

**RESPON SIKLIK SAMBUNGAN BALOK – KOLOM BETON
BERTULANG BAMBU DENGAN VARIASI PADA RASIO
TULANGAN**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**RAHADIAN DWI NUGROHO
NIM. 135060101111075**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2017**

RESPON SIKLIK SAMBUNGAN BALOK – KOLOM BETON BERTULANG BAMBU DENGAN VARIASI PADA RASIO TULANGAN

(Cyclic Response of Bamboo Reinforced Concrete Beam-Column's Joint with Variations of Reinforcement Ratio)

Rahadian Dwi Nugroho, Sri Murni Dewi, Ming Narto Wijaya

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145-Telp (0341) 567886
Email : rahadian.dwi21@gmail.com

ABSTRAK

Dalam perencanaannya sambungan balok-kolom direncanakan mampu menahan beban lateral yang disebabkan oleh gempa. Sambungan balok – kolom dapat menggunakan beberapa bahan diantaranya; kayu, baja, dan beton bertulang. Pemakaian bambu pada tulangan beton memiliki permasalahan pada lekatan antara bambu dan beton yang kurang baik, kemudian sifat bambu yang higroskopis. Penelitian mengenai beton bertulang bambu masih dilakukan dengan variasi pengujian dan penggunaan bahan lekatan yang berbeda beda. Penelitian ini adalah uji kuat lentur dengan permodelan balok kantilever dan pembebanan siklik. Merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya dimana menggunakan permodelan pengujian balok diatas dua tumpuan. Desain dari sambungan sendiri menggunakan kait dengan jarak 6 cm pada ujung ujung bambu dan tanpa kait klem selang. Selain pada kait penelitian ini juga menggunakan rasio tulangan yang berbeda, rasio tulangan kecil (0,77%) dan rasio tulangan besar (1,21%). Pada penelitian ini mendapatkan hasil pengujian dimana penggunaan kait dan variasi pada rasio tulangan belum berpengaruh secara signifikan untuk beban maksimum yang di hasilkan. Selain itu penggunaan kait mampu menambah bagus kinerja sambungan dalam menerima beban gempa dan penggunaan rasio tulangan yang besar akan menambah kaku dari sambungan tersebut.

Kata kunci: Tulangan bambu, klem selang, rasio tulangan, respon siklik, sambungan balok - kolom

ABSTRACT

The beam-column joint is planned to be able to withstand the lateral load caused by the earthquake. Beam-column joints can made by several materials including; Wood, steel, and reinforced concrete. Application of bamboo for concrete reinforcement such as problems on the attachment between bamboo and cement is not good, afterward the hygroscopic characteristic of bamboo was occur. Research on bamboo reinforced concrete is still proceed with a variety of testing and some different attachment materials. Test conducted on this study was done on flexible strength test with cantilever beam modeling and cyclic loading. This study was a continuation of previous research where used beam test modeling above two suport structure. Design of joint used a hook with distance 6 cm at the end of the bamboo end and without hose clamps's hooks. Besides the hook, this study also used some different reinforcement ratios, small reinforcement ratio (0.77%) and large reinforcement ratio (1.21%). In this study it was found that the use of hook and variation on the reinforcement ratio has no significantly effect to the maximum load produced. In addition, the use of hooks was able to improve joint's performance on receive earthquake loads and use of large reinforcement ratios will increase the stiffness of the joint.

Keywords: Bamboo reinforcement, hose clamp, reinforcement ratio, cyclic response, beam-column joint

PENDAHULUAN

Perencanaan sambungan balok-kolom direncanakan mampu menahan beban lateral yang disebabkan oleh gempa, ketika kapasitas beban dari sambungan balok-kolom tidak mampu menahan beban lateral maka sambungan balok-kolom menjadi rusak dan tentunya

akan sulit untuk diperbaiki. Pemilihan bahan pada sambungan disesuaikan dengan kebutuhan dari perencanaan. Struktur beton bertulang bambu yang berkembang pesat membuat ketersediaan baja sebagai tulangan semakin menipis.

Alternatif lain sebagai pengganti baja pada beton bertulang untuk mengurangi pemakaian baja sangat dibutuhkan.

Bambu dapat digunakan sebagai tulangan pengganti baja. Menurut Jansen (1980) Kekuatan tarik bambu sejajar serat antara 200-300 Mpa sehingga beberapa jenis bambu melampaui kuat tarik baja mutu sedang.

Namun bambu masih memiliki kekurangan pada daya lekat terhadap beton. Menurut Dewi (2005) bambu memiliki kuat lekat yang rendah dengan beton jika dibandingkan dengan tulangan baja. Hal ini disebabkan karena sifat hidroskopis bambu.

Kekurangan – kekurangan tersebut yang membuat penelitian tentang bambu sebagai tulangan masih terus dilakukan sebagai pembuktian pembuktian dan menemukan solusi atas masalah pada penggunaan bambu sebagai tulangan. Penelitian sambungan balok – kolom ini merupakan penelitian uji kuat lentur dengan permodelan balok kantilever dan pembebanan siklik. Penelitian ini adalah lanjutan dari penelitian sebelumnya dimana penelitian sebelumnya menggunakan permodelan pengujian balok diatas dua tumpuan.

Seperti pada penelitian sebelumnya penelitian ini menggunakan kait klem selang dan Rasio tulangan bambu dengan dimensi 1,2 x 1,2 Cm (0,77%) serta dimensi 1,5 x 1,5 Cm (1,21%). Penggunaan klem selang sebagai kait pada bambu serta penggunaan dua buah variasi rasio tulangan diharapkan memberikan pengaruh terhadap hasil pengujian seperti pada penelitian penelitian yang terdahulu.

Tujuan

Tujuan dari penelitian adalah Untuk mengetahui respon siklik sambungan balok-kolom beton bertulang bambu dengan dan tanpa kait klem selang karena variasi tulangan dan Untuk mengetahui sambungan balok-kolom beton bertulang bambu dengan dan tanpa kait klem selang akibat beban lateral siklik dengan variasi pada rasio tulangan.

