

# PENGARUH KONFIGURASI JUMLAH TULANGAN LONGITUDINAL PADA KOLOM RETROFIT BETON BERTULANG DENGAN METODE JAKET BETON

*(Effect of Longitudinal Reinforcement Configuration on Reinforced Concrete Column Retrofitted by Concrete Jacket Method)*

Arya Bagas Permana, Christin Remayanti N, Indradi Wijatmiko.  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail: [aryabagaspermana@gmail.com](mailto:aryabagaspermana@gmail.com)

## ABSTRAK

Suatu kolom berperan penting dalam kekokohan suatu bangunan. Apabila suatu kolom mengalami kerusakan dan masih memungkinkan untuk diperbaiki, maka sebaiknya dilakukan perbaikan untuk menjaga kekokohan bangunan tersebut. Salah satu metode dalam perbaikan kolom adalah metode jaket beton. Tulangan yang digunakan adalah tulangan dengan material bambu dikarenakan material bambu memiliki kuat tarik sejajar serat berkisar antara 100-400 Mpa yang lebih besar dibandingkan dengan kuat tarik baja dengan mutu sedang. Selain itu bambu juga lebih ekonomis dan ramah lingkungan dibandingkan dengan baja. Pada penelitian ini akan diamati efektifitas pengaruh variasi jumlah tulangan longitudinal pada kolom retrofit. Kolom akan diuji dengan menggunakan *compression test machine*. Pada hasil penelitian didapatkan bahwa, kolom retrofit B1 yang dipasang 8 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 5 mm dengan jarak antar sengkang sebesar 5 cm lebih efektif dibandingkan dengan kolom retrofit A1 yang dipasang 4 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 10 mm dengan jarak antar sengkang sebesar 5 cm. Meskipun pada saat pengujian didapatkan bahwa kolom retrofit B1 memiliki gaya tekan maksimum 2,72 % lebih kecil dibanding dengan gaya tekan maksimum kolom retrofit A1. Namun, kekakuan dan modulus elastisitas kolom retrofit B1 lebih tinggi 238,7 % dibanding kekakuan dan modulus elastisitas kolom retrofit A1. Pada perbaikan kolom asli B1, kolom retrofit B.1 mengalami peningkatan daktilitas sebesar 195,65 % dibanding dengan kolom retrofit A.1 yang mengalami peningkatan daktilitas sebesar 57,13 %. Dan kolom retrofit D1 yang dipasang 8 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 10 mm dengan jarak antar sengkang sebesar 5 cm lebih efektif dibandingkan dengan kolom retrofit C1 yang dipasang 4 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 20 mm dengan jarak antar sengkang sebesar 5 cm. Meskipun pada saat pengujian didapatkan bahwa kolom retrofit D1 memiliki gaya tekan maksimum 2,53 % lebih kecil dibanding dengan gaya tekan maksimum kolom retrofit C1. Namun, kekakuan dan modulus elastisitas kolom retrofit D1 lebih tinggi 30,57 % dibanding kekakuan dan modulus elastisitas kolom retrofit C1. Pada perbaikan kolom asli D1, kolom retrofit D.1 mengalami peningkatan daktilitas sebesar 99,84 % dibanding dengan kolom retrofit C.1 yang mengalami peningkatan daktilitas sebesar 40,79 %.

**Kata Kunci:** Retrofit, jaket beton, efektivitas, gaya tekan, kekakuan, modulus elastisitas, daktilitas.

## ABSTRACT

*A column has an important role in the robustness of a building. If a column is damaged and still possible to be repaired, it should be repaired to maintain the robustness of the building. One method in column repair is the concrete jacketing method. The reinforcement used is reinforced with bamboo material because the bamboo material has a*

