

# KAPASITAS LENTUR KOLOM BETON BERTULANGAN BAMBU PETUNG POLOS

Tika Retno Handayani<sup>1)</sup>, Agus Setiya Budi<sup>2)</sup>, Bambang Santosa<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta

<sup>2),3)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta

Jalan Ir. Sutami No. 36A Surakarta 57126. Telp: 0271647069

Email: tikahandayani379@yahoo.co.id

## Abstract

*Steel Reinforcement is the product of mine whose existence will someday be depleted. To overcome these problems, as an alternative effort using bamboo reinforcement that cheap and has high strength. Bamboo is a plant included Bamboidae, one member of the sub-family of grasses and it is growing very fast. This study uses an experimental method with a total of 7 samples objects. The sample used in this research is a concrete block measuring 150 x 150 x 1500 mm. The two columns using plain steel reinforcement, two columns not using any reinforcement and three others using plain Petung bamboo. Bending test performed at 28 days with third-point loading method. Value of the flexural capacity of the column using plain Petung when it's yield condition is 110,33 ton mm. The maximum flexural capacity and the failure flexural capacity of the column using plain Petung bamboo is 359,68 ton mm. The maximum axial force and axial force obtained from column without reinforcement was 1,15 to collapse ton. Column using plain Petung bamboo has maximum axial force and axial force collapse reached the 1,6 tons. Percentage increase in column axial force column using plain Petung bamboo of unreinforced column is 39,13%. Crack pattern on a block of concrete with steel reinforcement in concrete beams and bamboo with plain Petung bars are located between 1 / 3 spans the middle. Such a collapse is included in the bending collapse.*

**Keywords:** column, bamboo, reinforcement, flexural capacity.

## Abstrak

Kebutuhan baja sebagai tulangan untuk beton pada bangunan dan perumahan sangat besar. Namun baja adalah sumber daya alam yang terbatas dan akan habis. Bambu hadir sebagai alternatif tulangan pengganti baja. Bambu adalah tanaman yang termasuk *Bamboidae*, salah satu anggota sub familia rumput, pertumbuhannya sangat cepat. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan total benda uji 7 buah. Benda uji yang digunakan adalah kolom beton berukuran 150 x 150 x 1500 mm. Dua kolom menggunakan tulangan baja, dua kolom tanpa tulangan dan tiga kolom menggunakan tulangan bambu Petung polos. Uji lentur dilakukan pada umur 28 hari. Nilai kapasitas lentur kondisi leleh kolom bertulangan bambu sebesar 110,33 ton mm. Kapasitas lentur maksimum dan kapasitas lentur runtuh kolom bertulangan bambu Petung Polos sebesar 359,68 ton mm. Gaya aksial maksimum dan gaya aksial runtuh yang didapat pada kolom tanpa tulangan adalah 1,15 ton. Kolom bertulangan bambu Petung Polos memiliki gaya aksial maksimum dan gaya aksial runtuh yang dicapai yaitu 1,6 ton. Presentase kenaikan gaya aksial maksimal dan runtuh kolom bertulangan bambu Petung polos dari kolom tanpa tulangan adalah 39,13 %. Pola keruntuhan pada kolom beton dengan tulangan baja maupun pada kolom beton dengan tulangan bambu Petung polos terletak antara 1/3 bentang tengah. Keruntuhan yang demikian termasuk dalam keruntuhan lentur.