METODE PENELITIAN

Pengujian yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil FT-UB ini adalah pengujian kuat lentur pada sambungan balok – kolom menggunakan pembebanan lateral satu arah, kuat lentur pada sambungan balok – kolom menggunakan pembebanan siklik, dan uji mutu beton dari benda uji menggunakan benda uji silinder dan mesin UTM.

variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah penggunaan rasio tulangan bambu dengan ukuran tulangan sebagai pembeda sebesar 1.2 x 1.2 cm (0.77%) dan 1.5 x 1.5 cm (1.21%). Sedangkan variabel terikat yang ditinjau adalah beban lateral akibat siklik dan daktilitas dari masing – masing benda uji.



(a)



(b)

(c)

Gambar 1. (a) Variasi rasio tulangan (b) Tulangan dengan rasio 0.77% (c) Tulangan dengan rasio 1.21%.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua benda uji sambungan untuk pembebanan lateral satu arah dengan menggunakan kait klem selang serta rasio tulangan

0,77% dan 1,21 %. Untuk Pembebanan siklik menggunakan 12 benda uji dimana tiga buah benda uji sambungan pada masing masing variasi. Mutu beton rencana adalah 30 Mpa untuk masing - masing benda uji. Ragam pada penelitian memiliki dua ragam, ragam A (pemakaian kait) dan B (rasio tulangan)

Tabel 1. Faktor Benda Uji Kuat Lentur

	A ₁	A ₂
B1	A1 B1	A2 B1
B2	A1 B2	A2 B2

Keterangan :

- A1 = Tanpa Klem Selang
- A2 = Klem Selang Jarak 6 cm
- B1 = Rasio Tulangan 0.77%
- B2 = Rasio Tulangan 1.21%

Uji tekan silinder dan pengujian sambungan dilakukan minimal setelah benda uji berumur 28 hari dari waktu pengecoran.

Tulangan Bambu

Tulangan bambu untuk benda uji sambungan balok – kolom menggunakan bambu jenis petung. Panjang tulangan yang digunakan adalah 154 Cm untuk kolom dan 94 Cm untuk balok. Tulangan bambu tulangan bambu di beri kait klem selang dengan ukuran klem 3/4” untuk rasio tulangan 0.77% sedangkan klem selang dengan ukuran 7/8” digunakan untuk rasio tulangan 1.21%.

Kait dipasang pada benda uji A₂ dengan jarak 6 Cm pada ujung ujung tulangan bambu.



Gambar 2. Ukuran kait klem selang.



Gambar 3. Pemasangan kait klem selang pada tulangan bambu.

Sambungan Balok – Kolom Beton Bertulang Bambu

Sambungan balok – kolom beton bertulang bambu dibuat dengan ukuran agregat kasar sebesar 20 mm. Benda uji ini menggunakan 4 buah tulangan pada kolom dan juga pada balok. Untuk tulangan bagi (sengkang) menggunakan baja polos berdismetr 6 mm dengan jarak 200 mm. Penyetelan tulangan benda uji sambungan balok – kolom dapat dilihat pada Gambar 4.



(a)

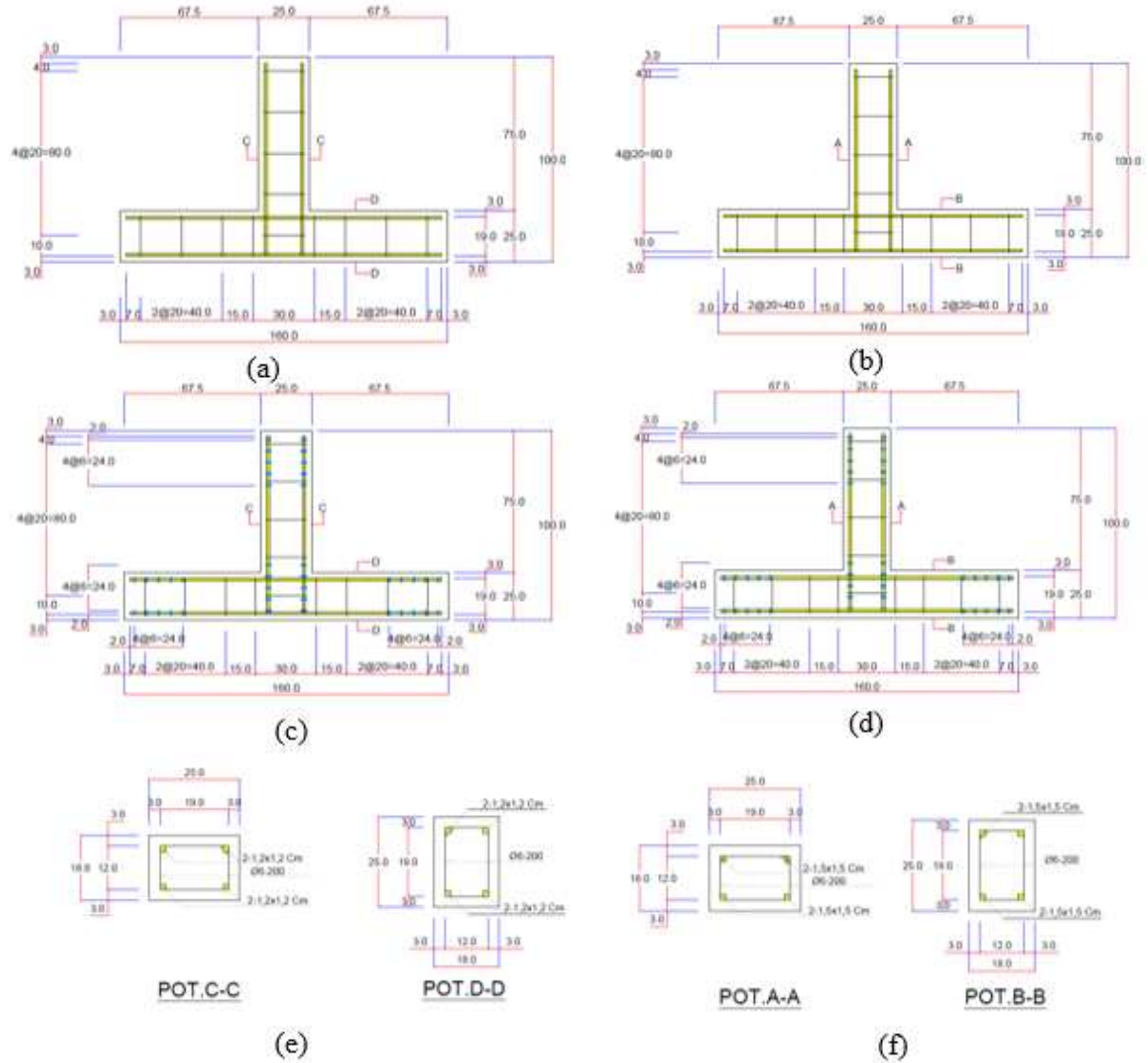


(b)

Gambar 4. (a) Tulangan sambungan balok - kolom (b) Detail sambungan pada benda uji.

