

**PENGARUH JENIS KAIT TERHADAP KUAT LENTUR BALOK  
BERTULANGAN BAMBU DENGAN PENGAIT**

**PUBLIKASI ILMIAH  
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh  
gelar Sarjana Teknik



**THEADEIRA CHIQUITA  
NIM. 125060100111028**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2016**



## PENGARUH JENIS KAIT TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BERTULANGAN BAMBU DENGAN PENGAIT

Theadeira Chiquita, Sri Murni Dewi, Desy Setyowulan

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono No. 167, Malang, 65145, Indonesia – Telp: (0341) 566710, 587711

Email: [theadeiradede@gmail.com](mailto:theadeiradede@gmail.com)

### ABSTRAK

Beton merupakan campuran dari air, semen, agregat kasar, agregat halus, dan campuran tambahan lainnya. Beton memiliki kelebihan yaitu nilai kuat tekan yang tinggi, namun nilai kuat tarik beton cukup lemah. Untuk mengimbangi kekurangan tersebut, beton ditambahkan tulangan sebagai penahan tarik. Tulangan yang sering digunakan adalah baja, namun diperlukan pengganti baja karena ketersediaan baja makin menipis. Bambu merupakan sumber alam yang mudah didapat memiliki kuat tarik yang hampir sama dengan baja, namun bambu memiliki kuat lekat yang lemah dengan beton. Untuk mengatasi hal tersebut, ditambahkan kait pada tulangan beton agar kuat lekat tulangan bambu meningkat. Dalam penelitian ini digunakan dua jenis kait yaitu Bambu Petung dan Kayu Kamper dengan benda uji sebanyak 24 balok dan 16 *pull out*. Dari hasil uji statistika metode anova didapat bahwa variasi jenis kait belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat lentur balok ( $f_{hitung} 0,327 < f_{tabel} 4,45$ ) dan kuat lekat tulangan bambu ( $f_{hitung} 0,371 < f_{tabel} 4,6$ ). Pada hasil uji metode analisis faktor dan uji T didapat bahwa kayu kamper dapat menahan beban maksimum lebih besar dibandingkan dengan bambu.

**Kata kunci:** tulangan bambu, jenis kait, kuat lentur, kuat lekat

## ABSTRACT

Concrete is a mixture of water, cement, coarse aggregate, fine aggregate, and a mixture of other extras. Concrete has the advantages of high compressive strength value, but the value of the tensile strength of concrete is quite weak. To compensate for these shortcomings, the concrete added as retaining tensile reinforcement. Reinforcement that often used for the construction is steel, therefore it is necessary alternative materials to replace steel reinforcement. Bamboo is a natural resource that is easy to obtain and have a similar tensile strength with steel, but bamboo have less bond strength with concrete. To overcome this, need to add the hooks on the reinforcement to increase the bond strength. This study used two types of hooks there are Petung Bamboo and Champor Wood with the specimen as much as 24 beams and 16 pull out. From the test results obtained ANOVA statistical method that variations in the types of hooks have not had a significant influence on the flexural strength of the beam ( $f$  test  $0.327 < f$  table 4.45) and bond strength between reinforcement bamboo with concrete ( $f$  test  $0.371 < f$  table 4.6). The test results of factor analysis method and T test method, camphor wood has greater strength to hold the load than bamboo.

**Keywords:** bamboo reinforcement, types of hooks, flexural strength, bond strength



## I. PENDAHULUAN

Beton bertulang merupakan salah satu bahan bangunan yang sering digunakan dalam konstruksi. Pada umumnya digunakan tulangan baja, namun baja memiliki harga yang relatif tinggi dan terbatas ketersediaannya. Diperlukan alternatif pengganti baja sebagai tulangan, salah satunya adalah bambu. Bambu memiliki nilai kuat tarik yang menyerupai baja, namun memiliki nilai kuat lekat yang cukup lemah. Untuk mengatasi hal tersebut, dalam penelitian ini ditambahkan dua jenis kait yang berbeda pada tulangan bambu agar kuat lekat tulangan dengan beton meningkat.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Beton dan Beton Bertulang

Beton merupakan campuran dari air, semen, agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), dan campuran tambahan lainnya.

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi, namun kuat tariknya rendah. Untuk mengimbangi kuat tarik yang rendah tersebut, beton disatukan dengan tulangan sebagai penahan tarik.

### 2.2 Bambu

Bambu merupakan salah satu sumber daya alam yang mudah untuk didapatkan. Bambu banyak dijumpai di Indonesia dan ketersediaannya mudah untuk diperbarui.

