

**INTERAKSI RASIO TULANGAN BAMBU DAN MUTU BETON  
TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANGAN BAMBU  
DENGAN KAIT**

**NASKAH PUBLIKASI**

**TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh  
gelar Sarjana Teknik



**ABDILLAH MUTTAQIN**

**NIM. 125060100111073**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2016**

# INTERAKSI RASIO TULANGAN DAN MUTU BETON TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BERTULANGAN BAMBU DENGAN KAIT

Abdillah Muttaqin, Sri Murni Dewi, Christin Remayanti

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

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

Email: [abdillah1212@gmail.com](mailto:abdillah1212@gmail.com)

## ABSTRAK

Penggunaan beton bertulang di masyarakat semakin meningkat untuk konstruksi, dengan hanya menggunakan tulangan baja sebagai satu-satunya bahan tulangan pada beton bertulang diperlukan alternatif pengganti tulangan baja. Inovasi yang diperlukan adalah tulangan yang murah, dapat diperbarui, dan mudah didapat salah satunya yaitu bambu. Bambu sendiri memiliki kekurangan yaitu bersifat higroskopis, cara yang coba digunakan untuk mengatasi kekurangan pada sifat bambu yaitu dengan pelapisan pada tulangan bambu dan ditambahkannya pengait agar mengurangi sifat higroskopis dan meningkatkan tegangan lekat. Pada penelitian ini digunakan 24 benda uji balok dan 16 benda uji *pull-out* untuk mengamati interaksi rasio tulangan dan mutu beton terhadap kuat lentur balok. Rasio tulangan yang digunakan pada penelitian ini 0,8% dan 1,6%, sedangkan mutu beton yang digunakan 20 MPa dan 30 MPa. Berdasarkan hasil metode anova didapatkan bahwa tidak terdapat interaksi yang signifikan antara rasio tulangan dengan mutu beton terhadap kuat lentur balok bertulangan bambu dengan kait dimana didapat nilai  $f$  hitung lebih kecil dari  $f$  tabel dengan tingkat ketidakpastian sebesar 5% dan dengan analisis kontras perbandingan beban maksimum didapatkan hasil yang berbanding lurus dengan metode anova dimana nilai presentase interaksi antara mutu beton dengan rasio tulangan hanya sebesar 1,06 %. Analisis kontras perbandingan lendutan didapat nilai presentase interaksi antara mutu beton dengan rasio tulangan sebesar 12,25%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa interaksi mutu beton dan rasio tulangan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kuat lentur balok bertulangan bambu dengan kait.

**Kata kunci:** tulangan bambu dengan kait, rasio tulangan, mutu beton, kuat lentur

## **ABSTRACT**

*The use of reinforced concrete from people increase for construction, using only the steel reinforcement as the only ingredient needed reinforcement in reinforced concrete alternative to steel reinforcement. Innovation is needed is a reinforcement of cheap, renewable, and easy to get one of them is bamboo. Bamboo itself has inherent limitations is hygroscopic, which means try to use to address deficiencies on the nature of bamboo is by coating the bamboo reinforcement and added hooks to reduce the hygroscopic properties and increase the voltage steadily. In this experiment, the test object beam 24 and 16 pull-out test specimen to observe the interaction and quality of concrete reinforcement ratio on the flexural strength of the beam. Reinforcement ratio used in this study 0.8% and 1.6%, while the concrete strength used 20 MPa and 30 MPa. Based on the results of the methods of ANOVA showed that there was no significant interaction between the ratio of reinforcement with concrete strength against beam flexure strength with hooks bamboo where the obtained value  $f$  count is smaller than  $f$  table with a degree of uncertainty of 5% and with the analysis of the contrast ratio of the maximum load is obtained which is directly proportional to the percentage value method ANOVA where interaction between the concrete strength with reinforcement ratio is only 1.06%. Analysis deflection contrast ratio obtained percentage value the interaction between the concrete strength with reinforcement ratio amounted to 12.25%. It can be concluded that the interaction concrete strength and reinforcement ratio does not significantly affect the flexure strength beam with bamboo hooks.*

*Keywords: bamboo reinforcement with hooks, reinforcement ratio, concrete strength, flexural strength*

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan beton bertulang semakin meningkat dimasyarakat. Sehingga dapat menyebabkan kenaikan harga pada material penyusun dari beton bertulang sendiri. Untuk mencegah hal tersebut diperlukan inovasi untuk pengganti material tulangan baja pada beton bertulang. Salah satu inovasi pengganti tulangan baja pada beton adalah dengan menggunakan bambu. Bambu sendiri memiliki kekurangan dan perlu dikaji untuk mengatasi kekurangan tersebut. Salah satu cara yang dicoba adalah penambahan kait untuk mengatasi kekurangan dari bambu.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Beton

Beton merupakan bahan konstruksi yang tersusun dari beberapa material lain. Struktur penyusun dari beton sendiri yaitu semen, agregat halus dan kasar, serta air.