Gambar 5. Rancangan benda uji (a) A₁B₁ (b) A₁B₂ (c) A₂B₁ (d) A₂B₂ (e) Potongan (f) Potongan

Gambar 5. Rancangan benda uji (a) A₁B₁ (b) A₁B₂ (c) A₂B₁ (d) A₂B₂ (e) Potongan (f) Potongan



Gambar 5. Rancangan benda uji (a) A₁B₁ (b) A₁B₂ (c) A₂B₁ (d) A₂B₂ (e) Potongan (f) Potongan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tekan Silinder

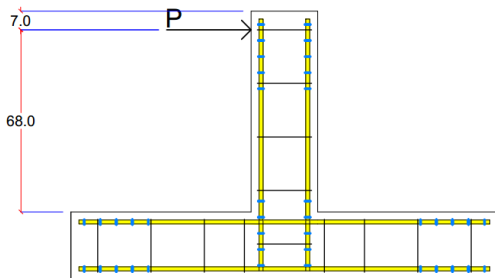
Beton silinder dibuat masing – masing satu buah untuk semua benda uji. Pengujian kuat tekan silinder ini untuk mengetahui besarnya mutu beton dari masing – masing benda uji. Benda uji sendiri direncanakan dengan mutu 30 Mpa. Silinder yang digunakan dengan dimensi tinggi 30 Cm dan diameter 15 Cm. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari dimana beton pada umur 28 hari sudah mencapai kekuatan maksimum. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Silinder

Balok	f'c (Mpa)	f'c Rata-rata
		MPa
A ₁ B ₁ - 1	26,766	28,483
A ₁ B ₁ - 2	23,031	
A ₁ B ₁ - 3	35,651	
A ₁ B ₂ - 1	34,066	33,481
A ₁ B ₂ - 2	30,558	
A ₁ B ₂ - 3	35,820	
A ₂ B ₁ - 1	34,010	33,387
A ₂ B ₁ - 2	33,670	
A ₂ B ₁ - 3	34,632	
A ₂ B ₁ - 4	31,237	
A ₂ B ₂ - 1	34,915	29,384
A ₂ B ₂ - 2	34,123	
A ₂ B ₂ - 3	29,539	
A ₂ B ₂ - 4	18,957	
RATA-RATA KUAT TEKAN BETON (Mpa)		31,213

Dari hasil pengujian kuat tekan silinder didapat kuat tekan rata – rata untuk semua benda uji sebesar 31,213 Mpa dimana sudah memenuhi kuat tekan rencana yaitu 30 Mpa. Karena kuat tekan rencana sudah terpenuhi maka tidak dilakukan uji *hammer*. Namun meskipun hasil kuat tekan rata – rata sudah memenuhi dari kuat tekan rencana hasil pengujian masih banyak sekali bervariasi dan menandakan belum homogen pada setiap benda uji.

Perhitungan Beban Rencana



Gambar 6. Skema pembebanan

1. Pmaks Teoritis Balok A2B1 - 1

Perhitungan Pmaks teoritis berdasarkan nilai kuat lekat yang didapatkan dari hasil uji *Pull Out* dengan besarnya mutu beton tergantung dari hasil uji tekan silinder.

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

$$d = 250 - 30 - \frac{1}{2}(12) - 6 = 208 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ geser} = 90240 \text{ mm}^2$$

$$f'c = 34,01 \text{ MPa}$$

$$\mu = 0.126 \text{ MPa}$$

Asumsikan beton telah mencapai regangan maksimum

Persamaan keseimbangan gaya :

$$\text{Gaya Tarik} = \text{Gaya Tekan}$$

$$T = Cc$$

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

$$90240 \times 0.126 = 0,85 \times 34,01 \times 180 \times a$$

$$11374,9882 \text{ N} = 5203,48 \text{ N/mm (a)}$$

$$a = \frac{11374,9882}{5203,48} = 2,186 \text{ mm}$$

Letak garis netral,

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{2,186}{(0,85 - 0,008 \times (34,01 - 30))} = 2,67 \text{ mm}$$

Keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik. Sehingga momen

nominal dan momen ultimate sebagai berikut:

Momen nominal,

$$Mn = T \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 2353564,48 \text{ Nmm}$$

Momen ultimate,

$$Mu = \phi \times Mn = 0.8 \times 2353564,48 = 18828519 \text{ Nmm}$$

Momen teoritis, $Mmaks = P (680)$

$$Mu = P (680) = P = \frac{1}{680} (Mu)$$

$$P = (18828519 \text{ Nmm}) / 680 = 2768,89$$

$$N = 276,88994 \text{ kg}$$

Maka, Pmaks teoritis untuk balok A2B1 adalah sebesar 276,88994 **kg**

2. Pmaks Teoritis Balok A2B2 - 1

Perhitungan Pmaks teoritis berdasarkan nilai kuat lekat yang didapatkan dari hasil uji *Pull Out* dengan besarnya mutu beton tergantung dari hasil uji tekan silinder.