parallel tensile strength of fiber ranging from 100-400 Mpa which is larger than the tensile strength of steel with medium quality. In addition bamboo is also more economical and environmentally friendly compared to steel. The result showed that B1 retrofit column with 8 pieces of bamboo longitudinal dimension 10 x 5 mm and 5 cm intercellar spacing more effective than the retrofit A1 column with 4 pieces of bamboo longitudinal dimensions 10 x 10 mm and 5 cm intercellar spacing. Although at the time of testing it was found that the retrofit column B1 has a maximum compression force of 2.72% less than the maximum compression force of the A1 retrofit column. However, the stiffness and modulus of elasticity of the retrofit column of B1 was 238,7 % higher than the stiffness and modulus of elasticity of the retrofit column A1. On the improvement of the original column B1, retrofit column B.1 increased ductility by 195,65 % compared to retrofit column A.1 which increased ductility by 57.13%. And the D1 retrofit column with 8 pieces of 10 x 10 mm longitudinal bamboo bars with 5 cm intercellular spacing more effective than the C1 retrofit columns installed 4 bamboo longitudinal bamboo dimensions of 10 x 20 mm with 5 cm intercellar spacing. Although at the time of the test it was found that the retrofit column D1 has a maximum compression force of 2.53% less than the maximum holding force of the C1 retrofit column. However, the stiffness and modulus of elasticity of the retrofit column D1 was 30,57 % higher than the stiffness and modulus of elasticity of the C1 retrofit column. In the original D1 column refinement, retrofit column D.1 increased ductility by 99.84% compared to retrofit column C.1 which increased ductility by 40,79 %.

**Keywords:** Retrofit, concrete jacketing, effective, compressive force, stiffness, modulus of elasticity, ductility.

## PENDAHULUAN

Suatu kolom mempunyai peran yang sangat penting dalam kekokohan suatu bangunan. Jika suatu kolom mengalami kerusakan dan masih memungkinkan untuk diperbaiki maka kolom tersebut perlu dilakukan perbaikan. Semakin berkembangnya zaman, semakin berkembang pula inovasi dalam bidang pembangunan. Salah satunya adalah pada bidang perbaikan dan perkuatan kolom dengan metode jaket beton. Pada penelitian ini akan dilakukan perkuatan dengan metode jaket beton menggunakan tulangan dengan material bambu. Material bambu digunakan karena bambu memiliki kuat tarik lebih besar daripada material baja. Selain itu bambu relative lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

Tulangan longitudinal mempunyai peranan penting dalam kehancuran suatu struktur. Tulangan longitudinal berperan menahan gaya tarik yang terjadi pada suatu kolom. Di sisi lain, konfigurasi tulangan longitudinal

juga berpengaruh pada besarnya gaya tekan dan daktilitas pada suatu kolom.

Pengujian kolom dilakukan uji tekan dengan menggunakan *compression test machine* dan juga menggunakan *dial gauge* sebagai alat pembantu untuk membaca defleksi yang terjadi saat kolom dilakukan uji tekan. Pada penelitian ini akan dianalisis gaya tekan maksimum, kekakuan, modulus elastisitas dan daktilitas pada kolom retrofit, sehingga dapat diketahui efektifitas pada kolom retrofit dengan konfigurasi jumlah tulangan longitudinal yang berbeda.

## TINJAUAN PUSTAKA

Beton bertulang adalah suatu kombinasi antara beton dan baja di mana tulangan baja berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Tulangan baja juga dapat menahan gaya tekan sehingga digunakan pada kolom dan pada berbagai kondisi lain (McCormac, Jack, 2004). Material penyusun beton bertulang antara lain :

agregat halus, agregat kasar, semen, air, dan tulangan.

Material bambu digunakan sebagai salah satu alternative pengganti tulangan baja karena memiliki kuat tarik yang tinggi dan pada jenis tertentu lebih baik daripada baja. Selain itu material bambu lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

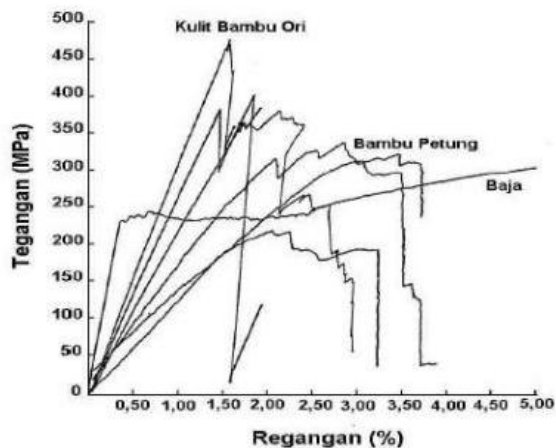
**Tabel 1.** Kuat tekan bambu petung

Sifat Mekanika	Umur	Rata-rata (Mpa)
Kuat Tekan	Muda	37,52
	Dewasa	46,59
	Tua	43,13