**Kata Kunci:** kolom, bambu, tulangan, kapasitas lentur.

## PENDAHULUAN

Pesatnya pertumbuhan penduduk berimbas pada kebutuhan penggunaan beton bertulang, utamanya tulangan baja sebagai komponen utama dalam pembangunan perumahan akan semakin meningkat pula. Peningkatan kebutuhan tulangan baja ini akan memicu kenaikan harga sehingga menjadi mahal dan langka. Hal tersebut dapat terjadi karena ketersediaan bahan bijih baja di alam akan semakin menipis dan suatu saat akan habis. Perlu diupayakan mencari alternatif baru pengganti tulangan baja pada beton bertulang. Alternatif lain sebagai pengganti tulangan beton tersebut diantaranya adalah bambu. Bambu merupakan produk hasil alam yang *renewable* yang dapat diperoleh dengan mudah, murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dapat mereduksi efek *global warming* serta memiliki kuat tarik sangat tinggi yang dapat dipersaingkan dengan baja (Agus Setiyabudi, 2010). Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*) adalah bambu yang amat kuat, dengan jarak ruas pendek, tetapi dengan dindingnya tebal sehingga tidak begitu liat. Garis tengah bambu Petung 80 - 130 mm, panjang batang 10 - 20 m (Frick, 2004).

## Batasan Masalah

1. Spesifikasi Bahan
  - a. Semen Portland Tipe 1 (PCC), Semen Holcim.
  - b. Tulangan menggunakan bambu petung umur rata-rata 3 tahun
  - c. Tidak memperhatikan absorpsi.
2. Spesifikasi Campuran
  - a. Faktor air semen 0,54.

- b. Perbandingan semen:pasir:kerikil adalah 1:1,86:2,19
3. Spesifikasi Pengujian
  - a. Pembuatan benda uji kolom beton bertulangan baja sebanyak 2 buah, kolom beton tanpa tulangan sebanyak 2 buah dan kolom beton bertulangan bambu petung polos sebanyak 3 buah.
  - b. *Curing* benda uji selama 28 hari.
  - c. Pengujian kapasitas lentur kolom dengan *loading frame*.

Bambu merupakan salah satu material konstruksi yang tersebar di seluruh daerah tropis dan subtropis. Penggunaan bambu secara luas telah banyak terlihat dalam berbagai bentuk konstruksi dari masa ke masa (Shupe et al, 2002). Penggunaan bambu sebagai tulangan pada kolom beton adalah salah satu alternatif pengganti tulangan baja yang ramah lingkungan. Kolom beton bertulangan bambu ini ditargetkan untuk diaplikasikan pada perumahan.

Penelitian oleh Morisco (1999), memperlihatkan kekuatan tarik bambu dapat mencapai sekitar dua kali kekuatan tarik baja tulangan. Baja tulangan dipakai sebagai pembanding dengan tegangan luluh sekitar 240 MPa yang mewakili baja beton yang banyak terdapat di pasaran. Penelitian tersebut menyatakan bahwa kuat tarik kulit bambu petung cukup tinggi yaitu hampir mencapai 500 MPa, sedang kuat tarik rata-rata bambu Petung juga lebih tinggi dari tegangan luluh baja.

Menurut Pathurahman, et al (2003), timbulnya keraguan penggunaan tulangan bambu dalam beton karena lekatan antara bambu dan semen kurang baik, selain itu bambu sangat higroskopis, sedang kandungan air pada bambu sangat mempengaruhi kembang susut, yang lebih lanjut akan mempengaruhi lekatan antara bambu dan beton. Menurut Surjokusumo, et al (1993) dan Krisnamurthy, (1990), para peneliti mengusulkan cara untuk mengatasi kelemahan tersebut dengan menggunakan bambu yang sudah tua usianya sehingga daya serap dan kelembabannya kecil dan melapisi batang bambu dengan bahan kedap air seperti vernis, cat dan cairan aspal, tetapi harus dihindari licinnya permukaan bambu akibat pemakaian bahan-bahan tersebut karena hal itu akan mengurangi daya lekat. Aplikasi sehari-hari sebagai bahan bangunan bambu sering dipasang dalam keadaan masih segar sehabis dipotong dari rumpun. Setelah terpasang pada bangunan, secara berangsur-angsur air bambu akan menguap. Prawirohatmodjo (1990) telah membuktikan bahwa pemakaian bambu segar tidak membahayakan, karena setelah bambu kering kekuatannya bahkan sedikit meningkat.

