

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

FeriArjiantoro¹⁾, Agus Setiya Budi²⁾, Supardi³⁾,

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: arjiantoro_88@yahoo.com

Abstract

Steel reinforced concrete is a construction material which commonly used in building structures. However, the use of steel as reinforcement still poses some constraints. The constraints are the rising price of steel and it is categorized as nonrenewable mining products and someday will definitely run out. To overcome those problems, bamboo is used as a substitution of steel reinforcement. Bamboo is renewable natural product, easy to obtain, cheap and has high tensile strength that is why Bamboo used. This study was conducted to determine the melting yield strength of petung bamboo that used as analytical calculation, flexural capacity and adhesive strength of concrete beams reinforced petung Bamboo by making the beam specimen as many as 9 pieces with a size of 11 cm x 15 cm x 170 cm and 9 cylinders with diameter 15 cm height 30 cm. Three first beams of test specimens is planted plain petung bamboo, then the three specimen beams is planted the steel reinforcement \varnothing 8 mm and three beams without reinforcement. Six cylindrical specimens is planted petung bamboo reinforcement with Nodia and without Nodia with depth of 15 cm with a size of 60 cm x 2 cm x 0.52 cm. Three cylinders is planted the steel reinforcement \varnothing 8 mm. 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). Based on the analysis and the test results can be, yield strength melting of petung bamboo taken at 223,893 N/mm² or yield strength on nodia. Nominal moment analysis of the test object reinforcement petung plain nodia obtained at 0.507 tonm and the test results obtained average of 0.532 tonm, for testing steel average of 0.516 tonm and analysis 0.506 tonm. Value strength adhesive concrete with reinforcement petung plain without nodia of 0.1929 MPa and reinforcement petung plain nodia of 0.0535 MPa while the strength adhesion of concrete with steel reinforcement \varnothing 8 mm plain of 0.2592 MPa.

Keyword: Petung Bamboo, Flexural Capacity, Adhesive Strength

Abstrak

Beton bertulang baja merupakan komponen yang sering digunakan pada struktur bangunan. Namun semakin banyaknya peningkatan kebutuhan tulangan baja dalam setiap pembangunan akan menimbulkan kendala yaitu harga yang semakin tinggi dan merupakan produk hasil tambang yang tidak dapat diperbaharui dan suatu saat akan habis. Untuk mengatasi kendala tersebut, sebagai alternatif pengganti tulangan baja, maka dimanfaatkanlah bambu, dimana bambu merupakan produk alam yang renewable, diperoleh dengan mudah, murah, dan memiliki kuat tarik yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tarik leleh bambu petung yang digunakan untuk perhitungan secara analisis, kapasitas lentur dan kuat lekat balok bertulangan bambu petung, dengan membuat balok benda uji sebanyak 9 buah balok dengan ukuran 11 cm x 15 cm x 170 cm dan 9 silinder ukuran diameter 15 cm tinggi 30 cm. Tiga balok benda uji pertama ditanam tulangan bambu petung polos, selanjutnya tiga balok ditanam tulangan baja \varnothing 8 mm dan tiga balok tanpa tulangan. Enam benda uji silinder ditanam tulangan bambu petung nodia dan tanpa nodia sedalam 15 cm dengan ukuran 60 cm x 2 cm x 0,52 cm. Tiga silinder ditanam tulangan baja \varnothing 8 mm. 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). Berdasarkan analisis dan hasil pengujian di dapat kuat tarik leleh bambu petung diambil sebesar 223,893 N/mm² atau kuat tarik pada nodia. Momen nominal analisis tulangan bambu petung nodia didapat sebesar 0,507 tonm dan hasil pengujian didapat rerata sebesar 0,532 tonm, untuk baja pengujian rerata sebesar 0,516 tonm dan analisis 0,506 tonm. Nilai kuat lekat beton dengan tulangan bambu petung polos tanpa nodia sebesar 0,1929 Mpa dan tulangan bambu petung polos nodia sebesar 0,0535 Mpa sedangkan kuat lekat beton dengan tulangan baja polos \varnothing 8 mm sebesar 0,2592 Mpa.