Sumber : Sidik Mustafa (2010)

**Tabel 2.** Tegangan tarik bambu kering oven tanpa nodia dan dengan nodia

Jenis Bambu	Tegangan Tarik (Mpa)	
	Tanpa Nodia	Dengan Nodia
Ori	291	128
Petung	190	116
Wulung	166	147
Tutul	216	74
Apus	151	55



**Gambar 1.** Hubungan tegangan-regangan bambu dan baja

Sumber : Morisco (1999)

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa material bamboo memiliki kekuatan yang cukup tinggi dibandingkan dengan baja. Bamboo ori memiliki kekuatan yang hamper dua kali tegangan leleh baja.

## Kuat Beban Aksial Kolom

Rumus kolom bertulang baja

$$P_{n(max)} = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + (f_y \cdot A_{st})$$

Rumus kolom retrofit bertulang bambu

$$P_{n(max)} = 50\% \left[ 0.85 f'_c (A_{gkolom\ asli} - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \right] + \left[ 0.85 f'_c (A_{gkolom\ retrofit} - A_{bambu}) + (A_{bambu} \cdot f_{tk\ bambu}) \right]$$

Keterangan :

$P_n$  = Kuat Beban Aksial (kN)

$A_g$  = Luas Penampang bruto beton (mm<sup>2</sup>)

$F_y$  = Tegangan leleh baja (Mpa)

$A_{st}$  = Luas penampang baja (mm<sup>2</sup>)

$f'_c$  = Kuat tekan beton (MPa)

$A_{bambu}$  = Luas penampang bambu (mm<sup>2</sup>)

$f_{tk\ bambu}$  = Kuat tekan bambu (Mpa)

Pada saat dilakukan pengujian kuat beban aksial pada kolom asli, pengujian dihentikan pada saat kolom asli mengalami penurunan 50 % dari kuat beban maksimum sehingga rumus kolom retrofit diambil rumus 50 % kuat beban aksial kolom asli.

## Tegangan dan Regangan Kolom

Rumus tegangan pada kolom bertulang adalah :

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

$P$  = gaya tekan (kN)

$A$  = luas tampang melintang (mm<sup>2</sup>)

Rumus regangan pada kolom bertulang adalah :

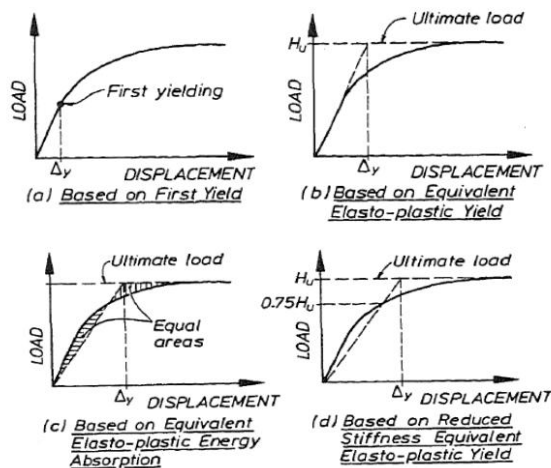
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Keterangan :

$\Delta L$  = perubahan panjang akibat beban  $P$  (mm)

$L$  = panjang semula (mm)

## Kekakuan dan Modulus Elastisitas Kolom



**Gambar 2.** Alternatif Pengambilan Lentutan pada Titik Leleh  
Sumber : Park (1988)

Menurut Park (1988) mengalami leleh pada titik potong beban yang mana beban diambil 75% dari beban *ultimate*.

