{17}{60} L \right) - \left(P \frac{1}{6} L \right)$$

$$M_{max} = \left(\frac{P L}{3} \right) + \left(\frac{221}{1800} q L^2 \right)$$

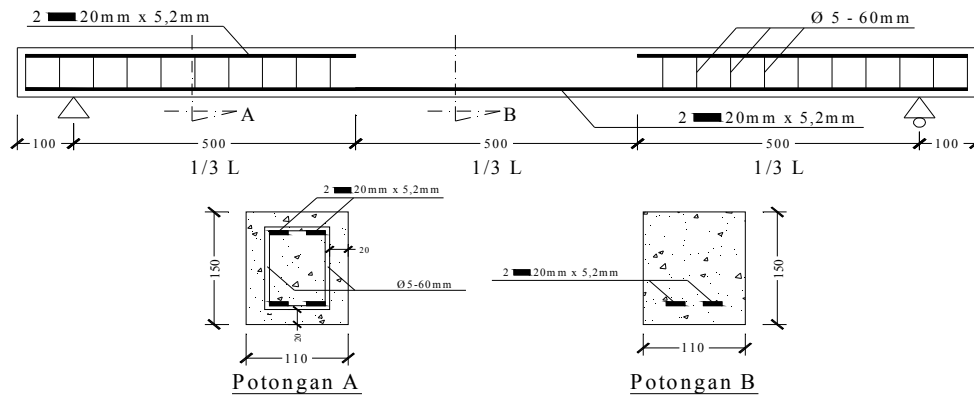
$$M_{max} = \text{Momen Nominal Pengujian}$$

Dari hasil analisis balok dapat diketahui besarnya momen nominal yang dapat dilayani balok, dan dari hasil percobaan juga akan diperoleh nilai P yang berguna untuk menghitung besarnya momen nominal yang bekerja, kedua nilai momen hasil dari analisis dan hasil pengujian akan dibandingkan.

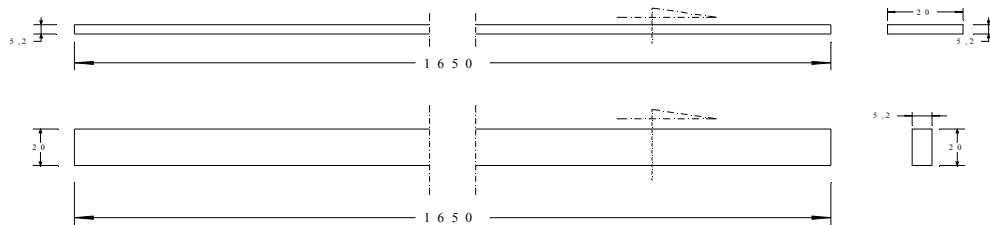
METODE

Metodologi penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Bambu yang dipakai adalah bambu Wulung dengan usia diatas 2,5 tahun, yang diambil dari daerah Dukuh Jlegong, Desa Banyu Urip, Kecamatan Klego, Kabupaten Boyolali. Jumlah benda uji kuat lentur sebanyak 9 buah dengan ukuran 11 cm x 15 cm x 170 cm, tiga balok benda uji pertama ditanam tulangan bambu wulung polos ukuran 0.52 cm x 2 cm x 165 cm, selanjutnya tiga balok benda uji ditanam tulangan baja baja \varnothing 8 mm dan tiga balok benda uji tanpa tulangan sebagai pembandingan. Benda uji kuat lekat sebanyak 9 buah silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm ditanam tulangan bambu Wulung nodia dan tanpa nodia dengan dimensi panjang 60 cm, lebar 2 cm dan tebal 0,52 cm sedalam 15 cm, sebagai pembandingan ditanam tulangan baja polos diameter 8 mm. Pengujian eksperimen ini dilakukan pada umur beton 28 hari dengan memberikan dua titik beban terpusat pada jarak $1/3$ bentang balok dari tumpuan.

