

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

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

Gilang Edo Sanjaya, Indradi Wijatmiko, Christin Remayanti N.
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: gilangedo371@gmail.com

ABSTRAK

Struktur kolom harus direncanakan lebih kuat dari pada struktur balok. Sehingga jika kolom mengalami keruntuhan, perlu dilakukan perbaikan untuk mencegah terjadinya kegagalan total pada struktur bangunan. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam perbaikan kolom adalah dengan cara jaket beton. Kolom retrofit dipasang tulangan dan sengkang bermaterialkan bambu. Hal ini dikarenakan bambu memiliki kuat tarik 100-400 Mpa lebih besar dibanding kuat tarik baja mutu sedang dan relatif lebih murah dibanding dengan baja. Pada penelitian ini akan diamati efektifitas pemasangan tulangan longitudinal bermaterialkan bambu pada kolom retrofit dengan variasi jumlah dan dimensi tulangan yang berbeda. Kolom akan diuji tekan dengan menggunakan *compression test machine* dan dipasang *dial gauge* sebagai pembantu bacaan defleksi yang terjadi pada saat kolom diuji tekan. Dari hasil penelitian didapatkan kolom retrofit dengan jumlah tulangan longitudinal 8 buah (B.1 dan D.1) lebih efektif dari pada kolom retrofit dengan jumlah tulangan longitudinal 4 buah (A.1 dan C.1). Hal ini dikarenakan dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kolom retrofit A.1 memiliki penurunan gaya tekan maksimum 17,13% sedangkan kolom retrofit B.1 mengalami peningkatan sebesar 25,77%. Kolom retrofit B.1 mempunyai peningkatan kekakuan sebesar 30,64 %, penurunan modulus elastisitas sebesar 41,94 %, dan peningkatan daktilitas sebesar 159,68 %. Sedangkan kolom retrofit A.1 memiliki penurunan kekakuan sebesar 9,42 %, penurunan modulus elastisitas 59,74 %, dan peningkatan daktilitas sebesar 146,83 %. Kolom retrofit D.1 memiliki penurunan gaya tekan maksimum 2,20% sedangkan penurunan gaya tekan maksimum kolom retrofit C.1 yaitu 30,05%. Kolom retrofit D.1 memiliki peningkatan kekakuan sebesar 4,73 % dan penurunan modulus elastisitas sebesar 53,45 %, sedangkan kolom retrofit C.1 memiliki penurunan kekakuan sebesar 37,47 % dan penurunan modulus elastisitas sebesar 72,21 %. Namun kolom retrofit C.1 memiliki peningkatan daktilitas sebesar 150,03 %, sedangkan peningkatan daktilitas kolom retrofit D.1 sebesar 100,78 %.

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

ABSTRACT

The column structure must be designed stronger than the beam structure. So if the column collapsed, it needs to be repaired to prevent the total failure of the building structure. One method that can be used in column repair is by concrete jacketing method. Retrofit columns using bamboo materials on longitudinal reinforcement and stirrups. This is because bamboo has a tensile strength of 100-400 Mpa greater than the tensile strength of medium steel and relatively cheaper than steel. In this study the effectiveness of the longitudinal reinforcement configuration will be observed in the retrofit column that using bamboo materials with different variations of numbers and dimensions of reinforcement. 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.1 and D.1) was more effective than the retrofit column with 4 pieces of longitudinal bars (A.1 and C.1). The A.1 retrofit column has a maximum compressive force decreased by 17.13% while the maximum compressive force of B.1 retrofit column increased by 25.77%. The stiffness of B.1 retrofit column increased by 30,64 %, the modulus of elasticity decreased by 41.94%, and the ductility increased by 159.68%. While the stiffness of A.1 retrofit column decreased by 9.42%, the modulus of elasticity decreased by 59.74%, and the ductility increased by 146.83%. Then, D.1 retrofit column has a maximum compressive force decreased by 2.20% while the maximum compressive force of C.1 retrofit column decreased by 30.05%. The stiffness of D.1 retrofit column increased by 4.73%, and the modulus of elasticity decreased by 53.45%, while the stiffness of C.1 retrofit column decreased by 37.47% and the modulus of elasticity decreased by 72.21%. However, the ductility of C.1 retrofit column increased by 150,03%, while the ductility of D.1 retrofit column increased by 100,78%.