Bambu memiliki kuat tarik cukup tinggi yang hampir menyerupai baja, namun bambu memiliki kuat lekat dengan beton yang lemah. Berdasarkan penelitian terdahulu, bambu memiliki kemampuan untuk kembang susut yang tinggi sehingga hal ini sangat mempengaruhi kuat lekat bambu dengan beton. Diperlukan perlakuan khusus untuk meningkatkan kuat lekat bambu.

Tabel 2.1 Tegangan Tarik Beberapa Jenis Bambu

Jenis Bambu	Tegangan Tarik (Mpa)	
	Tanpa Nodia	Dengan Nodia
Ori	291	128
Petung	190	116
Wulung	166	147
Tutul	216	74

Sumber: Morisco, 1999

### 2.3 Kayu Kamper

Kayu kamper telah lama menjadi alternatif bahan bangunan karena harganya lebih terjangkau. Meskipun tidak setahan lama kayu jati dan sekuat bangkirai, kamper memiliki serat kayu yang halus dan kuat.

Berdasarkan penelitian terdahulu, kayu kamper memiliki nilai kuat lentur, kuat tarik, dan kuat tekan yang cukup tinggi.

Tabel 2.2 Hasil Pengujian Kayu Kamper

	Teoritis	Uji lapangan
Kuat Lentur (N/mm <sup>2</sup> )	< 18	100,42
Kuat Geser (N/mm <sup>2</sup> )	< 4,3	3,71
Kuat Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	< 17	46,27
Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )	< 24	72,93

Sumber: Prabowo, 2011

## 2.4 Kuat Lekat antara Tulangan dengan Beton

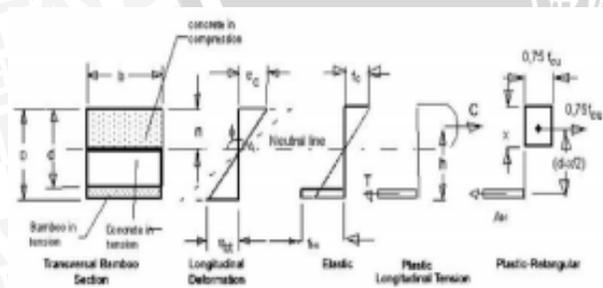
Dalam perencanaan beton bertulang, tidak diijinkan terjadinya selip antara tulangan dengan beton. Tulangan dengan beton harus melekat menjadi satu kesatuan sehingga kemungkinan untuk selip kecil terjadi.

Terdapat tiga macam keruntuhan yang terjadi pada pengujian pull-out berdasarkan *ACI structural journal title No. 90-S53*, diantaranya adalah:

1. Tipe 1  
Saat beban tarik, angkur mengalami kegagalan sehingga tegangan lekat tidak didapatkan.
2. Tipe 2  
Terjadi keruntuhan pada beton bagian atas dan angkur tercabut.
3. Tipe 3  
Angkur tercabut tetapi tidak terjadi keruntuhan pada angkur dan beton.

## 2.5 Kuat Lentur Balok Bertulangan Bambu

Berikut tahapan distribusi tegangan dan regangan dari balok dengan beton bertulangan bambu menurut Ghavami (2005):



Gambar 2.1 Distribusi Tegangan dan Regangan pada Balok Bertulangan Bambu

Sumber: Ghavami, 2005

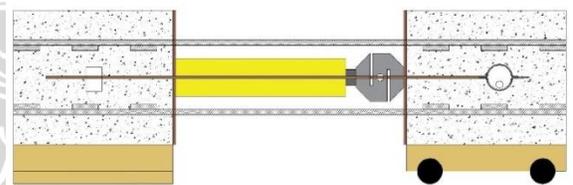
## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini terdapat tiga macam pengujian yaitu uji kuat tekan, uji lentur, dan uji *pull out*.

Uji *pull out* menggunakan benda uji sebanyak 16 buah dengan dimensi 15 cm x 30 cm x 25 cm. Uji *pull out* menggunakan 8 kombinasi variabel dengan masing-masing kombinasi variabel dibuat dua kali ulangan. Variabel yang digunakan dalam uji *pull out* diantaranya adalah mutu beton (20 MPa dan 30 MPa), jarak kait (6cm dan 12cm), jenis kait (bambu petung dan kayu kamper).