Kekakuan adalah rasio antara beban dengan perpendekan yang didapatkan dengan mencari nilai kemiringan antara beban puncak dengan defleksi (Wibowo, 2009).

Rumus kekakuan :

$$k = \frac{P}{\Delta}$$

Keterangan :

k = Kekakuan Struktur (kN/mm)

P = Gaya Tekan (kN)

Δ = Defleksi (mm)

Modulus elastisitas adalah suatu nilai untuk mengukur nilai ketahanan suatu bahan untuk mengalami deformasi elastic. Semakin kecil modulus elastisitas suatu benda maka benda tersebut semakin elastic, begitu juga sebaliknya.

Rumus modulus elastisitas :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Keterangan :

E = Modulus Elastisitas (kN/mm<sup>2</sup>)

σ = Tegangan (kN/mm<sup>2</sup>)

ε = Regangan

## Daktilitas Kolom

Keliatan (ductility) adalah kemampuan suatu struktur untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar dengan mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup secara berulang kali dan bolak – balik akibat beban gempa yang terjadi yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama. Keliatan atau daktilitas diperlukan apabila terjadi perubahan bentuk pada struktur yang mengalami beban besar secara tiba-tiba akan memberikan ancaman-ancaman kerusakan.

Rumus daktilitas :

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta u}{\Delta y}$$

Keterangan :

μΔ = Nilai daktilitas

Δu = Deformasi *ultimate* (cm)

Δy = Deformasi leleh (cm)

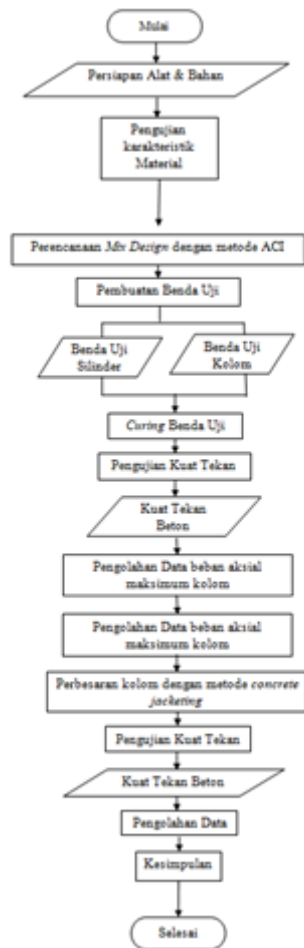
## METODOLOGI PENELITIAN

**Tabel 3.** Benda Uji Kolom Retrofit

Kode	Dimensi Tulangan (cm)	Jumlah Tulangan (buah)	rho
A1	1x1	4	1,23
B1	1x0,5	8	1,23
C1	1x2	4	2,47
D1	1x1	8	2,47

**Tabel 4.** Jumlah benda uji

Varian	Jumlah
Benda uji silinder sampel kolom asli	3 buah
Benda uji kolom asli	12 buah
Benda uji silinder sampel kolom retrofit	3 buah
Benda uji kolom retrofit kode A1	3 buah
Benda uji kolom retrofit kode B1	3 buah
Benda uji kolom retrofit kode C1	3 buah
Benda uji kolom retrofit kode D1	3 buah



**Gambar 3.** Diagram alir tahapan penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Kuat Tarik Tulangan dan Uji Kuat Tekan Kolom

Analisa agregat halus didapatkan modulus halus = 3,6689, berat jenis (SSD) = 2,488, berat satuan = 1436,9 gr/cc, absorpsi = 4,428 %. Sedangkan pada analisa agregat kasar didapatkan modulus kasar = 7,557, berat jenis (SSD) = 2,72, berat satuan = 1526,722 gr/cc, absorpsi = 0,246 %.

