

# PENGARUH KONFIGURASI TULANGAN LONGITUDINAL DARI METODE JAKET BETON BERTULANG BAMBU DENGAN SENGGANG BAJA PADA KOLOM BETON BERTULANG

*(Effect of Longitudinal Reinforcement Configuration of Bamboo Concrete Jacketing Method with Bamboo Steel of Reinforced Concrete Column)*

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

## ABSTRAK

Struktur kolom merupakan elemen penting dalam suatu bangunan dan harus direncanakan dengan tepat. Beberapa faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan kolom yaitu gempa atau beban berlebih. Salah satu metode yang digunakan untuk perkuatan atau perbaikan adalah metode jaket beton. Bambu yang digunakan yaitu jenis bambu petung. Terdapat 4 jenis kolom retrofit yang akan diteliti, yakni kolom retrofit kode A.3 yang dipasang tulangan bambu sebanyak 4 buah dengan ukuran 10 x 10 mm, kolom retrofit kode B.3 yang dipasang tulangan bambu sebanyak 8 buah dengan ukuran 10 x 5 mm, kolom retrofit kode C.3 yang dipasang tulangan bambu sebanyak 4 buah ukuran 10 x 20 mm dan kolom retrofit kode D.3 yang dipasang tulangan bambu sebanyak 8 buah ukuran 10 x 10 mm. Jarak sengkang untuk ke empat kolom retrofit A.3, B.3, C.3, dan D.3 dipasang 9,3 cm. Pada penelitian ini dilakukan analisis efektivitas konfigurasi tulangan longitudinal pada kolom retrofit A.3 dengan kolom retrofit B.3 dan juga efektivitas konfigurasi tulangan longitudinal pada kolom retrofit C.3 dengan kolom retrofit D.3. Kolom akan diuji tekan dengan menggunakan *compression test machine* dan dipasang *dial gauge* sebagai alat bantu dalam membaca defleksi yang terjadi pada saat kolom diuji tekan. Hasil penelitian didapatkan bahwa, kolom retrofit B.3 lebih efektif dibandingkan dengan kolom retrofit A.3. Hal ini dikarenakan dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kolom retrofit A.3 memiliki nilai gaya tekan maksimum 291 kN sedangkan nilai gaya tekan maksimum kolom retrofit B.3 yaitu 361,2 kN. Kolom retrofit B.3 mempunyai nilai kekakuan sebesar 1394,3333 kN/mm, nilai modulus elastisitas sebesar 12,9105 kN/mm<sup>2</sup>, dan nilai daktilitas sebesar 44,3. Sedangkan kolom retrofit A.3 memiliki nilai kekakuan sebesar 1105 kN/mm, nilai modulus elastisitas 10,2315 kN/mm<sup>2</sup>, dan nilai daktilitas sebesar 39,3. Kemudian untuk hasil penelitian kolom retrofit C.3 lebih efektif dibandingkan dengan kolom retrofit D.3. Hal ini dikarenakan dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kolom retrofit C.3 memiliki nilai gaya tekan maksimum 282,9 kN, sedangkan nilai gaya tekan maksimum kolom retrofit D.3 yaitu 317,7 kN. Kolom retrofit C.3 memiliki nilai kekakuan sebesar 1086,6667 kN/mm dan nilai modulus elastisitas sebesar 10,0617 kN/mm<sup>2</sup>, sedangkan kolom retrofit D.3 memiliki nilai kekakuan sebesar 945,7337 kN/mm dan nilai modulus elastisitas sebesar 8,7568. Kolom retrofit D.3 memiliki nilai daktilitas sebesar 28,6, sedangkan kolom retrofit C.3 memiliki nilai daktilitas sebesar 67,4.