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

$$d = 250 - 30 - \frac{1}{2}(15) - 6 = 206,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ geser} = 112800 \text{ mm}^2$$

$$f'c = 34,915 \text{ MPa}$$

$$\mu = 0.3362 \text{ MPa}$$

Asumsikan beton telah mencapai regangan maksimum

Persamaan keseimbangan gaya :

$$\text{Gaya Tarik} = \text{Gaya Tekan}$$

$$T = Cc$$

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

$$112800 \times 0.3362 = 0,85 \times 34,915 \times 180 \times a$$

$$37926,3889 \text{ N} = 5342 \text{ N/mm (a)}$$

$$a = \frac{37926,3889}{5342} = 7,0997 \text{ mm}$$

Letak garis netral,

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7,0997}{(0,85 - 0,008 \times (34,915 - 30))} = 8,75 \text{ mm}$$

Keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik. Sehingga momen nominal dan momen ultimate sebagai berikut:

Momen nominal,

$$Mn = T \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 7697167,15 \text{ Nmm}$$

Momen ultimate,

$$Mu = \phi \times Mn = 0.8 \times 7697167,15 \text{ Nmm}$$

$$= 6157733,72 \text{ Nmm}$$

Momen teoritis, $M_{maks} = P (680)$

$$Mu = P (680) = P = \frac{1}{680} (Mu)$$

$$P = (6157733,72 \text{ Nmm}) / 680 = 9055,5 \text{ N}$$

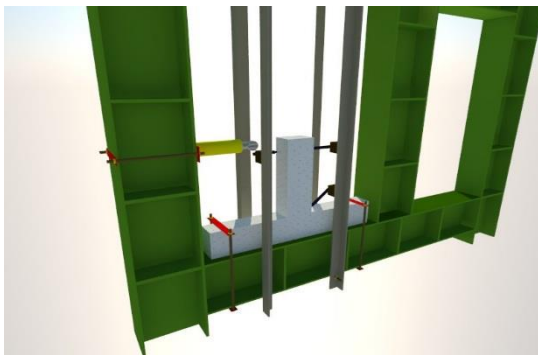
$$= 905,55 \text{ kg}$$

Maka, P_{maks} teoritis untuk balok A_2B_2 adalah sebesar **905,55 Kg**

Dari perhitungan beban rencana kedua benda uji didapat hasil yang tidak begitu besar sehingga pada pengujian menggunakan penambahan beban sebesar 50 Kg untuk masing masing benda uji.

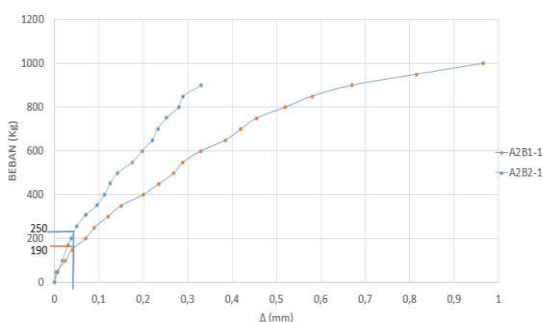
Pengujian Beban Lateral Satu Arah

Pengujian dengan beban lateral satu arah ini menggunakan benda uji $A_2B_1 - 1$ dan $A_2B_2 - 1$ pengujian ini ditujukan untuk mengetahui batas elastis dari masing masing benda uji untuk dapat menentukan pembebanan pada pengujian dengan respon siklik.



Gambar 6. Skema pengujian beban lateral satu arah.

Pengujian beban lateral satu arah dilakukan dengan penambahan beban 50 Kg sampa sambungan balok – kolom mengalami keruntuhan (P_{maks}) hasil yang dicatat adalah pembacaan beban dan LVDT setelah dicatat diplot-kan pada grafik hubungan antara $P - \Delta$.

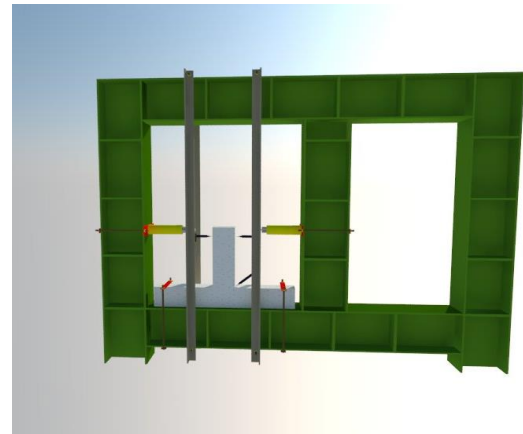


Gambar 7. Grafik hasil pengujian beban lateral satu arah.

Dari hasil pengujian didapatkan beban pada batas plastis 190 Kg untuk benda uji dengan raio tulangan (0,77%) dan 250 Kg untuk benda uji dengan rasio tulangan (1,21%). Karena hasil yang tidak jauh berbeda maka diambil batas plastis pada beban 200 Kg dan dengan siklus pembebanan siklik 200 Kg, -200 Kg, 400 Kg, - 400 Kg, dan P_{maks} .

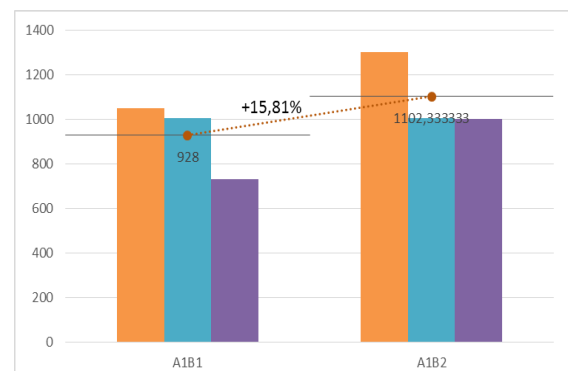
Pengujian Kuat Lentur Pembebanan Siklik

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan beban lateral maksimum akibat siklik dan mengetahui respon siklik dari masing – masing benda uji sambungan menggunakan kurva *histerisis*. Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan semi siklik menggunakan dua buah *hydraulic jack* sebagai beban dan tiga buah *LVDT* untuk mengukur perpindahan yang terjadi

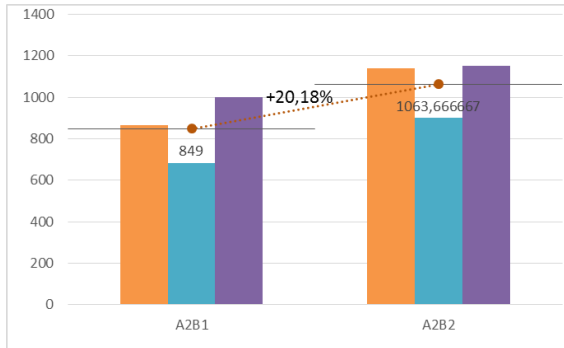


Gambar 8. Skema pengujian pembebanan siklik.