Bambu petung memiliki sifat yang keras dan baik untuk bahan bangunan. Perbanyakannya bambu petung dilakukan dengan potongan batang atau cabangnya. Dransfield dan Widjaja (1995) menambahkan bahwa bambu petung adalah bambu yang kuat, tingginya bisa mencapai 20-30 m dan diameter batang 8-20 cm. Bambu petung juga banyak digunakan untuk bahan bangunan rumah maupun jembatan. Bambu petung bisa dipanen pada umur 3-4 tahun dengan produksi sekitar 8 ton/ha. Kerapatan serat bambu petung adalah 0,8 g/cm<sup>3</sup>.

#### **Keunggulan bambu sebagai tulangan beton**

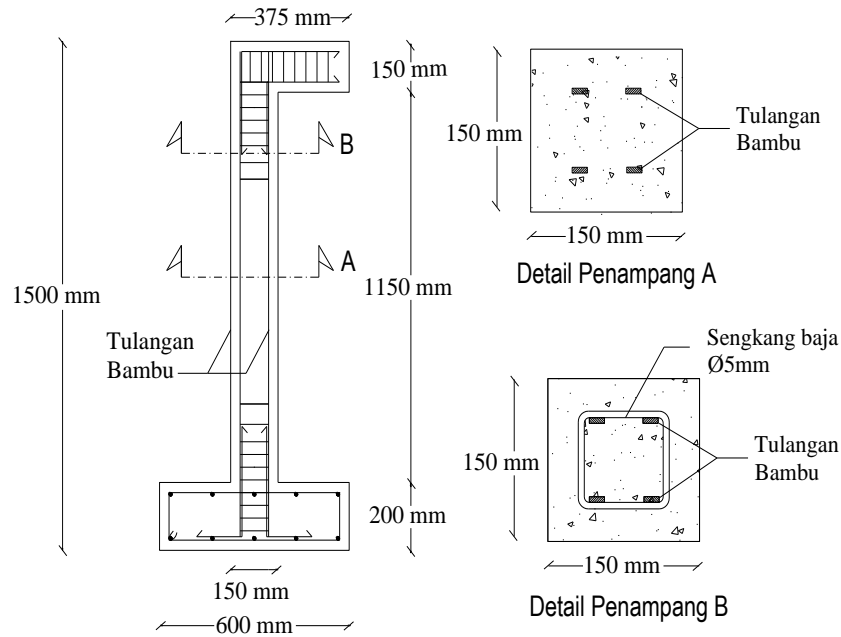
1. Bambu mudah ditanam dan dapat tumbuh di lahan basah maupun kering.
2. Bambu adalah bahan terbaharui dan murah.
3. Pertumbuhan bambu sangat cepat, bambu dengan kualitas prima dapat diperoleh pada umur 3—5 tahun.
4. Bambu menghasilkan banyak O<sub>2</sub> dan dapat berfungsi sebagai peredam suara yang baik.
5. Bentuk berongga menjadikan momen kelembaman bambu tinggi.
6. Bambu dapat tumbuh sangat cepat dan dapat dibudidayakan secara cepat serta modal dapat diputar berkesinambungan.
7. Bambu mempunyai sifat-sifat mekanika yang baik.
8. Pengerjaan bambu hanya membutuhkan peralatan yang sederhana.

#### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juli 2013 di Laboratorium Bahan dan Struktur Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil UNS. Pengujian yang dilakukan mulai dari pengujian pendahuluan bahan-bahan penyusun beton dan bambu, *trial mix design* dan pengujian kapasitas lentur kolom.

## Benda Uji

Kolom direncanakan bertulangan liat (*Underreinforced*) dan bertulangan tekan. Ukuran kolom yang digunakan untuk uji kapasitas lentur koloma dalah 150x150x1500 mm. Tiga kolom diberi dua buah tulangan bambu polos dengan penampang 10x5,03 mm, dua kolom tidak diberi tulangan, sedangkan dua kolom yang lain diberi tulangan baja dengan diameter 8 mm. Kolom diberi sengkang baja dengan diameter 5 mm pada bagian atas dan bawah masing-masing sepanjang seperempat tinggi kolom atau 375 mm. Bagian tengah kolom tidak diberi sengkang agar terjadi lentur murni. Hal ini dimaksudkan agar pada bagian tersebut tulangan yang berpengaruh hanya tulangan tarik saja dan menjadi bagian yang terlemah dari kolom uji. Kolom lalu di *curing* selama 28 hari setelah pengecoran dan diuji dengan *loading frame*.