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

PENDAHULUAN

Struktur kolom harus direncanakan lebih kuat dari pada struktur balok. Sehingga jika kolom mengalami keruntuhan, perlu dilakukan perbaikan untuk mencegah terjadinya kegagalan total pada struktur bangunan . Kegagalan suatu kolom kemungkinan disebabkan oleh gempa atau beban berlebih. Seiring berkembangnya pembangunan konstruksi di Indonesia, banyak inovasi – inovasi dalam perkuatan ataupun perbaikan struktur konstruksi yang turut berkembang. Salah satu metode yang digunakan untuk perkuatan atau perbaikan adalah metode jaket beton. Pada penelitian ini kolom retrofit akan dipasang tulangan dan sengkang bermaterialkan bambu dikarenakan bambu mudah ditanam, murah, *renewable*, serta memiliki kuat tarik 100-400 Mpa lebih besar dibanding baja mutu sedang.

Dalam kehancuran suatu struktur kolom, tulangan longitudinal mempunyai peranan yang sangat penting karena tulangan longitudinal sebagai penahan gaya tarik yang terjadi pada kolom. Selain itu konfigurasi tulangan longitudinal juga mempengaruhi besarnya gaya tekan dan daktilitas struktur kolom. Efektifitas keang akan meningkat apabila jarak beton yang

terkekang semakin kecil. Efektifitas keang akan mempengaruhi nilai gaya tekan, kekakuan, modulus elastisitas, dan daktilitas.

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

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang telah direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama memikul gaya – gaya yang bekerja. Beton bertulang digunakan pada semua jenis struktur besar maupun struktur kecil seperti bangunan, jembatan, perkerasan jalan, bendungan, dinding penahan tanah, terowongan, drainase serta fasilitas irigasi, tangki, dan sebagainya (SNI 03-2847 – 2002, Pasal 3.13). Material penyusun beton bertulang antara lain :

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

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).

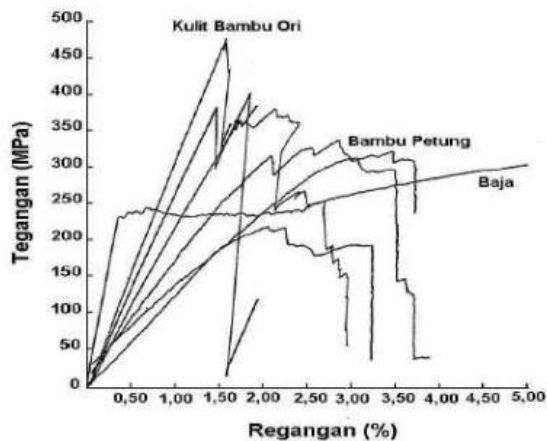
Tabel 1. Kuat tekan bambu petung

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

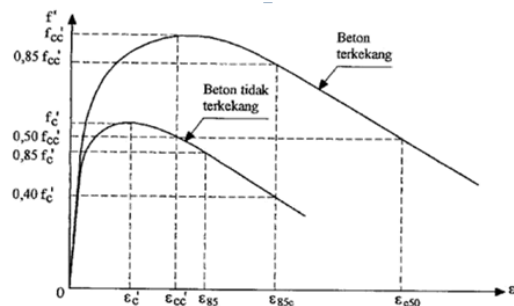


Gambar 1. Hubungan tegangan-regangan bambu dan baja

Sumber : Morisco (1999)

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

dari bambu petung juga lebih besar dari tegangan leleh 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 keang yang dimiliki struktur kolom.

Kuat Beban Aksial Kolom

Rumus kolom bertulang baja

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

Rumus kolom retrofit bertulang bambu

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

Keterangan :

P_n = Kuat Beban Aksial (kN)

A_g = Luas Penampang bruto beton (mm²)

F_y = Tegangan leleh baja (Mpa)

A_{st} = Luas penampang baja (mm²)

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

A_{bambu} = Luas penampang bambu (mm²)

ftk_{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.