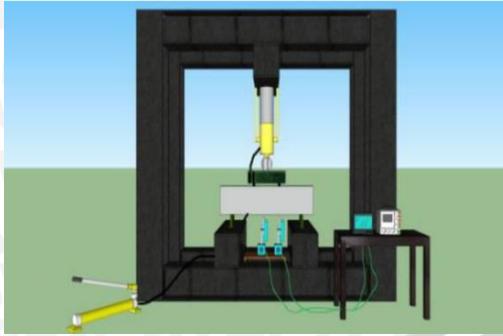
Pengujian *pull out* dilakukan untuk mendapatkan nilai beban maksimum lekat antara bambu dengan beton. Uji *pull out* dilaksanakan ketika beton sudah berumur 28 hari.



Gambar 3.1 Setting Alat Pengujian Pull Out

Dengan menggunakan metode rancangan setengah faktorial, jumlah benda uji untuk uji lentur sebanyak 24 buah balok. Uji lentur menggunakan 8 kombinasi variabel dengan masing-masing kombinasi variabel dibuat tiga kali ulangan. Variabel yang digunakan pada uji lentur ini diantaranya mutu beton (20 MPa dan 30 MPa), jarak kait (6cm dan 12 cm), rasio tulangan (0,8% dan 1,6%), jenis kait (bambu petung dan kayu kamper). Benda uji balok memiliki dimensi 18 cm x 28 cm x 160 cm.

Pengujian lentur dilakukan untuk mendapatkan besarnya beban maksimum yang dapat ditahan oleh balok, lendutan, dan pola retak. Uji lentur dilaksanakan ketika beton sudah berumur 28 hari.

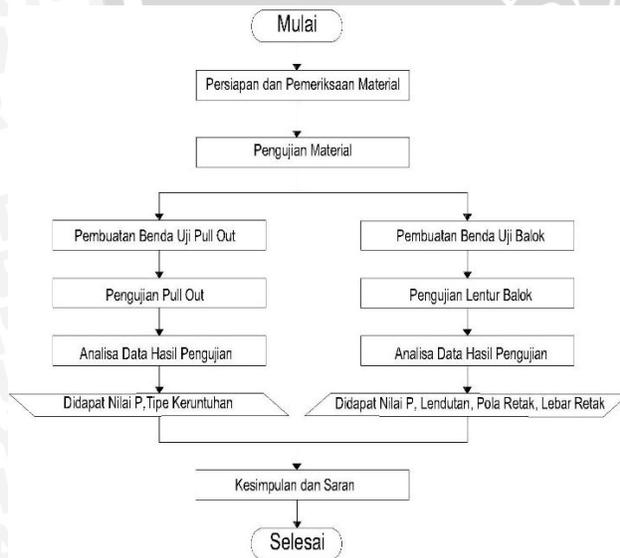


Gambar 3.2 Setting Alat Pengujian Balok Sederhana

Uji kuat tekan menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm. Masing-masing balok diwakili dengan dua buah silinder untuk uji tekan sehingga jumlah benda uji silinder sebanyak 48 buah.

### 3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan tahap persiapan alat dan material, pembuatan benda uji, proses pengujian, hingga akhirnya diperoleh *output* yang diinginkan yaitu beban, lendutan, dan pola retak.



Gambar 3.3 Diagram Tahapan Penelitian

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Bahan

#### • Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder

Pada uji kuat tekan, masing-masing balok diwakili dengan dua buah silinder untuk uji tekan. Digunakan dua macam mutu beton yang berbeda yaitu 20 MPa dan 30 MPa yang direncanakan pada beton berumur 14 hari. Pengujian dilakukan saat beton berumur 28 hari.

Tabel 4.1 Kuat Tekan Mutu Beton Rencana 20 MPa

Benda Uji	P max (N)	Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )
1	588000	33,274
1	277000	15,675
2	561000	31,746
2	403000	22,805
3	511000	28,917
3	453000	25,635
1	489000	27,672
1	441000	24,955
2	405000	22,918
2	319000	18,052
3	431000	24,390
3	437000	24,729
1	195000	11,035
1	446000	25,238
2	603000	34,123
2	339000	19,183
3	484000	27,389
3	554000	31,350
1	411000	23,258
1	500000	28,294
2	469000	26,540

2	395000	22,352
3	554000	31,350
3	377000	21,334
<b>Kuat Tekan Rata-rata</b>		25,092

1	561000	31,746
1	577000	32,652
2	552000	31,237
2	606000	34,293
3	562000	31,803
3	668000	37,801
<b>Kuat Tekan Rata-rata</b>		29,733

Dari tabel diatas dapat dilihat mutu beton rencana 20 MPa memiliki rata-rata kuat tekan beton 25,092 MPa. Hasil ini melebihi dari mutu beton yang sudah direncanakan.