Gambar 1. Benda uji kolom struktur

## Pengujian

Untuk memastikan mutu bambu, baja dan beton maka dilakukan uji-uji pendahuluan sebelum uji lentur. Uji pendahuluan untuk material penyusun beton antara lain uji agregat halus dan agregat kasar serta uji kuat tekan silinder beton, uji pendahuluan untuk bambu adalah uji kadar air, berat jenis, kerapatan, kuat geser sejajar serat, kuat tekan sejajar serat, kuat tarik sejajar serat, *Modulus of Rupture*(MOR) dan *Modulus of Elasticity* (MOE). Uji pendahuluan baja yaitu uji kuat tarik untuk mengetahui nilai  $f_y$  baja.

Alat yang digunakan dalam pengujian dalam pengujian kapasitas lentur adalah *loading frame*, *beban*, *tranducer*, *dial gauge* dan pompa hidraulik.

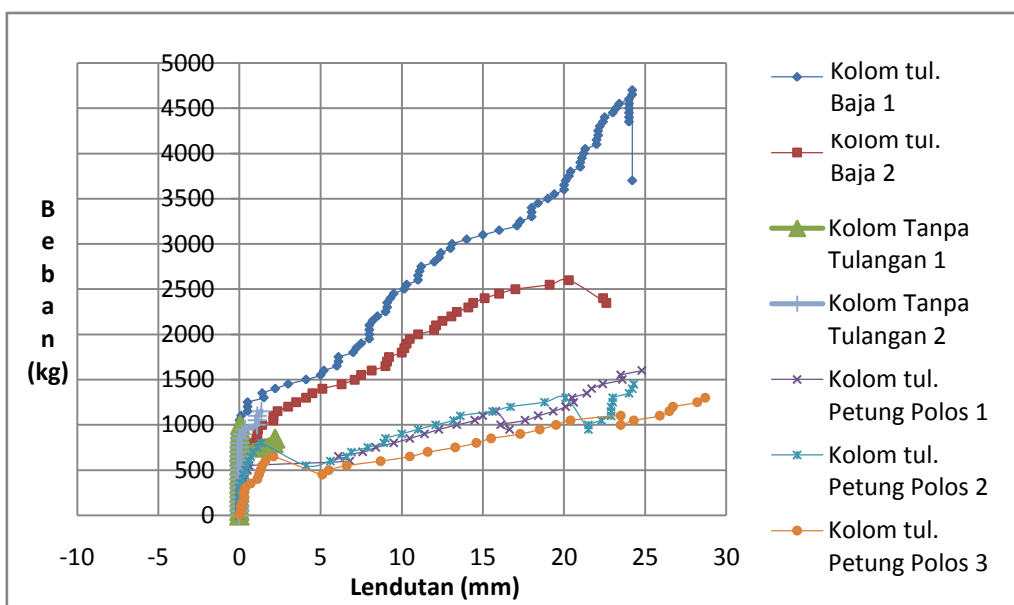


Gambar 2. Metode pengujian lentur kolom beton bertulangan Bambu Petung Polos, bertulangan Baja, dan tanpa tulangan.

