

BETON BERTULANGAN BAMBU WALESAN

Mego Purnomo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Gedung E4, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229, Telp. (024) 8508102

Abstract: *Bamboo has a tensile strength close to normal steel, it can be used as a substitute tensile steel reinforcement. Bamboo is used with a length of 3 m, base diameter 20 mm, 10 mm tip. Bamboo reinforcement beams in this study is 15 cm x 20 cm x 250 cm. This study uses the characteristic strength of concrete is $f_c' 22$ MPa. The tensile strength of bamboo walesan 147.15 Mpa, $E 4900$ MPa and 3 Listed below dial gauge specimens was investigated. Loading for flexural testing used two concentrated loads. From the results of this research is that keruntuh flexure marked by vertical cracks in the tensile reinforcement. The collapse of the beam is marked with some bamboo has been broken and the beam is not able to withstand the load again. Ultimate load of 12.25 KN and KN 12.985. Comparison of the mean value between the ultimate load experiment with theoretical calculations of 105.33%. Reinforcement tensile strain to work effectively while loading an average of 30.43% of ultimate load*

Keywords: *bamboo walesan, concrete, flexural*

Abstrak: *Bambu mempunyai kuat tarik yang mendekati baja normal maka dapat digunakan sebagai tulangan tarik pengganti baja. Bambu yang digunakan adalah Bambu dengan panjang 3 m, diameter pangkal 20 mm, ujung 10 mm. Balok bertulangan bambu pada penelitian ini adalah 15 cm x 20 cm x 250 cm. Penelitian ini menggunakan kekuatan karakteristik beton adalah $f_c' 22$ Mpa. Kuat tarik bambu walesan 147,15 MPa dan $E 4900$ MPa Dipasang 3 dial gauge di bawah benda uji bagian tengah. Pembebanan untuk pengujian lentur digunakan dua beban terpusat. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa keruntuh lentur ditandai dengan retak-retak tegak lurus di daerah tulangan tarik. Keruntuhan balok ditandai dengan sebagian bambu telah putus dan balok tidak mampu menahan beban lagi. Beban ultimit sebesar 12,25 KN dan 12,985 KN. Perbandingan nilai rata-rata antara beban ultimit eksperimen dengan perhitungan teoritis sebesar 105,33%. Regangan tarik tulangan bekerja efektif saat pembebanan rata-rata 30,43% terhadap beban ultimit*

Kata kunci : bambu walesan, beton, lentur

PENDAHULUAN

Bambu dikenal sebagai bahan yang ulet, memiliki kekuatan tarik jauh lebih tinggi dari pada kayu, bahkan dari penelitian Pusat Studi Ilmu Teknik (PSIT) UGM diketahui kuat tarik kulit bambu petung setara dengan kuat tarik baja mutu sedang yang bisa digunakan oleh masyarakat sebagai tulangan beton.

Bambu adalah tanaman yang termasuk ordo *Gramineae*, familia *Bambuseae*, suatu familia *Bamboidae*. Kuat tarik bambu tanpa buku adalah antara 151 – 291 MPa sedang bambu dengan buku mempunyai kuat tarik

antara 55 – 128 MPa (Morisco, 1996). Dengan kekuatan bambu tersebut dapat diupayakan sebagai pengganti tulangan baja.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton yang diisyaratkan (f_c') adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm), dipakai dalam perencanaan struktur beton, dinyatakan dalam MPa (SK SNI-T-15-1991-03). Kuat tekan beton 28 hari, memiliki kisaran nilai antara ± 10 – 65 MPa (Dipohusodo, 1999). Nilai kuat tekan

beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar pada benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur.

Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air yang digunakan dengan berat semen. Hubungan antara faktor air semen (fas) dengan kuat tekan beton dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{A}{B^{1,5x}}$$

(Tjokrodimulyo, 1996)

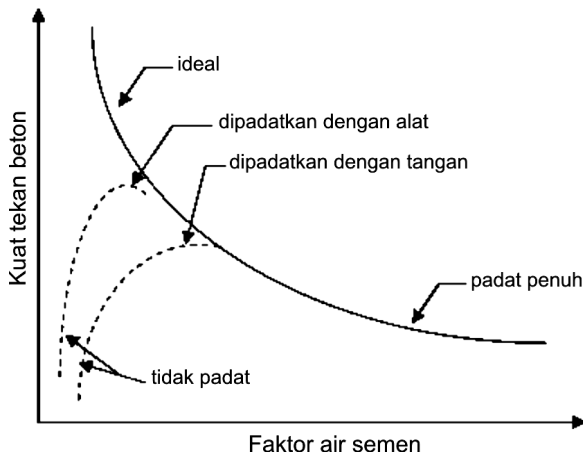
Dengan :

f_c' : kuat tekan beton pada umur tertentu

x : fas (yang semula dalam proporsi volume)

A,B : konstanta

Dari rumus di atas tampak bahwa semakin rendah nilai fas semakin tinggi kuat tekan betonnya, namun kenyataannya pada suatu nilai fas tertentu semakin rendah nilai fas kuat tekan betonnya semakin rendah pula, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen (fas). (Tjokrodimuljo, 1996).