Dari tabel diatas dapat dilihat mutu beton rencana 30 MPa memiliki rata-rata kuat tekan beton 29,733 MPa. Hasil ini mendekati mutu beton yang sudah direncanakan.

Tabel 4.2 Kuat Tekan Mutu Beton Rencana 30 MPa

Benda Uji	P max (N)	Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )	
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	1	580000	32,821
	1	279000	15,788
	2	602000	34,066
	2	506000	28,634
	3	457000	25,861
	3	430000	24,333
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	1	325000	18,391
	1	465000	26,314
	2	554000	31,350
	2	466000	26,370
	3	394000	22,296
	3	602000	34,066
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	1	612000	34,632
	1	405000	22,918
	2	764000	43,234
	2	771000	43,630
	3	533000	30,162
	3	339000	19,183

Dimana:

a<sub>1</sub> : Mutu Beton 20 MPa

a<sub>2</sub> : Mutu Beton 30 MPa

b<sub>1</sub> : Jarak Kait 6 cm

b<sub>2</sub> : Jarak Kait 12 cm

c<sub>1</sub> : Rasio Tulangan 0,8 %

c<sub>2</sub> : Rasio Tulangan 1,6%

d<sub>1</sub> : Jenis Kait Bambu Petung

d<sub>2</sub> : Jenis Kait Kayu Kamper

• **Pengujian Pull-Out**

Mencari nilai suatu beban maksimum yang dapat ditahan oleh lekatan bambu terhadap beton adalah tujuan dari pengujian pull out. Dilain itu juga untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh dengan menambahkan kait dan mengganti jenis kait terhadap kuat lekat bambu pada beton tulangan bambu.

Tabel 4.3 Rincian Benda Uji Pull Out

No	Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	2
2	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	2
3	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	2
4	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	2
5	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	2
6	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	2
7	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	2
8	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	2



Gambar 4.1 Pengujian Pull Out

Tabel 4.4 Beban Maksimum Uji Pull Out

	a <sub>1</sub>		a <sub>2</sub>	
	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
d <sub>1</sub>	2700 kg	2150 kg	2650 kg	2350 kg
	2050 kg	3050 kg	2750 kg	2750 kg
d <sub>2</sub>	2700 kg	3550 kg	3365 kg	1350 kg
	3650 kg	1850 kg	3850 kg	1900 kg

Dimana:

- a<sub>1</sub>: Mutu Beton 20 MPa      b<sub>1</sub> : Jarak Kait 6 cm
- a<sub>2</sub>: Mutu Beton 30 MPa      b<sub>2</sub> : Jarak Kait 12 cm
- c<sub>1</sub>: Rasio Tulangan 0,8%    d<sub>1</sub>: Jenis Kait Bambu Petung
- c<sub>2</sub>: Rasio Tulangan 1,6%    d<sub>2</sub>: Jenis Kait Kayu Kamper

Tabel 4.5 Tegangan Lekatan Tulangan Bambu

Kode Benda Uji Pull-Out	P maksimum (kg)	Tegangan Lekat (MPa)
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub> -1	2700	0,330
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub> -2	2050	
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub> -1	2150	0,361
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub> -2	3050	
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub> -1	3050	0,465
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub> -2	3650	
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub> -1	3550	0,375
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub> -2	1850	
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub> -1	2650	0,375
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub> -2	2750	
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub> -1	2350	0,354
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub> -2	2750	
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub> -1	3350	0,500
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub> -2	3850	
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub> -1	1900	0,288
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub> -2	2250	

#### 4.2 Pengujian Lentur Balok Beton

Hasil dari pengujian kuat lentur balok dapat dilihat pada tabel 4.5 dan gambar berikut.