Pengujian tarik tulangan D10 mm dan Ø6 mm didapatkan data sebagai berikut :

**Tabel 5.** Uji Tulangan Baja

Benda Uji	Diameter	Tegangan Leleh (fy)	Tegangan Ultimit	Tegangan Leleh Rata-Rata	Tegangan Ultimit Rata-Rata
	(mm)	(Mpa)	(Mpa)		
1A	6	282,94	389,05	282,94	365,47
1B	6	282,94	353,68		
1C	6	282,94	353,68		
2A	10	407,44	560,23	409,56	560,23
2B	10	407,44	547,49		
2C	10	413,80	572,96		

Pada pengujian kuat tekan beton silinder diambil 3 benda uji kuat tekan setiap variasi kolom. Hasil uji tekan beton silinder sebagai berikut :

**Tabel 6.** Hasil uji kuat tekan beton benda uji silinder (sampel benda uji kolom asli)

NO	Kode Benda Uji	Umur (Hari)	Slump (cm)	Berat (kg)	Gaya Tekan Maksimum (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	A1	28	11	12,8	336	19,01	19,24
2	A2		11	12,75	344	19,47	
3	A3		11	12,8	324	18,33	

**Tabel 7.** Hasil uji kuat tekan beton benda uji silinder (sampel benda uji kolom retrofit)

NO	Kode Benda Uji	Umur (Hari)	Slump (cm)	Berat (kg)	Gaya Tekan Maksimum (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	R1	28	13	12,25	160	9,05	13,58
2	R2		13	12,35	231	13,07	
3	R3		13	12,4	329	18,62	

Pada pengujian kuat beban aksial kolom asli dan kolom retrofit didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 8.** Tabel hasil kuat beban aksial kolom asli

NO	Kode Benda Uji Kolom Asli	Gaya Tekan Beton (fc')	Kekuatan Nominal Kolom (Pn) Secara Teoritis	Kekuatan Maksimum Kolom (Pu) Secara Aktual
		(Mpa)	kN	kN
1	A1	19,24	359,0272751	195,85
2	B1	19,24	359,0272751	203,80
3	C1	19,24	359,0272751	191,83
4	D1	19,24	359,0272751	182,00

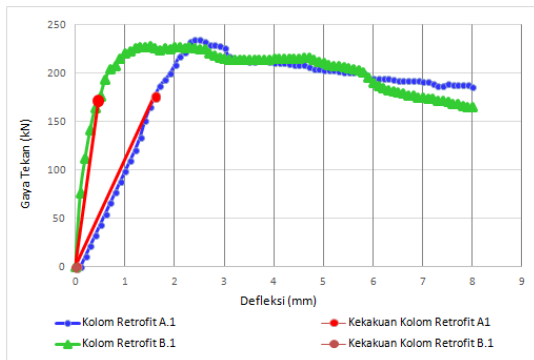
**Tabel 9.** Tabel hasil kuat beban aksial kolom retrofit

NO	Kode Benda Uji Kolom Retrofit	Gaya Tekan Beton (fc')	Kekuatan Nominal Kolom (Pn) Secara Teoritis	Kekuatan Maksimum Kolom (Pu) Secara Aktual
		(Mpa)	kN	kN
1	A1R	13,58	399,9407158	235,00
2	B1R	13,58	393,6235235	228,60
3	C1R	13,58	412,5751004	242,37
4	D1R	13,58	399,9407158	236,23

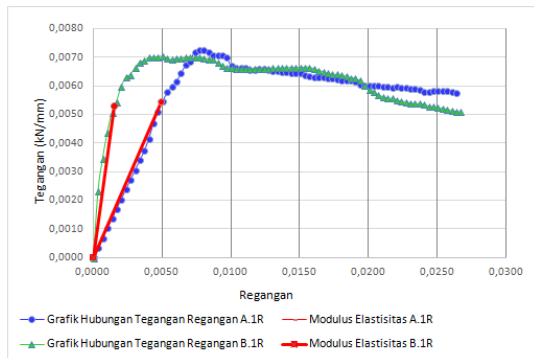
Dari pengujian kuat beban aksial kolom asli dengan kolom retrofit didapatkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom asli A.1 sebesar 195,85 kN sedangkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom retrofit A.1 sebesar 235 kN, sehingga kolom retrofit A.1 mengalami peningkatan kuat beban aksial sebesar 19,99 % dari kuat beban aksial maksimum kolom asli A.1. Untuk hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom asli B.1 sebesar 203,8 kN sedangkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom retrofit B.1 sebesar 228,6 kN, sehingga kolom retrofit B.1 mengalami peningkatan kuat beban