Karakteristik dari beton sendiri yaitu memiliki kuat tekan yang tinggi akan tetapi beton memiliki kuat tarik yang sangat rendah berkisar 10% dari kekuatan tekannya.

### 2.2 Bambu

Bambu adalah tanaman yang banyak di jumpai di Asia Tenggara. Di Indonesia sendiri banyak dijumpai bambu di daerah dataran tinggi. Pertumbuhan bambu yang cepat membuat bambu dapat digunakan sebagai bahan yang mudah diperbarui.

Pada penelitian terdahulu dapat diketahui bahwa bambu memiliki nilai tegangan tarik yang cukup besar, tetapi nilai tegangan lekat dari bambu yang relatif kecil. Hal ini disebabkan oleh sifat higroskopis dari bambu yaitu kembang susut dari bambu sehingga lekatan bambu terhadap beton menjadi berkurang. Sehingga masih diperlukan inovasi untuk meningkatkan kuat lekat dari bambu agar setidaknya mendekati tegangan tarik bambu.

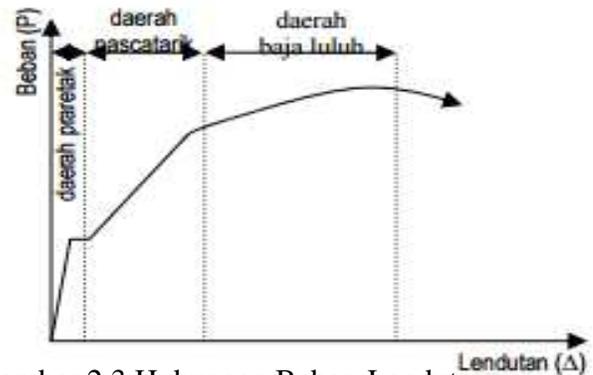
Tabel 2.1 Tegangan Tarik Bambu

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 Lendutan Balok

Lendutan adalah perubahan bentuk dari suatu balok akibat dari beban yang diterima oleh balok. Pada hubungan beban dengan lendutan balok dapat diketahui nilai dari kekakuan balok tersebut serta dapat diketahui daerah elastis, plastis, dan limit dari balok tersebut.



Gambar 2.3 Hubungan Beban-Lendutan pada Balok

Sumber: Nawy 1998

### 2.4 Pola Retak

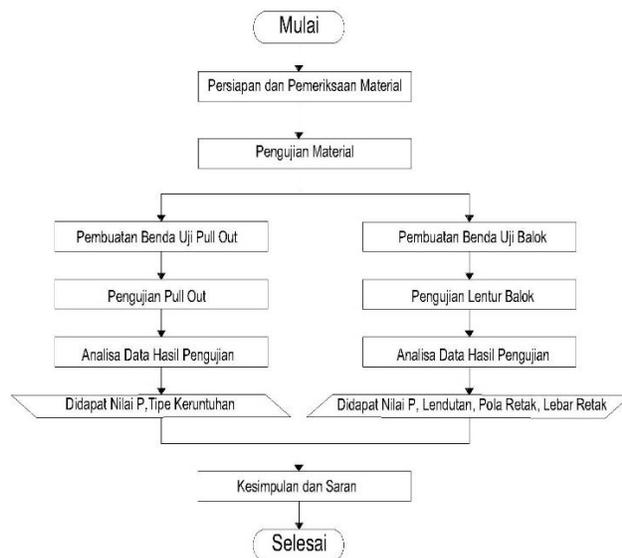
Suatu pola keretakan pada struktur balok dapat mengindikasikan keruntuhan yang terjadi pada balok itu. Keretakan pada balok

diharapkan mengalami retak lentur sehingga keruntuhan pada balok juga mengalami keruntuhan lentur. Retak lentur sendiri terjadi pada tengah bentang dari balok, dimana retak dimulai dari daerah tarik balok menuju ke daerah beban.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan mulai dari persiapan dan pemeriksaan material, pembuatan dan pengujian benda uji sehingga didapatkan data-data yang diperlukan yaitu beban dan lendutan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

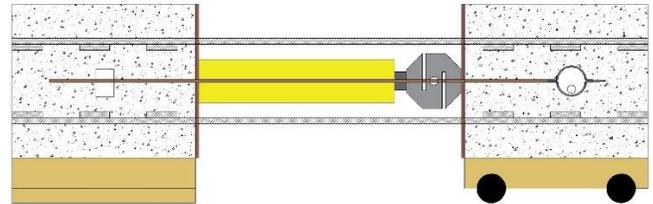
#### 3.2 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat dua benda uji yaitu balok dan *pull-out*. Benda uji balok sebanyak 24 buah dan benda uji *pull-out* sebanyak 16 buah.