Tegangan dan Regangan Kolom

Rumus tegangan pada kolom bertulang adalah :

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

Keterangan :

P = gaya tekan (kN)

A = luas tampang melintang (mm²)

Rumus regangan pada kolom bertulang adalah :

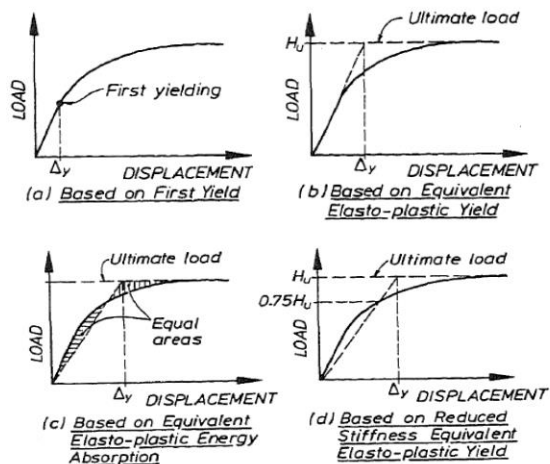
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Keterangan :

ΔL = perubahan panjang akibat beban P (mm)

L = panjang semula (mm)

Kekakuan dan Modulus Elastisitas Kolom



Gambar 4. Beberapa 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*.

Rumus kekakuan :

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

Keterangan :

k = Kekakuan Struktur (kN/mm)

P = Gaya Tekan (kN)

Δ = Defleksi (mm)

Rumus modulus elastisitas :

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

Keterangan :

E = Modulus Elastisitas (kN/mm²)

σ = Tegangan (kN/mm²)

ε = Regangan

Ada dua metode untuk mencari nilai kekakuan dan modulus elastisitas yaitu metode tangent dan sekan. Nilai kekakuan dan modulus elastisitas dengan metode tangent akan lebih besar dari metode sekan, karena metode tangent 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 digunakan metode sekan untuk mencari nilai kekakuan dan modulus elastisitas, karena dianggap lebih mewakili kondisi beton seutuhnya.

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 :

μ_{Δ} = Nilai daktilitas

Δu = Deformasi *ultimate* (cm)

Δy = Deformasi leleh (cm)

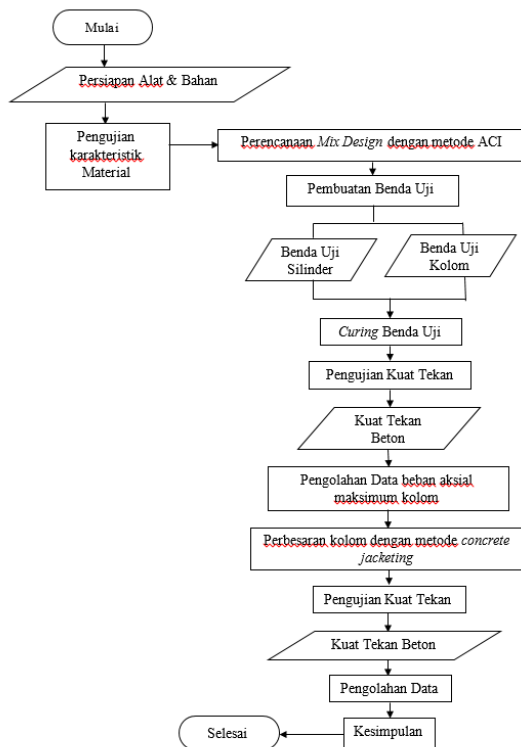
METODOLOGI PENELITIAN

Tabel 3. Benda Uji Kolom Retrofit

Kode	Dimensi Tulangan (cm)	Jumlah Tulangan (buah)	rho
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 A.1	3 buah
Benda uji kolom retrofit kode B.1	3 buah
Benda uji kolom retrofit kode C.1	3 buah
Benda uji kolom retrofit kode D.1	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	Tegangan	Tegangan	Tegangan
		Leleh (fy) (Mpa)	Ultimit (Mpa)	Leleh Rata-Rata (Mpa)	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	16,58
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	18,62
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	23,43
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