aksial sebesar 12,17 % dari kuat beban aksial maksimum kolom asli B.1. Untuk hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom asli C.1 sebesar 191,83 kN sedangkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom retrofit C.1 sebesar 242,37 kN, sehingga kolom retrofit C.1 mengalami peningkatan kuat beban aksial sebesar 26,35 % dari kuat beban aksial maksimum kolom asli C.1. Untuk hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom asli D.1 sebesar 182 kN sedangkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom retrofit D.1 sebesar 236,23 kN, sehingga kolom retrofit D.1 mengalami peningkatan kuat beban aksial sebesar 29,8 % dari kuat beban aksial maksimum kolom asli D.1.

**Analisis Efektifitas Kolom retrofit A.1 Dengan Kolom Retrofit B.1**



**Gambar 4.** Grafik perbandingan hasil gaya tekan dan defleksi kolom retrofit A.1-B.1



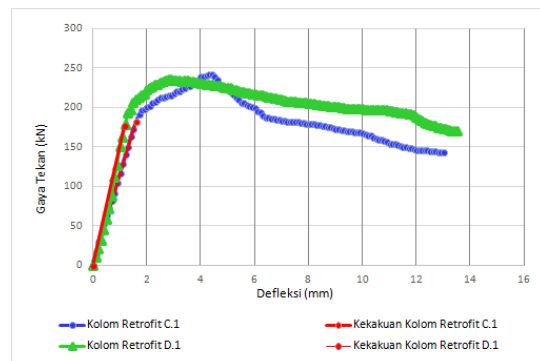
**Gambar 7.** Grafik perbandingan hasil modulus elastisitas kolom retrofit A.1-B.1

**Tabel 10.** Tabel perbandingan hasil penelitian kolom retrofit A.1 dengan kolom retrofit B.1

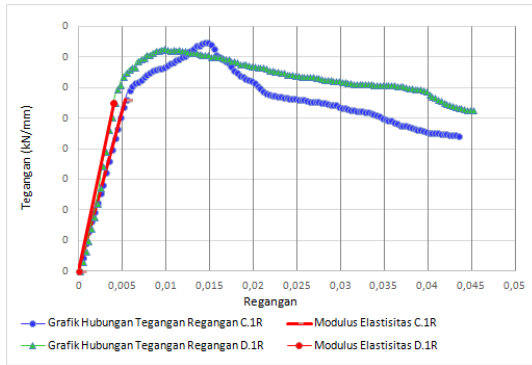
NO	Kode Benda Uji Kolom	Gaya Tekan Maksimum (kN)	Kekakuan (kN/mm)	Modulus Elastisitas (kN/mm <sup>2</sup> )	Peningkatan Daktilitas (%)
1	A1	235	110,5956	1,0240	57,13
2	B1	228,6	374,5842	3,4684	195,65

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa kolom retrofit B.1 yang dipasang 8 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 5 mm dengan jarak antar sengkang sebesar 5 cm lebih efektif dibandingkan dengan kolom retrofit A.1 yang dipasang 4 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 10 mm dengan jarak antar sengkang sebesar 5 cm. Meskipun kolom retrofit B.1 memiliki gaya tekan maksimum lebih kecil dari kolom retrofit A.1, kekakuan, modulus elastisitas, dan daktilitas kolom retrofit B.1 lebih besar dari pada kolom retrofit A.1.