Kata kunci: BambuPetung, Kapasitas Lentur, KuatLekat

PENDAHULUAN

“Pembangunan di segala bidang” merupakan agenda rutin setiap tahun di Indonesia. Dalam setiap pembangunan di dunia konstruksi tidak lepas dari yang namanya beton. Beton merupakan bagian utama dalam suatu pembangunan, berbicara soal beton tidak lepas dari tulangan baja yang merupakan salah satu komponen dan

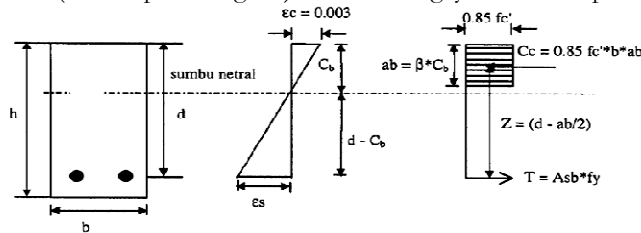
pendukung dalam pembuatan beton agar beton memiliki kuat tarik tinggi. Namun semakin banyaknya peningkatan kebutuhan tulangan baja dalam setiap pembangunan akan menimbulkan kendala yaitu harga yang semakin tinggi dan merupakan produk hasil tambang yang tidak dapat diperbaharui dan suatu saat akan habis. Untuk mengatasi kendala tersebut, sebagai alternatif pengganti tulangan baja, maka dimanfaatkanlah bambu, dimana bambu merupakan produk alam yang renewable, diperoleh dengan mudah, murah, dan memiliki kuat tarik yang tinggi. Kuat tarik bambu dapat mencapai 1280 kg/cm² (Morisco,1996). Menurut Janssen (1980), kekuatan tarik bambu sejajar serat antara 200-300 MPa, kekuatan lentur rata-rata 84 MPa, modulus elastisitas 200.000 Mpa. Dalam penelitian ini dipilih Bambu Petung sebagai alternative pengganti tulangan baja pada beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji kuat lentur dan kuat lekat balok beton bertulangan bambu petung polos sebagai pengganti tulangan baja pada beton guna dapat diaplikasikan pada struktur bangunan sederhana.

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. Tegangannya 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:

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

$$fc' > 30 \text{ MPa } \beta_1 = 0.85 - 0,05.(fc' - 30)/7$$

$$\beta_1 \leq 0.65$$

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.

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

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

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

Analisis Balok

Kondisi regangan seimbang (balance) terjadi jika:

$$\epsilon_c' = 0.003 \text{ dan } \epsilon_s = \epsilon_y = \text{---}$$

Pada kondisi balans didapat:

$$ab = \beta_1 Cb$$

$$Cc = 0.85 fc' bab$$

$$T = Asb fy$$

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

$$Asb fy = 0.85 fc' b ab$$

(untuk baja) atau

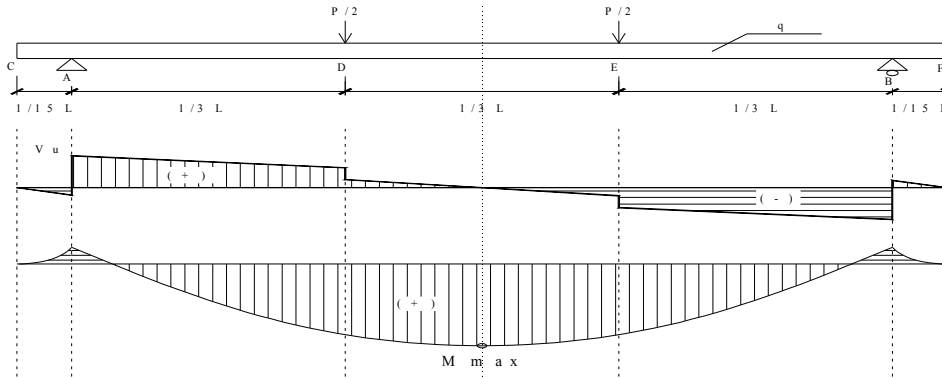
$A_s \leq 0,60 A_{sb}$ (untuk bambu)

• 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:

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

$$M_{max} = \left(RAv \frac{1}{2}L \right) - \left(q \frac{17}{30}L \frac{17}{60}L \right) - \left(P1 \frac{1}{6}L \right)$$

$$M_{max} = \left\{ \left[\left(\frac{17}{30} q L \right) + P \right] \frac{1}{2}L \right\} - \left(q \frac{17}{30}L \frac{17}{60}L \right) - \left(P1 \frac{1}{6}L \right)$$

