

# KUAT LENTUR BALOK BETON TULANGAN BAMBU PETUNG VERTIKAL TAKIKAN TIDAK SEJAJAR TIPE U LEBAR 1 DAN 2 CM PADA TIAP JARAK 5 CM

Farid Ariefyanto<sup>1)</sup>, Agus Setiya Budi<sup>2)</sup>, Supardi<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

<sup>2) 3)</sup>Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

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

Email : [faridarieffyanto@gmail.com](mailto:faridarieffyanto@gmail.com)

## Abstract

Bamboo reinforcement concrete is an alternative replacement structural components of steel reinforcement concrete. In this case because bamboo has high tensile strength.

This study purposes were determined the value of flexural strength of concrete beam bamboo petung vertical reinforcement which have notches is not aligned with the u-type 1cm and 2cm wide at a distance of 5 cm. The sample used in this research is a concrete beam measuring 110 x 150 x 1700 mm with a total of 12 samples objects. The six samples using bamboo petung reinforcement with a width of notches 1 cm and six others using bamboo petung reinforcement with a width of notches 2 cm. Dimensions of the bamboo petung used is 1650 x 20 x 5 mm. The quality of concrete is planned  $f_c' = 17$  Mpa (minimum). Flexural strength test performed at 28 days by giving two point loads centered at a distance of 1/3 span of beam from the pedestal. Crack pattern on a bamboo petung reinforcement concrete beam is located plain 1/3 spans the middle and 5 % L from the edge of 1/3 spans the middle. The value of flexural strength based on the analysis of bamboo petung reinforcement concrete beam with a width of notches 1 cm is 9,509 N/mm<sup>2</sup> and bamboo petung reinforcement concrete beam with a width of notches 2 cm is 8,596 N/mm<sup>2</sup>.

**Keywords :** Bamboo Petung, Flexural Strength, Bamboo Reinforcement, Bamboo Reinforced Concrete, Bamboo Reinforcement Concrete Beam

## Abstrak

Beton bertulangan bambu merupakan komponen struktur alternatif pengganti dari beton bertulangan baja. Hal tersebut dikarenakan bambu memiliki kuat tarik yang tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat lentur pada balok beton tulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe u dengan lebar 1 cm dan 2 cm pada tiap jarak 5 cm. Benda uji yang digunakan adalah balok beton berukuran 110 x 150 x 1700 mm dengan total benda uji 12 buah. Enam buah menggunakan tulangan bambu petung dengan lebar takikan 1 cm dan enam buah menggunakan tulangan bambu petung dengan lebar takikan 2 cm. Dimensi bambu petung yang digunakan adalah 1650 x 20 x 5 mm. Mutu beton direncanakan  $f_c' = 17$  Mpa (minimal). Pengujian kuat lentur balok dilakukan pada umur 28 hari dengan memberikan dua titik beban terpusat pada 1/3 bentang balok dari tumpuan. Pola keruntuhan pada balok beton tulangan bambu petung terletak antara 1/3 bentang tengah dan 5 % L dari tepi 1/3 bentang tengah. Nilai kuat lentur berdasarkan analisis pada balok beton tulangan bambu petung dengan lebar takikan 1 cm adalah 9,509 N/mm<sup>2</sup> dan balok beton tulangan bambu petung dengan lebar takikan 2 cm adalah 8,596 N/mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci :** Bambu Petung, Kuat Lentur, Tulangan Bambu, Beton Tulangan Bambu, Balok Beton Tulangan Bambu

## PENDAHULUAN

Kebutuhan tempat tinggal bagi masyarakat Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini disebabkan karena laju pertumbuhan penduduk yang sangat pesat sehingga diperlukan rumah yang ekonomis, aman dan nyaman agar dapat dijadikan tempat tinggal. Pada era globalisasi ini hampir semua bangunan perumahan menggunakan beton dengan tulangan baja sebagai rangka bangunan seperti balok, kolom, kuda-kuda dan lain-lain. Kebutuhan akan penggunaan tulangan baja pun berbanding lurus dengan banyaknya rumah-rumah yang dibangun. Semakin banyak permintaan pembangunan akan perumahan maka semakin banyak pula kebutuhan tulangan baja yang digunakan. Padahal telah kita ketahui bahwa bahan dasar pembuatan baja adalah bijih besi dan bijih besi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, sedangkan persediaannya di alam semakin terbatas karena terus-menerus digunakan. Oleh sebab itu, harga tulangan baja pun semakin meningkat dari waktu ke waktu.