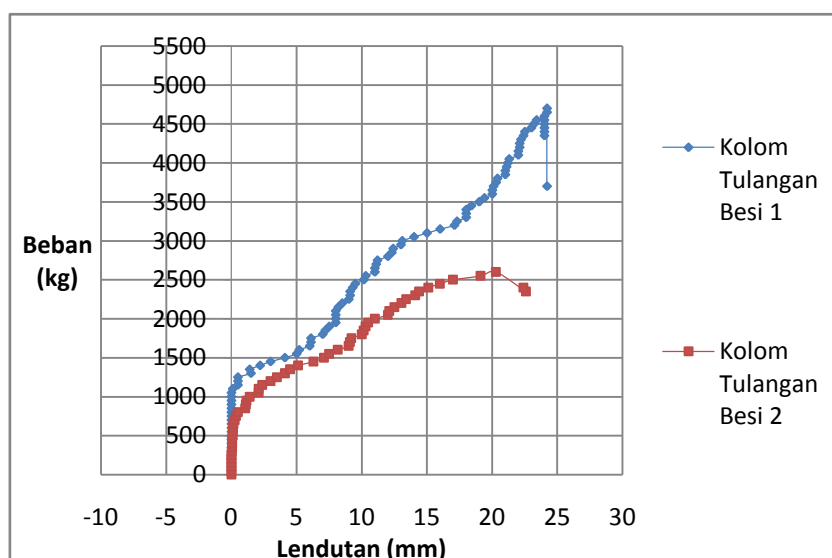
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat tekan beton rata-rata selama 28 hari sebesar 20,099 MPa. Kolom bertulangan baja dengan diameter rata-rata 7,7 mm dan luas permukaan tulangan baja 93,08 mm<sup>2</sup>, diperoleh tegangan lelehnya sebesar 460,827 MPa. Pada bambu Petung polos dengan luas penampang rata-rata 105,84 mm<sup>2</sup> didapatkan tegangan leleh sebesar 299,67 MPa. Modulus elastisitas tarik (E tarik) rata-rata dari sampel pengujian tulangan baja adalah 277812 MPa. Modulus elastisitas tarik (E tarik) rata-rata dari sampel pengujian bambu petung adalah 37513,69 MPa.

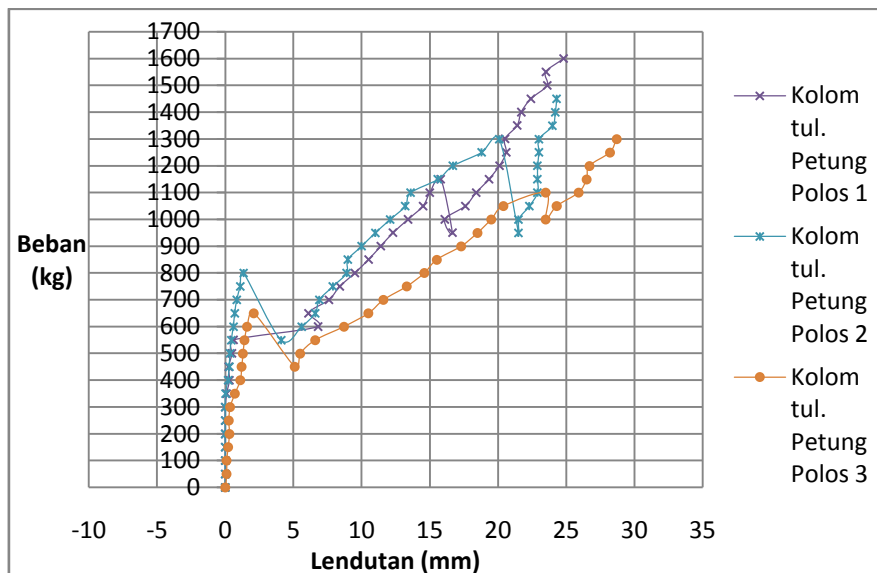
Hubungan beban dengan lendutan yang terjadi pada setiap kenaikan beban dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5 dibawah ini.