NO	Kode Benda Uji Kolom Asli	Kuat Tekan Beton (fc')	Kekuatan Nominal Kolom Secara Teoritis	Kekuatan Maksimum Kolom Secara Aktual
		(Mpa)	kN	kN
1	A.1	17,66	261,78	239,73
2	B.1	19,95	289,48	212,67
3	C.1	19,58	285,03	248,90
4	D.1	20,20	292,56	250,10

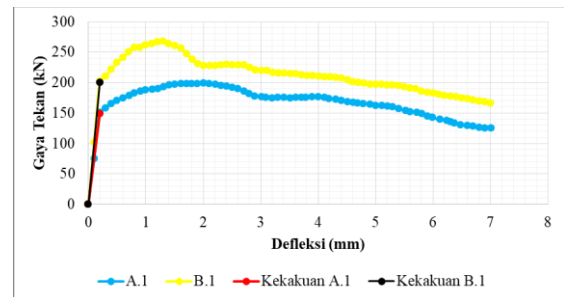
Tabel 9. Tabel hasil kuat beban aksial kolom retrofit

NO	Kode Benda Uji Kolom Retrofit	Kuat Tekan Beton (fc')	Kekuatan Nominal Kolom Secara Teoritis	Kekuatan Maksimum Kolom Secara Aktual
		(Mpa)	kN	kN
1	A.1	24,36	512,59	198,67
2	B.1	18,08	432,47	267,47
3	C.1	18,22	443,42	174,10
4	D.1	24,59	540,25	244,60

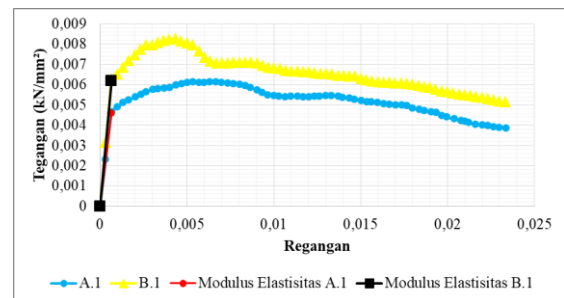
Dari pengujian kuat beban aksial kolom asli dengan kolom retrofit didapatkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom asli A.1 sebesar 239,73 kN sedangkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom retrofit A.1 sebesar 198,67 kN, apabila di persentasikan maka kolom retrofit A.1 mengalami penurunan kuat beban aksial sebesar 17,13% dari kuat beban aksial maksimum kolom asli A.1. Untuk hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom asli B.1 sebesar 212,67 kN sedangkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom retrofit B.1 sebesar 267,47 kN, apabila di persentasikan maka kolom retrofit B.1 mengalami peningkatan kuat beban aksial sebesar 25,77% dari kuat

beban aksial maksimum kolom asli B.1. Untuk hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom asli C.1 sebesar 248,9 kN sedangkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom retrofit C.1 sebesar 174,1 kN, apabila di persentasikan maka kolom retrofit C.1 mengalami penurunan kuat beban aksial sebesar 30,05% dari kuat beban aksial maksimum kolom asli C.1. Untuk hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom asli D.1 sebesar 250,1 kN sedangkan hasil kuat beban aksial maksimum pada kolom retrofit D.1 sebesar 244,6 kN, apabila di persentasikan maka kolom retrofit D.1 mengalami penurunan kuat beban aksial sebesar 2,2% dari kuat beban aksial maksimum kolom asli D.1.