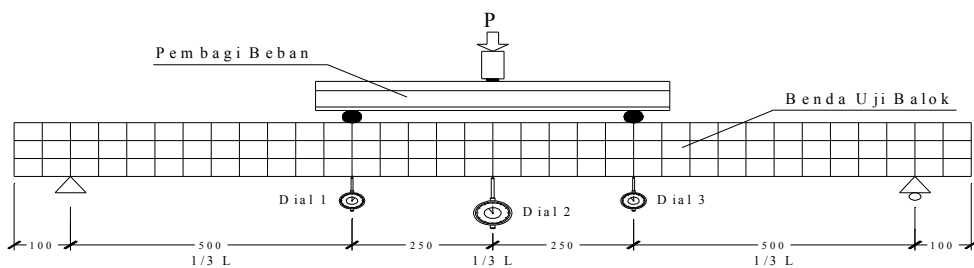
Gambar Benda Uji Kuat Lentur



Gambar 3. Detail Benda Uji Balok Bertulang Bambu

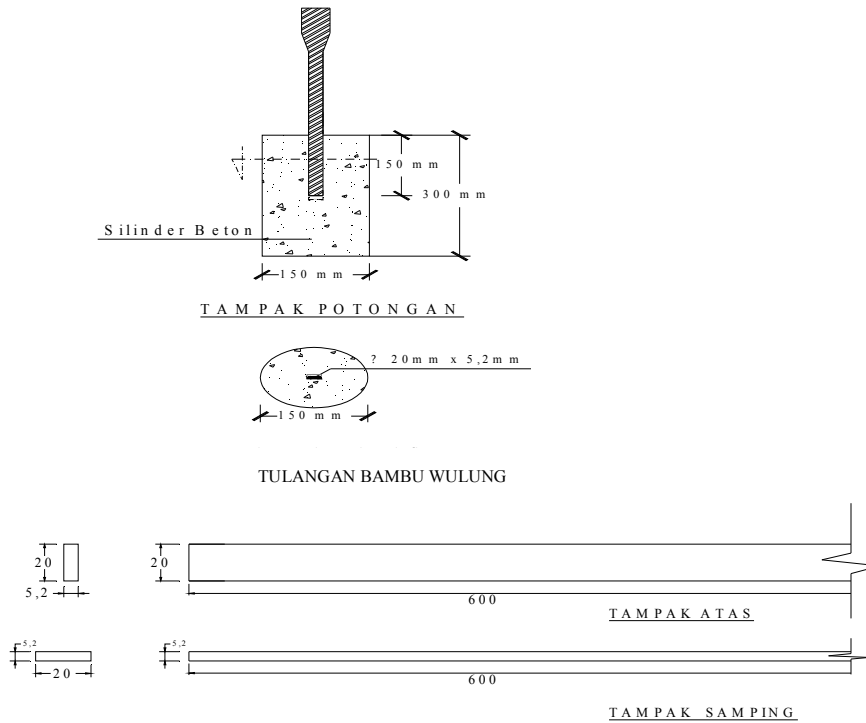


Gambar 4. Detail Tulangan Bambu Wulung Polos



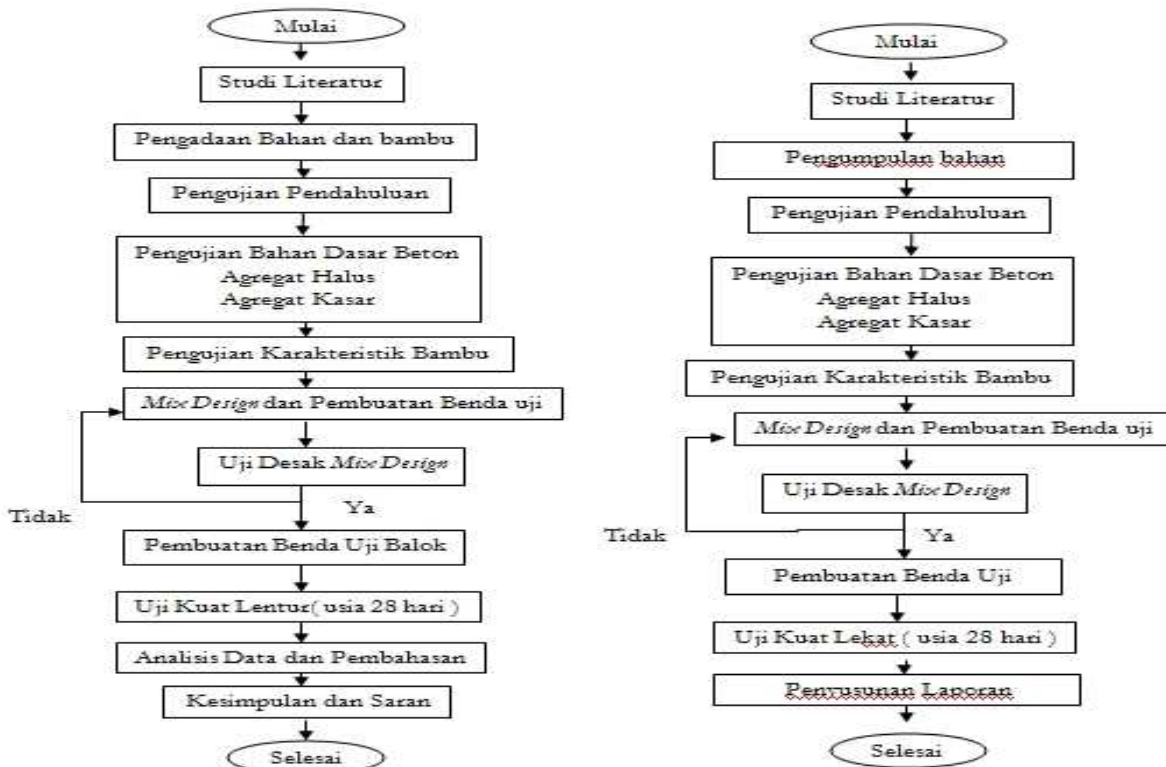
Gambar 5. Skema Pengujian Kuat Lentur

Gambar Benda Uji Kuat Lekat



Gambar 6. Benda Uji Kuat Lekat dan Detail Tulangan Bambu Wulung

Tahap dan Alur Penelitian



Gambar 7. Prosedur Pelaksanaan Penelitian Kuat Lentur dan Kuat Lekat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian pendahuluan terhadap karakteristik material yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Kadar air dan kerapatan bambu wulung didapat sebesar 7,41% dan 0,994 gram/cm³.
- Kuat geser sejajar serat bambu wulung didapat sebesar 5,199N/mm², Kuat tekan sejajar serat sebesar 36,08 N/mm².
- Kuat tarik sejajar serat Internodia bambu wulung didapat sebesar 395,434 N/mm², Kuat tarik sejajar serat Nodia bambu wulung didapat sebesar 322,529 N/mm².
- Modulus Of Rupture (MOR) didapat sebesar 336,830 N/mm², Modulus Of Elasticity (MOE) didapat sebesar 39554,10 N/mm².
- Kuat tarik leleh baja Ø 8 mm didapat sebesar 486,49 N/mm².
- Kuat tekan beton umur 28 hari didapat sebesar 18,29 N/mm².