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

## ABSTRACT

*The column structure is an important element in a building and should be planned with precision. Some of the factors that cause the failure of a column is an earthquake or overload. One of the methods for strengthening or repairment is concrete jacketing.*

Bamboo that used in longitudinal bars is bamboo petung. There are 4 types of retrofit columns to be studied, the A.3 retrofit column use 4 pieces bamboo bars with size 10 x 10 mm, the B3 retrofit column use 8 pieces bamboo bars with size 10 x 5 mm, the C.3 retrofit column use 4 pieces bamboo bars with size 10 x 20 mm, and the D.3 retrofit column use 8 pieces bamboo bars with size 10 x 10 mm. The stirrup distance in the retrofit columns is 9.3 cm. The purpose of this study is to analyze the effectiveness of longitudinal reinforcement configuration between A.3 and B.3 retrofit columns and C.3 and D.3 retrofit columns. Compression test machine is used to measure the compressive strength of the retrofit column, and dial gauge is used to measure deflection during the test. The result showed that, the retrofit column with 8 pieces of longitudinal bars (B.3 and D.3) was more effective than the retrofit column with 4 pieces of longitudinal bars (A.3 and C.3). The maximum compressive force value of B.3 retrofit column is 361,2 kN, the stiffness value is 1394,3333 kN/mm, modulus of elasticity value is 12,9105 kN/mm<sup>2</sup>, and ductility value is 44,3. While the maximum compressive force value of A.3 retrofit column is 291 kN, the stiffness value is 1105 kN/mm, modulus of elasticity value is 10,2315 kN/mm<sup>2</sup>, and ductility value is 39,3. Then the maximum compressive force value of D.3 retrofit column is 317,7 kN, the stiffness value is 945,7337 kN/mm, modulus of elasticity value is 8,7568 kN/mm<sup>2</sup>, and ductility value is 28,6. While the maximum compressive force value of C.3 retrofit column is 282,9 kN, the stiffness value is 1086,6667 kN/mm, modulus of elasticity value is 10,0617 kN/mm<sup>2</sup>, and ductility value is 67,4.

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

## PENDAHULUAN

Struktur kolom merupakan elemen penting dalam suatu bangunan dan harus direncanakan dengan tepat. Beberapa faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan kolom yaitu gempa atau beban berlebih. Perkembangan inovasi-inovasi dalam pembangunan konstruksi diantaranya inovasi perkuatan ataupun perbaikan struktur konstruksi. Salah satu metode yang digunakan untuk perkuatan atau perbaikan adalah metode jaket beton.

Dalam penelitian ini, akan diambil sistem retrofit sebagai salah satu cara perkuatan struktur dan akan difokuskan pada pembahasan kolom sebagai salah satu struktur utama dalam suatu bangunan. Sistem retrofit dalam perkuatan struktur kolom ini menggunakan bahan bambu. Bambu dipilih sebagai tulangan alternatif beton karena merupakan produk hasil alam yang renewable, murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dapat mereduksi efek global warming serta memiliki kuat tarik

sangat tinggi yang dapat dipersaingkan dengan baja (Setiya Budi, 2010)..

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

## TINJAUAN PUSTAKA

Menurut SNI 03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) yang membentuk masa padat. Beton merupakan material yang kuat terhadap gaya tekan dan lemah terhadap tarik, sehingga diperlukan tulangan untuk menahan gaya tarik yang

disebabkan oleh beban - beban yang bekerja. (Nawy, 2008).

Bambu dipilih sebagai tulangan alternatif sebagai pengganti tulangan baja karena merupakan produk hasil alam yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui karena merupakan material alami, murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dapat mereduksi efek global warming serta memiliki kuat tarik sangat tinggi yang dapat dipersaingkan dengan baja (Wibowo, 2017).