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



Gambar 6. Grafik perbandingan hasil gaya tekan dan defleksi kolom retrofit A.1-B.1



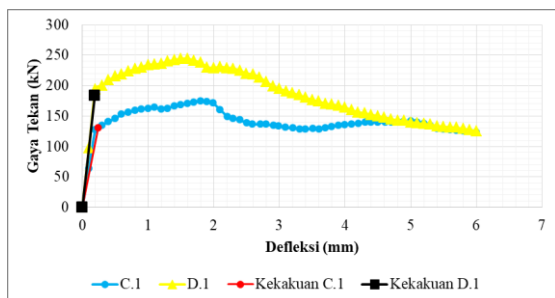
Gambar 7. Grafik perbandingan hasil modulus elastisitas kolom retrofit A.1-B.1

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

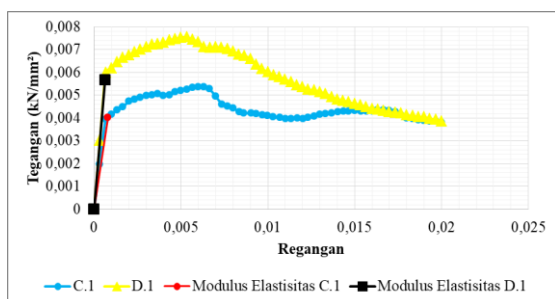
Kode Benda Uji Kolom	Perubahan Gaya Tekan Maksimum (%)	Perubahan Kekakuan (%)	Perubahan Modulus Elastisitas (%)	Perubahan Daktilitas (%)
A.1	-17,13	-9,42	-59,74	146,83
B.1	25,77	30,64	-41,94	159,68

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa 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. Peningkatan gaya tekan, kekakuan, dan daktilitas kolom retrofit B.1 lebih besar dari pada kolom retrofit C.1. Nilai modulus elastisitas kolom retrofit B.1 mengalami penurunan yang lebih kecil dari pada kolom retrofit C.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

Kode Benda Uji Kolom	Perubahan Gaya Tekan Maksimum (%)	Perubahan Kekakuan (%)	Perubahan Modulus Elastisitas (%)	Perubahan Daktilitas (%)
C.1	-30,05	-37,47	-72,21	150,30
D.1	-2,20	4,73	-53,45	100,78

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa 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. Penurunan gaya tekan, dan modulus elastisitas kolom retrofit D.1 yang lebih kecil dari pada kolom retrofit C.1. Kekakuan kolom retrofit D.1 mengalami peningkatan, sedangkan pada kolom retrofit C.1 terjadi penurunan. Namun nilai daktilitas Kolom retrofit D.1 lebih kecil daripada nilai daktilitas kolom retrofit C.1. 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.1.

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.1 dan D.1) mempunyai persentase peningkatan gaya tekan yang lebih baik dari pada kolom retrofit dengan jumlah tulangan longitudinal 4 buah (A.1 dan C.1). Peningkatan gaya tekan kolom retrofit B.1 sebesar 25,77 %, sedangkan kolom retrofit A.1

mengalami penurunan sebesar 17,13%. Penurunan gaya tekan kolom retrofit D.1 sebesar 2,20 % sedangkan kolom retrofit C.1 mengalami penurunan gaya tekan sebesar 30,05 %.