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

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

Pengujian kuat lekat terhadap beton bertulangan baja dapat menggunakan rumus:

$$P = L_d \pi d_s \mu$$

$$\mu = \frac{P}{(L_d \pi d_s)}$$

Luas bidang kontak pada tulangan bambu dapat disesuaikan dengan keliling penampang melintang dikalikan panjang penanaman.

$$\mu = \frac{P}{(L_d 2(l_b + t_b))}$$

keterangan :

P = beban (N)

d_s = diameter tulangan (mm)

L_d = panjang penanaman (mm)

l_b = lebar tulangan bambu (mm)

t_b = tebal tulangan bambu (mm)

μ = kuat lekat antara beton dengan tulangan (MPa)

Sesar (Δs) yang terjadi setelah pembebanan adalah:

$$\Delta s = z - \Delta L$$

$$\Delta L = \frac{P L_0}{A E}$$

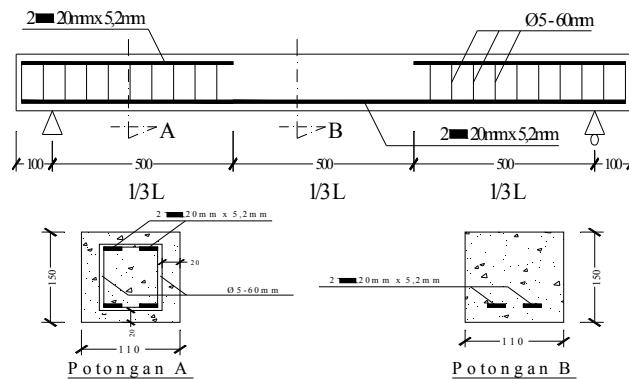
dengan :

- Δs = sesar (mm)
- z = pertambahan panjang total (mm)
- ΔL = pertambahan panjang bambu (mm)
- P = beban (N)
- L_0 = panjang bambu mula-mula (mm)
- E = modulus elastisitas (MPa)
- A = luas penampang bambu (mm²)

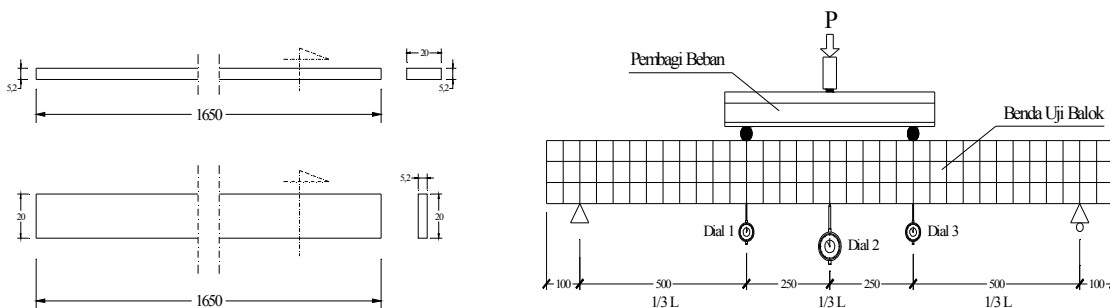
METODE

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 Petung dengan usia diatas 2,5 tahun. 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 petung polos ukuran 0.52 cm x 2 cm x 165 cm, selanjutnya tiga balok benda uji ditanam tulangan baja Ø 8 mm dan tiga balok benda uji tanpa tulangan. Benda uji kuat lekat sebanyak 9 buah silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm ditanam tulangan bambu Petung nodia dan tanpa nodia dengan dimensi panjang 60 cm, lebar 2 cm dan tebal 0,52 cm sedalam 15 cm, dan 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