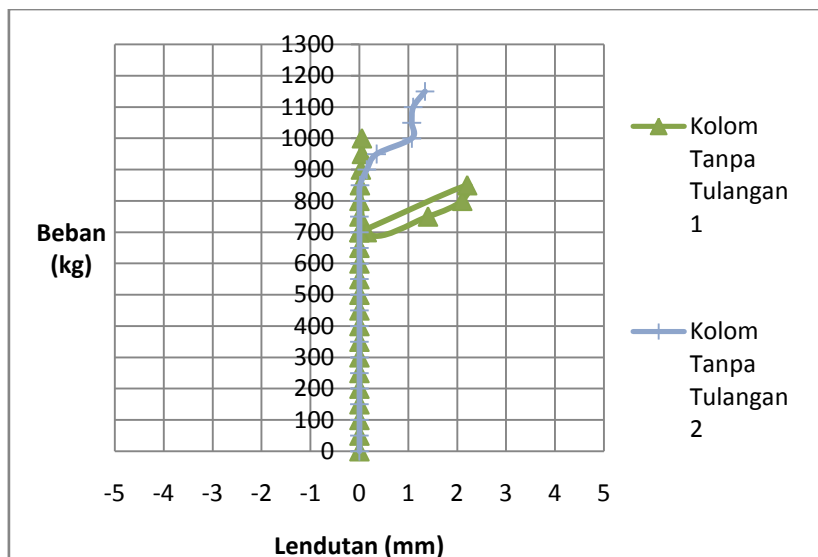
Gambar 3. Grafik perbandingan hubungan beban dan lendutan antara kolom dengan tulangan baja, tanpa tulangan dan bambu Petung polos pada dial gauge 1 (Dial atas).



Gambar 4. Grafik perbandingan hubungan beban dan lendutan antara kolom dengan tulangan baja polos pada dial gauge 1 (Dial atas).



Gambar 5. Grafik perbandingan hubungan beban dan lendutan antara kolom dengan tulangan bambu Petung polos pada *dial gauge* 1 (*Dial* atas).



Gambar 6. Grafik perbandingan hubungan beban dan lendutan antara kolom tanpa tulangan pada *dial gauge* 1 (*Dial* atas).

Tabel 1. Gaya aksial dan lendutan hasil pengujian pada kolom bertulangan baja

No	Benda Uji	P leleh (Ton)	P maks (Ton)	P runtuh (Ton)	$\Delta$ leleh (mm)	$\Delta$ maks (mm)	$\Delta$ runtuh (mm)
1	KB 1	1,4	4,7	3,7	2,2	24,2	24,2
2	KB 2	1,15	2,6	2,4	2,35	20,3	22,4

Tabel 2. Gaya aksial dan lendutan hasil pengujian pada kolom tanpa tulangan

No	Benda Uji	P maks (Ton)	P runtuh (Ton)	$\Delta$ maks (mm)	$\Delta$ runtuh (mm)
1	KTT 1	1	1	0,05	0,05
2	KTT 2	1,15	1,15	1,34	1,34

Tabel 3. Gaya aksial dan lendutan hasil pengujian pada kolom bertulangan bambu Petung polos

No	Benda Uji	P leleh (Ton)	P maks (Ton)	P runtuh (Ton)	$\Delta$ leleh (mm)	$\Delta$ maks (mm)	$\Delta$ runtuh (mm)
1	KPP 1	0,55	1,6	1,6	0,6	24,8	24,8
2	KPP 2	0,8	1,45	1,45	1,35	24,3	24,3
3	KPP 3	0,65	1,3	1,3	2,1	28,7	28,7

Data-data tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung momen lentur yang terjadi dan dihitung dengan rumus  $M=P(e+\Delta)$ . Momen hasil analisis dan beberapa momen hasil pengujian memiliki perbedaan hasil yang cukup besar. Momen hasil pengujian yang diambil untuk mewakili kolom baja dan bambu adalah momen pengujian yang paling mendekati momen analisis dari benda uji kolom yang tersedia. Hasil pengujian kapasitas lentur kolom beton bertulang dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5 berikut ini.