Hasil dari pengujian yaitu beban lateral maksimum dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



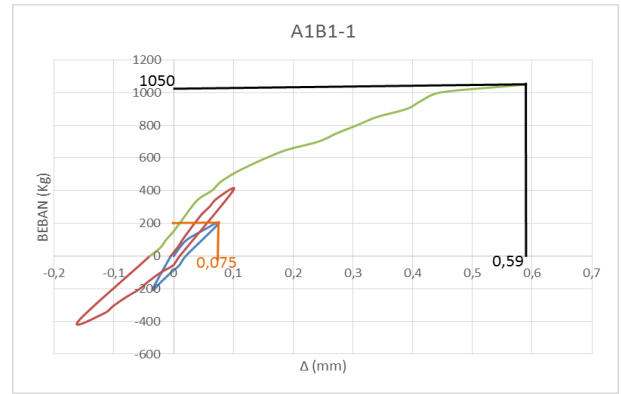
Gambar 9. Perbandingan Beban Lateral Maksimum Benda Uji A₁ (Tanpa Klem Selang).



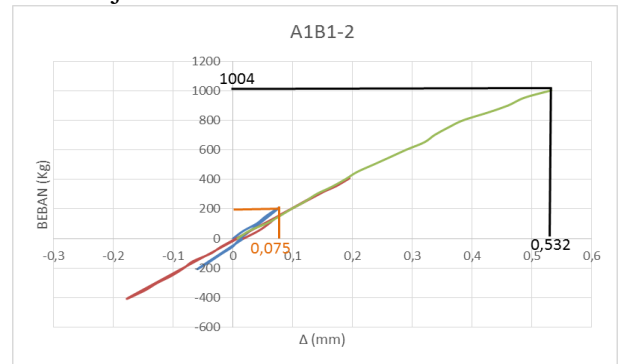
Gambar 10. Perbandingan Beban Lateral Maksimum Benda Uji A₂ (Klem Selang Jarak 6 Cm)

Dari kedua gambar tersebut Terjadi perbedaan beban lateral yang dihasilkan pada benda uji dengan rasio tulangan kecil (0,77%) dan tulangan besar (1,21%) baik yang tanpa klem selang (A₁) dan dengan klem selang (A₂). Pada benda uji tanpa klem (A₁) benda uji dengan tulangan kecil (0,77%) mendapatkan beban yang lebih kecil 15,81 % dibandingkan tulangan besar (1,21%). Hal serupa juga terjadi pada benda uji dengan klem selang (A₂) dimana benda uji dengan tulangan kecil (0,77%) mendapatkan beban yang lebih kecil 20,18 % dibandingkan tulangan besar (1,21%).

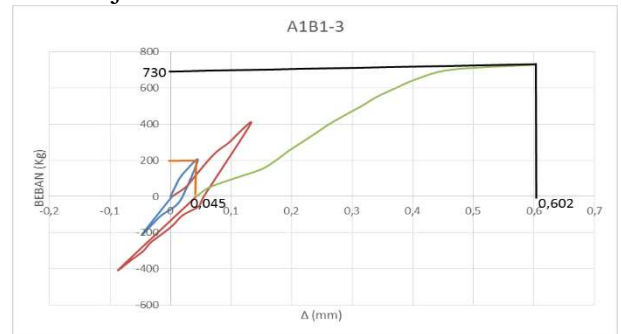
Selain beban lateral maksimum pengujian siklik ini mendapatkan kurva *histerisis* dari setiap benda uji dengan mengeplot-kan pada grafik P-Δ. Hal ini dikarenakan beban yang dilakukan secara berulang sehingga membentuk kurva *histerisis*. Respon siklik dari sambungan dapat di analisis dari masing – masing kurva *histeris* dengan mengetahui Δ_y dan Δ_u kita dapat mengetahui daktilitas perpindahan dari masing – masing sambungan. Kurva *histerisis*, nilai Δ_y dan Δ_u dapat dilihat pada Gambar 11 sampai Gamabr 22.



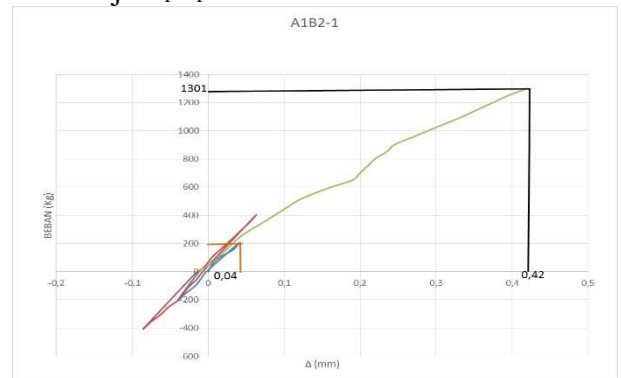
Gambar 11. Grafik hubungan P – Δ benda uji A₁B₁-1.



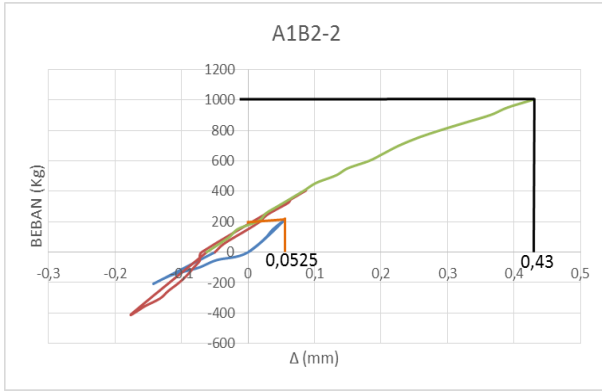
Gambar 12. Grafik hubungan P – Δ benda uji A₁B₁-2.



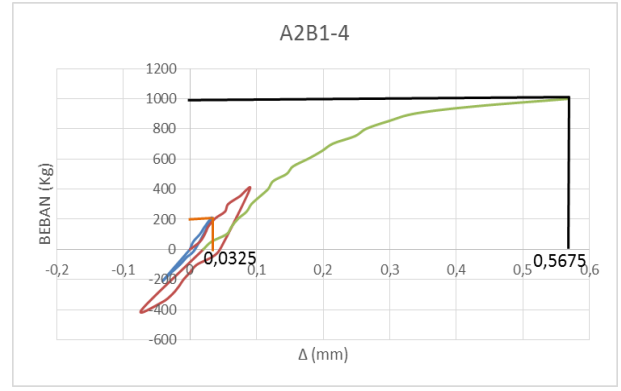
Gambar 13. Grafik hubungan P – Δ benda uji A₁B₁-3.