**Analisis Efektifitas Kolom retrofit C.1 Dengan Kolom Retrofit D.1**



**Gambar 6.** Grafik perbandingan hasil gaya tekan dan defleksi kolom retrofit C.1-D.1



**Gambar 7.** Grafik perbandingan hasil modulus elastisitas kolom retrofit C.1-D.1

**Tabel 10.** Tabel perbandingan hasil penelitian kolom retrofit A.1 dengan kolom retrofit B.1

NO	Kode Benda Uji Kolom	Gaya Tekan Maksimum (kN)	Kekakuan (kN/mm)	Modulus Elastisitas (kN/mm <sup>2</sup> )	Peningkatan Daktilitas (%)
1	C1	242,3667	113,9627	1,0552	40,79
2	D1	236,2333	148,7957	1,3777	99,84

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa kolom retrofit D.1 yang dipasang 8 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 10 mm dengan jarak antar sengkang sebesar 5 cm lebih efektif dibandingkan dengan kolom retrofit C.1 yang dipasang 4 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 20 mm dengan jarak antar sengkang sebesar 5 cm. Meskipun kolom retrofit D.1 memiliki gaya tekan maksimum lebih kecil dari kolom retrofit C.1, kekakuan, modulus elastisitas, dan daktilitas kolom retrofit D.1 lebih besar dari pada kolom retrofit C.1.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai gaya tekan maksimum kolom retrofit A.1 sebesar 235 kN lebih besar 19,99 % dibanding nilai gaya tekan maksimum kolom asli A.1 yaitu sebesar 195,85 kN. Nilai gaya tekan maksimum kolom retrofit B.1 sebesar

228,6 lebih besar 12,17 % dibanding nilai gaya tekan maksimum kolom asli B.1 sebesar 203,8 kN. Nilai gaya tekan maksimum kolom retrofit C.1 sebesar 242,4 lebih besar 26,35 % dibanding nilai gaya tekan maksimum kolom asli C.1 sebesar 191,83 kN, dan untuk gaya tekan maksimum kolom retrofit D.1 sebesar 236,2 kN lebih besar 29,8 % dari nilai gaya tekan maksimum kolom asli D.1 sebesar 182 kN.

2. Hasil pengujian menunjukkan kolom retrofit A.1 memiliki kekakuan sebesar 110,6 kN/mm, Modulus Elastisitas sebesar 1,024 kN/mm<sup>2</sup>, dan peningkatan daktilitas sebesar 57,13 %. Kolom retrofit B.1 memiliki kekakuan sebesar 374,58 kN/mm, Modulus Elastisitas sebesar 3,468 kN/mm<sup>2</sup>, dan peningkatan daktilitas sebesar 195,65 %. Kolom retrofit C.1 memiliki kekakuan sebesar 113,963 kN/mm, Modulus Elastisitas sebesar 1,0552 kN/mm<sup>2</sup>, dan peningkatan daktilitas sebesar 40,79 %. Kolom retrofit D.1 memiliki kekakuan sebesar 148,796 kN/mm, Modulus Elastisitas sebesar 1,377 kN/mm<sup>2</sup>, dan peningkatan daktilitas sebesar 99,84 %.
3. Kolom retrofit B.1 yang dipasang 8 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 5 mm lebih efektif dibandingkan dengan kolom retrofit A.1 yang dipasang 4 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 10 mm. Meskipun dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kolom retrofit B.1 memiliki gaya tekan maksimum 2,72 % lebih kecil dibanding dengan gaya tekan maksimum kolom retrofit A.1, Untuk nilai kekakuan dan modulus elastisitas kolom retrofit B.1 lebih besar 238,7 % dibanding nilai kekakuan dan modulus elastisitas kolom retrofit A.1. Pada perbaikan kolom asli B, kolom retrofit B.1 mengalami peningkatan daktilitas sebesar 195,65 % dibanding dengan

kolom retrofit A.1 yang hanya mengalami peningkatan daktilitas sebesar 57,13 %. Kolom retrofit D.1 yang dipasang 8 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 10 mm lebih efektif dibandingkan dengan kolom retrofit C.1 yang dipasang 4 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 20 mm. Hasil pengujian gaya tekan didapatkan bahwa kolom retrofit D.1 lebih kecil 2,53 % dibandingkan dengan gaya tekan maksimum kolom retrofit C.1. Namun, kekakuan dan modulus elastisitas kolom retrofit D1 lebih tinggi 30,57 % dibanding kekakuan dan modulus elastisitas kolom retrofit C1. Pada perbaikan kolom asli D1, kolom retrofit D.1 mengalami peningkatan daktilitas sebesar 99,84 % dibanding dengan kolom retrofit C.1 yang mengalami peningkatan daktilitas sebesar 40,79 %.