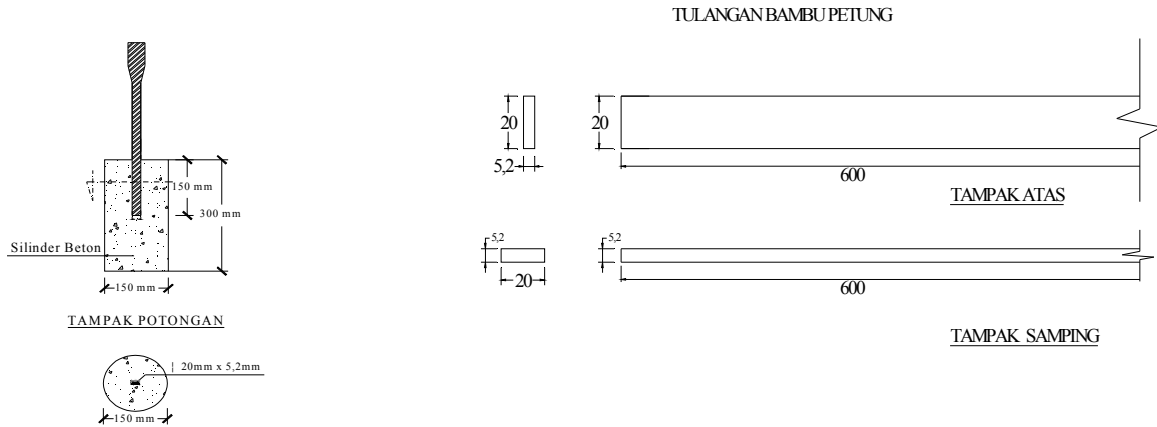


Gambar.3. Detail Benda Uji Balok Bertulang Bambu



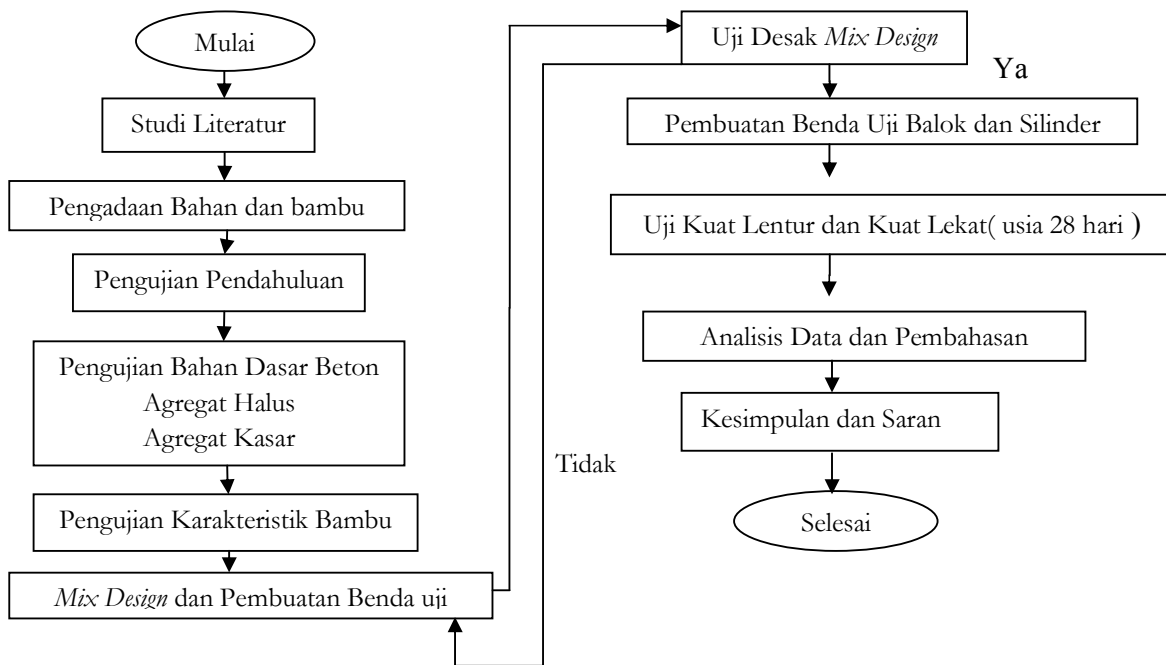
Gambar .4. Detail Tulangan bambu dan Skema Pengujian Kuat Lentur

Gambar Benda Uji Kuat Lekat



Gambar.5. Benda Uji Kuat Lekat dan Detail TulanganBambu Petung

Tahap dan Alur Penelitian



Gambar.6. Prosedur pelaksanaan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

- Kadar air dan kerapatan bambu petung didapat sebesar 14,67% dan 1,092 gram/cm³.
- Kuat geser sejajar serat bambu petung didapat sebesar 4,647N/mm², Kuat tekan sejajar serat sebesar 54,180 N/mm².
- Kuat tarik sejajar serat Internodia bambu petung didapat sebesar 432,541 N/mm², Kuat tarik sejajar serat Nodia bambu petung didapat sebesar 223,893 N/mm².
- Modulus Of Rupture (MOR) didapat sebesar 449,659 N/mm², Modulus Of Elasticity (MOE) didapat sebesar 32927,61 N/mm².
- Kuat tarik leleh baja Ø 8 mm didapat sebesar 487,871 N/mm².
- Kuat tekan beton umur 28 hari didapat sebesar 18,29 N/mm².