Data hasil pengujian kuat lentur yang didapat antara lain beban dan lendutan yang dibaca melalui *transducer* pada *hidraulic jack* dan *dial gauge* dengan interval pembebanan 50 kg, pengujian dilakukan pada balok bertulangan bambu wulung polos, balok bertulangan baja Ø 7,84 mm, dan balok tanpa tulangan pada saat balok beton berumur 28 hari.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Lentur

No	Code Benda Uji	BebanMaksimum (kg)	Beban Retak Pertama (kg)	Lendutan (mm)			Retak Pertama	Posisi Runtuh
				Dial 1	Dial 2	Dial 3		
1	TBW1	1418,8	368,8	53,85	50,4	40,65	0,84	1/3 bentang tengah
2	TBW2	1118,8	368,8	34,3	28,5	27,1	0,77	1/3 bentang tengah
3	TBW3	1268,8	368,8	31,2	27,85	26,1	1,5	1/3 bentang tengah
4	TB 1	1918,8	618,8	27,00	38,20	28,30	1,75	1/3 bentang tengah
5	TB 2 **	368,8	368,8	0,35	0,59	0,39	0,59	1/3 bentang tengah
6	TB 3	2118,8	818,8	48,80	65,95	63,60	2,25	1/3 bentang tengah
7	TT 1	418,8	418,8	0,75	0,82	0,74	0,82	1/3 bentang tengah
8	TT 2	418,8	418,8	0,82	1,17	0,96	1,17	1/3 bentang tengah
9	TT 3	368,8	368,8	0,42	0,83	0,51	0,83	1/3 bentang tengah

Keterangan: TBW = Balok Bertulangan Bambu Wulung Polos
 TB = Balok Tulangan Baja Ø 8 mm
 TT = Balok Tanpa Tulangan
 (***) = Balok Mengalami Gagal Pengujian, Maka Data Hasil Pengujian Tidak Dihiraukan