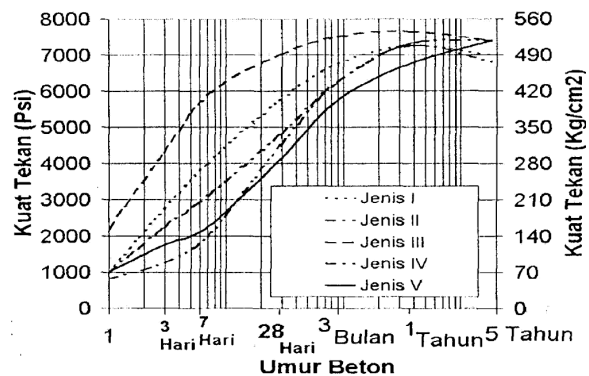
Fas yang terlalu tinggi akan menyebabkan banyak pori udara, sehingga beton menjadi kurang padat. Kepadatan adukan kuat beton sangat mempengaruhi kuat desak

beton setelah mengeras. Adanya udara sebanyak 5% dapat mengurangi kuat desak beton sampai 35% dan pori-pori sebanyak 10% dapat mengurangi kuat desak beton sampai 60%. Dengan demikian ada suatu nilai fas tertentu yang optimum yang menghasilkan kuat tekan maksimum. (Tjokrodimuljo, 1996).

Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton itu. Kecepatan bertambahnya kuat tekan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain : fas dan suhu perawatan. Semakin tinggi nilai fas semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya (Tjokrodimuljo, 1996).

Kekuatan beton pada umur 28 hari dianggap telah mencapai 100%, sedangkan kenaikan kekuatan beton setelah umur 28 hari akan bertambah secara *asymptotis*. Hubungan antara umur beton dan kekuatan beton dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Perkembangan Kekuatan Tekan Beton Untuk Berbagai Tipe Portland Semen Dengan Fas 0,49 (Mulyono, 2004).

Dari Gambar 2 terlihat bahwa pada fas yang sama, untuk pemakaian jenis semen yang berbeda kuat tekan beton akan semakin bertambah dan mencapai nilai

maksimum pada umur beton 3 (tiga) bulan dan setelahnya tidak ada kenaikan yang berarti.

Bambu

Bambu adalah tanaman yang termasuk ordo *Gramineae*, familia *Bambuseae*, suatu familia *Bamboidae*. Menurut Sharma (1987) di dunia tercatat lebih dari 75 negara dan 1250 spesies bambu, sedang Uchimura (1980) menyatakan bahwa bambu yang ada di Asia Selatan dan Asia Tenggara kira-kira 80% dari keseluruhan bambu yang ada di dunia.

Berdasarkan pertumbuhannya, bambu dapat dibedakan dalam dua kelompok besar, yaitu bambu simpodial dan bambu monopodial.

Bambu simpodial tumbuh dalam bentuk rumpun, setiap *rhizome* hanya akan menghasilkan satu batang bambu, bambu muda tumbuh mengelilingi bambu yang tua. Bambu simpodial tumbuh di daerah tropis dan subtropis, sehingga hanya jenis ini saja yang dapat dijumpai di Indonesia.

Bambu monopodial berkembang dengan *rhizome* yang menerobos ke berbagai arah di bawah tanah dan muncul ke permukaan tanah sebagai tegakan bambu yang individual.

Keunggulan dan kekurangan bambu

Bambu memiliki beberapa keunggulan yaitu :

1. Bambu mudah ditanam dan tidak memerlukan pemeliharaan secara khusus.
2. Pada masa pertumbuhan, bambu tertentu dapat tumbuh vertikal dengan sangat cepat.
3. Bambu mempunyai kekuatan cukup tinggi, kuat tariknya dapat dipersaingkan dengan baja.
4. Bambu berbentuk pipa sehingga momen kelembabannya tinggi, oleh karena itu

bambu cukup baik untuk memikul momen lentur. Ditambah dengan sifat bambu yang elastis, struktur bambu mempunyai ketahanan yang tinggi baik terhadap angin maupun gempa.

Sekalipun bambu memiliki banyak keunggulan, kiranya perlu juga diingat bahwa upaya menjadikan bambu sebagai pengganti kayu menghadapi beberapa kendala, yaitu :

1. Bambu mempunyai durabilitas yang sangat rendah, bambu sangat potensial untuk diserang kumbang bubuk, sehingga bangunan atau perabot yang terbuat dari bambu tidak awet.
2. Kelangkaan buku petunjuk perancangan atau standar berkaitan dengan bangunan yang terbuat dari bambu.
3. Sifat bambu yang mudah terbakar. Sekalipun ada cara-cara untuk menjadikan bambu tahan terhadap api, namun biaya yang dikeluarkan relatif cukup mahal.