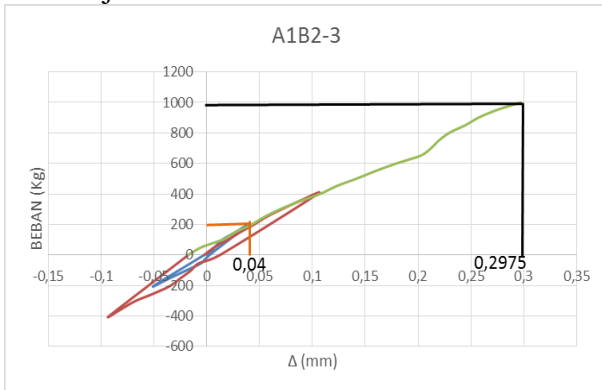
Gambar 14. Grafik hubungan P – Δ benda uji A₁B₂-1.



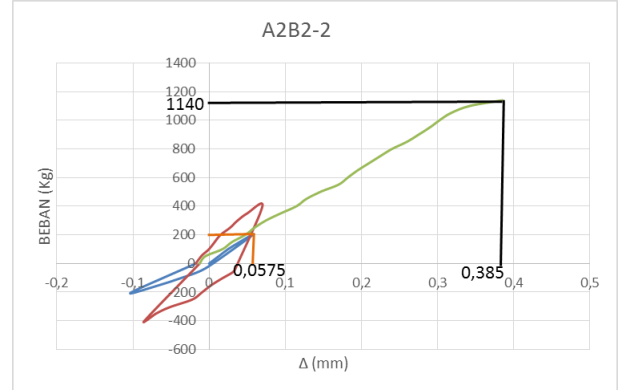
Gambar 15. Grafik hubungan P – Δ benda uji A₁B₂-2.



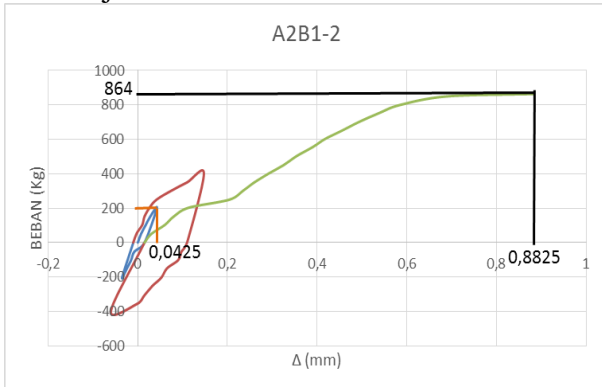
Gambar 19. Grafik hubungan P – Δ benda uji A₂B₁-4.



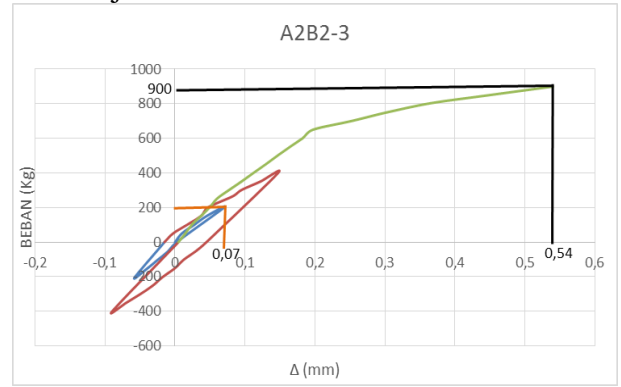
Gambar 16. Grafik hubungan P – Δ benda uji A₁B₂-3.



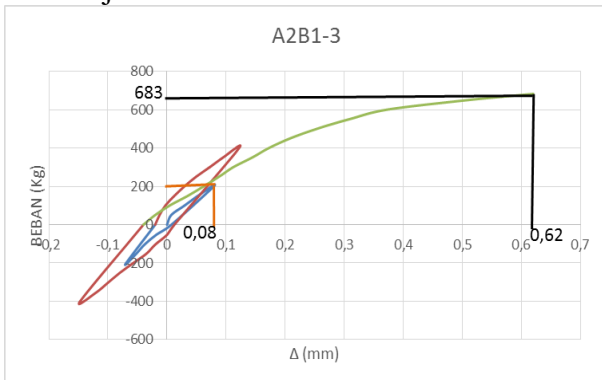
Gambar 20. Grafik hubungan P – Δ benda uji A₂B₂-2.



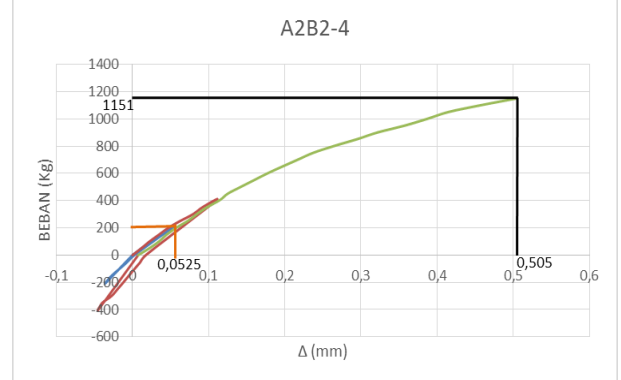
Gambar 17. Grafik hubungan P – Δ benda uji A₂B₁-2.



Gambar 21. Grafik hubungan P – Δ benda uji A₂B₂-3.



Gambar 18. Grafik hubungan P – Δ benda uji A₂B₁-3.



Gambar 22. Grafik hubungan P – Δ benda uji A₂B₂-4.

Nilai Δ_y adalah nilai lendutan pada saat leleh atau lendutan pada saat batas elastis dimana beban 200 Kg sedangkan Δ_u adalah lendutan pada saat ultimate atau pada saat sambungan mengalami keruntuhan dan mencapai beban maksimum.

Analisis Keruntuhan Akibat Geser

Analisis keruntuhan geser ini didasari karena hasil pengujian mendapatkan beban yang hampir sama pada semua benda uji sehingga kekuatan geser dari sambungan di analisis menggunakan rumus kuat geser beton SNI – 03 – 2847 – 2002.