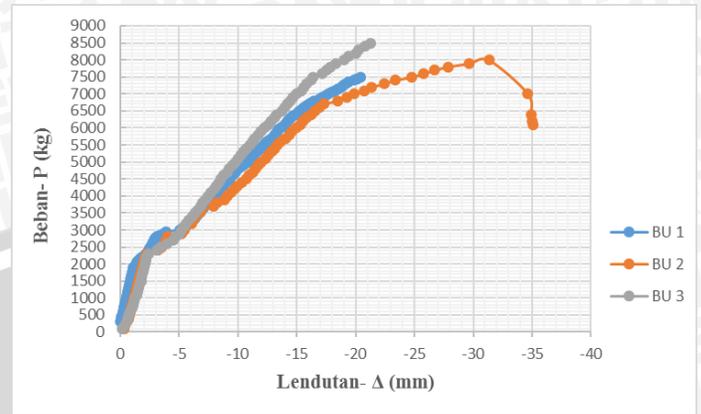
Tabel 4.6 Nilai Pmaks dan Δmaks pada Balok Beton Bertulangan Bambu

Benda Uji	P maks (kg)	Δmaks di Tengah Bentang (mm)
1	6700	-30.99
a1b2c1d1	2	5550
3	5000	-50.265
1	4800	-43.32
a2b1c1d1	2	4750
3	5000	-19.735
a1b1c2d1	1	7050
		-28.395

	2	8500	-41.575
	3	8750	-34.84
	1	6750	-66.85
a2b2c2d1	2	7500	-42.14
	3	7750	-38.5
	1	7500	-20.44
a1b2c2d2	2	8000	-31.33
	3	8500	-21.27
	1	6200	-29.55
a2b2c1d2	2	5500	-31.27
	3	4200	-12.02
	1	7550	-42.04
a2b1c2d2	2	8050	-32.66
	3	6200	-25.31
	1	5800	-18.005
a1b1c1d2	2	6900	-33.74
	3	5950	-30.575

Dimana:

- $a_1$ : Mutu Beton 20 MPa     $b_1$  : Jarak Kait 6 cm  
 $a_2$ : Mutu Beton 30 MPa     $b_2$  : Jarak Kait 12 cm  
 $c_1$ : Rasio Tulangan 0,8%     $d_1$ : Jenis Kait Bambu Petung  
 $c_2$ : Rasio Tulangan 1,6%     $d_2$  : Jenis Kait Kayu Kamper



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Lendutan dengan Beban ( $a_1b_2c_2d_2$ )

Pada Gambar 4.2 diatas dapat dilihat bahwa pada proses pengujian lentur tidak mencapai beban maksimum. Hal ini dapat terlihat bahwa balok sudah mencapai beban 8500 kg dan 7500 kg namun belum mengalami proses keruntuhan.

### 4.3 Analisis Lentur Balok Bertulangan Bambu

Pada penelitian ini, analisis lentur balok bertulangan bambu dengan kait menggunakan dasar pada analisis yang ada pada Ghavami (2005). Pada analisis ini harus memenuhi prinsip keseimbangan antara gaya tekan beton (C) dengan gaya tarik tulangan bambu (T).

Contoh perhitungan P maksimum teoritis untuk balok  $a_1b_2c_1d_1$ :

$$b = 180 \text{ mm}$$

$$d = 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As geser} &= 2 \times 1540 \times (2 \times (10+20)) \\ &= 184800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Mutu Beton (f'c)} = 26,342 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan Lekat } (\mu) = 0,3611 \text{ MPa}$$

Persamaan keseimbangan gaya:

$$T = Cc$$

$$\text{As geser } \times \mu = 0,85 \times f'c \times b \times a$$

$$184800 \times 0,3611 = 0,85 \times 26,342 \times 180 \times a$$

$$a = 16,558 \text{ mm}$$

Perhitungan c (letak garis netral):

$$c = \frac{a}{\beta 1}$$

$$c = \frac{16,558}{0,85}$$

$$c = 19,48 \text{ mm}$$

Karena terjadi keruntuhan tarik, sehingga momen nominalnya:

$$Mn = T. \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 184800 \times 0,3611 \times \left( 250 - \frac{19,48}{2} \right)$$

$$Mn = 16130853 \text{ Nmm}$$

Besarnya nilai momen ultimate:

$$Mu = \phi . Mn$$

$$Mu = 0,8 . 16130853 \text{ Nmm}$$

$$Mu = 12904682 \text{ Nmm}$$

Jika diketahui bahwa nilai

$$V_A = V_B = \frac{Pu}{2}$$

$$Mu = \frac{Pu}{2} \times 570$$

maka nilai beban maksimum (Pu) teoritisnya adalah

$$Mu = \frac{Pu}{2} \times 570$$

$$Pu = \frac{12904682}{570} \times 2$$

$$Pu = 45279,59 \text{ N}$$

$$Pu = 4527,959 \text{ kg}$$

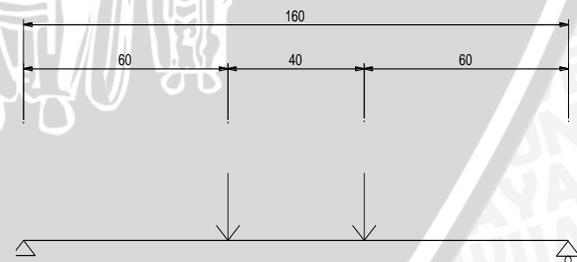
Tabel 4.7 Nilai Pmax Balok Beton Bertulangan Bambu secara Teoritis