Data hasil pengujian kuat lentur antara lain beban dan lendutan yang dibaca melalui *transducer* pada *hidraulic jack* dan *dial gauge* dengan interval pembebanan 50 kg, pengujian dilakukan pada saat balok beton berumur 28 hari.

Tabel.1. Hasil Pengujian Kuat Lentur

No	Code Benda Uji	Beban Maksimum (kg)	Beban Retak Pertama (kg)	Lendutan (mm)				Momen Nominal	Posisi Runtuh
				Maksimum			Retak Pertama		
				Dial 1	Dial 2	Dial 3			
1	P1 Polos	2068,8	518,8	19,18	29,93	19,6	1,85	0.528	1/3 bentang kanan
2	P2 Polos	2068,8	368,8	18,44	22,3	24,1	2	0.528	1/3 bentang kanan
3	P3 Polos	2118,8	468,8	41,05	51,15	49	1,71	0.541	1/3 bentang kanan
4	TB 1	1918,8	618,8	27,00	38,20	28,30	1,75	0.491	1/3 bentang tengah
5	TB 2 **	368,8	368,8	0,35	0,59	0,39	0,59	0.103	1/3 bentang tengah
6	TB 3	2118,8	818,8	48,80	65,95	63,60	2,25	0.541	1/3 bentang tengah
7	TT 1	418,8	418,8	0,75	0,82	0,74	0,82	0.116	1/3 bentang tengah
8	TT 2	418,8	418,8	0,82	1,17	0,96	1,17	0.116	1/3 bentang tengah
9	TT 3	368,8	368,8	0,42	0,83	0,51	0,83	0.103	1/3 bentang tengah

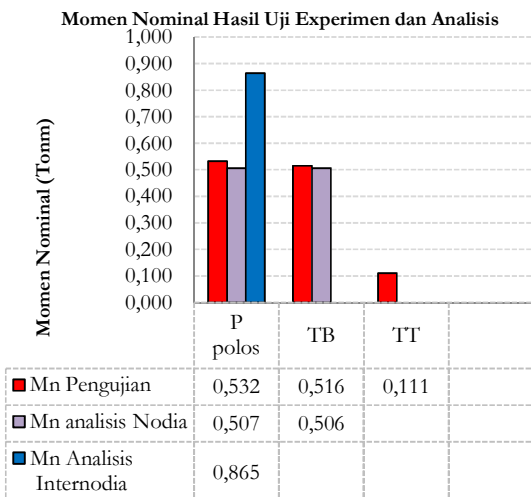
Keterangan: P Polos = Balok Bertulangan Bambu Petung Polos
 TB = Balok Tulangan Baja Ø 8 mm
 TT = Balok Tanpa Tulangan
 (***) = Balok Mengalami Gagal Pengujian, Maka Data Hasil Pengujian Tidak Dihiraukan

Tabel.2. Hasil Perhitungan Momen Nominal Berdasarkan Analisis

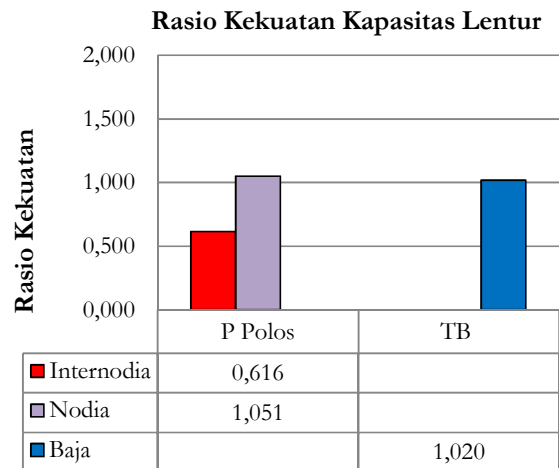
No	Jenis Tulangan	f_y N/mm ²	f_c' N/mm ²	As mm ²	d mm	a mm	Momen Nominal Analisis (Ton-m)
1	Baja	487,871	18,29	96,61	121,0778	27,562	0,506
2	Bambu Nodia	223,893	18,29	208	122,4	21,876	0,507
3	Bambu Internodia	432,541	18,29	208	122,4	52,610	0,865