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Lekat

Jenis Tulangan	Kode Benda Uji	Dimensi			Luas Penampang (mm)	Panjang Penanaman (mm)	Beban pada Sesar 0,25 mm (N)	Kuat Lekat	
		Diameter (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)				Nilai (MPa)	Rerata (MPa)
Baja Polos	TB I	7,84	-	-	48,25	150	1276,85	0,3458	0,3029
	TB II	7,84	-	-	48,25	150	1241,20	0,3361	
	TB III	7,84	-	-	48,25	150	837,185	0,2267	
Bambu Wulung Tanpa Nodia Polos	WTN 1	-	20	5,2	104	150	1195,32	0,1560	0,1783
	WTN 2	-	20	5,2	104	150	1405,62	0,1834	
	WTN 3	-	20	5,2	104	150	1499,00	0,1956	
Bambu Wulung Nodia Polos	WN1	-	20	5,2	104	150	1380,63	0,1804	0,1600
	WN 2	-	20	5,2	104	150	1396,49	0,1576	
	WN 3	-	20	5,2	104	150	1317,21	0,1421	

Keterangan: Baja Polos = Silinder Tulangan Baja Polos Ø 8 mm
WTN = Tulangan Bambu Wulung Tanpa Nodia Polos
WN = Tulangan Bambu Wulung Nodia Polos

SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan terhadap hasil penelitian pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Bambu wulung yang digunakan pada penelitian ini memiliki karakteristik sifat fisika kerapatan rerata sebesar 0,994 gram/cm³ pada kadar air rerata 7,41%. Berdasarkan pengujian sifat mekanika, bambu wulung pada penelitian ini memiliki kekuatan yang relatif tinggi, untuk kuat geser sejajar serat didapat hasil rerata sebesar 5,199 N/mm², kuat tekan sejajar serat didapat rerata sebesar 36,08 N/mm², kuat tarik sejajar serat **Internodia** didapat rerata sebesar 395,434 N/mm², kuat tarik sejajar serat **Nodia** didapat rerata sebesar 322,529 N/mm², dan modulus elastisitas lentur didapat nilai rerata sebesar 39554,10 N/mm².
2. Kuat tarik leleh bambu yang digunakan untuk perencanaan secara analisis adalah kuat tarik **Nodia** 322,529 N/mm², hal ini disebabkan karena kuat tarik bambu wulung pada **Nodia** lebih kecil dari kuat tarik **Internodia**.
3. Besarnya Mmax atau momen kritis pada benda uji balok beton bertulangan bambu wulung didapat rerata sebesar 0,328 Tonm. Momen nominal berdasarkan analisis pada benda uji balok beton bertulangan bambu wulung pada kuat tarik **Nodia** didapat sebesar 0,328 Tonm, pada kuat tarik **Internodia** didapat sebesar 0,809 Tonm.
4. Besarnya rasio kekuatan kapasitas lentur balok beton bertulangan bambu wulung polos **Nodia** sebesar 1,000 MPa dan rasio kekuatan kapasitas lentur balok beton bertulangan bambu wulung polos **Internodia** sebesar 0,406 MPa.
5. Besarnya kuat lentur balok beton bertulangan bambu wulung polos sebesar 7,460 MPa.
6. Pola retak yang terjadi dimulai pada tengah bentang balok dan disusul pada daerah dibawah dua titik pembagi beban yang mengarah dan menjalar pada titik pembagi beban tersebut, dari 9 buah balok yang di uji, rerata keruntuhan terjadi pada 1/3 bentang tengah balok dan dapat dikatakan keruntuhan lentur.

Berdasarkan analisis dari hasil pengujian *pull out* benda uji, dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai kuat lekat beton dengan tulangan bambu wulung polos tanpa **Nodia** sebesar 0,1783 MPa dan nilai kuat lekat beton dengan tulangan bambu wulung polos **Nodia** sebesar 0,1600 MPa. Jadi bisa ditarik kesimpulan bahwa nilai kuat lekat bambu wulung polos tanpa **Nodia** lebih besar 0,0183 MPa dari nilai kuat lekat bambu wulung polos **Nodia**.
2. Nilai kuat lekat tulangan bambu wulung polos maksimum dari semua pengujian yaitu pada tulangan tipe WTN 3 dengan beban maksimum 7300 N, kuat lekat 0,1956 MPa dan kegagalan pada tulangan.
3. Nilai kuat lekat tulangan bambu wulung polos minimum dari semua pengujian yaitu pada tulangan tipe WN 3 dengan beban maksimum 13100 N, kuat lekat 0,1421 MPa dan kegagalan pada tulangan.