Sifat kimia bambu

Penelitian sifat kimia bambu telah dilakukan oleh Gusmailina dan Sumadi Wangsa (1988) meliputi penetapan kadar selulosa, lignin, pentosan, abu, silika, serta kelarutan dalam air dingin, air panas dan alkohol benzen.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar selulosa berkisar antara 42,4% - 53,6%, kadar lignin bambu berkisar antara 19,8% - 26,6%, sedangkan kadar pentosan 1,24% - 3,77%, kadar abu 1,24% - 3,77%, kadar silika 0,10% - 1,78%, kadar ekstraktif (kelarutan dalam air dingin) 4,5% - 9,9%, kadar ekstraktif (kelarutan dalam air panas) 5,3% - 11,8%, kadar ekstraktif (kelarutan dalam alkohol benzene) 0,9% - 6,9%.

Sifat mekanis bambu

Sifat mekanis merupakan informasi penting guna memberi petunjuk tentang cara pengerjaan maupun sifat barang yang dihasilkan.

Sifat mekanik bambu adalah sifat yang berhubungan dengan kekuatan bahan dan merupakan ukuran kemampuan suatu bahan untuk menahan gaya luar yang bekerja padanya.

Menurut Yap (1983), kebanyakan pengujian bambu di Indonesia menghasilkan kekuatan tarik (tegangan patah untuk tarik) sebesar 250 sampai 1000 kg/cm², serta modulus kenyal sebesar 10000 sampai 30000 Mpa. Pengujian ini juga menunjukkan kekuatan dan modulus kenyal bagian luar lebih besar dari pada bagian dalam, juga kekuatan internodes lebih besar dari pada nodes.

Kuat tarik bambu yaitu suatu ukuran kekuatan bambu dalam hal kemampuannya untuk menahan gaya-gaya yang cenderung menyebabkan bambu terlepas satu sama lain. Kekuatan tarik dibedakan menjadi dua macam yaitu kekuatan tarik tegak lurus serat dan

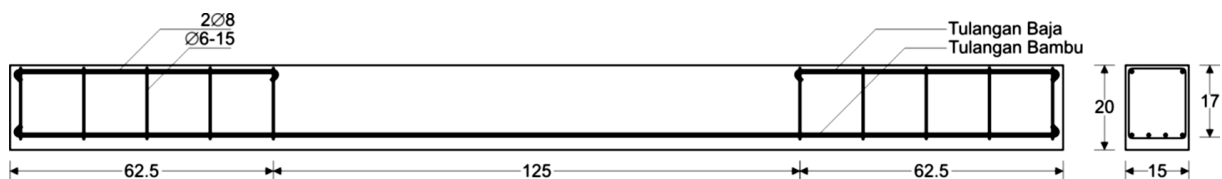
kekuatan tarik sejajar serat. Kekuatan tarik sejajar arah serat merupakan kekuatan tarik terbesar pada bambu. (Yudodibroto, 1979).

Dari penelitian oleh Morisco (1996) didapat kuat tarik dan kuat tekan rata-rata bambu pada berbagai posisi dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan 2.3. Dari penelitian Morisco juga diketahui tegangan batas lentur, Modulus elastisitas lentur, Modulus elastisitas tarik.

METODOLOGI

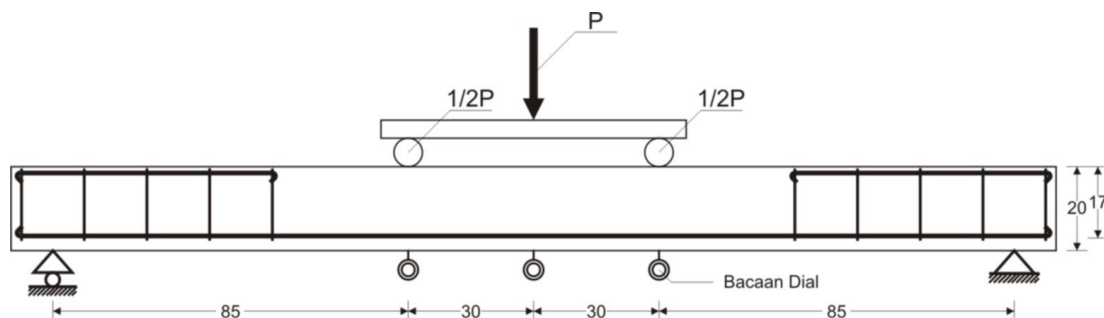
Benda uji balok dibuat sebanyak 3 buah, dengan ukuran 250 cm x 20 cm x 15 cm. Balok diberi tulangan bambu walesan sebanyak 4 buah, diletakkan dengan cara berkebalikan antara ujung dan pangkal agar luasan tulangan relatif sama.