Tabel.3. Rasio Kekuatan Kapasitas Lentur

No	Code Benda Uji	Momen Nominal			Rasio Kapasitas Lentur	
		Pengujian Rerata (Ton-m)	Analisis		Internodia	Nodia
			Bambu Internodia (Ton-m)	Bambu Nodia (Ton-m)		
1	P Polos	0,532	0,865	0,507	0,616	1.051
2	TB	0,516	0,506		1,020	



Gambar .7. Grafik Momen Nominal

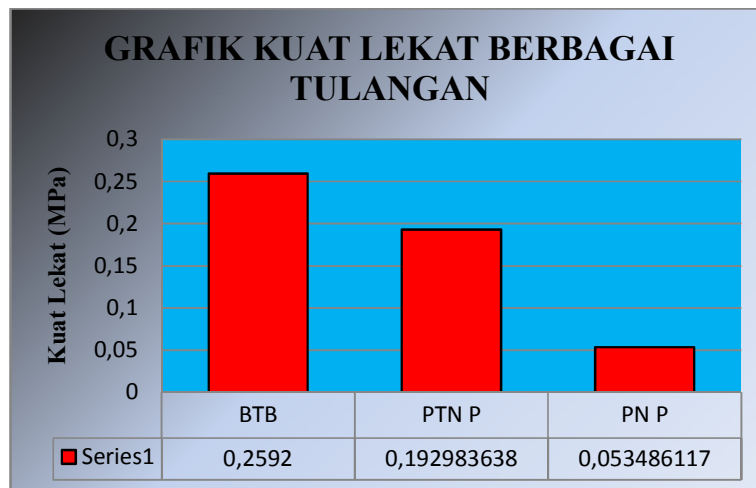


Gambar.8. Grafik Rasio Kapasitas Lentur

Tabel.4. Hasil Pengujian Kuat Lekat

Jenis Tulangan	Kode Benda Uji	Dimensi			Luas Penampang	Panjang Penanaman	Beban Sesar 0,25 mm	Kuat Lekat	
		Diameter	Lebar	Tebal				Nilai	Rerata
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(MPa)	(MPa)
Baja Polos	BTB I	8	-	-	50,24	150	1056,5	0,2804	
	BTB II	8	-	-	50,24	150	1037,035	0,2752	0,2592
	BTB III	8	-	-	50,24	150	837,185	0,2221	
BPTNP	PTN PI	-	20	5,2	104	150	1486,94	0,194	
	PTN PII	-	20	5,2	104	150	1463,52	0,191	0,193
	PTN PIII	-	20	5,2	104	150	1490,35	0,194	
BPNP	PNPI	-	20	5,2	104	150	218,692	0,0285	
	PN PII	-	20	5,2	104	150	372,681	0,0486	0,0535
	PN PIII	-	20	5,2	104	150	638,379	0,0832	

Keterangan: Baja Polos=Silinder Tulangan Baja Polos Ø 8 mm
 BPTNP = Tulangan Bambu Petung Tanpa Nodia Polos
 BPNP = Tulangan Bambu Petung Nodia Polos



Gambar.9. Grafik Kuat lekat

SIMPULAN

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

- Kuat tarik leleh bambu yang digunakan untuk perencanaan secara analisis adalah kuat tarik **Nodia** sebesar 223,893 N/mm², untuk kuat tarik leleh **baja Ø 8 mm** sebesar 468,871 N/mm² dan untuk kuat tekan beton sebesar 18,29 Mpa.
- Momen nominal berdasarkan analisis pada kuat tarik nodia didapat sebesar 0,507 tonm, dan untuk balok bertulangan **baja Ø 8 mm** sebesar 0,506 tonm.
- Momen nominal hasil uji experiment pada benda uji balok bertulangan bambu petung polos didapat rerata sebesar 0,532 tonm, balok bertulangan **baja Ø 8 mm** didapat rerata sebesar 0,516 tonm, dan balok tanpa tulangan didapat sebesar 0,111 tonm.
- Perhitungan rasio tulangan balok bertulangan bambu petung polos berdasarkan pada hasil analisis tidak memenuhi syarat pembatasan tulangan (*over reinforce*) karena luas penampang tulangan tarik bamboo sebesar 208 mm² jauh lebih besar dari pada luas penampang tulangan balans yang hanya 145,963 mm².
- Besarnya rasio kapasitas lentur Balok bertulangan bambu petung polos = 0,616, pada kuat tarik **Internodia**. Sedangkan pada kuat tarik **Nodia**, rasio kapasitas lentur Balok bertulangan bambu petung polos = 1,051. Pada balok bertulangan **baja Ø 8 mm** rasio kapasitas lentur didapat sebesar 1,020.