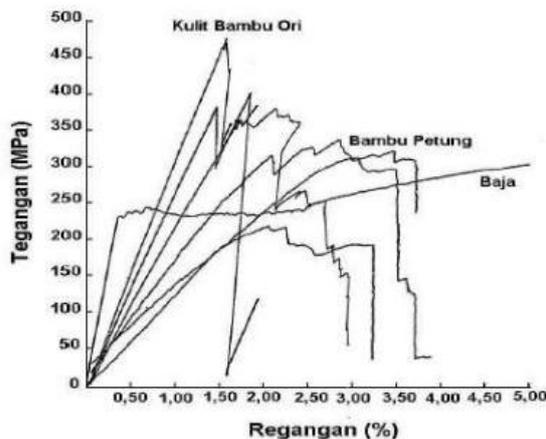
**Tabel 1.**Kuat tekan bambu petung

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

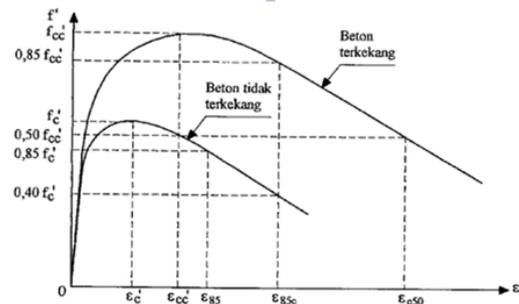


**Gambar 1.**Hubungan tegangan-regangan bambu dan baja

Sumber : Morisco (1999)

Dari gambar 1 hubungan tegangan-regangan bambu dan baja, dapat dilihat bahwa bambu petung memiliki kekuatan yang cukup tinggi setelah bambu ori. Kuat tarik rata-

rata bambu petung lebih besar dari tegangan leleh yang dimiliki baja.



**Gambar 2.**Grafik gaya tekan dan deformasi material yang dibebani aksial  
Sumber : Hongmei Zhang et al. (2014)

Pada beton terkekang setelah beban puncak terjadi penurunan tegangan yang lebih landai, artinya beton terkekang mempunyai daktilitas yang lebih besar dibanding dengan beton tidak terkekang.

Konfigurasi tulangan longitudinal juga akan mempengaruhi efektifitas kekang yang dimiliki struktur kolom.

### 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 penampangbaja (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 rumus kolom retrofit diambil rumus 50% kuat beban aksial kolom asli dikarenakan pada saat pengujian kuat beban aksial dihentikan pada saat kolom asli mengalami

penurunan kuat beban sebesar 50% dari kuat beban puncak turun kolom asli.

$\Delta$  = Defleksi (mm)

### 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 :

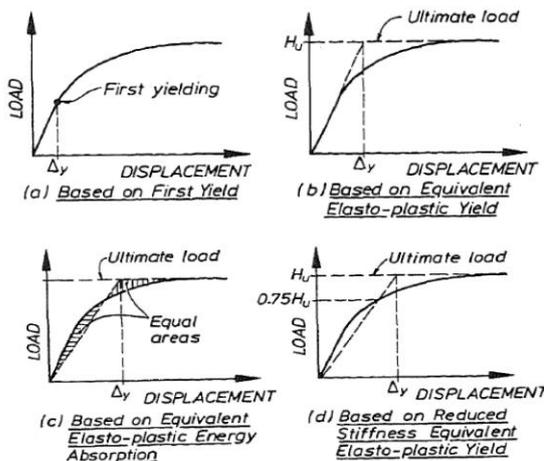
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Keterangan :

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

$L$  = panjang semula (mm)

### Kekakuan dan Modulus Elastisitas Kolom



**Gambar 4.** Beberapa Alternatif Pengambilan Lendutan pada Titik Leleh  
 Sumber : Park (1988)

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

Rumus kekakuan :

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

Keterangan :

$k$  = Kekakuan Struktur (kN/mm)

$P$  = Gaya Tekan (kN)

Rumus modulus elastisitas :

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

Keterangan :

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

$\sigma$  = Tegangan (kN/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon$  = Regangan

Terdapat dua metode untuk menentukan nilai kekakuan dan modulus elastisitas, yaitu metode tangen dan sekan. Nilai kekakuan dan modulus elastisitas dengan metode tangen akan lebih besar dari metode sekan, karena metode tangen didapatkan dengan mencari nilai dari kemiringan garis singgung, sedangkan metode sekan didapatkan dengan mencari nilai dari kemiringan garis dari awal grafik hingga kondisi beban sebesar 75% dari beban puncak. Pada penelitian ini menggunakan metode sekan untuk mencari nilai kekakuan dan modulus elastisitas, karena dianggap lebih mewakili kondisi beton seutuhnya.