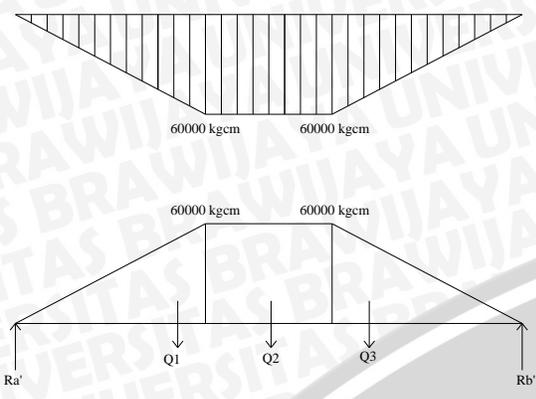
No	Benda Uji	Pmax (kg)
1	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	4572,96
2	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	8699,23
3	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	8003,98
4	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	4699,49
5	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	3939,11
6	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	9035,84
7	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	5748,8
8	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	12026,38

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa balok beton bertulangan bambu memiliki beban maksimum sebesar 12026,38 kg pada benda uji a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>2</sub>d<sub>2</sub>.

#### 4.4 Analisis Lendutan Balok Bertulangan Bambu

Lendutan balok bertulangan bambu secara teoritis dapat dicari dengan menggunakan berbagai macam metode, salah satunya adalah Metode *Conjugate Beam*.





Gambar 4.3 Bidang Momen Balok

P elastis = 2000 kg  
 Ra = Rb = 1000 kg

Tabel 4.8 Momen Conjugate

Titik	Momen
0	0
10	10000
20	20000
30	30000
40	40000
50	50000
57	57000
70	57000
80	57000
90	57000
97	57000
110	50000
120	40000
130	30000
140	20000
150	10000
154	0

$$Q1 = 0,5 \times 57 \times 57000 = 1624500 \text{ kgcm}^2$$

$$Q2 = 40 \times 57000 = 2280000 \text{ kgcm}^2$$

$$Q3 = 0,5 \times 57 \times 57000 = 1624500 \text{ kgcm}^2$$

$$Q = Q1 + Q2 + Q3 = 5529000 \text{ kgcm}^2$$

$$Va = Vb = 2764500 \text{ kgcm}^2$$

Contoh perhitungan lendutan benda uji a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>d<sub>1</sub> ulangan ke-1:

b = 18 cm  
 h = 28 cm  
 f'c = 24,474 MPa

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 18 \times 28^3 = 32928 \text{ cm}^4$$

$$E_{beton} = 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{24,474} = 23251,698 \text{ MPa} = 232517 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta_E = \frac{M_E'}{EI}$$

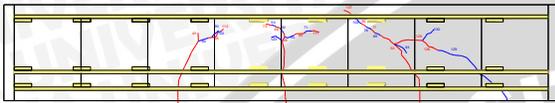
$$Ra' \times 80 - Q_1 \times \left(\frac{1}{3} \times 57 + 20\right) - \frac{1}{2} Q_2 \times 10 = \frac{2764500 \times 77 - 1624500 \times 39 - \frac{1}{2} \times 2280000 \times 10}{232517 \times 32928} = 0,018 \text{ cm} = 0,18 \text{ mm}$$

Tabel 4.9 Nilai Lendutan Aktual dan Teoritis

Benda Uji	Lendutan aktual (mm)	Lendutan teoritis (mm)	KR (%)
a1b2c1d1	2.2767	0.174046	92.355
a1b1c1d2	2.0267	0.183740	90.934
a1b1c2d1	1.6733	0.182360	89.102
a1b2c2d2	1.79	0.176715	90.128
a2b1c1d1	1.76167	0.172846	90.189
a2b2c1d2	1.36667	0.174327	87.245
a2b2c2d1	1.66667	0.160480	90.371
a2b1c2d2	1.54167	0.154816	89.958

#### 4.5 Pola Retak

Analisis pola retak digunakan untuk mengetahui hubungan antara pola retak dengan beban maksimum yang dapat ditahan oleh balok beton bertulangan bambu. Analisis pola retak dikelompokkan berdasarkan beberapa variasi yang ada, yaitu mutu beton, jarak kait, rasio tulangan, dan jenis kait.