REKOMENDASI

Selama melaksanakan penelitian, banyak dijumpai kendala baik selama pembuatan maupun pengujian, untuk itu perlu adanya saran bagi penelitian selanjutnya, antara lain sebagai berikut:

- a. Perlu penelitian lebih lanjut tentang kuat lentur dan kuat lekat bambu wulung dengan variasi tulangan dan variasi dimensi tulangan yang berbeda.
- b. Perlu penelitian lebih lanjut tentang *treatment* pada bambu yang akan dijadikan tulangan beton, supaya bambu dapat mencapai hasil yang maksimal.
- c. Perlu penelitian lebih lanjut pada bambu wulung dari daerah lain.
- d. Menggunakan jenis semen yang berbeda untuk penelitian selanjutnya.
- e. Menggunakan nilai kuat tekan (f_c) yang berbeda untuk penelitian selanjutnya.
- f. Perlu penelitian lebih lanjut dengan luas penampang yang sama antara baja dan bambu, agar bisa dibandingkan hasilnya.

REFERENSI

- Agus Setiya Budi, (2010). "Tinjauan jenis perekat pada balok laminasi bambu terhadap keruntuhan lentur", Prosiding Seminar Nasional "Pengelolaan Infrastruktur dalam Menyikapi Bencana Alam", ISBN: 979-489-540-6, 1 Mei 2010.
- Amanda, (1997). "Fiber texture and mechanical graded structure of bamboo", Composites PartB,28,30,B,32, pp 451-459.
- Anonim, (1984). "Penyelidikan Bambu Untuk Tulangan Beton", Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

- Anonim, (1991). "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI T-15-1991-03)", Yayasan LPMB, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Anonim, (1997). "Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan (SNI 03-4431-1997)", Jakarta.
- Anonim, (2002). "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penjelasan(S-2002)", Surabaya.
- Anonim, (2002). "Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia (Revisi PKKI NI-5)", Jakarta.
- Anonim, (2000). "Tata Cara pembuatan rencana campuran beton normal(SNI 03-2834-2000)", Jakarta.
- Anonim, (1997). "Semen portland (SNI 15-2049-2004)", Jakarta.
- Frick, H, 2004, " Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu, Pengantar Konstruksi Bambu", Kanisius, Yogyakarta.
- Ghavami, K, (2005), "*Bamboo as reinforcement in structural concrete elements*", Cement and composites, 27, pp 637-649.
- Hakim. A . 1987. "*Pengujian Beberapa Sifat Fisika dan Mekanika Enam Jenis Bambu Dalam Kondisi Segar*", Fakultas Kehutanan, UGM, Yogyakarta.
- Istimawan, Dipohusodo, 1994. "Struktur Beton Bertulang", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Janssen, J.J.A., (1987). "The Mechanical Properties of Bamboo" : 250-256. In Rao, A.N., Dhanarajan, and Sastry, C.B., Recent Research on Bamboos, The Chinese Academy of Forest, People's Republic of China, and IDRC, Canada.
- Jung, Y, (2006), "*Investigation Of Bamboo As Reinforcement In Concrete*" Dissertation, Master of Science in Civil and Environmental Engineering, The University of Texas at Arlington.
- Morisco, (1996). "Bambu sebagai Bahan Rekayasa, Pidato Pengukuhan Jabatan Lektor Kepala Madya Fakultas Teknik UGM", Yogyakarta.
- Morisco, (1999). "Rekayasa Bambu", Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Neville, A.M. & Brooks, J.J. 1987. Concrete Technology. Longman Scientific and Technical. New York.
- Nirav B. Siddhpuraa, Deep B. Shaha, Jai V. Kapadiaa, Chetan S. Agrawaladan Jigar K. Sevaliaa, (2013) "*Experimental Study on Flexural Element using Bamboo as Reinforcement*", Civil Engineering Department, Sarvajanic College of Engineering & Technology, Surat, Gujarat, India.
- Pathurahman dan Fajrin J, (2003). "Aplikasi Bambu Pilihan Sebagai Tulangan Balok Beton", dalam Jurnal Dimensi Teknik Sipil, Volume 5, No.1, Maret 2003, Halaman 39-44, Jurusan Teknik Sipil Fak. Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Saputro, B.Y.W. (2007). "Pengaruh Pemberian Filler Mortar Semen Terhadap Kapasitas Lentur Balok Bambu Tersusun (Tiga Batang) Dengan PenghubungBaut Dipasang Tegak Lurus", Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.