### Daktilitas Kolom

Keliatan (*ductility*) adalah sifat dari suatu bahan yang memungkinkan bisa dibentuk secara permanen melalui perubahan bentuk yang besar tanpa kerusakan. Keliatan diperlukan pada batang atau bagian yang mungkin mengalami beban yang besar secara tiba-tiba, karena perubahan bentuk yang berlebihan akan memberikan tanda-tanda ancaman kerusakan (Anonim, 2010). Berikut merupakan rumus untuk mencari daktilitas dari suatu bahan :

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

Keterangan :

$\mu_{\Delta}$  = Nilai daktilitas

$\Delta u$  = Deformasi *ultimate* (cm)

$\Delta y$  = Deformasi leleh (cm)

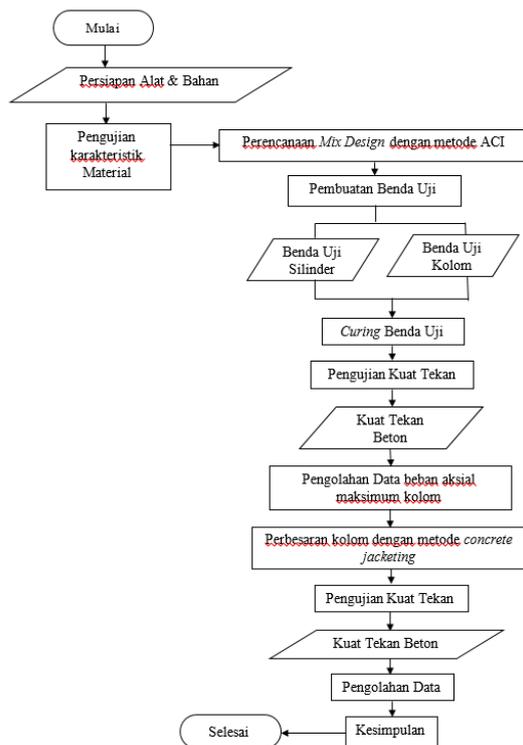
### METODOLOGI PENELITIAN

**Tabel 3. Benda Uji Kolom Retrofit**

Kode	Dimensi Tulangan (cm)	Jumlah Tulangan (buah)	rho
A	1x1	4	1,23
B	1x0,5	8	1,23
C	1x2	4	2,47
D	1x1	8	2,47

**Tabel 4. Jumlah benda uji**

Varian	Jumlah
Benda uji silinder sampel kolom asli	8 buah
Benda uji kolom asli	12 buah
Benda uji silinder sampel kolom retrofit	8 buah
Benda uji kolom retrofit kode A3	3 buah
Benda uji kolom retrofit kode B3	3 buah
Benda uji kolom retrofit kode C3	3 buah
Benda uji kolom retrofit kode D3	3 buah



**Gambar 5.**Diagram alir tahapan penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Pada analisa agregat halus didapatkan modulus halus= 4.97085, berat jenis (SSD)= 2.67641, berat satuan =

1528.68175 gr/cc, absorpsi= 1.09179 %. Sedangkan pada analisa agregat kasar didapatkan modulus halus= 1.27663, berat jenis (SSD)= 2.65326, berat satuan = 1427.59839 gr/cc, absorpsi= 5.57414 %.

Pada pengujian tarik tulangan Ø8 mm dan Ø6 mm didapatkan data sebagai berikut :

**Tabel 5.**Uji Tulangan Baja

Benda Uji	Diameter (mm)	Tegangan Leleh (fy) (Mpa)	Tegangan Ultimit (Mpa)	Tegangan Leleh Rata-Rata (Mpa)	Tegangan Ultimit Rata-Rata (Mpa)
1A	7.6	266.73	357.11	266.73	357.11
1B	7.6	266.73	357.11	266.73	357.11
2A	5.7	168.51	321.35	168.51	321.35
2B	5.7	168.51	321.35	168.51	321.35