Gambar 4.4 Pola Retak Benda Uji a2b2c2d1 ulangan ke-3 (Mutu Beton 30 MPa, Jarak Kait 12 cm, Rasio Tulangan 1,6%, Jenis Kait Bambu)

Seperti pada gambar diatas dapat dilihat bahwa balok tersebut mengalami retak lentur dan juga retak geser. Balok ini memiliki nilai P maks sebesar 4200 kg.

Pada penelitian ini, pola retak tidak dapat dianalisis karena hubungan antara jumlah retak dan lebar retak dengan beban yang didapat tidak bersinambung.

#### 4.6 Analisis Tegangan Tulangan Bambu

Keruntuhan pada balok bertulangan bambu dengan pengait pada uji lentur diasumsikan terjadi akibat adanya selip antara tulangan dengan beton. Asumsi ini dapat diambil karena pada hasil uji lentur terlihat bahwa tulangan bambu tidak mengalami kehancuran.

Pada penelitian ini tidak dilakukan uji tegangan leleh untuk tulangan bambu, besarnya nilai tegangan leleh tulangan bambu diambil dari penelitian terdahulu yaitu sebesar 190 MPa.

Balok bertulangan bambu dengan pengait mengalami keruntuhan akibat selip atau kehilangan lekatan antara tulangan dengan beton dapat dibuktikan dengan perhitungan teoritis. Perhitungan ini

membandingkan hasil teoritis tegangan leleh dari tulangan bambu dengan hasil tegangan leleh tulangan dari penelitian terdahulu.

Dari hasil perhitungan teoritis didapatkan nilai tegangan terbesar pada balok sebesar 165 MPa dan pada pull out sebesar 96,25 MPa. Hasil perhitungan teoritis lebih kecil dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu (190 MPa), dapat disimpulkan bahwa balok bertulangan bambu mengalami keruntuhan akibat selip antara tulangan dengan beton.

#### 4.7 Uji Hipotesis

- ANOVA

Untuk pengujian *pull out*, hipotesis yang digunakan adalah:

$H_0$ : tidak terdapat pengaruh yang signifikan variasi jenis kait pada tulangan bambu dengan kait terhadap tegangan lekat antara tulangan dengan beton.

$H_1$ : terdapat pengaruh yang signifikan variasi jenis kait pada tulangan bambu dengan kait terhadap tegangan lekat antara tulangan dengan beton

Dengan menggunakan *level of significance* ( $\alpha$ )= 0,05 diperoleh nilai  $F$  tabel=  $F_{0,05; 1; 14} = 4,6$ . Karena nilai  $F$  hitung <  $F$  tabel ( $0,371 < 4,6$ ), maka  $H_0$  diterima. Sehingga belum terdapat pengaruh signifikan pada variasi jenis kait terhadap tegangan lekat tulangan bambu berkait dengan beton.

Untuk pengujian lentur, hipotesis yang digunakan adalah:

$H_0$ : tidak terdapat pengaruh yang signifikan variasi jenis kait pada kuat lentur balok beton bertulangan bambu dengan kait.

$H_1$ : terdapat pengaruh yang signifikan variasi jenis kait pada kuat lentur balok beton bertulangan bambu dengan kait.

Dengan menggunakan *level of significance* ( $\alpha$ )= 0,05 diperoleh nilai F tabel=  $F_{0,005; 1; 23}$ = 4,45. Karena nilai F hitung < F tabel (0,327 < 4,45), maka  $H_0$  diterima. Sehingga belum terdapat pengaruh signifikan pada variasi jenis kait terhadap kuat lentur balok bertulangan bambu dengan kait.

- **Analisis Faktor**

Untuk pengujian *pull out*, didapatkan hasil kayu kamper dapat menahan beban (P maksimum) lebih besar jika dibandingkan dengan bambu. Nilai P maks untuk kayu kamper adalah sebesar 2776,875 kg, sedangkan untuk bambu adalah sebesar 2556,25 kg.

Untuk pengujian lentur, didapatkan hasil kayu kamper dapat menahan beban (P maksimum) lebih besar jika dibandingkan dengan bambu. Nilai P maks untuk kayu kamper adalah sebesar 6695,833 kg, sedangkan untuk bambu adalah sebesar 5950 kg.