Tabel 4. Momen hasil pengujian dan analisis pada kolom bertulanganbaja

No	Benda Uji	Momen Analisis	Momen Hasil Pengujian (ton mm)		
		(ton mm)	M leleh	M maks	M runtuh
1	KB 1	467,97	283,08	1053,74	829,54
2	KB 2	467,97	232,70	572,78	533,76

Momen keruntuhan tarik hasil analisis pada kolom bertulangan baja adalah 467,97 ton mm. Kolom bertulangan baja dengan momen keruntuhan yang paling mendekati momen hasil analisis adalah kolom KB 2, yaitu dengan momen keruntuhan 533,76 ton mm. Jadi hasil pengujian yang diambil dari kolom bertulangan baja adalah dari kolom KB 2.

Tabel 5. Momen hasil pengujian dan analisis pada kolom bertulangan bambu Petung polos

No	Benda Uji	Momen Analisis	Momen Hasil Pengujian (ton mm)		
		(ton mm)	M leleh	M maks	M runtuh
1	KPP 1	357,102	110,33	359,68	359,68
2	KPP 2	357,102	161,08	325,24	325,24
3	KPP 3	357,102	131,37	297,31	297,31

Momen keruntuhan tarik hasil analisis pada kolom bertulangan bambu Petung adalah 357,102 ton mm. Kolom bertulangan bambu Petung dengan momen keruntuhan yang paling mendekati momen keruntuhan tarik hasil analisis adalah kolom KPP 1, yaitu dengan momen keruntuhan 359,68 ton mm. Jadi hasil pengujian yang diambil dari kolom bertulangan bambu Petung adalah dari kolom KPP 1.

Hasil perbandingan Gaya aksial pada kolom tanpa tulangan dan kolom bertulangan bambu petung polos dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Perbandingan Gaya aksial hasil pengujian pada kolom tanpa tulangan dan kolom bertulangan bambu Petung polos

Jenis Kolom	P maks (ton)	P runtuh (ton)
Tanpa Tulangan	1,15	1,15
Tulangan Bambu	1,6	1,6
Kenaikan	0,45	0,45
Presentase (%)	39,13	39,13

## SIMPULAN

Dari hasil pengujian, analisis data dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai kapasitas momen lentur kondisi leleh kolom bertulangan bambu petung polos sebesar 110,33 ton mm. Kapasitas momen lentur kondisi maksimum kolom bertulangan bambu petung polos sebesar 359,68 ton mm. Kapasitas momen lentur kondisi runtuh kolom bertulangan bambu Petung polos juga bernilai sebesar 359,68 ton mm, nilai ini lebih besar dibandingkan dengan kapasitas momen lentur hasil analisis kolom bertulangan bambu dengan keruntuhan tarik sebesar 357,102 ton mm.
- Gaya aksial maksimum dan Gaya aksial runtuh yang didapat dari kolom tanpa tulangan adalah 1,15 ton. Kolom bertulangan bambu Petung polos memiliki gaya aksial maksimum dan Gaya aksial runtuh yang dicapai yaitu 1,6 ton. Presentase kenaikan Gaya aksial kolom bertulangan bambu Petung polos dari kolom tanpa tulangan adalah 39,13 %.
- Bambu dapat memberikan kontribusi tegangan tarik kepada kolom jika dibandingkan dengan kolom tanpa tulangan. Bambu memberikan tegangan lentur pada kolom sehingga saat diberikan beban maksimum maka kolom mengalami retak-retak sebelum runtuh dan dapat menahan kolom sehingga kolom tidak patah. Kolom tanpa tulangan bersifat getas sehingga keruntuhannya tiba-tiba tanpa tanda-tanda keruntuhan.