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \left[\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right] bw.d$$

$$= \left[\frac{\sqrt{312,13}}{6} \right] 18 \cdot 20,6$$

$$= 1100 \text{ kg}$$

$$V_s = \left[\frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \right] = \left[\frac{28,3 \cdot 240 \cdot 206}{200} \right]$$

$$= 6989,415 \text{ N}$$

$$= 698,9415 \text{ kg}$$

$$V_n = V_c + V_s = 1100 + 699$$

$$= 1799 \text{ kg}$$

Kapasitas geser maksimum dari sambungan,

$$V_u = \phi V_n = 0,75 \cdot 1799 = 1349,25 \text{ kg}$$

Berdasarkan skema pembebanan pada Gambar 6 nilai gaya lintang maksimum (D_{max}) sama dengan beban bekerja pada sambungan yaitu P. Nilai P_{maks} rata-rata dari hasil pengujian adalah sebesar 985,75 Kg. Karena hasil P_{maks} rata-rata tidak begitu jauh dibandingkan dengan kapasitas geser pada sambungan maka keruntuhan terjadi karena adanya interaksi dari keruntuhan geser.

Analisis Daktilitas Perpindahan

Daktilitas perpindahan adalah perbandingan antara Δ_u dan Δ_y . Analisis nilai daktilitas terdapat pada Tabel 2.

Tabel 3. Hasil analisis daktilitas perpindahan.

Benda Uji	Rasio Tulangan	Δ_y (mm)	Δ_u (mm)	μ	μ Rata-Rata
A ₁ B ₁ - 1		0,075	0,59	7,8667	
A ₁ B ₁ - 2	0,77 %	0,075	0,5325	7,1000	9,4519
A ₁ B ₁ - 3		0,045	0,6025	13,388	
A ₁ B ₂ - 1		0,04	0,42	10,500	
A ₁ B ₂ - 2	1,21 %	0,052	0,43	8,1905	8,7093
A ₁ B ₂ - 3		0,04	0,2975	7,4375	
A ₂ B ₁ - 2		0,042	0,8825	20,764	
A ₂ B ₁ - 3	0,77 %	0,08	0,62	7,7500	15,325
A ₂ B ₁ - 4		0,032	0,5675	17,461	
A ₂ B ₂ - 2		0,057	0,385	6,6957	
A ₂ B ₂ - 3	1,21 %	0,07	0,54	7,7143	8,0097
A ₂ B ₂ - 4		0,052	0,505	9,6190	

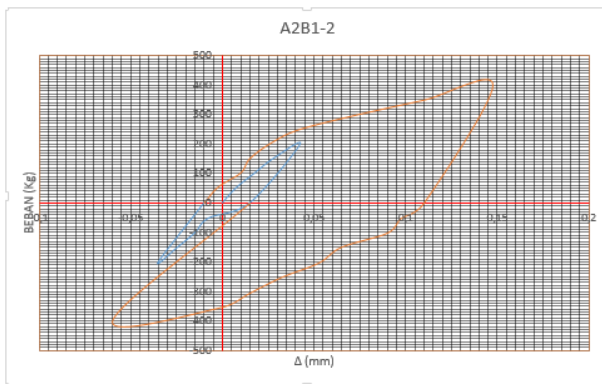
Dari analisis daktilitas perpindahan terlihat bahwa benda uji dengan rasio tulangan kecil (0,77%) lebih daktil dibandingkan dengan benda uji dengan rasio tulangan besar (1,21%) baik untuk benda uji menggunakan klem (A₂) maupun benda uji tanpa klem (A₁).

Analisis Luas Kurva

Perhitungan luas kurva *histerisis* dari hasil pengujian dapat menunjukkan respon siklik yang dihasilkan dari masing masing benda uji. Semakin gemuk kurva atau semakin besar luas kurva menunjukkan bahwa respon siklik yang dihasilkan sambungan akan semakin bagus dan berpengaruh pada kedaktilitan dari sambungan itu sendiri.

Untuk menganalisis besarnya kurva dari hasil pengujian benda uji sambungan ini menggunakan cara menyamakan skala

axis pada masing – masing kurva. Semakin kecil skala axis pada sumbu x (Δ) serta sumbu y (P) semakin tinggi ketelitian dari perhitungan luas kurva itu sendiri. Dalam analisis ini digunakan skala sumbu axis x (Δ) sebesar 0,0005 mm dan pada skala axis sumbu y (P) sebesar 10 kg. Untuk luas kurva yang dihtiung merupakan luas kurva dari siklus pertama dan siklus kedua saja. Luas kurva dihitung dari banyak kotak dalam kurva *histerisis*. Hasil perhitungan luas kurva terdapat pada Tabel 4.



Gambar 23. Perhitungan banyak kotak dalam kurva *histerisis*.

Tabel 4. Hasil analisis luas kurva.

Benda Uji	Rasio Tulangan	Luas Kurva		Luas Kurva Total	Luas Kurva Rata- Rata
		1	2		
(0,05 Kg.mm)					
A ₁ B ₁ - 1	0,77 %	139	443	582	349,6666667
A ₁ B ₁ - 2		28	30	58	
A ₁ B ₁ - 3		102	307	409	
A ₁ B ₂ - 1	1,21 %	37	78	115	183
A ₁ B ₂ - 2		74	124	198	
A ₁ B ₂ - 3		37	199	236	
A ₂ B ₁ - 2	0,77 %	75	1222	1297	770,1666667
A ₂ B ₁ - 3		80	506	586	
A ₂ B ₁ - 4		40	387,5	427,5	
A ₂ B ₂ - 2	1,21 %	90	544	634	407,8333333
A ₂ B ₂ - 3		63	379,5	442,5	
A ₂ B ₂ - 4		8	139	147	

Sama seperti analisis pada daktilitas perpindahan analisis luas kurva juga mendapatkan hasil yang sama dimana bahwa benda uji dengan rasio tulangan kecil (0,77%) lebih gemuk dibandingkan dengan benda uji dengan rasio tulangan besar (1,21%) baik untuk benda uji menggunakan klem (A₂) maupun benda uji tanpa klem (A₁).