Bambu dipilih minimal dengan panjang 3 m, diameter pangkal 20 mm, ujung 10 mm. Tulangan bambu walesan hanya diberikan pada bagian bawah saja, hal ini dimaksudkan agar pada bagian tersebut tulangan yang berpengaruh hanya tulangan tarik saja, dan menjadi bagian yang terlemah dari balok uji sehingga akan terjadi lentur murni. (Gambar 3).



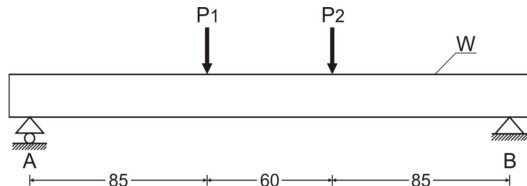
Gambar 3. Penulangan balok

Pengujian kuat lentur balok



Gambar 4. Model pengujian balok.

Analisis momen



Gambar 3. Model pembebanan

1. Momen reaksi

$$M_n = M_u + M_w \dots\dots\dots 1$$

$$\text{Momen akibat beban titik (Mu)} \sum M_A = \sum M_B = 0$$

$$\sum M_A = P_1.L_1 + P_2.L_2 - R_A.L$$

$$R_{A-230} = P \cdot 850 + P \cdot 1450$$

$$R_A = \frac{2300P}{2300} = P$$

$$M_2 = R_A.l$$

$$M_1 = P \cdot 850 = 850P$$

$$M_u = M_1$$

$$P = M_u/850 \dots\dots\dots 2$$

2. Momen akibat beban merata (Mw)

$$M_w = 1/8 w.L^2 \dots\dots\dots 3$$

Tabel 2. Kaut tekan beton (fc') pada tiap balok

Kode Balok	Benda Uji	A (cm ²)	Berat (Kg)	P Tertahan (Kg)	K (Kg/cm ²)	fc' (Mpa)	Berat Satuan (N/mm ³)
B 1	K 1	225	8,21	63000	288,00	22,77	2,38.10 ⁻⁵
	K 2	225	8,02	58000	253,78		
B 2	K 1	225	8,23	57000	253,33	21,08	2,39.10 ⁻⁵
	K 2	225	8,25	55000	244,44		
B 3	K 1	225	8,32	62000	275,56	22,59	2,42.10 ⁻⁵
	K 2	225	8,25	58000	257,78		

Rata-rata beton uji memiliki kuat tekan 22,15 MPa dengan rata-rata berat satuan 2,39.10⁻⁵ N/mm³.

Kuat tarik bambu walesan

Dari pengujian tiga bagian bambu walesan (pangkal, ujung, ros) didapat kuat tarik bambu walesan (fu) bagian pangkal 171,675 MPa dengan nilai E 5722,5 MPa, fu bagian ujung 165,375 MPa dengan nilai E 5512,5 MPa, fu bagian ros 147,15 MPa dengan nilai E 4900 MPa.

HASIL PENELITIAN

Rancangan Luas Penulangan

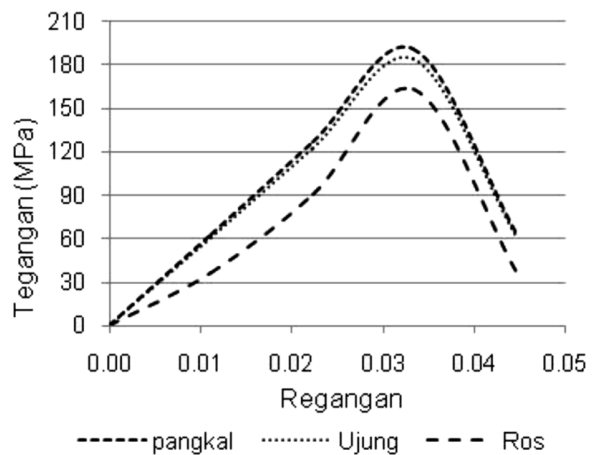
Rancangan tulangan balok yang digunakan adalah bambu walesan dengan diameter antara 10 – 20 mm. Adapun hasil rancangan luas penulangan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas penulangan balok

Kode balok	Luas sisi 1 (mm ²)	Luas sisi 2 (mm ²)
B1	441.57	529.57
B2	467.50	462.00
B3	527.21	471.43

Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton (fc') yang diambil dari masing-masing balok sebanyak dua benda uji diperoleh data sebagai berikut (Tabel 2).