Pada pengujian kuat tekan beton silinder diambil 2 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)	Berat (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	A1	28	12,25	338	19,13	17,66
2	A2	28	12,45	286	16,18	20,37
3	B1	28	12,4	360	20,37	19,95
4	B2	28	12,5	345	19,52	19,95
5	C1	28	12,4	329	18,62	19,58
6	C2	28	12,5	363	20,54	19,58
7	D1	28	12,4	362	20,49	20,20
8	D2	28	12,45	352	19,92	20,20

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

NO	Kode Benda Uji	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	A1	28	12,6	447	25,30	24,36
2	A2	28	12,65	414	23,43	24,36
3	B1	28	12,4	293	16,58	18,08
4	B2	28	12,55	346	19,58	18,08
5	C1	28	12,55	313	17,71	18,22
6	C2	28	12,6	331	18,73	18,22
7	D1	28	12,4	415	23,48	24,59
8	D2	28	12,3	454	25,69	24,59

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

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

N	Kode	Kuat	Kuat	Kuat
---	------	------	------	------

O	Benda Uji Kolum Asli	Tekan Beton (fc')	Beban Aksial Nominal Kolom (Pn) Secara Teoritis	Beban Aksial Ultimate Kolom (Pu) Secara Aktual
		(Mpa)	kN	kN
1	A3	17,66	227,5236	222,2667
2	B3	19,95	255,4872	225,2333
3	C3	19,58	250,9993	238,4667
4	D3	20,20	258,5943	245,2

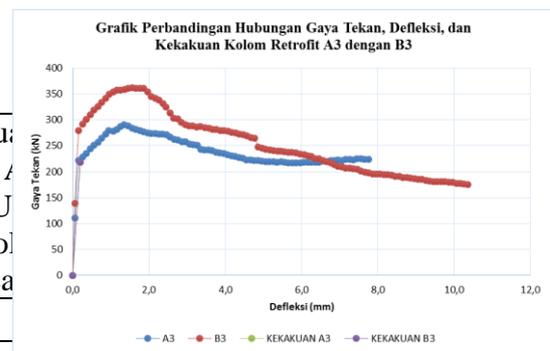
**Tabel 9.** Tabel hasil kuat beban aksial kolom retrofit

NO	Kode Benda Uji Kolum retrofit	Kuat Tekan Beton (fc')	Kuat Beban Aksial Nominal Kolom (Pn) Secara Teoritis	Kuat Beban Aksial Ultimate Kolom Secara
		(Mpa)	kN	kN
1	A3	24,42	489,5932	361,2333
2	B3	18,08	488,4745	282,8667
3	C3	18,22	412,0605	312,8667
4	D3	24,59	409,2963	312,8667

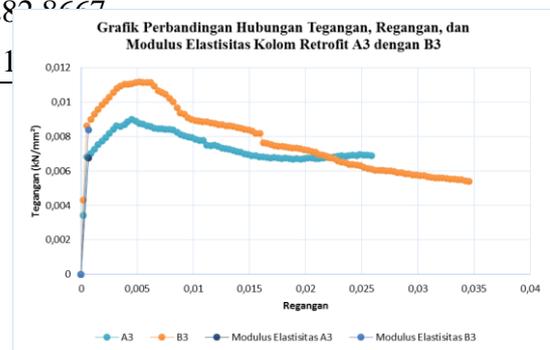
Hasil pengujian kuat didapatkan kuat beban aksial maksimum pada kolom asli A.3 adalah 222,2667 kN sedangkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom retrofit A.3 adalah 489,5932 kN. Persentase peningkatan kuat beban aksial maksimum sebesar 30,9% dari kuat beban aksial maksimum kolom asli A.3. Nilai kuat beban aksial maksimum pada kolom asli B.3 adalah 225,2333 kN sedangkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom retrofit B.3 adalah 488,4745 kN, Persentase peningkatan kuat beban aksial maksimum sebesar 60,4% dari kuat beban aksial maksimum kolom asli B.3. Hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom asli C.3 adalah 238,4667 kN sedangkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom

retrofit C.3 adalah 412,0605 kN. Persentase peningkatan kuat beban aksial maksimum sebesar 18,6% dari kuat beban aksial maksimum kolom asli C.3. Hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom asli D.3 adalah 245,2 kN sedangkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom retrofit D.3 adalah 409,2963 kN. Persentase peningkatan kuat beban aksial maksimum sebesar 29,6% dari kuat beban aksial maksimum kolom asli D.3.