Untuk mengatasi hal tersebut, para ahli struktur telah banyak melakukan penelitian-penelitian guna mencari bahan alternatif pengganti tulangan baja pada beton bertulang. Salah satunya seperti yang dilakukan oleh Morisco (1996) yang memanfaatkan bambu sebagai tulangan pada beton. Berdasarkan hasil penelitiannya, bambu sebagai alternatif tulangan pada beton memiliki kuat tarik yang tinggi mendekati dua kali kuat tarik baja.

Penelitian sebelumnya mengenai kuat lentur balok beton tulangan bambu juga pernah dilakukan oleh Dimas Andrian (2014) dengan judul Kajian Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulangan Bambu Petung Takikan Tipe V dengan Jarak Takikan 6 dan 7 cm. Salah satu hasil penelitian tersebut yaitu membandingkan kuat lentur antara balok beton tulangan baja  $\varnothing$  8 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat lentur pada benda uji balok bertulangan bambu petung tipe V jarak takikan 6 cm mendapat rata-rata sebesar 9,776 N/mm<sup>2</sup> dan pada balok bertulangan bambu petung tipe V jarak takikan 7 cm mendapat rata-rata sebesar 8,427 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan untuk balok bertulangan bambu tulangan baja  $\varnothing$  8 mm mendapat rata-rata sebesar 12,235 N/mm<sup>2</sup>.

Maka dari itu dengan melihat kondisi-kondisi yang telah disebutkan seperti diatas, maka penyusun akan melakukan penelitian untuk mengkaji kuat lentur balok beton tulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe U lebar 1 dan 2 cm pada tiap jarak 5 cm.

### Bambu

Bambu merupakan bahan konstruksi yang banyak dimanfaatkan sebagai komponen bangunan seperti seperti tiang, atap, kuda-kuda, tangga, perabotan rumah tangga dan lain-lain. Nilai tambah bambu semakin bertambah dengan melihat pada pertumbuhannya yang sangat cepat dan sangat mudahnya didapatkan di seluruh wilayah Indonesia. Di samping itu, bambu juga memiliki kekuatan yang cukup baik. Hal ini dibuktikan dalam penelitian yang dilakukan oleh Morisco (1999) mengenai sifat mekanika bambu yang menunjukkan bahwa kuat tarik bambu ori dan petung dengan baja struktur bertegangan leleh 2400 kg/cm<sup>2</sup> mewakili baja beton yang banyak terdapat di pasaran, dilaporkan kuat tarik kulit bambu petung cukup tinggi yaitu hampir mencapai 3000 kg/cm<sup>2</sup> melebihi tegangan leleh baja struktur 2400 kg/cm<sup>2</sup>. Menurut Liese (1980), bambu tanpa pengawetan hanya dapat bertahan kurang dari 1-3 tahun jika langsung berhubungan dengan tanah dan tidak terlindung terhadap cuaca. Bambu yang terlindung terhadap cuaca dapat bertahan lebih dari 4-7 tahun. Tetapi untuk lingkungan yang ideal, sebagai rangka, bambu dapat bertahan lebih dari 10-15 tahun. Dengan demikian untuk bambu yang diawetkan akan dapat bertahan lebih dari 15 tahun.