### Saran

Saran yang bisa diberikan peneliti untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Jika menggunakan ukuran dimensi pada penelitian ini, yang harus diperhatikan yaitu ketika proses memasukan adonan beton pada kolom retrofit harus dipastikan adonan beton tersebut terdistribusi secara merata dikarenakan jarak antara kolom asli dengan bekisting terlalu kecil dan juga terdapat sengkang sehingga adonan beton banyak yang tersangkut pada sengkang dan menyebabkan area di bawah sengkang tidak terisi adonan beton.
2. Untuk proses pengecoran pada kolom retrofit dibutuhkan cara agar kolom asli dapat benar-benar merekat dengan kolom retrofit, karena pada penelitian ini dengan menggunakan bahan perekat beton tidak terlalu

efektif dalam merekatkan kolom asli dengan kolom retrofit.

3. Setelah melakukan proses pengecoran usahakan meletakkan benda uji di tempat yang benar-benar datar agar pada saat adonan beton mengeras permukaan benda uji tidak miring.
4. Pada saat pelaksanaan uji tekan, pastikan jarum pada *dial gauge digital* benar-benar menyentuh pelat besi atau benda uji tersebut, karena jika jarum pada *dial gauge digital* tidak menyentuh pelat atau benda uji, data defleksi tidak bisa terbaca.

### DAFTAR PUSTAKA

- Budi, A.S. & Sugiyarto 2013. *Kuat Lekat Tulangan Bambu Wulung dan Petung Takikan Pada Beton Normal*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7). Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Handayani, S. 2007. *Pengujian Sifat Mekanik Bambu (Metode Pengawetan dengan Boraks)*. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan. Vol. 9 (1), halaman 43-53.
- McCormac, J.C. 2004. *Desain Beton Bertulang*. Jilid ke-1. Sumargo, penerjemah : Sinamarta L, editor. Jakarta: Penerbit Erlangga. Terjemahan dari : Design of Reinforced Concrete Fifth Edition.
- Morisco. 1999. *Rekayasa Bambu*. Nafiri Offset. Yogyakarta.
- Mustafa, S. 2010. *Karakteristik Sifat Fisika dan Mekanika Bambu Petung pada Bambu Muda, Dewasa, dan Tua*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Nawy, E.G. 1985. *Beton Bertulang – Suatu Pendekatan Dasar*. Suryoatmono B, penerjemah. Bandung : PT. Refika Aditama. Terjemahan dari : Reinforced



Park, R.. 1988. *Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing*. New Zealand : Departement of Civil Engineering, University of Canterbury.

SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

SNI 2847-2013. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Wibowo, A. Hidayat., M.T. & Rochim, A. 2009. *Variasi Volume Tulangan Transversal dengan Inti Beton Terhadap Daktilitas Aksial Kolom Beton Bertulang*. Jurnal Rekayasa Sipil. Vol. 3 (3), halaman 181-191.

Wibowo, A., Wijatmiko, I. & Nainggolan, C.R. 2017. *Structural Behavior of Lightweight Bamboo Reinforced Concrete Slab with EPS Infill Pan*. AIP Conference Proceedings, 2017.

Wibowo, A. 2016. *Analisa Hubungan Tegangan Regangan Pada Kolom Beton Bertulang Mutu Tinggi*. Jurnal Rekayasa Sipil. Vol. 10 (1), halaman 71-81.

Wibowo, A., Wijatmiko, I., & Remayanti, C. 2017. *The Effect of Polymer Coated Pumice to The Stiffness and Flexural Strength of Reinforce Concrete Beam*. MATEC Web of Conferences 101, 2017.

Wibowo, A., Budio, P.S., Nurlina, S., & Arifi, E. 2017. *Pengaruh Variasi Jarak Sengkang dan Rasio Tulangan Longitudinal Terhadap Mekanisme dan Pola Retak Kolom Bertulangan Ringan Akibat Beban Siklik*. Jurnal