### Analisis Efektifitas Kolom retrofit A.3 Dengan Kolom Retrofit B.3



**Gambar 6.** Grafik perbandingan hasil gaya tekan dan defleksi kolom retrofit A.3-B.3



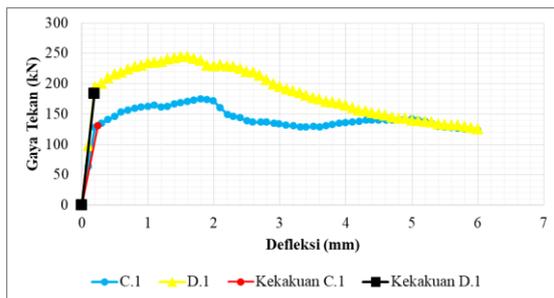
**Gambar 7.** Grafik perbandingan hasil modulus elastisitas kolom retrofit A.3-B.3

**Tabel 10.** Tabel perbandingan hasil penelitian kolom retrofit A.3 dengan kolom retrofit B.3

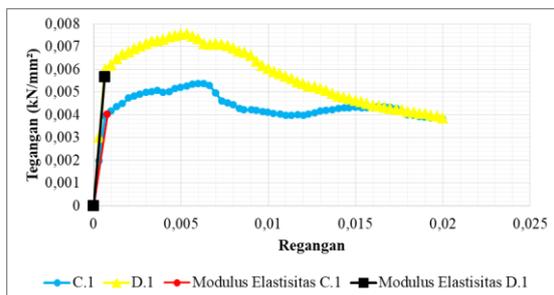
No	Kode Benda Uji	Gaya Tekan Maksimum (kN)	Defleksi Maksimum (mm)	Kekakuan (kN/mm)	Modulus Elastisitas (kN/mm <sup>2</sup> )
1	A3	291	1,35	1105	10,2315
2	B3	361,2	1,56	1394,3333	12,9105

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa kolom retrofit B.3 yang dipasang 8 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 5 mm lebih efektif dibandingkan dengan kolom retrofit A.3 yang dipasang 4 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 10 mm. Peningkatan gaya tekan, kekakuan, dan daktilitas kolom retrofit B.3 lebih besar dari pada kolom retrofit A.3. Nilai modulus elastisitas kolom retrofit B.3 lebih besar dari pada kolom retrofit A.3.

### Analisis Efektifitas Kolom retrofit C.3 dengan Kolom Retrofit D.3



**Gambar 6.** Grafik perbandingan hasil gaya tekan dan defleksi kolom retrofit C.3-D.3



**Gambar 7.** Grafik perbandingan hasil modulus elastisitas kolom retrofit C.3-D.3

**Tabel 10.** Tabel perbandingan hasil penelitian kolom retrofit C.3 dengan kolom retrofit D.3

No	Kode Benda Uji	Gaya Tekan Maksimum (kN)	Defleksi Maksimum (mm)	Kekakuan (kN/mm)	Modulus Elastisitas (kN/mm <sup>2</sup> )
1	C3	282,9	1,66	1086,6667	10,0617
2	D3	317,7	2,36	945,7337	8,7568

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa kolom retrofit D.3 yang dipasang 8 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 10 mm lebih efektif dibandingkan dengan kolom retrofit C.3 yang dipasang 4 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 10 x 20 mm. Peningkatan gaya tekan, kekakuan, dan daktilitas kolom retrofit D.3 lebih besar dari pada kolom retrofit C.3. Nilai modulus elastisitas kolom retrofit D.3 lebih kecil dari pada kolom retrofit C.3. Karena terlalu besar volume beton yang di grouting dan kemungkinan kait pada sengkang tidak terlalu kuat yang membuat sengkang lebih mudah terlepas saat menerima beban, sehingga mempengaruhi nilai daktilitas kolom retrofit D.3.