Gambar 4. Kuat tarik bambu walesan bagian pangkal, ujung dan ros

Dalam penelitian balok beton dengan tulangan bambu walesan digunakan fu terkecil bambu yaitu 147,15 MPa dan E 4900 MPa.

Kuat Lentur Balok

Hasil perhitungan kuat lentur balok bertulangan bambu teoritis adalah sebagai berikut :

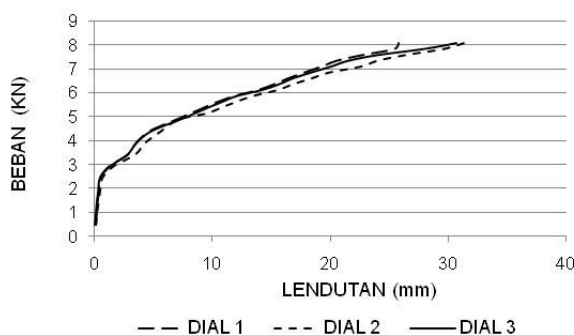
Tabel 3. Kuat lentur balok teoritis.

Kode Balok	a	z	Kontrol Regangan		Mn (KNmm)	Mw (KNmm)	P (KN)
			ϵ_s	ϵ_y			
B1	22,378	158,811	0,016	0,030	10319,092	643,373	11,383
B2	25,295	157,353	0,014	0,030	10697,343	644,525	11,827
B3	24,090	157,955	0,015	0,030	10957,435	649,709	12,127

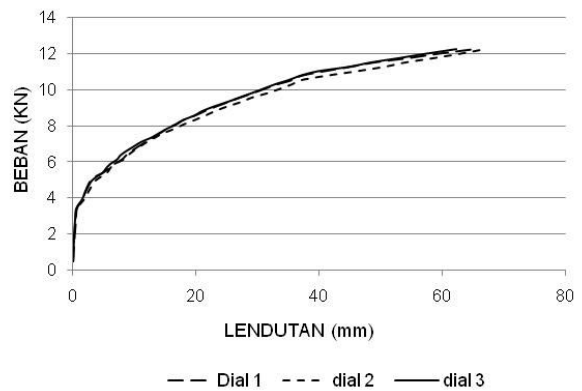
Beban yang mampu dipikul oleh masing-masing balok adalah untuk balok 1 adalah sebesar 11,383KN, balok 2 sebesar 11,827KN, balok 3 sebesar 12,127KN. Nilai rata-rata beban teoritis adalah 11,779 KN.

Ketiga benda uji menunjukkan bahwa keruntuhan balok diawali dengan retak lentur. Keruntuhan tidak terjadi pada daerah dengan tulangan geser yaitu pada jarak 625 mm dari masing-masing ujung balok. Runtuh lentur ditandai dengan retak-retak tegak lurus di daerah tulangan tarik. Keruntuhan balok ditandai dengan sebagian bambu telah putus dan balok tidak mampu menahan beban lagi.

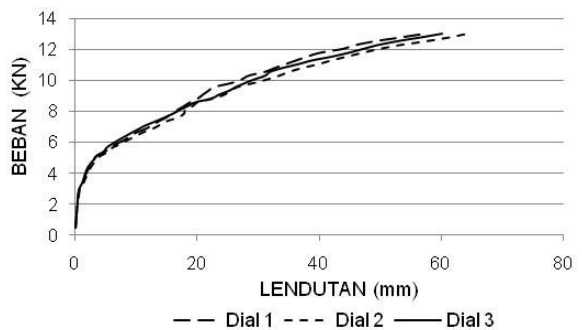
Retak lentur terjadi setelah balok dibebani 30% dari beban runtuh atau 35% dari beban teoritis. Pada saat pembebanan masih dibawah pembebanan retak, kenaikan lendutan masih linier, saat mendekati keruntuhan kenaikan lendutan terjadi begitu cepat dan retak lentur semakin melebar.



Gambar 5. Hubungan P- δ pada balok 1



Gambar 6. Hubungan P- δ pada balok 2



Gambar 7. Hubungan P- δ pada balok 3

Dari gambar diatas terlihat bahwa balok 1 mencapai beban ultimit sebesar 8,085 KN. Balok 2 mencapai beban ultimit sebesar 12,25 KN. Balok 3 mencapai beban ultimit sebesar 12,985 KN. Balok 1 tidak dipakai, karena tidak memenuhi beban teori. Perbandingan nilai rata-rata antara beban ultimit eksperimen dengan perhitungan teoritis sebesar 105,33%.

Tabel 4. Perbandingan beban ultimit eksperimen dengan beban teori

Kode Balok	P exp (KN)	P Teori (KN)	P Exp/P Teo (%)
B 1	8,085	11,383	71,026%
B 2	12,250	11,827	103,578%
B 3	12,985	12,127	107,077%
Rata-rata			105,33%

Dari hasil pengujian, diketahui besarnya beban maksimum yang mampu ditahan oleh balok beton. Beban tersebut digunakan untuk menghitung kuat lentur yang terjadi.