Pada benda uji *pull-out* berdimensi 15 x 25 x 30 cm sebanyak 16 buah. Variasi yang digunakan pada *pull-out* yaitu mutu beton taraf tinggi sebesar 30 MPa dan mutu beton taraf rendah sebesar 20 MPa. Tulangan

bambu yang digunakan pada benda uji *pull-out* berdimensi 2 x 1 x 30 cm, dengan penambahan kait bambu dan kait kayu kamper dengan jarak 6 & 12 cm.

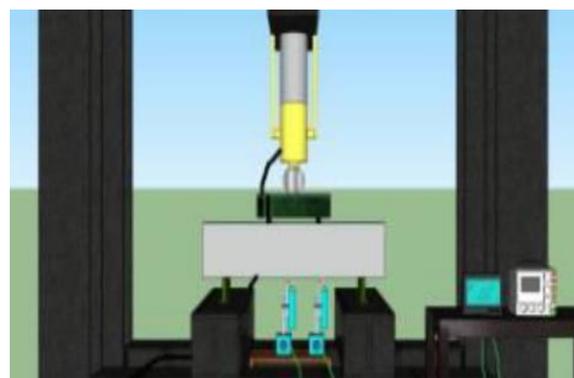
Pengujian benda uji *pull-out* dilakukan ketika benda uji telah berumur 28 hari. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan beban maksimum lekatan tulangan dengan beton serta besarnya selip yang terjadi.



Gambar 3.2 Setting Pengujian Pull-Out

Dengan menggunakan metode faktorial setengah pada penelitian ini digunakan balok dengan dimensi 18 x 28 x 160 cm sebanyak 24 benda uji. Variasi yang digunakan pada balok yaitu mutu beton taraf tinggi sebesar 30 MPa dan taraf rendah sebesar 20 MPa. Kemudian digunakan rasio tulangan taraf tinggi sebesar 1,6% dan taraf rendah sebesar 0,8%. Tulangan bambu yang digunakan pada balok berdimensi 2 x 1 x 154 cm, dengan penambahan kait bambu dan kait kayu kamper dengan jarak 6 & 12 cm.

Pengujian benda uji balok dilakukan ketika balok telah berumur 28 hari. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan beban runtuh dari balok serta nilai lendutan yang terjadi per penambahan beban.



Gambar 3.3 Setting Pengujian Balok

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Pengujian Bahan

- **Pengujian Kuat Tekan**

Pada pengujian kuat tekan dicari nilai kuat tekan dari balok dengan menggunakan silinder. Masing-masing balok memiliki 2 silinder untuk mewakili nilai kuat tekan dari suatu balok.

*Tabel 4.1* Kuat Tekan Mutu Beton 20 MPa

Benda Uji	Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan
		Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	1	33,274
	1	15,675
	2	31,746
	2	22,805
	3	28,917
	3	25,635
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	1	27,672
	1	24,955
	2	22,918
	2	18,052
	3	24,390
	3	24,729
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	1	11,035
	1	25,238
	2	34,123
	2	19,183
	3	27,389
	3	31,350
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	1	23,258
	1	28,294
	2	26,540
	2	22,352
	3	31,350
	3	21,334

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil mutu beton 20 MPa tidak sesuai dengan perencanaan. Dengan nilai rata-rata hasil

dari mutu beton 20 MPa sebesar 25, 092 MPa.

*Tabel 4.2* Kuat Tekan Mutu Beton 30 MPa

Benda Uji	Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan
		Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	1	32,821
	1	15,788
	2	34,066
	2	28,634
	3	25,861
	3	24,333
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	1	18,391
	1	26,314
	2	31,350
	2	26,370
	3	22,296
	3	34,066
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	1	34,632
	1	22,918
	2	43,234
	2	43,630
	3	30,162
	3	19,183
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	1	31,746
	1	32,652
	2	31,237
	2	34,293
	3	31,803
	3	37,801

29,733

Keterangan :

a<sub>1</sub> : Mutu Beton 20 MPa    a<sub>2</sub> : Mutu Beton 30 MPa

c<sub>1</sub> : Rasio Tulangan 0,8 %    c<sub>2</sub> : Rasio Tulangan 1,6%

b<sub>1</sub> : Jarak Kait 6 cm    b<sub>2</sub> : Jarak Kait 12 cm

d<sub>1</sub> : Jenis Kait Bambu    d<sub>2</sub> : Jenis Kait Kayu Kamper

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil mutu beton 30 MPa sesuai dengan perencanaan. Dengan nilai rata-rata hasil

dari mutu beton 30 MPa sebesar 29,733 MPa.

- **Pengujian Pull-Out**

Pengujian *pull out* untuk mencari nilai suatu beban maksimum yang dapat ditahan oleh lekatan bambu terhadap beton dan mencari nilai selip yang terjadi pada tulangan dengan beton.



Gambar 4.1 Pengujian Benda Uji Pull Out

Tabel 4.3 Gaya Cabut dan Selip pada Pull-Out

Kode Benda Uji		Gaya Cabut (kg)	Selip (mm)
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	1	2700	5.25
	2	2050	4.78
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	1	2150	3.97
	2	3050	13.86
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	1	3050	4.81
	2	3650	5.06
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	1	3550	5.95
	2	1850	4.47
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	1	2650	5.25
	2	2750	8.54
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	1	2350	3.75
	2	2750	4.66
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	1	3350	5.95
	2	3850	8.54
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	1	1900	3.65

2	2250	4.18
---	------	------

Pada keruntuhan terlepasnya tulangan dari beton dapat didapatkan nilai tegangan lekat tulangan dengan balok dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_n = \mu \cdot d \cdot l_d$$

Tabel 4.4 Tegangan Lekat Pull-Out

Kode Benda Uji Pull-Out	P maks (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 4.5 Hasil Beban dan Lendutan Balok

Benda Uji	P Maks (kg)	Δmaks di Tengah Bentang (mm)
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	1	-30.99
	2	-42.775
	3	-50.265

a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	1	5800	-18.005
	2	6900	-33.74
	3	5950	-30.575
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	1	7050	-28.395
	2	8500	-41.575
	3	8750	-34.84
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	1	7500	-20.44
	2	8000	-31.33
	3	8500	-21.27
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	1	4800	-43.32
	2	4750	-18.31
	3	5000	-19.735
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	1	6200	-29.55
	2	5500	-31.27
	3	4200	-12.02
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	1	6750	-66.85
	2	7500	-42.14
	3	7750	-38.5
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	1	7550	-42.04
	2	8050	-32.66
	3	6200	-25.31

Keterangan :

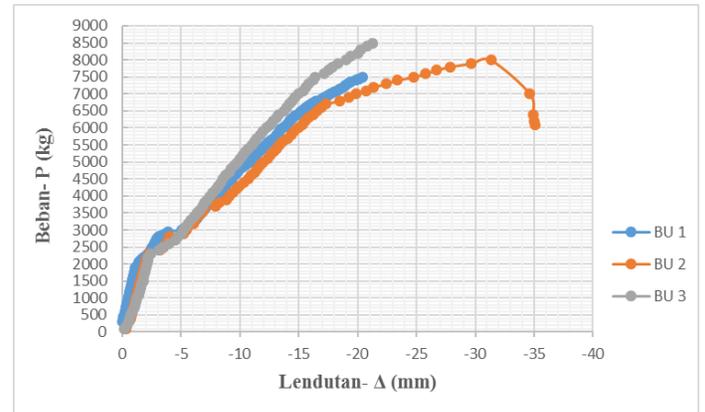
a<sub>1</sub> : Mutu Beton 20 MPa    a<sub>2</sub> : Mutu Beton 30 MPa

c<sub>1</sub> : Rasio Tulangan 0,8 %    c<sub>2</sub> : Rasio Tulangan 1,6%

b<sub>1</sub> : Jarak Kait 6 cm        b<sub>2</sub> : Jarak Kait 12 cm

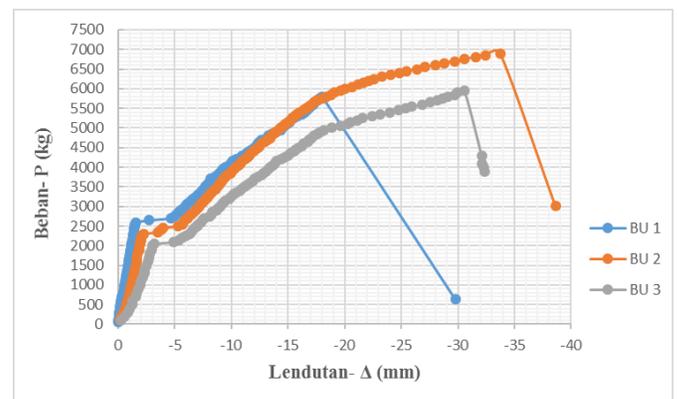
d<sub>1</sub> : Jenis Kait Bambu        d<sub>2</sub> : Jenis Kait Kayu Kamper

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil dari beban dan lendutan pada masing-masing balok.



Gambar 4.3 Diagram Beban dan Lendutan Balok a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>c<sub>2</sub>d<sub>2</sub>

Pada diagram beban dan lendutan diatas terlihat bahwa tidak tercapainya beban maksimum. Dimana beban telah mencapai 7500 kg dan 8500 kg akan tetapi balok belum mengalami keruntuhan.



Gambar 4.4 Diagram Beban dan Lendutan Balok a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub>d<sub>2</sub>

Pada diagram beban dan lendutan diatas terlihat bahwa balok mengalami keruntuhan akibat dari selip yang terjadi terlihat dimana lendutan yang tiba-tiba meningkat secara drastis diikuti penurunan dari beban secara drastis pula. Hal ini dibuktikan juga dengan gambar 4.5.



Gambar 4.5 Selip Tulangan dengan Beton

Perbandingan antara hasil beban maksimum teoritis dengan beban maksimum eksperimen ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Perbandingan Beban Aktual dan Teoritis

Kode Benda Uji	Pmaks Teoritis (kg)	Pmaks Rata-Rata Aktual (kg)	KR %
a1b2c1d1	4527	5750	21
a1b1c1d2	5748	6216	7
a1b1c2d1	8003	8100	1
a1b2c2d2	9035	8000	12
a2b1c1d1	4699	4850	3
a2b2c1d2	3639	5300	31
a2b2c2d1	8699	7333	18
a2b1c2d2	12026	7266	65

Keterangan :

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

Berdasarkan gambar 4.13 dan tabel 4.21, dapat dilihat perbandingan yang berbeda-beda antara beban teoritis dengan beban aktual yang terjadi. Pada benda uji mutu beton 30 MPa, jarak kait 6 cm, rasio tulangan

1,6 %, dan jenis kait kayu kamper ( $a_2b_1c_2d_2$ ) terjadi selisih yang sangat tinggi dimana beban teoritis sangat besar dibandingkan dengan beban aktualnya dimana perbedaannya mencapai 65,501 % dengan nilai beban teoritis lebih besar. Perbandingan tren dari beban juga relatif sama akan tetapi hanya benda uji mutu beton 30 MPa, jarak kait 6 cm, rasio tulangan 1,6 %, dan jenis kait kayu kamper ( $a_2b_1c_2d_2$ ) yang mengalami penyimpangan paling jauh.

### 4.3 Analisis Beban Maksimum Aktual

Untuk mengetahui pengaruh faktor mutu beton dan rasio tulangan terhadap kuat lentur balok beton pada percobaan ini perlu dilakukan analisis dengan membandingkan hasil dari beban maksimum yang didapat dari penelitian. Dengan mencari nilai presentase perbedaan terhadap taraf tinggi dengan taraf rendah dari nilai yang didapat, sehingga dapat dilihat pengaruhnya. Taraf tinggi sendiri mewakili mutu beton 30 MPa dan rasio tulangan 1,6 % sedangkan pada taraf rendah mewakili mutu beton 20 MPa dan rasio tulangan 0,8 %.

Interaksi faktor a dan c :

$$\begin{aligned}
 \text{Taraf tinggi} &= a_1b_2c_1d_1 + a_1b_1c_1d_2 + a_2b_2c_2d_1 + a_2b_1c_2d_2 \\
 &= 5750 + 6216,67 + 7300 + 7266,67 \\
 &= 26566,67
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Taraf rendah} &= a_1b_1c_2d_1 + a_1b_2c_2d_2 + a_2b_1c_1d_1 + a_2b_2c_1d_2 \\
 &= 8100 + 8000 + 4850 + 5300 \\
 &= 26250
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka presentase} &= \frac{\text{taraf tinggi} - \text{taraf rendah}}{\text{taraf tinggi}} \times 100\% \\
 &= \frac{26566,67 - 26250}{26566,67} \times 100\% \\
 &= 1,19 \%
 \end{aligned}$$

Jadi interaksi antara rasio tulangan dengan mutu beton terhadap beban yang terjadi sangatlah kecil hanya sebesar 1,19%.

#### 4.4 Analisis Lendutan Dalam Kondisi Elastis Pada Keadaan Aktual

Untuk mengetahui pengaruh faktor mutu beton dan rasio tulangan terhadap lendutan pada keadaan elastis balok beton pada percobaan ini perlu dilakukan analisis dengan membandingkan hasil dari lendutan yang terjadi pada beban yang sama pada penelitian ini. Dengan mencari nilai presentase perbedaan terhadap taraf tinggi dengan taraf rendah.. Taraf tinggi sendiri mewakili mutu beton 30 MPa dan rasio tulangan 1,6 % sedangkan pada taraf rendah mewakili mutu beton 20 MPa dan rasio tulangan 0,8 %. Lendutan yang didapat dari masing-masing taraf akan dilihat presentasinya sehingga dapat dilihat pengaruh taraf faktor mutu beton dan rasio tulangan terhadap lendutan.

Interaksi faktor a dan c :

$$\text{Taraf tinggi} = a1b2c1d1 + a1b1c1d2 + a2b2c2d1 + a2b1c2d2$$

$$= 2,276 + 2,027 + 1,667 + 1,54$$

$$= 7,511$$

$$\text{Taraf rendah} = a1b1c2d1 + a1b2c2d2 + a2b1c1d1 + a2b2c1d2$$

$$= 1,673 + 1,79 + 1,76 + 1,367$$

$$= 6,592$$

$$\text{Maka presentase} = \frac{\text{taraf tinggi} - \text{taraf rendah}}{\text{taraf tinggi}} \times 100\%$$

$$= \frac{7,511 - 6,592}{7,511} \times 100\%$$

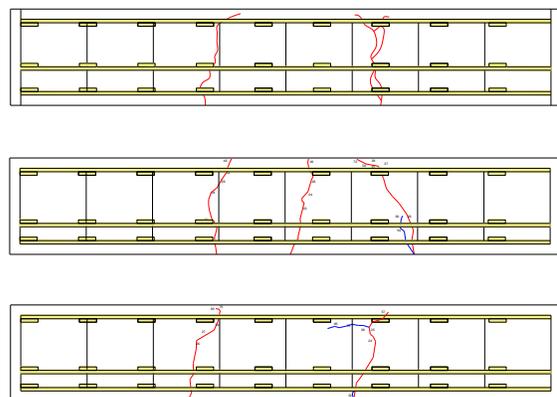
$$= 12,25 \%$$

Jadi terdapat interaksi antara rasio tulangan dengan mutu beton terhadap lendutan yang terjadi meskipun pengaruhnya kecil, sehingga mutu beton yang tinggi dan

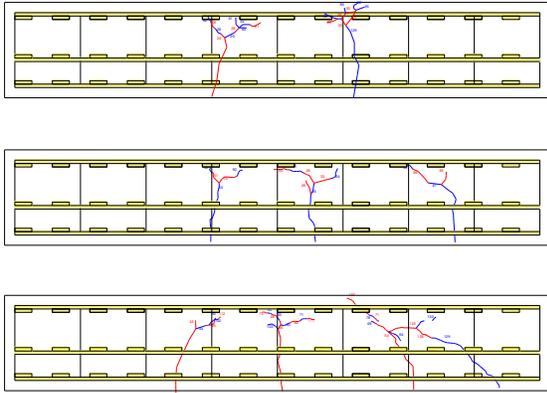
rasio tulangan yang besar akan membuat nilai dari lendutan semakin kecil.

#### 4.5 Pola Retak

Berdasarkan dari pengujian lentur balok beton bertulangan bambu yang dianggap sebagai balok sederhana dengan 2 tumpuan yang telah dilakukan, dapat diamati bagaimana pola retak yang terjadi pada balok beton bertulangan bambu dengan kait. Retakan pertama yang terjadi adalah retak lentur yang terjadi pada tengah bentang balok yang merupakan daerah dimana nilai terbesar dari momen yang terjadi, kemudian retak geser muncul seiring dengan penambahan beban serta mulai masuknya retakan ke daerah tekan dari beton. Contoh pola retak pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.6 Pola Retak Balok Mutu 20 Mpa, Jarak Kait 12 cm, Rasio Tulangan 1,6%, Kait Kayu Kamper



Gambar 4.7 Pola Retak Balok Mutu 30 Mpa, Jarak Kait 12 cm, Rasio Tulangan 1,6%, Kait Bambu

Pada pola retak penelitian ini tidak dapat dianalisis banyaknya retakan terhadap besarnya beban, Karena ketidak sinmabungan jumlah retakan dengan beban yang terjadi.

#### 4.6 Analisis Tegangan pada Tulangan

Tulangan bambu yang digunakan tidak dilakukan pengujian tegangan lelehnya. Karena hanya mengambil dari penelitian sebelumnya. Keruntuhan lentur yang terjadi pada balok di asumsikan terjadinya akibat dari selip atau kehilangan lekatan antara tulangan dengan beton.

Pada gambar 4.5 terlihat bahwa tulangan tidak mengalami kehancuran dan hanya terjadi selip pada tulangan dengan beton. Pembuktian bahwa balok mengalami keruntuhan akibat kehilangan lekatan dari tulangan dapat dibuktikan dengan perhitungan dengan membandingkan tegangan leleh dari tulangan dengan hasil dari literatur. Apabila nilai tegangan leleh yang didapat lebih kecil dibandingkan dengan tegangan leleh dari literatur maka dapat dipastikan bahwa balok mengalami keruntuhan akibat dari hilangnya lekatan dari tulangan dengan balok.

Beban benda uji *pull-out* pada mutu beton 30 MPa, jarak kait 6 cm, dan jenis kait

kayu kamper yaitu sebesar 3.850 kg sehingga dapat dihitung tegangan pada tulangan dengan persamaan  $\sigma = \frac{P}{A}$ . Dimana didapat nilai tegangan tarik sebesar 96,25 MPa.

Beban pada benda uji balok mutu beton 20 MPa, jarak kait 6cm, rasio tulangan 1,6%, dan jenis kait bambu yaitu sebesar 8.750 kg sehingga dapat dihitung tegangan pada tulangan dengan persamaan

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

Dari persamaan diatas didapatkan gaya tarik pada tulangan sebesar  $T = 132510,95$  N. Lalu dicari nilai tegangan tarik dari tulangan dengan persamaan  $\sigma = \frac{T}{A}$ . Dimana didapat nilai tegangan paling besar pada tulangan balok sebesar 165 MPa.

Dari nilai tegangan bambu pada *pull-out* didapatkan nilai sebesar 96,25 MPa. Sedangkan pada balok didapatkan nilai sebesar 165 MPa. Pada penelitian terdahulu didapatkan tegangan leleh bambu sebesar 190 MPa. Dapat disimpulkan tulangan pada benda uji *pull-out* dan balok belum mengalami leleh. Sehingga keruntuhan pada benda uji *pull-out* dan balok disebabkan oleh hilangnya lekatan dari tulangan dengan beton.

#### 4.7 Uji Hipotesis Dengan Metode ANOVA

Uji hipotesis pada pengujian kuat lentur dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh variasi jarak kait terhadap besarnya beban yang maksimum yang mampu dipikul oleh balok beton bertulangan bambu dengan kait.

$H_0$  : tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada interaksi antara mutu beton dan rasio tulangan pada kuat lentur balok beton bertulangan bambu dengan kait.

$H_1$  : terdapat pengaruh yang signifikan pada interaksi antara mutu beton dan rasio tulangan pada kuat lentur balok beton bertulangan bambu dengan kait.

Level of significance ( $\alpha$ ) = 0,05

Dari pengujian dengan metode ANOVA didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.7 Analisis Variansi Interaksi Antara A (Rasio Tulangan) dengan C (Mutu Beton) terhadap Kuat Lentur Balok Tulangan Bambu dengan Kait

Perilaku	JK	D B	KT	f hitung	F tabel 5%	Keterangan
<b>Pengaruh Utama</b>						
A	4125104. 167	1	4125104. 167	6.390	4.67	TRUE
B	937.500	1	937.500	0.001	4.67	FALSE
C	27627604 .167	1	27627604 .167	42.79 7	4.67	TRUE
D	210937.5 00	1	210937.5 00	0.327	4.67	FALSE
<b>Interaksi</b>						
AC	37604.16 7	1	37604.16 7	0.058	4.67	FALSE
BD	37604.16 7	1	37604.16 7	0.058	4.67	FALSE
AB	440104.1 67	1	440104.1 67	0.682	4.67	FALSE
AD	104.167	1	104.167	0.000 16	4.67	FALSE
BC	104.167	1	104.167	0.000 16	4.67	FALSE
CD	440104.1 67	1	440104.1 67	0.682	4.67	FALSE
Galat	8392187. 500	13	645552.8 85			
Total	41312395 .833	23				

Dengan menggunakan *level of significance* ( $\alpha$ ) = 0,05 diperoleh nilai F tabel =  $F_{0,005; 1; 13} = 4,68$ . Karena nilai F hitung < F tabel ( $0,058 < 4,67$ ), maka  $H_0$  diterima. Sehingga tidak terdapat interaksi signifikan antara rasio tulangan dengan mutu beton terhadap kuat lentur balok bertulangan bambu dengan kait. Dengan F hitung sebesar 0,058 maka besarnya *level of significance* ( $\alpha$ ) untuk interaksi AC (rasio tulangan dengan mutu beton) adalah 0,83.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan

bahwa tidak terdapat interaksi yang signifikan antara rasio tulangan dengan mutu beton terhadap kuat lentur balok bertulangan bambu dengan kait. Dimana pada analisis dengan metode anova didapat nilai f hitung sebesar 0,058% lebih kecil dari f tabel yang bernilai 4,67% dengan tingkat ketidakpastian sebesar 5%.

Pada analisis perbandingan beban maksimum didapatkan hasil yang berbanding lurus dengan metode anova dimana nilai presentase interaksi antara mutu beton dengan rasio tulangan hanya sebesar 1,06%. Sedangkan pada analisis perbandingan lendutan didapat nilai presentase interaksi antara mutu beton dengan rasio tulangan sebesar 12,25%.

Jadi dapat disimpulkan melalui metode anova dan analisis perbandingan kontras bahwa interaksi mutu beton dan rasio tulangan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kuat lentur balok bertulangan bambu dengan kait.

### 5.2 Saran

Dalam penelitian ini saya sebagai penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih akurat. Saran saya diantaranya seperti pada jumlah benda uji, kapasitas frame untuk pengujian balok, perencanaan serta pelaksanaan pembuatan beton, pengujian *pull-out*, serta inovasi terbaru untuk meningkatkan kuat lekat.

Pada jumlah benda uji dengan memperbanyak benda uji maka analisis akan lebih mudah dan akurat serta dapat mengamati hal-hal spesifik dari masing-masing variabel. Pada pelaksanaan dan pembuatan beton faktor air semen perlu diperhatikan agar kekuatan beton yang diinginkan sesuai dengan rencana, serta untuk pengamatan terhadap interval mutu beton perlu diberi selisih yang cukup jauh untuk mendapatkan nilai kontras yang signifikan. Pada pengujian *pull-out* perlu

diperhatikan perletakan beban yang sentris agar didapat nilai beban maksimum yang akurat. Serta diperlukan inovasi untuk meningkatkan kuat lekat dari bambu agar mendekati nilai tahanan leleh dari bambu.

#### DAFTAR PUSTAKA

ACI 90-S53, *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*, ACI Committee 318, Farmington Hills Mi.

Anonim, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI -1971)*, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung.

Dewi, Sri Murni. 2005. *Perilaku Pelat Lapis Komposit Bambu Spesi pada Beban In-Plane dan Beban Lentur*. Disertasi S3 ITS Surabaya.

Dipohusodo, Istimawan. 1999. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

DPU, 1990, *SK SNI T – 15 – 1990 – 03 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Yayasan LPMB, Bandung.

Ghavami, K., 2005. *Bamboo As Reinforced In Structural Concrete Elements*. J. Cement & Concrete Composites, Elsevier, 27, pp. 637-649.

Lestari, A.D. 2015. *Pengaruh Penambahan Kait Pada Tulangan Bambu Terhadap Respon Lentur Balok Beton Bertulangan Bambu*. Jurnal Rekayasa Sipil. IX (2). Hal: 81-87

McCormac, Jack C. 2004. *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.

Mulyono, Tri, 2003. *Teknologi Beton*, Penerbit Yogyakarta: Andi

Nawy, Edward G, Dr.P.E. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Jakarta: Erlangga.

Nurlina, S. 2008. *Struktur Beton*. Malang: Bargie Media.

Pathurahman, J.F. dan Kusuma, D.A 2003. *Aplikasi Bambu Pilinan sebagai Tulangan Balok Beton*. Civil Engineering Dimension, Vol. 5, No.1, Maret, Hal:39-44.

Setiya Budi, A. dan Sugiyarto. 2013. *Kuat Lekat Tulangan Bambu Wulung dan Petung Takikan pada Beton Normal*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 24-26 Oktober 2013.

Sharma, Y.M.L. 1987. *Bambus in the Asia-Pacific region.: 99-100*. In Lessard, G. & Chouinard. A. (eds) *Bambu Research in Asia*. IDRC, Canada.

Suryadi, H., Agung, M.T., dan Bangun, E.B. 2013. *Pengaruh Modifikasi Tulangan Bambu Gombang terhadap Kuat Cabut Bambu pada Beton*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KonTekS 7), Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 24-26 Oktober 2013.