## PENUTUP

### Kesimpulan

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

1. Dengan membandingkan kedua kolom retrofit dengan rasio tulangan yang sama, didapatkan hasil kolom retrofit dengan jumlah tulangan longitudinal 8 buah (B.3 dan D.3) mempunyai peningkatan gaya tekan yang lebih baik dari pada kolom retrofit dengan jumlah tulangan longitudinal 4 buah (A.3 dan C.3). Peningkatan gaya tekan kolom retrofit B.3 sebesar 60,38%, sedangkan peningkatan kolom retrofit A.3 yaitu 30,92%. Peningkatan gaya tekan kolom retrofit D.3 sebesar 29,58% sedangkan kolom retrofit C.3 mempunyai peningkatan gaya tekan sebesar 18,62%. Dapat disimpulkan bahwa penelitian tentang perkuatan

pada kolom retrofit dengan metode *concrete jacketing* ini meningkatkan gaya tekan maksimum.

2. Kolom retrofit A.3 yang dipasang 4 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 1 x 1 cm dengan jarak antar sengkang sebesar 9,3 cm dan memiliki rasio tulangan longitudinal sebesar 1,23% lebih efisien dibandingkan dengan kolom retrofit B.3 yang dipasang 8 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 1 x 0,5 mm dengan jarak antar sengkang sebesar 9,3 cm dan memiliki rasio tulangan sebesar 1,23%. Kolom retrofit B.3 memiliki gaya tekan maksimum 24,14 % lebih besar dibanding dengan gaya tekan maksimum kolom retrofit A.3. Nilai kekakuan dan modulus elastisitas kolom retrofit B.3 lebih besar 26,18 % dibanding nilai kekakuan dan modulus elastisitas kolom retrofit A.3. Kolom retrofit A.3 memiliki nilai daktilitas sebesar 39,3 dan kolom retrofit B.3 memiliki nilai daktilitas sebesar 44,3. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kolom retrofit B.3 lebih efisien dibandingkan dengan kolom retrofit A.3. Namun pada kolom retrofit C.3 yang dipasang 4 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 1 x 2 cm dengan jarak antar sengkang sebesar 9,3 cm dan memiliki rasio tulangan longitudinal sebesar 2,47% lebih efisien dibandingkan dengan kolom retrofit D.3 yang dipasang 8 buah tulangan longitudinal bambu dimensi 1 x 1 cm dengan jarak antar sengkang sebesar 9,3 cm dan memiliki rasio tulangan longitudinal sebesar 2,47%. Kolom retrofit D.3 memiliki gaya tekan maksimum 12,33 % lebih besar dibanding dengan gaya tekan maksimum kolom retrofit C.3. Nilai kekakuan dan modulus elastisitas kolom retrofit D.3 lebih besar 14,90 % dibanding nilai kekakuan dan modulus elastisitas kolom retrofit

C.3. Kolom retrofit C.3 memiliki nilai daktilitas sebesar 67,4 dan kolom retrofit D.3 yang mengalami penurunan daktilitas sebesar 28,6. Sehingga dapat disimpulkan kolom retrofit C.3 lebih efisien dibandingkan dengan kolom retrofit D.3. Hal ini dikarenakan pada saat proses pengecoran kolom retrofit D.3 material tidak sepenuhnya menyatu dengan kolom asli dan masih terdapat banyak rongga pada kolom yang mempengaruhi nilai daktilitas kolom tersebut

3. Dari data – data penelitian yang telah didapatkan, dengan membandingkan kolom retrofit dengan rasio tulangan yang sama variasi jumlah tulangan longitudinal yang paling efektif adalah kolom retrofit dengan jumlah tulangan longitudinal 8 buah (B.3 dan D.3). Peningkatan gaya tekan, kekakuan, modulus elastisitas, dan daktilitas kolom retrofit akan lebih efektif apabila jumlah tulangan longitudinal diperbanyak.