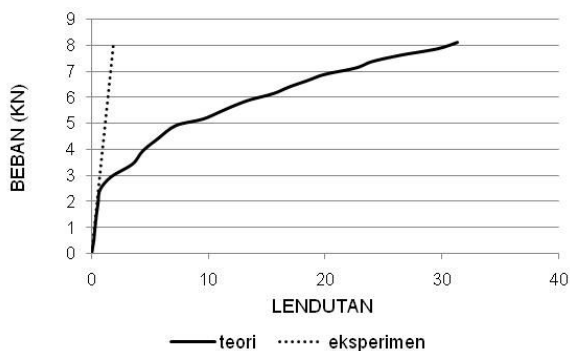
Tabel 5. Kuat lentur eksperimen dan teoritis.

Kode Balok	M (KNmm)		Eksp/Teo
	Eksperimen	Teoritis	
B 1	6872	9675,719	71,026%
B 2	10413	10052,817	103,578%
B 3	11037	10307,726	107,077%

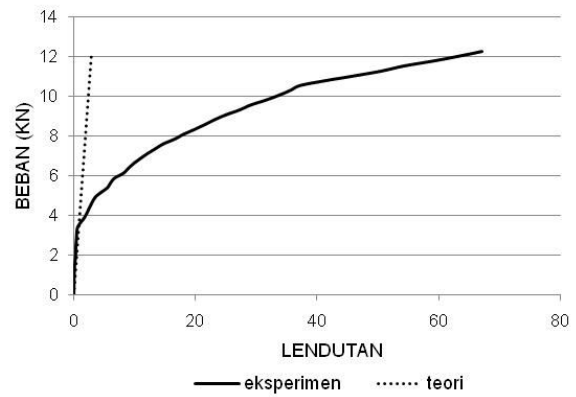
Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa hasil eksperimen terdapat penambahan nilai kuat lentur dibanding dengan kuat lentur teori. Balok 1 tidak memenuhi kuat lentur yang diharapkan, balok 2 bertambah sebesar 3,578%, dan balok 3 sebesar 7,077%. Selisih kuat lentur hasil eksperimen dengan hasil teori yang bernilai positif menunjukkan balok beton dengan tulangan bambu walesan dapat bekerja secara optimal terhadap kapasitas momennya.

Lendutan

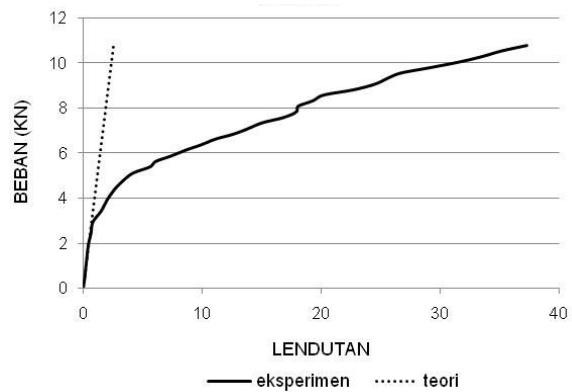
Hubungan antara lendutan eksperimen dengan lendutan teori yang terlihat pada Gambar berikut.



Gambar 8. Perbandingan lendutan eksperimen dengan teori Balok 1.



Gambar 9. Perbandingan lendutan eksperimen dengan teori Balok 2.



Gambar 10. Perbandingan lendutan eksperimen dengan teori Balok3.

Lendutan balok 1 sudah tidak diperhitungkan, sedangkan balok 2 tercapai lendutan liniernya saat pembebanan 3,25 KN. Balok 3 tercapai batas liniernya saat pembebanan 3,00 KN. Batas linier lendutan ditandakan dengan kenaikan pembacaan lendutan secara tidak konstan. Perbandingan beban retak awal dengan retak ultimit tercantum pada Tabel berikut.

Tabel 6. Perbandingan beban retak awal dengan beban ultimit.

Kode Balok	P Retak awal (N)	P Ultimit (KN)	P Teori (KN)	P awal / P ultimit
B 1	2,94	8,085	11,383	36,364%
B 2	3,92	12,25	11,826	32,000%
B 3	3,92	12,98	12,126	30,189%
Rata-rata				31,094%

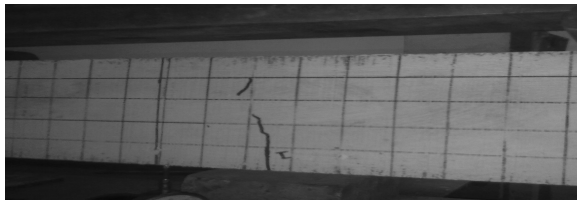
Dari tabel diatas terlihat bahawa regangan tarik tulangan bekerja efektif saat

pembebanan rata-rata 30,43% terhadap beban ultimit atau 31,094% terhadap beban teori.