Uji Hipotesis

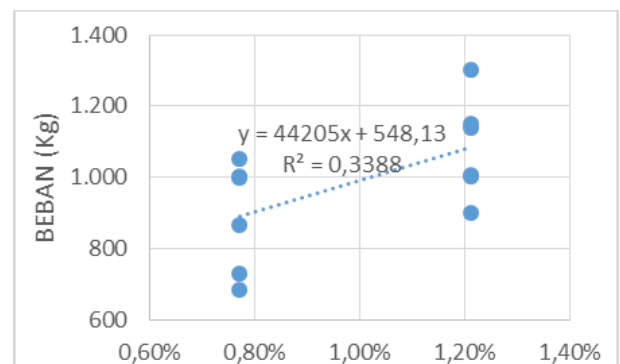
Dalam penelitian ini dilakukan uji hipotesis dimana uji hipotesis untuk mengetahui apakah dengan adanya variasi pada rasio tulangan serta pemberian kait klem selang berpengaruh terhadap beban lateral maksimum yang dihasilkan baik berpengaruh secara signifikan maupun tidak signifikan.

1. Metode *Two-Way* ANOVA

Hasil dari uji hipotesis menggunakan anova dua arah adalah $F_1=4,32$; $F_2=0,04$; dan $F_3=0,05$ masih lebih kecil dari $F_{tabel} = 5,32$ dan menyebabkan semua hipotesis pada pengujian di terima. H_0' disimpulkan bahwa **tidak ada pengaruh** yang signifikan variasi rasio tulangan pada beban lateral maksimum yang dihasilkan. H_0'' disimpulkan bahwa **tidak ada pengaruh** yang signifikan penggunaan kait klem selang pada beban lateral maksimum yang dihasilkan. H_0''' disimpulkan bahwa **tidak ada interaksi** antara rasio tulangan dan kait klem selang yang signifikan penggunaan kait klem selang pada beban lateral maksimum yang dihasilkan.

2. Metode Analisis Regresi

Dari analisis regresi didapat persamaan $Y = 548,125 + 44204,55X$ seperti terlihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Grafik pengaruh faktor a (rasio tulangan) terhadap Pmaks (kg)

Terjadi pengaruh dari variasi pada rasio tulangan dimana rasio tulangan semakin besar maka beban maksimum yang dihasilkan juga akan semakin besar. Namun dikarenakan rasio tulangan nilai

X (rasio tulangan) sangat kecil maka tidak dapat berpengaruh secara signifikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan pengujian dan menganalisis hasil pengujian didapatkan beberapa kesimpulan :

1. Berdasarkan data hasil pengujian siklik, benda uji dengan rasio tulangan besar (1,21%) mendapatkan beban maksimum yang lebih besar di bandingkan dengan rasio tulangan kecil (0,77%). Namun penggunaan rasio tulangan yang lebih besar tidak berpengaruh secara signifikan terhadap beban maksimum yang dihasilkan dan dibuktikan dengan statistik. Tidak signifikan ini disebabkan oleh
 - (a) Data dengan benda uji sama mendapatkan hasil pengujian yang tidak seragam
 - (b) Varisai benda uji yang terlalu sedikit.

Faktor lain dari beban maksimum yang dihasilkan pada semua sambungan tidak berbeda jauh dikarenakan adanya interaksi keruntuhan geser yang terjadi pada sambungan.

2. Rasio tulangan besar (1,21%) memiliki nilai daktilitas yang lebih kecil dibandingkan dengan benda uji rasio tulangan kecil (0,77%) baik dengan kait maupun tanpa kait. Hal ini di peroleh dari metode analisis daktilitas perpindahan dan analisis luas kurva *histerisis*. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan rasio tulangan yang besar akan menambah kaku sambungan balok – kolom.

Penelitian ini masih jauh jika dikatakan sempurna, kesalahan - kesalahan pada penelitian masih banyak terjadi. Oleh karena itu untuk meminimalisir kesalahan - kesalahan yang terjadi untuk penelitian selanjutnya penulis membekikan saran sebagai berikut :

1. Agregat benar – benar diperhentikan sudah dalam SSD atau belum agar mendapatkan mutu yang lebih homogen dan lebih bagus.
2. Alat – alat yang akan digunakan dicek terlebih dahulu agar tidak mengalami kerusakan pada saat pengujian sedang berjalan.
3. Variasi pada benda uji yang terlalu sedikit membuat hasil statistik tidak dapat maksimal.
4. Penggunaan kait yang hanya diujung juga menjadi pembeda dengan hasil pengujian sebelumnya, sebaiknya kait di pasang sepanjang bentang.
5. Sengkang balok dan kolom yang sama membuat tulangan pada sambungan tidak presisi, seharusnya sengkang untuk kolom lebih besar untuk kelilingnya agar tulangan balok dapat masuk ke tulangan kolom tanpa harus menekuk tulangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, S. M. (2005). Perilaku Pelat Lapis Komposit Bambu Spesi pada Beban In-plane dan Beban Lentur. *Disertasi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Ghavarni, K., (2005). *Bamboo As Reinforcement Instructural 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./Volume 9*.
- Morisco. (1999) *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Nawy, E. G. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Setiawan, Ronny. (2016). Pengaruh Rasio Tulangan Terhadap Kuat Lentur Balok Bertulangan Bambu dengan Kait. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Setya Budi, A. s., & Sugiarto., (2013). *Model Balok Beton Bertulangan*

Bambu Sebagai Pengganti Tulangan Baja. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 24-26 Oktober 2013, S245-S252.

Al-Sulayfani, B & Al-Tae, H. (2008). *Modeling of Stress-Strain Relationship for Fibrous Concrete Under Cyclic Loads.* Eng. Tech. Vol.26, No.1, pp. 45-53.

Janssen, J. J.A. 1980. *Bamboo in Building Structure. The Mechanical Properties of Bamboo Used in Construction.* IDRC. Canada

Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2002). *SNI 03 – 2847 – 2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.* Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2002). *SNI 03 – 1726 – 2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung.* Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

Paulay dan Priestley. 1992. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry buildings.* New York: Wiley Interscience

Nanda, K. P. (2016). Pengaruh Jarak Kait Terhadap Balok Beton Bertulangan Bambu dengan. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil./Volume 1 Nomor 2.*