## Saran

Saran yang bisa diberikan peneliti untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Penggunaan ukuran dimensi untuk kolom retrofit lebih diperbesar agar mudah dalam proses pengecoran sehingga material yang digunakan mudah dimasukkan ke bekisting. Hal ini bertujuan agar kolom benar-benar padat dan mengurangi rongga yang ada pada kolom retrofit. Dalam penelitian ini ukuran dimensi kolom retrofit terlalu kecil sehingga sulit memasukkan material pengecoran dan masih ada rongga dalam kolom retrofit yang mengharuskan dilakukan proses grouting untuk menutupi rongga tersebut.
2. Diperlukan metode shotcrete dengan cara menyemprotkan material ke bagian kolom yang masih terdapat

rongga atau celah sehingga pengecoran menjadi seragam dan tidak ada rongga pada kolom retrofit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional 2013. *Persyaratan Beton Bertulang untuk Struktur Bangunan Gedung. SNI 2847-2013*. Jakarta.
- Bowles, J.E. 1985. *Desain Baja Konstruksi*. Erlangga. Jakarta
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Manajemen Proyek dan Konstruksi*. Kanisius. Yogyakarta.
- Frick, Heinz. 2004. *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*. Kanisius. Yogyakarta.
- Ghavami, K. 2005. *Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Element*. Journal of Cement and Concrete Composites 27.
- Hongmei, Z, dkk. 2014. *Seismic and Power Generation Performance of U-Shaped Steel Connected PV-Shear Wall under Lateral Cyclic Loading*. International Journal of Photoenergy. Vol. 2014.
- 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, M., dan Mardjono, F. 1995. *Kuat Tarik Berdasarkan Jenis Bambu*. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*, Andi. Yogyakarta.
- Mustafa, S. 2010. *Karakteristik Sifat Fisika dan Mekanika Bambu Petung pada Bambu Muda, Dewasa, dan Tua (Studi Kasus: Bagian Pangkal)*. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Navratilova, R., Wibowo, A. & Nainggolan, C.R. 2018. *Pengaruh Rasio Tulangan Longitudinal dari Metode Jacket Beton Bertulangan Bambu dengan Sengkang Baja pada Kolom Beton Bertulang*. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil. Vol. 1 (1), 2018.
- Nawy, E.G. 1985. *Reinforce Concrete a Fundamental Aproach*. Mac Graw-Hill Book Company. Sidney.
- Nawy, E.G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Erlangga. Jakarta.

- Nawy, E.G. 2008. *“Beton Bertulang – Suatu Pendekatan Dasar “*, PT.Refika Aditama. Bandung.
- Park,R.. 1988. *Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing*. New Zealand : Departement of Civil Engineering, University of Canterbury.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-1971)*. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Bandung.
- Perdana, R.A., Nainggolan, C.R. & Wibowo, A. 2018. *Pengaruh Jarak Sengkang dari Metode Jacket Beton Bertulang Bambu pada Kolom Bertulang Ringan*. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil. Vol. 1 (1), 2018.
- Rudiyanto, R.P., Nainggolan, C.R. & Wibowo, A. 2018. *Pengaruh Jarak Sengkang Baja dari Metode Jacket Beton Bertulangan Bambu pada Kolom Bertulangan Ringan*. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil. Vol. 1 (1), 2018.
- SK SNI T-15-1991-03. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: LPMB Dep. Pekerjaan Umum RI.
- SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Tall, Lambert. 1974. *Struktur Steel Design*, 2<sup>nd</sup> Edition. The Ronald Press Company. New York.
- Wibowo, A. Hidayat., M.T. & Rochim, A. 2009. *Variasi Volume Tulangan Transversal dengan Inti Beton Terhadap Daktilitas Aksial Kolom Beton Bertulang*. JurnalRekayasa Sipil. Vol. 3 (3), halaman 181-191.
- Wijatmiko, I., Wibowo, A. & 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.
- Wonlele, T., Dewi, S.M.& Nurlina, S. 2013. *Penerapan Bambu Sebagai Tulangan Dalam Struktur Batang Beton Bertulang*. Jurnal Rekayasa Sipil. Vol.7 (1), halaman 1-12.