### Beton

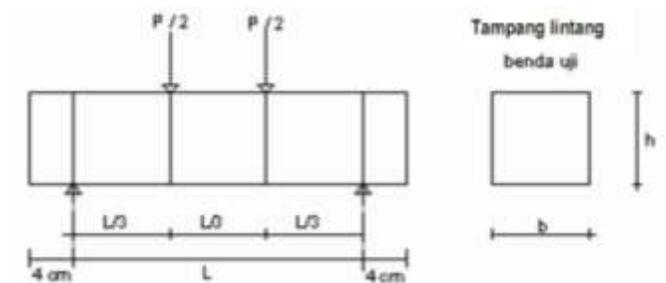
Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (SNI 03-2847-2002). Pada proses pengerasan, pasta semen dan agregat halus (pasir) akan membentuk mortar yang akan menutup rongga-rongga antara agregat kasar (kerikil atau batu pecah), sedangkan pori-pori antara agregat halus diisi oleh pasta semen yang merupakan campuran antara semen dengan air sehingga butiran-butiran agregat saling terikat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak/padat.

### Kuat Lentur Balok

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 4431-2011).



**Gambar 1.** Benda Uji, Perletakan dan Pembebanan (SNI 4431-2011).



**Gambar 2.** Garis-Garis Perletakan dan Pembebanan (SNI 4431-2011)

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam metode pengujian kuat lentur beton dengan 2 titik pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton seperti Gambar 3, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$\sigma_1 = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots (1)$$



**Gambar 3.** Balok patah pada 1/3 bentang tengah (SNI 4431-2011).

2. Untuk Pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan seperti Gambar 4, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

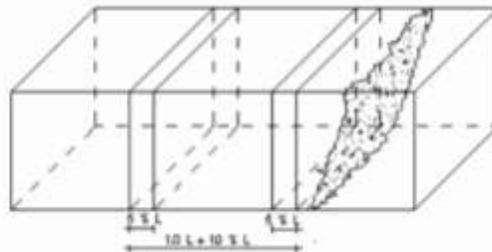
$$\sigma_1 = \frac{3.P.a}{b.h^2} \dots\dots\dots (2)$$



**Gambar 4.** Balok yang patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada kurang dari 5% dari bentang tengah (SNI 4431-2011).

- Dengan :
- $\sigma_1$  = Kuat lentur benda uji (MPa)
  - $P$  = Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji ( pembacaan dalam ton sampai 3 angka dibelakang koma)
  - $L$  = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)
  - $b$  = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
  - $b$  = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)
  - $a$  = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang (m).

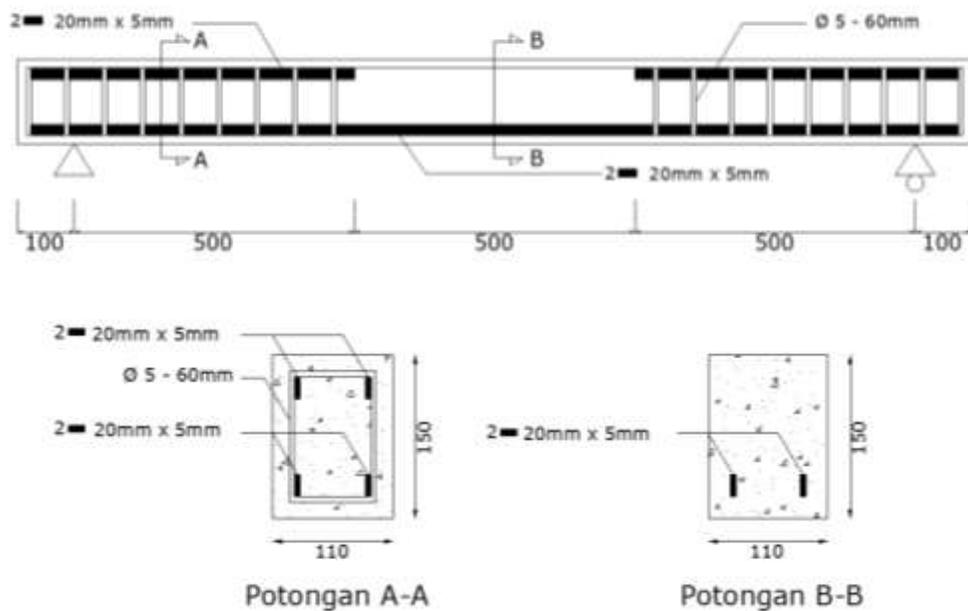
Catatan : Untuk benda uji yang patahnya di luar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan.