- **Metode Uji T**

Untuk pengujian *pull out*, hipotesis yang digunakan yaitu jenis kait Kayu Kamper dapat menahan beban lebih besar jika dibandingkan dengan jenis kait Bambu.

$$t_{hitung} (2,28) > t_{tabel} (1,761) \rightarrow H_0 \text{ ditolak}$$

Maka jenis kait Kayu Kamper dapat menahan beban lebih besar jika dibandingkan dengan jenis kait Bambu.

Untuk pengujian lentur, hipotesis yang digunakan yaitu jenis kait Kayu Kamper dapat menahan beban lebih besar jika dibandingkan dengan jenis kait Bambu.

$$t_{hitung} (1,65) < t_{tabel} (1,717) \rightarrow H_0 \text{ diterima}$$

Maka, jenis kait Bambu dapat menahan beban lebih besar jika dibandingkan dengan jenis kait Kayu Kamper.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil uji statistik yang telah dilakukan, penggunaan variasi jenis kait belum memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tegangan lekat tulangan bambu dengan beton. Jenis kait kayu kamper memiliki nilai rata-rata P maksimum cabut sebesar 2776,875 kg, sedangkan untuk jenis kait bambu memiliki nilai rata-rata P maksimum cabut sebesar 2556,25 kg.
2. Berdasarkan hasil uji statistik yang telah dilakukan, penggunaan variasi jenis kait belum memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat lentur balok bertulangan bambu. Jenis kait kayu kamper memiliki nilai kapasitas beban maksimum sebesar 6695,833 kg, sedangkan untuk jenis kait bambu memiliki nilai kapasitas beban maksimum sebesar 6508,3325 kg.

### 5.2 Saran

Banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan dalam pelaksanaan penelitian ini. Oleh karena itu, berikut saran-saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya agar dapat memperoleh hasil yang lebih signifikan.

Dengan lebih memperhatikan proses pembuatan benda uji atau proses pengecoran agar tidak terdapat banyak rongga didalam campuran beton. Karena banyaknya rongga-rongga pada campuran beton tersebut dapat mempengaruhi besarnya nilai modulus elastisitas balok tersebut. Memperhatikan perlakuan terhadap kait, mulai dari proses pembuatan hingga tulangan dengan pengait menyatu dengan beton. Teknik pemberian lem pada kait, perlakuan kait saat lem masih

basah hingga sudah benar-benar menempel. Lebih Lebih memperhatikan perletakan pemasangan load cell pada benda uji *pull out* agar proses cabut tulangan bambu dari beton memperoleh hasil pembacaan yang lebih signifikan. Adanya penambahan balok kontrol sebagai pembanding dengan balok uji agar hasil dari pengujian dapat terlihat lebih jelas perbedaannya. Dengan lebih meringkas variabel-variabel yang ada, agar variabel yang ditinjau tidak tertutupi hasilnya oleh variabel yang lain dan lebih terlihat pengaruh yang terjadi. Adanya penelitian-penelitian selanjutnya dengan modifikasi jenis kait yang berbeda agar didapatkan nilai kuat lekat bambu dengan beton yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ACI 90-S53, *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*, ACI Committee 318, Farmington Hills Mi.
- ASTM C-33 02a. 2002. *Standard Specification for Concrete Aggregates*. USA: Annual Books of ASTM Standards.
- Dewi, S.M., 2005. *Perilaku Pelat Lapis Komposit Bambu Spesi pada Beban In-Plane dan Beban Lentur*. Disertasi S3 ITS Surabaya.
- Ghavami, K., 2005. *Bamboo As Reinforcement Instructural Concrete Elements*. J. Cement & Concrete Composites, Elsevier, 27, pp. 637-649.
- Lestari, A. D., 2005. *Pengaruh Penambahan Kait pada Tulangan Bambu Terhadap Respon Lentur Balok Beton Bertulangan Bambu*. Jurnal Rekayasa Sipil./Volume9.
- Morisco. 1990. *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Nasution, A., 2009. *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB
- Nawy, E. G., 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT. Refika Aditama
- Prabowo, Danu. 2011. *Signifikansi Nilai Modulus Elastisitas Kayu Glugu, Kruing, Kamper yang Ada di Pasaran dengan SNI 2002*. Skripsi S1 UMS Surakarta.
- Ronald E. Walpole, Raymond H Myers. *Ilmu Peluang dan Statistika Untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Edisi ke – 4, ITB Bandung 1995.
- SNI-03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Beta Version, Bandung.
- Wang, C. K., & Salmon, C. G., 1986. *Disain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga