

**PENGARUH MUTU BETON TERHADAP KUAT LENTUR BALOK  
BETON BERTULANGAN BAMBU DENGAN KAIT**

**SKRIPSI  
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ISMA ARUM AMBAR PRATIWI  
NIM. 125060100111044**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2016**

# PENGARUH MUTU BETON TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANGAN BAMBU DENGAN KAIT

Isma Arum Ambar Pratiwi, Sri Murni Dewi, Eva Arifi

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jl. MT. Haryono 167 Malang, 65145, Jawa Timur – Indonesia  
Email: ambar.pratiwi94@gmail.com

## ABSTRAK

Beton bertulang merupakan material konstruksi yang digunakan dalam hampir semua bangunan. Tulangan yang digunakan pada beton berfungsi untuk menahan tegangan tarik. Satu alternatif tulangan untuk beton yang jumlahnya akan selalu terbaharui adalah bambu. Meskipun bambu memiliki tegangan tarik yang tinggi namun tegangan lekat antara beton dan tulangan bambu masih rendah sehingga kapasitas beban yang dapat ditahan oleh beton bertulangan bambu masih rendah. Maka pada penelitian ini tulangan bambu diberi kait untuk meningkatkan kapasitas beban maksimum. Penelitian ini membahas tentang pengaruh mutu beton terhadap kuat lentur balok beton bertulangan bambu dengan kait. Variasi mutu beton yang dibuat adalah 20 MPa dan 30 MPa. Benda uji *pull out* berukuran  $15 \times 25 \times 30$  cm sebanyak 16 buah untuk menguji kuat lekat tulangan bambu dengan kait dan balok berukuran  $18 \times 28 \times 160$  cm sebanyak 24 buah untuk menguji kuat lentur balok. penelitian ini menggunakan metode analisis varian multi ragam (anova) rancangan setengah faktorial untuk menghemat tenaga, biaya dan waktu. Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata kuat lekat beton bertulangan bambu dengan kait untuk mutu beton rendah sebesar 0,383 MPa, sedangkan untuk mutu beton tinggi sebesar 0,379 MPa. Uji statistik dengan metode anova menunjukkan pengaruh mutu beton terhadap kuat lekat belum dapat terlihat. Beban maksimum rata-rata balok untuk mutu beton rendah sebesar 7016,67 kg dan untuk mutu beton tinggi adalah 6187,5 kg. Uji statistik dengan metode anova rancangan setengah faktorial menunjukkan terdapat pengaruh antara mutu beton dan kuat lentur.

**Kata kunci:** Tulangan bambu dengan kait, mutu beton, kuat lekat, kuat lentur, analisis varian multi ragam (anova) rancangan setengah faktorial

## ABSTRACT

*Reinforced concrete is a construction material that is used in almost all buildings. Used in concrete reinforcement serves to withstand tension stress. One alternative reinforcement for concrete numbers will always be renewable is the bamboo. Although bamboo has high tension stress, but load stress between the concrete and the reinforcement of bamboo is still low so that the load capacity that can be retained by the bamboo reinforced concrete is still low. So in this study were given bamboo reinforcement hooks to increase the maximum load capacity. This study discusses the effect of the compressive strength on flexural strength of reinforced concrete beam's with hooks. Variations in compressive strength made was 20 MPa and 30 MPa. Pull out test objects measuring  $15 \times 25 \times 30$  cm for 16 units to test the load stress reinforcement of bamboo with hooks and beams measuring  $18 \times 28 \times 160$  cm 24 pieces to test the flexural strength of the beam. This research uses a method of multi variant analysis of variance (ANOVA) half-factorial design to save labor, cost and time. The results showed the average value of the load stress of bamboo reinforced concrete with hooks for low compressive strength is 0.383 MPa, while for high-compressive strength is 0.379 MPa. ANOVA statistical test method shows a strong effect on the load stress of concrete can not be seen. The average maximum load beams to low compressive strength is 7016.67 kg and high- compressive strength is 6187.5 kg. ANOVA statistical test method half factorial design show there is effect between the compressive strength and flexural strength.*

**Keywords:** Reinforcement of bamboo with hooks, compressive strength, load stress, flexural strength, multi-variant analysis of variance (ANOVA) half-factorial design

## PENDAHULUAN

Beton bertulang adalah material konstruksi yang digunakan dalam hampir semua bangunan. Salah satu alternatif tulangan untuk beton yang banyak diteliti adalah bambu, karena bambu merupakan sumber daya alam yang mudah dibudidayakan, laju pertumbuhan yang cepat dan harganya relatif murah. Penelitian yang dilakukan oleh Akbar (2013), menunjukkan bahwa bambu memiliki kuat tarik lebih kuat dibandingkan kayu jati, sementara kemampuan bambu untuk menahan beban tekan lebih lemah dibandingkan kayu jati. Terdapat berbagai macam jenis bambu, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Budi (2013) membuktikan bahwa bambu petung memiliki kuat lekat 20% lebih besar daripada kuat lekat bambu wulung. Kelemahan bambu sebagai tulangan beton adalah kuat lekat antara bambu dan beton yang rendah. Jika beton mengeras bambu tidak dapat menyerap air sehingga bambu akan menyusut dan menimbulkan rongga udara, hal ini akan mengurangi kekuatan struktur beton. Solusi yang diperoleh adalah dengan melapisi bambu dengan cat atau vernis dan pasir (Dewi, 2005).

Arjiantoro dan Budi (2014) membuktikan bahwa bambu memiliki kuat lentur dan kuat lekat yang baik jika dikombinasikan dengan beton. Pengujian kuat lentur dilakukan dengan benda uji balok ukuran  $11 \times 15 \times 170 \text{ cm}$  yang diberi beban 500 kg. Hasil yang didapat, selisih kuat lentur balok bertulangan bambu petung dan balok bertulangan baja sebesar 3%. Pengujian kuat lekat dilakukan dengan benda uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, menghasilkan selisih kuat lekat tulangan bambu petung dan tulangan baja sebesar 2%. Lestari (2015) melakukan penelitian tentang penambahan kait pada beton tulangan bambu. Hasil yang didapat menunjukkan penambahan kait pada tulangan bambu mampu meningkatkan kapasitas beban maksimum yang dapat ditumpu oleh balok sebesar 10% dibandingkan tulangan bambu tanpa kait. Tetapi benda uji balok yang dibuat hanya dengan mutu beton 20 MPa dan panjang benda uji balok  $11 \times 23 \times 100 \text{ cm}$  sehingga belum bisa terlihat hasil dari benda uji yang memiliki mutu beton dan ukuran benda uji balok yang berbeda.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pada penelitian kali ini akan dilakukan pembuatan benda uji balok berukuran  $18 \times 28 \times 160 \text{ cm}$  dengan mutu beton 20 MPa dan 30 MPa. Prosedur penelitian akan dilakukan seperti penelitian

sebelumnya. Pembuatan variasi mutu beton dilakukan untuk meninjau kuat lekat dan kuat lentur beton tulangan bambu dengan kait.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Beton Bertulang

Menurut Nasution (2009:7) perencanaan pembuatan beton ditentukan secara proporsional, agar terpenuhi syarat-syarat:

1. Kekenyalan atau kelecakan (*workability*) untuk memudahkan adukan beton ditempatkan pada cetakan/bekisting.
2. Kuat rencana dan ketahanan beton setelah mengeras.
3. Ekonomis dan optimum dalam pemakaian semen.

Beton bertulang adalah beton yang diberi tulangan dengan luas dan jumlah tulangan tertentu sehingga kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja (Nasution, 2009:2).

### Bambu sebagai Tulangan pada Beton

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kelayakan bambu sebagai tulangan pada beton. Hasil penelitian yang didapat bambu memiliki keunggulan kuat tarik yang dapat mencapai dua kali baja tulangan (Morisco, 1999) seperti terlihat pada Gambar 1 dan modulus elastisitas bambu relatif kecil berkisar 1/15 modulus elastisitas baja. Namun bambu memiliki kelemahan yaitu kemampuannya mengabsorpsi dan desorpsi air menyebabkan kuat lekat antara bambu dan material beton menjadi menurun. Oleh karena itu untuk mengatasi kelemahan tersebut dengan memilih bambu yang sudah tua usianya sehingga daya serap dan kelembaban kecil, melapisi bambu dengan cat, vernis dan pasir.

Tabel 1 Tegangan Tarik Bambu Oven

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

Sumber: Morisco, 1999

## Kuat Lekat antara Tulangan dengan Beton

Kekuatan lekatan antara beton dan tulangan sangat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Pada saat balok dibebani, regangan atau deformasi yang terjadi pada beton dan tulangan harus sama untuk mencegah diskontinuitas atau terpisahnya kedua jenis material.

Menurut Nawy (1998:398), kuat lekat antara tulangan dan beton adalah hasil gesekan antara tulangan baja dan beton. Salah satu percobaan yang dapat menentukan kualitas lekatan tulangan adalah percobaan *pull out*.

## Lentur pada Balok Beton Bertulang

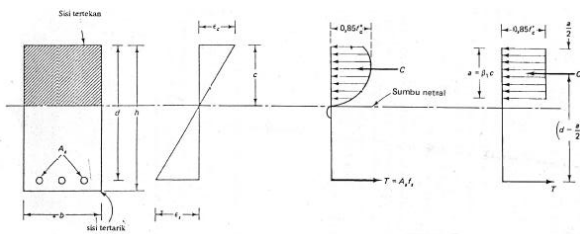
Lentur pada balok terjadi akibat dari regangan yang timbul karena adanya beban luar. Gambar 1 menunjukkan distribusi tegangan-regangan balok beton bertulangan baja yang akan digunakan untuk menganalisis balok beton bertulangan bambu dengan kait. Keseimbangan gaya tekan dan tarik pada penampang balok beton bertulangan bambu dengan kait harus sama, seperti berikut:

$$C = T$$

$$0,85 \times f'c \times b \times a = As \times lb \times \mu$$

Keterangan:

- $f'c$  : Mutu beton (MPa)
- $b$  : Lebar penampang (mm)
- $a$  : Titik berat luasan daerah tekan beton (mm)
- $As$  : Luas tulangan tarik ( $\text{mm}^2$ )
- $lb$  : Panjang penyaluran tulangan (mm)
- $\mu$  : Kuat lekat tulangan (MPa)



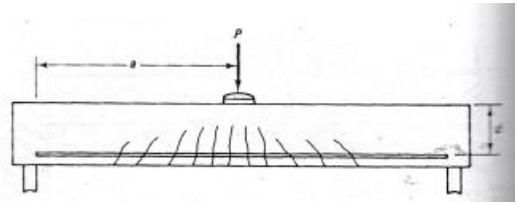
Gambar 1 Distribusi Tegangan dan Regangan pada Balok Beton Bertulangan baja  
Sumber: Nawy (1998:83)

## Keruntuhan pada Balok Beton Bertulang

### Keruntuhan Lentur (F)

Keruntuhan lentur terjadi terutama pada sepertiga tengah bentang dan tegak lurus terhadap arah tegangan utama. Retak-retak ini diakibatkan oleh tegangan geser  $v$  yang sangat kecil dan tegangan lentur  $f$  yang sangat dominan yang

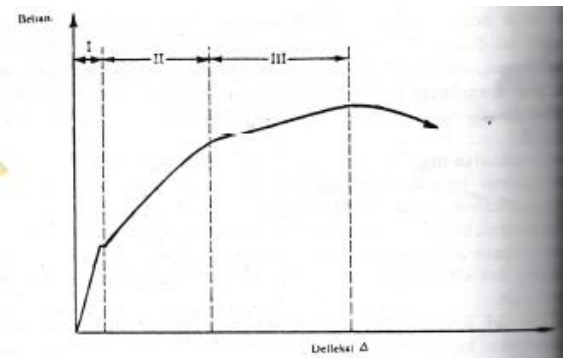
besarnya hampir mendekati tegangan utama horizontal  $ft (max)$  (Nawy, 1998:153).



Gambar 2 Pola retak keruntuhan lentur

Sumber: Nawy (1998:154)

## Lendutan pada Balok Beton Bertulang

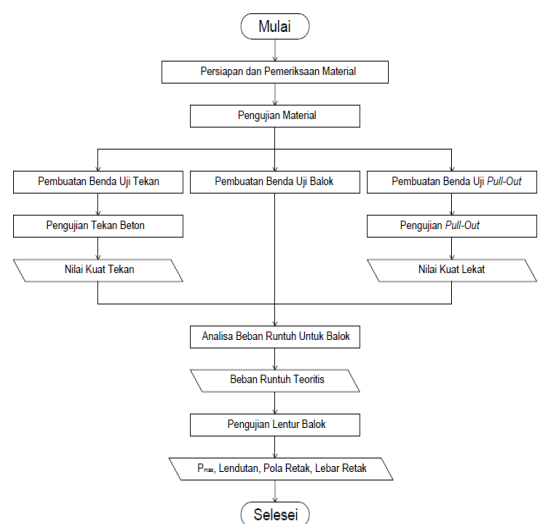


Gambar 3 Hubungan Beban-Lendutan pada Balok

Sumber: Nawy (1998:256)

Menurut Nawy (1998,256) hubungan beban-defleksi pada balok terdiri atas tiga daerah sebelum terjadinya *rupture*, yaitu daerah I taraf praretak, daerah II taraf beban pascaretak (pascaretak), daerah III taraf retak *postserviceability* dan keadaan limit perilaku lendutan.

## METODE PENELITIAN



Gambar 4 Diagram Alir Tahapan Penelitian

## Rancangan Penelitian

### Rancangan Benda Uji Tekan

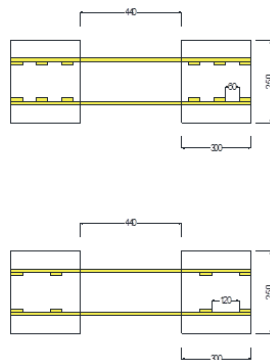
Benda uji tekan dibuat dengan mutu 20 MPa dan 30 MPa. Masing-masing benda uji dibuat dua kali ulangan untuk setiap balok. Jadi total benda uji tekan adalah 48 buah silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

### Rancangan Benda Uji Pull Out

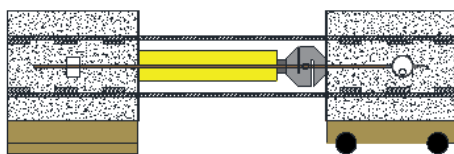
Benda uji Pull-Out adalah sepasang balok beton tulangan bambu yang berukuran  $30 \times 15 \times 25$  cm. Masing-masing benda uji dibuat dua kali ulangan sehingga jumlah keseluruhan 16 benda uji.

Tabel 2 Variasi Benda 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>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub>
d <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub>



Gambar 5 Rancangan benda uji pull out



Gambar 6 Pelaksanaan pengujian benda uji pull out

### Rancangan Benda Uji Kuat Lentur

Benda uji balok berukuran  $18 \times 28 \times 160$  cm berdasarkan perhitungan sampel dengan percobaan faktorial sebagian. Percobaan ini dapat mengambil setengah dari keseluruhan rancangan faktorial yang akan dilaksanakan. Keuntungan rancangan ini ialah dapat menghemat tenaga, biaya dan waktu. (Walpole dan Myers, 1995)

Tabel 3 Variasi Benda Uji Kuat Lentur

		a <sub>1</sub>		a <sub>2</sub>	
		b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>
	d <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>
c <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>
	d <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>

Tabel 4 merupakan keterangan variasi benda uji yang digunakan pada penelitian.

Tabel 4 Faktor Benda Uji

Faktor	Taraf	Keterangan
A (Mutu Beton)	a <sub>1</sub>	20 MPa
	a <sub>2</sub>	30 MPa
B (Jarak Kait)	b <sub>1</sub>	6 cm
	b <sub>2</sub>	12 cm
C (Rasio Tulangan)	c <sub>1</sub>	0,80%
	c <sub>2</sub>	1,60%
D (Jenis Kait)	d <sub>1</sub>	Bambu Petung
	d <sub>2</sub>	Kayu Kamper

Metode analisis varian multi ragam dengan menggunakan setengah faktorial dilakukan dengan mengeluarkan kontras yang paling berpengaruh pada penelitian agar kontras yang diteliti tidak terpengaruh.

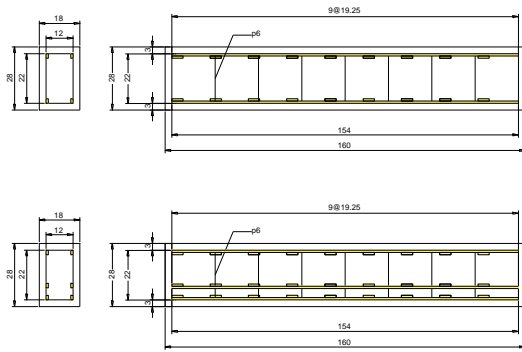
$$\text{Kontras C} = ((a_1b_1c_2d_1 + a_1b_2c_2d_2 + a_2b_2c_2d_1 + a_2b_1c_2d_2) - (a_1b_2c_1d_1 + a_1b_1c_1d_2 + a_2b_1c_1d_1 + a_2b_2c_1d_2))$$

$$\text{Kontras A} = ((a_2b_1c_1d_1 + a_2b_2c_1d_2 + a_2b_2c_2d_1 + a_2b_1c_2d_2) - (a_1b_2c_1d_1 + a_1b_1c_1d_2 + a_1b_1c_2d_1 + a_1b_2c_2d_2))$$

$$\text{Pengaruh Efek A} = \frac{\text{Kontras (A)}}{4n}$$

Tabel 5 Daftar Analisis Ragam

	JK	DB	KT	F hitung	F tabel
Pengaruh Utama					
C	$\frac{[\text{Kontras}_{(C)}]^2}{2^k - 1 \cdot n}$	c - 1	$\frac{JK (C)}{DB (C)}$	$\frac{KT (C)}{KT (G)}$	
A	$\frac{[\text{Kontras}_{(A)}]^2}{2^k - 1 \cdot n}$	a - 1	$\frac{JK (A)}{DB (A)}$	$\frac{KT (A)}{KT (G)}$	
Galat	JKT - JK(A) - JK(C)	DB Tot - DB(A) - DB(A)	JK Galat DB Galat		
Total	$\sum \sum y_{ijk} - \frac{y^2}{n \cdot 2^3}$	nabcd - 1			



Gambar 7 Benda uji balok

## PEMBAHASAN

### Kuat Tekan Beton

Pada *mix design*, mutu beton rencana direncanakan tercapai saat beton berumur 14 hari. Perbandingan komposisi semen, air, agregat halus, agregat kasar untuk mutu beton rencana 20 MPa adalah 1:0,55:1,98:2,42, sedangkan perbandingan komposisi bahan untuk mutu beton rencana 30 MPa adalah 1:0,39:1,16:1,66. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan dua cara yaitu uji kuat tekan beton silinder dan uji *hammer test* yang dilakukan ketika beton telah berumur 28 hari.

Tabel 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton untuk mutu rencana 20 MPa

Benda Uji	Uji Kuat Tekan Beton Silinder (N/mm <sup>2</sup> )		Uji <i>Hammer Test</i> (N/mm <sup>2</sup> )	
	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-rata	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-rata
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	33.27	26.34	23.64	27.35
	15.67			
	31.75			
	22.81			
	28.92			
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	25.63	23.79	25.04	27.39
	27.67			
	24.96			
	22.92			
	18.05			
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	24.39	24.72	25.70	27.59
	24.73			
	11.03			
	25.24			
	34.12			
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	19.18	25.52	28.39	23.61
	27.39			
	31.35			
	23.26			
	28.29			
Rata-rata Benda Uji	25.09		26.48	

Hasil penelitian untuk mutu beton rencana 20 MPa menunjukkan bahwa mutu beton aktual dari uji kuat tekan beton silinder sebesar 25,09 MPa dan hasil dari uji *hammer test* sebesar 26,48 MPa. Hasil kedua uji kuat tekan tersebut berbeda dapat disebabkan oleh kesalahan-kesalahan yang terjadi pada saat pembuatan benda uji.

Tabel 7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton untuk mutu rencana 30 MPa

Benda Uji	Uji Kuat Tekan Beton Silinder (N/mm <sup>2</sup> )		Uji <i>Hammer Test</i> (N/mm <sup>2</sup> )	
	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-rata	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-rata
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	32.82	26.92	25.19	25.46
	15.79			
	34.07			
	28.63			
	25.86			
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	24.33	26.47	23.88	30.73
	18.39			
	26.31			
	31.35			
	26.37			
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	22.30	32.29	33.12	29.88
	34.07			
	34.63			
	22.92			
	43.23			
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	43.63	33.26	32.97	32.39
	30.16			
	19.18			
	31.75			
	32.65			
Rata-rata Benda Uji	29.73		29.61	

Pada benda uji dengan mutu beton rencana 30 MPa menghasilkan mutu beton aktual sebesar 29,73 MPa untuk uji kuat tekan beton silinder dan 29,61 MPa untuk uji *hammer test*. Analisis hasil penelitian digunakan mutu beton dari hasil uji kuat tekan beton silinder.

### Kuat Lekat Beton Bertulangan Bambu dengan Kait

#### Hasil Pengujian *Pull Out*

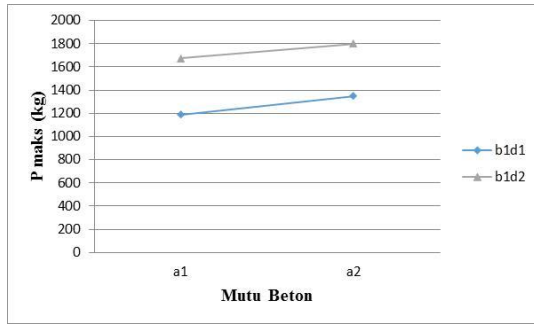
Tabel 8 Hasil Perhitungan Kuat Lekat untuk 1 Tulangan Bambu

No.	Benda Uji	P maks (kg)	P maks rata-rata (kg)	Kuat Lekat (Mpa)
1	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub> -1	1350	1187,5	0,330
	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub> -2	1025		
2	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub> -1	1075	1300	0,361
	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub> -2	1525		
3	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub> -1	1525	1675	0,465
	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub> -2	1825		
4	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub> -1	1775	1350	0,375
	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub> -2	925		
5	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub> -1	1325	1350	0,375
	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>1</sub> -2	1375		
6	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub> -1	1175	1275	0,354
	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>1</sub> -2	1375		
7	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub> -1	1675	1800	0,500
	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> d <sub>2</sub> -2	1925		
8	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub> -1	950	1037,5	0,288
	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> d <sub>2</sub> -2	1125		

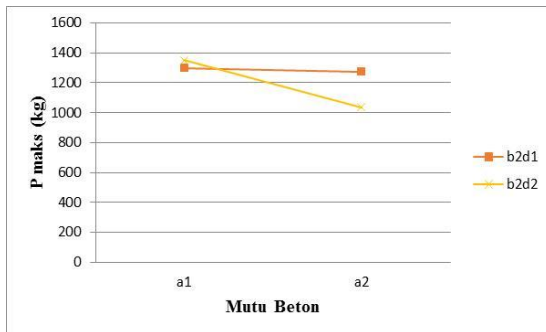
Contoh perhitungan kuat lekat:

$$\mu = \frac{P}{\text{Keliling} \times lb} = \frac{1187,5}{(2 + 1 + 2 + 1) \times (30 \times 2)} = 0,33 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hasil P maks *pull out* terlihat bahwa pengaruh mutu beton juga dipengaruhi oleh variasi jarak kait dan jenis kait.



Gambar 8 Hubungan variasi jarak kait 6 cm dan jenis kait terhadap mutu beton



Gambar 9 Hubungan variasi jarak kait 12 cm dan jenis kait terhadap mutu beton

Benda uji yang memiliki jarak kait 6 cm akan menghasilkan P maks yang lebih besar pada mutu beton taraf tinggi daripada mutu beton taraf rendah, sedangkan benda uji dengan jarak kait 12 cm P maks akan berlaku sebaliknya. Namun jenis kait tidak berpengaruh karena perilaku benda uji yang berbeda-beda.

### Analisis Pengaruh Mutu Beton terhadap Kuat Lekat

#### Anova (Analysis Of Variant)

#### Hipotesis

$H_0$  : tidak terdapat pengaruh mutu beton terhadap kuat lekat balok beton

$H_1$  : terdapat pengaruh mutu beton terhadap kuat lekat balok beton

Kriteria pengujian:

Ho diterima apabila  $F_{hitung} \leq F_{\alpha; DBi; DB Galat}$

Ho ditolak apabila  $F_{hitung} > F_{\alpha; DBi; DB Galat}$

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

Tabel 9 Beban Maksimum (kg) Hasil Pengujian Pull Out untuk 2 Tulangan Bambu

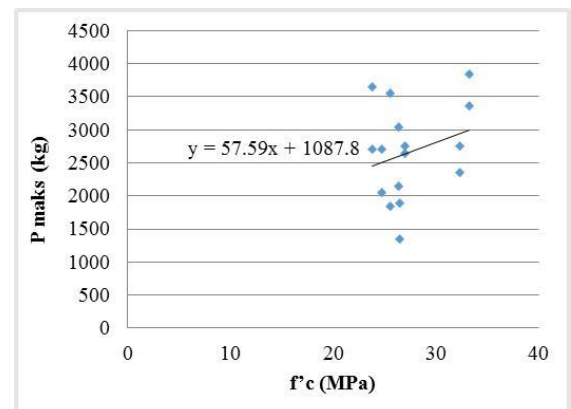
	a <sub>1</sub>		a <sub>2</sub>		Total
	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	
d <sub>1</sub>	2700	2150	2650	2350	9850
	2050	3050	2750	2750	10600
d <sub>2</sub>	2700	3550	3365	1350	10965
	3650	1850	3850	1900	11250
Total	11100	10600	12615	8350	42665

Tabel 10 Analisis Variansi Pengaruh Utama Faktor A (Mutu Beton) terhadap Kuat Lekat Tulangan Bambu dengan Kait

Perilaku	JK	DB	KT	F hitung	F tabel 5%
Pengaruh Utama					
A	33764.063	1	33764.063	0,063	4,6
Galat	7500571.875	14	535755.134		
Total	7534335.938	15			

Nilai F hitung = 0,063 < F tabel =  $F_{0,005; 1; 14} = 4,6$ , maka  $H_0$  diterima. nilai level of significant ( $\alpha$ ) = 80,5% > 5% sehingga tingkat keakuratan data terlalu kecil.

#### Metode Regresi

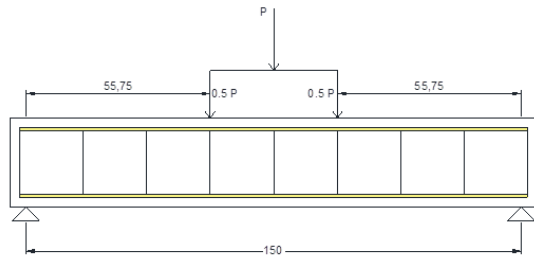


Gambar 10 Grafik pengaruh mutu beton terhadap P maks pull out (kg)

Persamaan regresi  $Y = 1087,8 + 57,59X$  dapat digunakan untuk mencari hubungan antara mutu beton (X) terhadap kuat lekat (Y) pada mutu beton yang berbeda dari data yang ada.

## Kuat Lentur Balok Beton Bertulangan Bambu dengan Kait

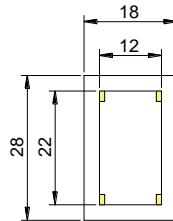
### Pemodelan Struktur



Gambar 11 Pemodelan struktur balok

Pemodelan pembebanan seperti ini bertujuan agar keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan lentur tanpa adanya pengaruh keruntuhan geser.

### Perhitungan P maks Teoritis



Gambar 12 Potongan melintang balok

Data balok  $a_1b_2c_1d_1$ :

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

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

$$A_s \text{ geser} = 2 \times 1540 \times (2 \times (10 + 20)) = 184800 \text{ mm}^2$$

$$f'c = 26,342 \text{ MPa}$$

$$\mu = 0,3611 \text{ Mpa}$$

Asumsi beton telah mencapai regangan maksimum

Persamaan keseimbangan gaya

$$T = Cc$$

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

$$66733,33 = 4030,312 a$$

$$a = 16,5579 \text{ mm}$$

$$\text{Letak garis netral } (c) = \frac{a}{\beta_1} = \frac{16,5579}{0,85} = 19,4798 \text{ mm}$$

$$M_n = T \times \left(d - \frac{a}{2}\right) = 16130853 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi \times M_n = 12904682 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{maks}} = R_a \times 570$$

$$M_{\text{maks}} = 285 \times P$$

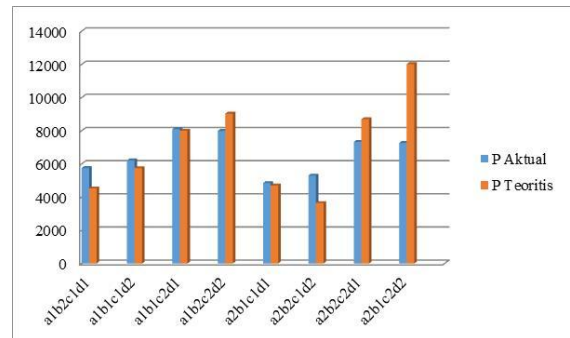
$$12904682 = 285 \times P$$

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

### Hasil Pengujian Kuat Lentur Aktual Balok

Tabel 11 P maks Aktual (kg) dari Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok

Benda Uji	Mutu Beton (MPa)	P maks Aktual (kg)		P maks Teoritis (kg)	KR (%)
		P maks	P maks Rata-rata		
$a_1b_2c_1d_1$	26,34	6700	5750	4527.96	21.25
		5550			
		5000			
$a_1b_1c_1d_2$	23,79	6900	6216.67	5748.80	7.53
		5950			
		7050			
$a_1b_1c_2d_1$	24,72	8500	8100	8003.98	1.19
		8750			
		7500			
$a_1b_2c_2d_2$	25,52	8000	8000	9035.84	11.46
		8500			
		4800			
$a_2b_1c_1d_1$	26,92	4750	4850	4699.49	3.10
		5000			
		6200			
$a_2b_2c_1d_2$	26,47	5500	5300	3639.11	31.34
		4200			
		6750			
$a_2b_2c_2d_1$	32,29	7500	7333.33	8699.23	15.70
		7750			
		7550			
$a_2b_1c_2d_2$	33,26	8050	7266.67	12026.38	39.58
		8500			
		6200			



Gambar 13 Diagram perbandingan beban maksimum (kg) balok

Ketika P aktual lebih besar daripada P teoritis. Hal ini menunjukkan kenyataan dilapangan bahwa tulangan bambu dengan kait memiliki kuat lekat yang tinggi sehingga ketika dibebani secara vertikal tegangan tarik bambu tidak langsung mencapai tegangan lekatnya sehingga balok tersebut dapat menumpu beban yang lebih besar dari perhitungan teoritisnya. Jika P aktual lebih kecil daripada P teoritis dikarenakan pada pengujian balok, tulangan bambu telah mengalami selip lebih awal sebelum mencapai P teoritis akibat dari lepasnya kait pada tulangan. Hal ini menyebabkan tegangan tarik bambu mencapai tegangan lekat yang lebih kecil daripada tegangan lekat pada perhitungan teoritis.



## Analisis Pengaruh Mutu Beton terhadap Kuat Lentur Balok

### Anova (Analysis Of Variant)

#### Hipotesis

$H_0$  : tidak terdapat pengaruh mutu beton terhadap kuat lentur balok beton

$H_1$  : terdapat pengaruh mutu beton terhadap kuat lentur balok beton

Kriteria pengujian:

$H_0$  diterima apabila  $F_{hitung} \leq F_{\alpha; DBi; DB Galat}$

$H_0$  ditolak apabila  $F_{hitung} > F_{\alpha; DBi; DB Galat}$

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

Tabel 12 Beban Maksimum (kg) Hasil Pengujian Kuat Lentur

		a <sub>1</sub>		a <sub>2</sub>	
		b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>		6700	4800	
			5550	4750	
			5000	5000	
c <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	5800			6200
	d <sub>2</sub>	6900			5500
		5950			4200
c <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	7050			6750
		8500			7500
	d <sub>2</sub>	8750			7750
c <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>		7500	7550	
			8000	8050	
	d <sub>2</sub>		8500	6200	

Tabel 13 Analisis Variansi Pengaruh Utama Faktor A (Mutu Beton) terhadap Kuat Lentur Tulangan Bambu dengan Kait

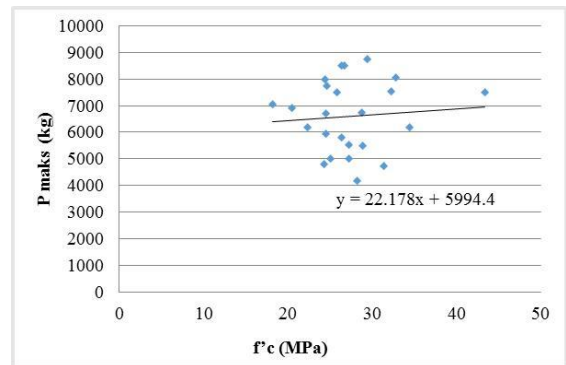
Perilaku	JK	DB	KT	F hitung	F tabel 5%
Pengaruh Utama					
A	4125104.167	1	4125104.167	9.062	4.32
C	27627604.167	1	27627604.167	60.69	4.32
Galat	9559687.5	21	455223.214		
Total	41312395.833	23			

Nilai  $F_{hitung} = 9,062 > F_{tabel} = F_{0,005; 1; 14} = 4,32$ , maka  $H_0$  ditolak. Hipotesis yang menyatakan adanya pengaruh mutu beton terhadap kuat lentur beton bertulangan bambu dengan kait diterima.

#### Metode Regresi

Analisis regresi adalah cara untuk memperoleh hubungan fungsional antara variabel X (mutu beton) dan variabel Y (kuat lentur beton

bertulangan bambu dengan kait) berdasarkan rata-rata kedua variabel tersebut.



Gambar 14 Grafik pengaruh mutu beton terhadap P maks uji kuat lentur (kg)

Persamaan regresi  $Y = 5994,4 + 22,178X$  dapat digunakan untuk mencari hubungan antara mutu beton (X) terhadap kuat lentur (Y) pada mutu beton yang berbeda dari data yang ada.

#### Kuat Tarik Tulangan Bambu dengan Kait

Ketika melaksanakan penelitian tidak dilakukan pengujian kuat tarik bambu karena pada saat perhitungan tidak menggunakan tegangan tarik bambu melainkan menggunakan tegangan lekat bambu. Hal ini dikarenakan keruntuhan yang terjadi pada balok beton bertulangan bambu cenderung disebabkan adanya gesekan antara tulangan bambu dan beton yang disebut kegagalan selip pada beton. Analisis lain dengan meninjau kuat tarik tulangan bambu pada benda uji *pull out* dan benda uji balok. Kuat tarik bambu akan ditinjau pada benda uji dengan P maks tertinggi.



Gambar 15 Tulangan bambu setelah pengujian balok

Benda uji *pull-out* a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>d<sub>2</sub> (mutu beton 23,79 MPa, jarak kait 6 cm, jenis kait kayu kamper) dengan P maks sebesar 3650 kg.

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{3650}{2 \times 1 \times 2} = \frac{3650}{4} = 912,5 \text{ kg/cm}^2 = 91,25 \text{ MPa}$$

Benda uji balok a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>2</sub>d<sub>1</sub> (mutu beton 24,72 MPa, jarak kait 6 cm, rasio tulangan 1,6%, jenis kait bambu) dengan P maks sebesar 8750 kg.

$$\begin{aligned} Mu &= Rva \times 57 = 0,5 \times 8750 \times 57 \\ &= 249375 \text{ kgcm} \\ &= 24937500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{24937500}{0,8} = 31171875 \text{ Nmm}$$

$$Mn = T \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \Rightarrow T = \frac{Mn}{\left(d - \frac{a}{2}\right)} = \frac{31171875}{\left(250 - \frac{a}{2}\right)}$$

$$T = Cc$$

$$\frac{31171875}{\left(250 - \frac{a}{2}\right)} = 0,85 \times f'c \times b \times a$$

$$\frac{31171875}{\left(250 - \frac{a}{2}\right)} = 0,85 \times 29,35 \times 180 \times a$$

$$1122255a - 2244,51a^2 - 31171875 = 0$$

dari akar persamaan didapatkan nilai a = 29,52 mm, kemudian dimasukan ke persamaan T.

$$T = \frac{Mn}{\left(d - \frac{a}{2}\right)} = \frac{31171875}{\left(250 - \frac{29,52}{2}\right)} = 132510,95 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{T}{A} = \frac{132510,95}{20 \times 10 \times 4} = 165 \text{ MPa}$$

Tabel 14 Perbandingan Kuat Tarik Tulangan Bambu dengan Kait

Kuat Tarik Bambu (MPa)	Kuat Tarik Benda Uji Pull Out (MPa)		Kuat Tarik Benda Uji Balok (MPa)	
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
190	91.25	96.25	165	185.27

Tabel 14 menunjukkan bahwa kuat tarik tulangan bambu dengan kait pada penelitian belum mencapai kuat tarik bambu sebesar 190 MPa, sehingga tegangan bambu masih belum mencapai tegangan lelehnya. Hal ini menyebabkan keruntuhan yang terjadi pada balok bukan disebabkan oleh kegagalan tarik tetapi disebabkan oleh kegagalan selip antara tulangan dengan beton.

### Lendutan pada Balok

Analisis lendutan pada balok beton secara teoritis dihitung pada kondisi elastis pada saat beban sebesar 2000 kg. analisis lendutan

menggunakan metode *conjugate beam*. Nilai lendutan teoritis dibandingkan dengan nilai lendutan aktual pada kondisi yang sama yaitu saat beban 2000 kg.

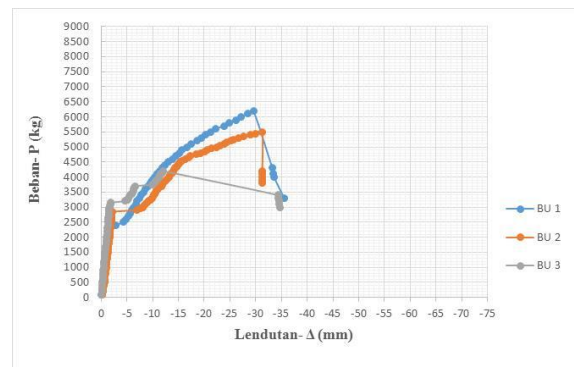
Pada lendutan aktual di lapangan terjadi peningkatan sekitar 80% dari lendutan teoritis. Penyebab lendutan aktual lebih besar daripada lendutan teoritis karena modulus elastisitas teoritis lebih besar dari modulus elastisitas aktual dan penampang aktual tidak sama dengan penampang teoritis.

Tabel 15 Lendutan Aktual dan Lendutan Teoritis Balok

Benda Uji	f'c (MPa)	Lendutan (mm)				KR (%)
		Teoritis	Rata-rata Teoritis	Aktual	Rata-rata Aktual	
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	24.474	0.18		2.950		92.36
	27.276	0.171	0.174	2.145	2.277	
	27.276	0.171		1.735		
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	26.314	0.174		1.180		90.93
	20.485	0.197	0.184	1.890	2.027	
	24.559	0.18		3.010		
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	18.137	0.209		1.535		89.1
	26.653	0.173	0.182	1.625	1.673	
	29.369	0.165		1.860		
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	25.776	0.176		1.365		90.13
	24.446	0.180	0.177	1.925	1.790	
	26.342	0.174		2.080		
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	24.305	0.181		1.315		90.19
	31.350	0.159	0.173	2.665	1.762	
	25.097	0.178		1.305		
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	22.352	0.189		1.415		87.25
	28.860	0.166	0.174	1.600	1.367	
	28.181	0.168		1.085		
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	28.775	0.166		1.490		90.37
	43.432	0.135	0.160	2.035	1.667	
	24.673	0.179		1.475		
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	32.199	0.157		0.945		89.96
	32.765	0.156	0.155	1.960	1.542	
	34.802	0.151		1.720		

### Hubungan Beban terhadap Lendutan Balok

Analisis hubungan antara beban dan lendutan pada balok dicari untuk melihat perilaku balok beton bertulangan bambu dengan kait. Salah satu analisis dilakukan pada benda uji a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>d<sub>2</sub> yang terdapat pada Gambar 16.



Gambar 16 Grafik hubungan beban dengan lendutan benda uji a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>d<sub>2</sub>

Pada Gambar 16 terdapat tiga grafik dari 3 pengulangan benda uji yang sama. Grafik hubungan beban terhadap lendutan terbagi menjadi tiga daerah yaitu daerah praretak (elastis penuh), daerah pascaretak plastis, dan daerah inelastis. Kurva lurus ke atas menunjukkan daerah praretak ketika balok mengalami elastis penuh, lalu kurva mendatar menunjukkan daerah plastis yang menimbulkan retak pada balok karena adanya selip pada tulangan bambu dengan beton yang disebabkan oleh kait pada tulangan bambu yang terlepas di dalam beton, setelah itu kurva kembali naik namun lebih landai dari kurva daerah elastis hal ini menunjukkan kekakuan balok telah hilang sampai akhirnya balok runtuh. Ketika selip yang terjadi semakin banyak maka beban yang mampu ditahan oleh beton semakin kecil, oleh karena itu perilaku setiap benda uji akan berbeda meskipun pada benda uji yang sama.

### Pola Retak Balok

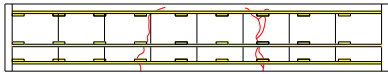
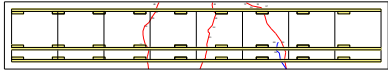
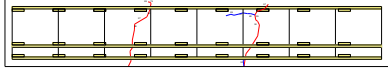
Keruntuhan pada balok dapat diamati dari pola retak yang terjadi pada benda uji ketika dibebani. Jenis retak yang terjadi pada seluruh benda uji pada penelitian ini adalah retak lentur tanpa adanya retak geser.



Gambar 17 Lepasnya bagian beton dari balok

Pada penelitian ini pola retak tidak dapat dianalisis karena untuk satu jenis benda uji memiliki pola retak yang berbeda. Salah satunya adalah benda uji  $a_1b_2c_2d_2$  yang terdapat pada Tabel 16 menunjukkan benda uji 1 dan 3 memiliki dua retak lentur dengan beban maksimum 7500 kg dan 8500 kg, namun benda uji 2 memiliki tiga retak lentur dengan beban maksimum 8000 kg. Jadi, pada penelitian ini tidak terdapat hubungan yang erat antara jumlah retak dengan beban maksimum yang terjadi karena perilaku setiap benda uji berbeda ketika diberi beban.

Tabel 16 Pola Retak Benda Uji Balok  $a_1b_2c_2d_2$

No.	Mutu 20 MPa, Jarak Kait 12 cm, Rasio Tulangan 1,6%, Kait Kayu Kamper	Pmaks (kg)
1		7500
2		8000
3		8500

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

1. Pada analisis kuat lekat dari hasil uji *pull out* nilai rata-rata kuat lekat beton bertulangan bambu dengan kait yang memiliki mutu rencana untuk taraf rendah adalah 0,383 MPa, sedangkan yang memiliki mutu rencana untuk taraf tinggi adalah 0,379 MPa. Hasil dari uji statistik dengan metode anova menunjukkan pengaruh mutu beton terhadap kuat lekat belum dapat terlihat karena nilai *level of significant* ( $\alpha$ ) = 80,5% > 5% sehingga tingkat keakuratan data terlalu kecil, sedangkan uji statistik menggunakan metode regresi mendapatkan persamaan  $Y = 1087,8 + 57,59X$  dapat digunakan untuk mencari hubungan antara mutu beton (X) terhadap kuat lekat (Y) pada mutu beton yang berbeda. Pengaruh mutu beton belum terlihat pada hasil penelitian ini karena hasil mutu beton benda uji antara variasi mutu beton taraf tinggi dan mutu beton taraf rendah terlampaui dekat.
2. Kemampuan rata-rata balok dalam menumpu beban untuk mutu beton taraf rendah sebesar 7016,67 kg dan untuk mutu beton taraf tinggi adalah 6187,5 kg. Selisih beban maksimum untuk balok beton mutu taraf tinggi dan mutu taraf rendah sangat kecil karena hasil uji kuat tekan kedua variasi benda uji tersebut tidak terlampaui jauh dan tidak sesuai dengan mutu beton yang direncanakan. Rata-rata mutu beton taraf rendah sebesar 25,09 MPa dan rata-rata mutu beton taraf tinggi sebesar 29,73 MPa,

ketidakesesuaian mutu beton tersebut disebabkan oleh kesalahan-kesalahan yang ada pada saat penelitian. Hasil uji statistik dengan metode anova rancangan setengah faktorial menunjukkan adanya pengaruh mutu beton terhadap kuat lentur dengan  $f_{hitung} = 9,062 > f_{tabel} = 4,32$ , sedangkan hasil uji statistik menggunakan metode regresi mendapatkan persamaan  $Y = 8691,7 - 83,75X$  dapat digunakan untuk mencari hubungan antara mutu beton (X) terhadap kuat lentur (Y) pada mutu beton yang berbeda. Keruntuhan yang terjadi pada balok adalah keruntuhan akibat selip karena tegangan tarik tulangan pada balok belum mencapai tegangan tarik bambu.

### Saran

Pada penelitian ini terdapat banyak kekurangan sehingga hasil pengujian masih belum terlihat pengaruhnya, oleh karena itu perlu adanya perbaikan jika akan melaksanakan penelitian selanjutnya. Kekurangan pada penelitian ini adalah tidak memiliki balok kontrol sehingga tidak memiliki benda uji pembanding untuk berbagai macam variasi benda uji yang dibuat, tidak membuat benda uji silinder untuk benda uji *pull out* sehingga mutu betonnya diambil dari mutu beton balok, kurangnya jumlah benda uji silinder untuk pengontrol kuat tekan balok.

Selain itu terdapat beberapa kesalahan yang mengakibatkan hasil kuat tekan aktual tidak sesuai dengan kuat tekan rencana. Jadi ada beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika akan melaksanakan penelitian ini yaitu mengontrol kualitas bahan, melakukan perawatan beton tepat waktu dan melaksanakan pengujian dengan prosedur yang benar. Kurangnya kontrol kualitas bahan seperti penambahan air pada adukan beton tidak memperhatikan kandungan air pada setiap bahan penyusun beton dan kurang lekatnya kait dengan tulangan bambu menyebabkan adanya kait yang lepas di dalam beton sehingga mengurangi kuat lekat tulangan bambu. Ketika akan menguji lentur yang perlu diperhatikan adalah tumpuan balok karena jika tumpuan tersebut bergeser akan menyebabkan balok runtuh sebelum mencapai beban maksimum.

### DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A., & Supomo, H. (2013). Studi Penggunaan Bambu sebagai Material Alternatif Pengganti Kayu untuk Bahan Pembuatan Bangunan Atas dengan Metode Wooden Ship Planking System. *Jurnal Teknik PomITS Vol.2, No.1*.
- Arjiantoro, F., & Budi, A. S. (2014). Kajian Kuat Lentur dan Kuat Lekat Balok Beton Bertulangan Bambu Petung Polos. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*.
- Budi, A. S., & Sugiyarto. (2013). Kuat Lekat Tulangan Bambu Wulung dan Petung Takikan pada Beton Normal. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)*.
- Dewi, S. M. (2005). Perilaku Pelat Lapis Komposit Bambu Spesi pada Beban In-plane dan Beban Lentur. *Disertasi s3 ITS Surabaya*.
- Dipohusodo, I. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Lestari, A. D. (2015). Pengaruh Penambahan Kait Pada Tulangan Bambu Terhadap Respon Lentur Balok Beton Bertulangan Bambu. *Jurnal Rekayasa Sipil/Volume 9*.
- Morisco. (1990). *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nifiri 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.
- Nengrum, E. P. (2011). Rancangan Faktorial Fraksional 2k-p (Aplikasi dengan Program SPSS).
- SNI-03-2847-2002. (n.d.). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Beta Version.
- Walpole, R., & Myers, R. (1995). *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung: ITB.
- Wang, C.-K., & Salmon, C. G. (1985). *Disain Beton Bertulang Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.