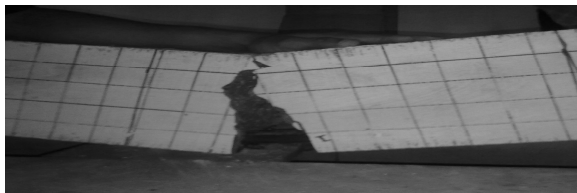
Rata-rata dari retak teori dengan retak pengamatan adalah 33,6%. Artinya bahwa beton hanya mampu menahan beban lentur sebesar 33,6% dari beban saat runtuh, yang seterusnya beban lentur didistribusikan pada tulangan bambu walesan hingga mencapai keruntuhan. Keruntuhan ditandai dengan putusya beberapa tulangan bambu walesan hingga beban menjadi 0.

Pola keruntuhan.

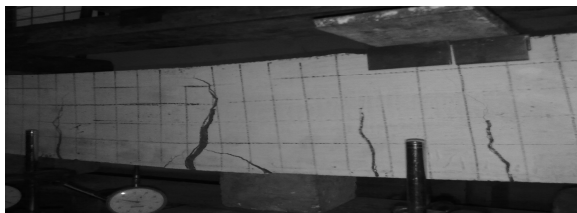
Pengamatan pola keruntuhan terhadap balok uji dimuat pada Gambar 11 – Gambar 16.



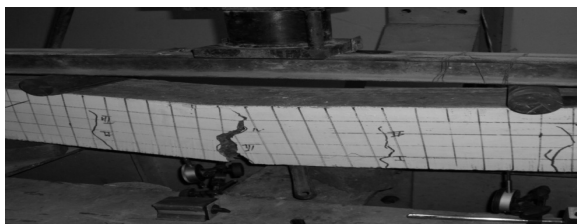
Gambar 11. Retak awal pada Balok 1



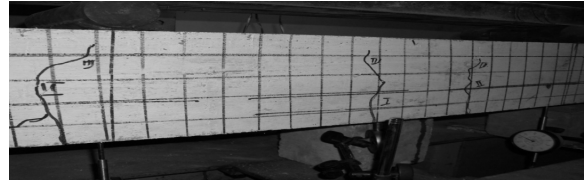
Gambar 12. Keruntuhan pada balok 1



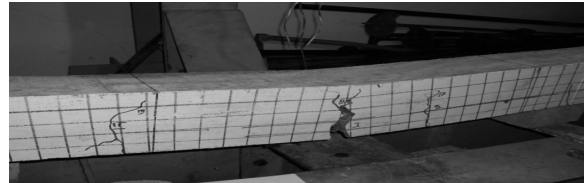
Gambar 13. Retak awal pada Balok 2.



Gambar 14. Keruntuhan pada Balok 2



Gambar 15. Retak awal pada Balok 3

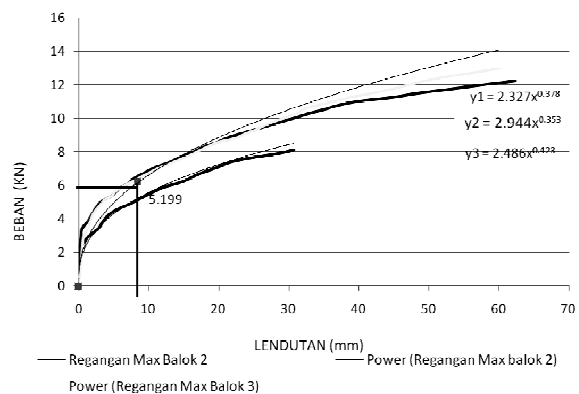


Gambar 16. Keruntuhan pada balok 3

Hasil pengamatan menunjukkan retak lentur awal terjadi di daerah tarik. Kemudian sedikit demi sedikit mengikuti pola tegak lurus kedaerah tekan hingga balok mengalami keruntuhan.

Kuat Tarik Ijin Bambu walesan

Hubungan antara beban kontrol dengan lendutan maksimal terlihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Hubungan lendutan maksimal dengan beban kontrol

Beban kontrol balok tersebut (Gambar 17) selanjutnya dijadikan dasar untuk menghitung momen maksimal (M_n) yang akan digunakan untuk kontrol kuat tarik bambu walesan (f_u). Dengan mengembalikan persamaan 1 – 3 maka akan diketahui kuat tarik ijin bambu walesan. Hasil perhitungan f_u ijin terlihat pada Tabel 7

Tabel 7. fu ijin bambu walesan.