2. Dengan membandingkan kedua kolom retrofit dengan rasio tulangan yang sama, didapatkan hasil kolom retrofit dengan jumlah tulangan longitudinal 8 buah (B.1 dan D.1) mempunyai peningkatan kekakuan yang lebih baik, penurunan modulus elastisitas yang lebih kecil, dan peningkatan daktilitas yang lebih baik dari pada kolom retrofit dengan jumlah tulangan longitudinal 4 buah (A.1 dan C.1). Namun nilai daktilitas Kolom retrofit D.1 lebih kecil daripada nilai daktilitas kolom retrofit C.1. 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.1. Kolom retrofit B.1 mempunyai peningkatan kekakuan sebesar 30,64 %, penurunan modulus elastisitas sebesar 41,94 %, dan peningkatan daktilitas sebesar 159,68 %. Sedangkan kolom retrofit A.1 memiliki penurunan kekakuan sebesar 9,42 %, penurunan modulus elastisitas 59,74 %, dan peningkatan daktilitas sebesar 146,83 %. Kolom retrofit D.1 memiliki peningkatan kekakuan sebesar 4,73 %, penurunan modulus elastisitas sebesar 53,45 %, dan peningkatan daktilitas sebesar 100,78 %. Sedangkan kolom retrofit C.1 memiliki penurunan kekakuan sebesar 37,47 %, penurunan modulus elastisitas sebesar 72,21 %, dan peningkatan daktilitas sebesar 150,03 %.
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.1 dan D.1). 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. Untuk ukuran dimensi kolom retrofit diperbesar agar mudah dalam pembuatan benda uji kolom retrofit sehingga tidak ada rongga pada kolom retrofit ketika bekisting dibuka karena pada penelitian ini jarak antara kolom asli dengan kolom retrofit terlalu kecil.
2. Perlu memakai mortar dan menggunakan metode shotcrete agar proses pengecoran seragam sehingga masuknya agregat lebih mudah.
3. Sebelum melakukan pengujian, pastikan terlebih dahulu perlengkapan yang diperlukan untuk melakukan pengujian. Karena pada penelitian ini pembacaan dial pada kolom retrofit tidak dapat terbaca secara maksimum karena penampang plat yang berfungsi sebagai pembantu pembacaan dial memiliki ukuran panjang yang hampir sama dengan dimensi kolom retrofit sehingga pada saat pengujian pembacaan dial tidak terbaca secara maksimum karena pada saat kolom mengalami keruntuhan terjadi kontak antara serpihan kolom dengan dial yang mengakibatkan dial keluar dari plat pembantu sehingga kolom tidak dapat terbaca defleksi sampai batas beban runtuh yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi, A.S. 2010. *Kapasitas Lentur Balok Bambu Wulung dengan Bahan Pengisi Mortar*. Jurnal Media Teknik Sipil. Vol. IX, halaman 93-99.
- 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.
- 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.
- Kaontole, J.T., Sumajouw, M.D.J. & Windah, R.S. 2015. *Evaluasi Kapasitas Kolom Beton Bertulang yang Diperkuat dengan Metode Concrete Jacketing*. Jurnal Sipil Statik. Vol. 3 (3), halaman 167-174.
- 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.
- Mulyati. & A ,Arman. 2016. *Tinjauan Kuat Lekat Tulangan Bambu Dengan Beton*. Padang : Jurnal Momentum Vol. 18 (2), halaman 1-5.
- Mustafa, S. 2010. *Karakteristik Sifat Fisika dan Mekanika Bambu Petung pada Bambu Muda, Dewasa, dan Tua*. Yogyakarta : 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. *Beton Bertulang – Suatu Pendekatan Dasar*. Suryoatmono B, penerjemah. Bandung : PT. Refika Aditama. Terjemahan dari : Reinforced Concrete – A Fundamental Approach.
- Nurlina, S. 2008. *Struktur Beton*. Bargie Media. Malang.
- Park, R.. 1988. *Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing*. New Zealand : Departement of Civil Engineering, University of Canterbury.
- Park, R. & Paulay, T. 1974. *Reinforced Concrete Structures*. New Zealand : Departement of Civil Engineering, University of Canterbury.
- 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.
- Razvi, S. & Saatcioglu, M. 1999. *Confinement Model for High-Strength Concrete*. Journal of Structural Engineering.

- Rudiyanto, R.P., Nainggolan, C.R. & Wibowo, A. 2018. *Pengaruh Jarak Senggang Baja dari Metode Jacket Beton Bertulangan Bambu pada Kolom Bertulangan Ringan*. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil. Vol. 1 (1), 2018.
- SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton 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. 2016. *Analisa Hubungan Tegangan Regangan Pada Kolom Beton Bertulang Mutu Tinggi*. Jurnal Rekayasa Sipil. Vol. 10 (1), halaman 71-81.
- Wibowo, A., Wijatmiko, I. & Nainggolan, C.R. 2017. *Structural Behavior of Lightweight Bamboo Reinforced Concrete Slab with EPS Infill Pan*. AIP Conference Proceedings, 2017.
- 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