## REKOMENDASI

Penulis memberikan rekomendasi untuk penelitian yang membahas tentang bambu sebagai tulangan beton:

- Penelitian lebih lanjut diperlukan tentang kapasitas lentur kolom beton dengan tulangan bambu polos untuk berbagai variasi jenis bambu.
- Perlu dilakukan *treatment* terhadap bambu sehingga bambu dapat mencapai kemampuan maksimalnya.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang tulangan bambu yang tidak polos atau pemberian modifikasi pada bambu, misalnya tulangan bambu yang bertakikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Agus Setiya Budi, ST, MSc, PhD dan Bapak Ir. Bambang Santosa, M.T. atas bimbingan, waktu dan bantuan sehingga dapat tugas akhir dan jurnal ini dapat selesai dengan baik. Penyusun juga mengucapkan terima kasih kepada sahabat sipil 2009 yang telah banyak membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir.

## REFERENSI

- Anonim, 1964. "Precast Concrete Element with Bamboo Reinforcement, Technical Report No.6.646, May 1964, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Missisipi.
- Anonim, 1984. "Penyelidikan Bambu Untuk Tulangan Beton", Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Anonim, 1991. "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI T-15-1991-03)", Yayasan LPMB, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Ernawati, D. 2005. Kajian Kapasitas Kolom Beton Bertulang dengan Penambahan Serat Beneser akibat Pembebanan Eksentris. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Frick, H, 2004, " Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu, Pengantar Konstruksi Bambu", Kanisius, Yogyakarta.
- Hakim.A. 1987, Pengujian Beberapa Sifat Fisika dan Mekanika Enam Jenis Bambu Dalam Kondisi Segar, Fakultas Kehutanan, UGM, Yogyakarta.
- Herawati, E.S. 2000. Tinjauan Kapasitas Momen Lentur Kolom Tampang Persegi Akibat Pembebanan Eksentrisitas Dengan Bahan Perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Plastic-Wrapping*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Istimawan, D., 1994. "Struktur Beton Bertulang", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Jansen, J.J. A. 1980. The Mechanical Properties of Bambu Used in Construction, in Lessard, G. & Chouinard, A: *Bamboo Research in Asia*, pp. 173 – 198, IDRC, Canada.

- Morisco. 1996. Bambu Sebagai Bahan Rekayasa, Pidato Pengukuhan Jabatan Lektor Kepala Madya dalam Bidang Teknik Konstruksi, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Morisco, 1999. "Rekayasa Bambu", Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Muin, R. B. "Struktur Beton Bertulang". <http://normanray.files.wordpress.com/2011/04/5-kuliah-definisi-kolom.pdf> (diakses tanggal 12 Februari 2013)
- Pathurahman dan Fajrin J, 2003. "Aplikasi Bambu Pilinan Sebagai Tulangan Balok Beton", dalam Jurnal Dimensi Teknik Sipil, Volume 5, No.1, Maret 2003, Halaman 39-44, Jurusan Teknik Sipil Fak. Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Putra, M.A. 2011. Kajian Kapasitas Lentur antara Balok dengan Tulangan Tulangan Baja Polos dan Bambu Pilinan. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Ray, N. 2011. Kolom Beton Bertulang. <http://normanray.files.wordpress.com/2011/04/8-kuliah-kolom-panjang.pdf> (diakses tanggal 19 Februari 2013)
- Setiawan, B. 2009. Kapasitas Kolom Beton Bertulang dengan Memperbesar Penampang. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Setiyabudi, A. 2010. "Tinjauan Jenis Perekat pada Balok Laminasi Bambu terhadap Keruntuhan Lentur", Prosiding Seminar Nasional "Pengelolaan Infrastruktur Dalam Menyikapi Bencana Alam", ISBN: 979-489-540-6, 1 Mei 2010.
- Sumiyanto, J. "Struktur Beton II". <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/Ir.%20Joko%20Sumiyanto,%20MT./Struktur%20Beton%20II.docx> (diakses tanggal 1 Maret 2013)
- Surjokusumo, S. dan Nugroho, N., 1993. "Studi Penggunaan bambu Sebagai Bahan Tulangan Beton", Laporan Penelitian, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Tjokrodimulyo. K. 1996. "Teknologi Beton", Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Wardhana, A.A. 2011. Kajian Kapasitas Lentur antara Balok dengan Tulangan Tulangan Baja Polos dan Bambu Polos. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.