Kode Balok	fu kontrol (MPa)	fu bambu uji (MPa)	Faktor Keamanan (%)
B 2	81,43	147,15	55,33%
B 3	77,69	147,15	52,79%
fu Rata – rata			54,06%

Faktor keamanan fu adalah sebesar 54,06 % dari fu awal sebesar 147,15 MPa. fu kontrol digunakan untuk menghitung E bambu ijin.

Lendutan Ijin Balok Beton

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan/deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja (SNI 03 – 2847 – 2002).

Dengan lendutan maksimal balok, maka didapatkan beban ijin yang mampu dipikul oleh balok dan momen lenturnya. Kontrol lendutan terhadap beban toleransi balok dimuat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kontrol lendutan maksimal terhadap beban toleransi balok.

Batas Lendutan	Lendutan Maksimal (mm)	Beban Ijin Rata-rata (KN)		
		Balok 1	Balok 2	Balok 3
I/180	12,778	6.096	7.236	7.304
I/360	6,389	4.691	5.666	5.447
I/480	4,792	4.207	5.119	4.823
I/240	9,583	5.468	6.538	6.467
Rata-rata	8,385	5.199	6.237	6.112

Dari beban ijin yang diperoleh, maka dapat dihitung kuat lentur atau momen ijin akibat beban balok sendiri dan beban ijin. Kontrol lendutan maksimal terhadap kuat lentur balok dimuat pada Tabel 9.

Tabel 9. Kontrol lendutan maksimal terhadap kuat lentur balok

Batas Lendutan	Lendutan Maksimal (mm)	kontrol momen, Mn (KNmm)		
		Balok 1	Balok 2	Balok 3
I/180	12,778	5824.87	6795.38	6857.69
I/360	6,389	4630.56	5460.36	5280.07
I/480	4,792	4219.72	4995.32	4749.54
I/240	9,583	5290.97	6201.42	6146.40
Rata-rata	8,385	5838.20	5945.56	5844.54

Nilai kontrol memberikan batasan maksimal dalam pembebanan balok beton dengan tulangan bambu walesan. Balok tersebut tidak diperbolehkan digunakan melebihi batas ijin beban atau kuat lentur ijin.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan uraian dalam pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat tarik bambu walesan yang digunakan dalam perencanaan adalah kuat tarik terkecil bagian ros yaitu 147,15 MPa dengan nilai E 4900 MPa.
2. Kuat lentur balok teoritis B2 adalah 10413 KNmm, B3 adalah 11307 KNmm.
3. Beban ultimit yang mampu ditahan balok eksperimen B2 adalah 12,250 KN, B3 adalah 12,985 KN.
4. Perbandingan antara P eksperimen dengan P teori rata-rata adalah 106,67 %.
5. Lendutan balok telah tercapai batas linier B 2 adalah 3,25 KN dan B 3 adalah 3,00 KN.
6. Beton mencapai batas regangan 0,003 dari rata-rata perhitungan dengan pengamatan adalah saat beton mencapai 33,6% dari beban ultimit.
7. Pola keruntuhan menunjukkan retak awal terjadi di daerah tarik.

8. Faktor keamanan kuat tarik bambu walesan adalah 54,06%
9. Dari contoh perhitungan untuk balok rumah sederhana bentang 3 mm tulangan bambu walesan adalah 10 buah

Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan tulangan bambu untuk beton bertulang.
2. Penelitian lebih lanjut untuk tulangan bambu terhadap pengaruh gaya geser.
3. Dalam penelitian lebih lanjut perlu diperhatikan mengenai keseimbangan antara kuat tarik bambu dengan kuat rencana beton.

DAFTAR PUSTAKA

Ghavami, K., 1988, *Application of Bamboo as Low-Cost Construction Material*, in Rao,

I.V.R., Gnanaharan, R. & Shastry, C.B. : *Bamboos Current Research*, pp. 270-279, The Kerala Forest Research Institute-India and IDRC, Canada.

Hakim, A., 1987, *Pengujian Beberapa Sifat Fisika dan Mekanika Enam Jenis Bambu Dalam Kondisi Segar*, Fakultas Kehutanan, UGM, Yogyakarta.

Janssen, J.J.A., 1980, *The Mechanical Properties of Bamboo Used in Construction*, in Lessard, G. & Chouinard, A. : *Bamboos Research in Asia*, pp. 173-198, IDRC, Canada.

Kumar, S. dan Dobryal, P.B., 1988, *Preservative Treatment of Bamboo for Structure Uses*, in Rao, I.V.R., Gnanaharan, R. & Shastry, C.B. : *Bamboos Current Research*, pp. 199-206, The Kerala Forest Research Institute-India and IDRC, Canada.

Morisco, 1996, *Bambu Sebagai Bahan Rekayasa*, Pidato Pengukuhan Jabatan Lektor Kepala Madya dalam Bidang Teknik Konstruksi, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.