Berdasarkan analisis dari hasil pengujian *pull out* benda uji, dan pembahasan maka kesimpulan untuk kuat lekat :

- Nilai kuat lekat beton dengan tulangan bambu petung polos tanpa nodia sebesar 0,1929 dan nilai kuat lekat beton dengan tulangan bambu petung polos bernodia sebesar 0,0535.

2. Nilai kuat lekat beton dengan tulangan baja polos \varnothing 8 mm sebesar 0,2592 dan nilai rerata kuat lekat beton dengan tulangan bambu petung polos sebesar 0,1232.
3. Nilai kuat lekat tulangan bambu petung maksimum dari semua pengujian yaitu pada tulangan tipe PN P2 dengan beban maksimum 24760 N, kuat lekat 0,0832 MPa dan kegagalan pada tulangan. Untuk kuat lekat tulangan bambu petung minimum dari semua pengujian yaitu pada tulangan tipe PTN P3 dengan beban maksimum 7780 N, kuat lekat 0,194 MPa dan kegagalan pada tulangan.

SARAN

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

- a. Mix design pada penelitian berikutnya tidak harus direncanakan dengan $f'c = 15$ Mpa, bisa direncanakan $f'c > 15$ Mpa.
- b. Penggunaan semen tidak harus semen PPC, bisa menggunakan semen yang lain seperti PC
- c. Penggunaan pasir bisa diambil dari berbagai daerah dikawasan jawa tengah, tidak harus fokus ke daerah Boyolali.
- d. Pengambilan bambu petung tidak harus berasal dari Boyolali, bisa ke daerah lain karena bambu tumbuh hampir diseluruh wilayah Indonesia.
- e. Tulangan baja yang digunakan tidak harus baja polos diameter 8 mm, bisa menggunakan lebih dari 8 mm ataupun kurang dari 8 mm.
- f. Tulangan bambu petung tidak harus polos, bisa di variasikan dengan tipe takikan atau ulir.
- g. Dimensi tulangan bisa dibuat dengan ukuran yang bervariasi, karena untuk polos ukuran 20 mm 5,2 mm tidak memenuhi syarat pembatasan tulangan.
- h. Benda uji bisa dibuat bervariasi, tidak harus seragam.
- i. Memperhatikan absorbs pada sampel benda uji.
- j. Alangkah lebih baik untuk mempelajari prosedur kerja dan pengetahuan kinerja alat yang digunakan dalam pengujian, supaya kesalahan dalam penelitian dapat diminimalisir.
- k. Dalam pengujian kapasitas lentur balok, diharapkan *setting up* alat pengujian presisi, agar gaya yang bekerja sentris terhadap balok yang diuji.
- l. Perlu penelitian lebih lanjut tentang kuat lentur dan kuat lekat bambu petung dengan variasi dan dimensi tulangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Setyabudi,A.(2010). “Tinjauan jenis perekat pada balok laminasi bambu terhadap keruntuhan lentur”, Prosiding Seminar Nasional ”Pengelolaan Insfrastruktur dalam Menyikapi Bencana Alam”, ISBN: 979-489-540-6, 1 Mei 2010.
- Anonim, (1984). “Penyelidikan Bambu Untuk Tulangan Beton”, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Anonim, (1997). “Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan (SNI 03-4431-1997)”, Jakarta.
- 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.
- Frick, H, 2004, “ Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu, Pengantar Konstruksi Bambu”, Kanisius, Yogyakarta.
- Istimawan, D., (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.
- Morisco, (1996). “Bambu sebagai Bahan Rekayasa, Pidato Pengukuhan Jabatan Lektor Kepala Madya Fakultas Teknik UGM”, Yogyakarta.
- Morisco, (1999). “Rekayasa Bambu”, Nafiri Offset, Yogyakarta.