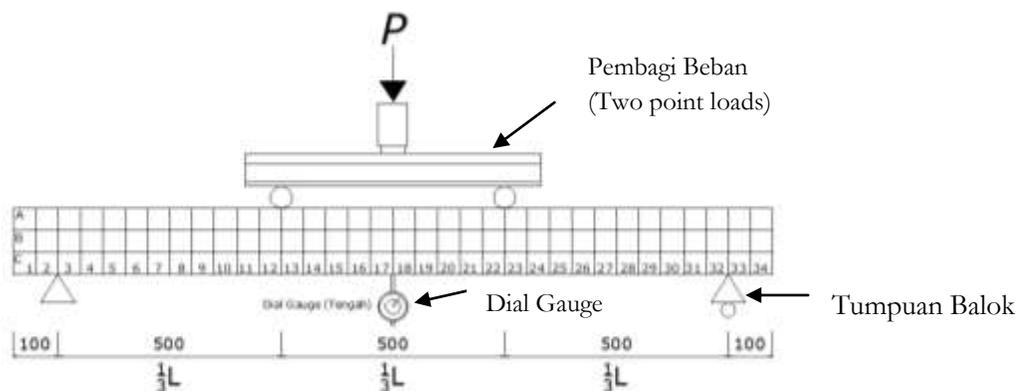
**Gambar 5.** Balok yang patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada kurang dari 5% dari bentang tengah (SNI 4431-2011).

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian karakteristik bambu, pengujian bahan dasar beton (agregatkasar dan halus), pengujian kuat tarik baja, kuat tekan silinder beton dan kuat lentur balok tulangan bambu. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk balok berjumlah 12 buah dengan dimensi  $P = 1700$  mm,  $L = 110$  mm,  $T = 150$  mm seperti Gambar 6, yang ditanam tulangan bambu petung pipih bertakikan U dengan dimensi  $P = 1650$  mm,  $L = 20$  mm dan  $T = 5$  mm dengan jarak takikan 50 mm tidak sejajar. Dimana untuk 6 buah benda uji pertama digunakan lebar takikan 10 mm, dan 6 buah benda uji selanjutnya digunakan lebar takikan 20 mm. Pengujian kuat lentur balok dilakukan saat beton berumur 28 hari dengan skema pengujian seperti gambar 7.



Gambar 6. Detail benda uji balok tulangan bambu petung



Gambar 7. Skema pengujian kuat lentur

### Tahap Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

a. Tahap Persiapan

Tahap ini dilakukan pengadaan material-material yang akan digunakan dalam penelitian, antara lain bambu petung, agregat dan semen. Untuk material bambu yang digunakan yaitu bambu jenis petung dengan usia diatas 2,5 tahun. Bagian bambu yang digunakan sebagai bahan uji adalah bagian yang berjarak 1,5 m dari rumpun dan diambil sepanjang 4 meter.

b. Uji Pendahuluan

Tahap ini meliputi pengujian karakteristik bambu dan bahan dasar beton. Untuk pengujian karakteristik bambu terdiri dari uji kadar air, kerapatan, kuat tarik sejajar serat, kuat tekan sejajar serat, kuat geser sejajar serat, *MOR (Modulus of Elasticity)* dan *MOE (Modulus of Rapture)*. Untuk pengujian bahan dasar beton dilakukan pada agregat

halus dan kasar. Pengujian agregat halus meliputi pengujian gradasi, kadar lumpur, kadar zat organik dan *specific gravity*, sedangkan Pengujian agregat kasar meliputi pengujian gradasi, abrasi dan *specific gravity*.

c. Rancang campur beton (*Mix Design*)

Dalam menentukan proporsi campuran beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal). Hasil perhitungan kebutuhan bahan untuk 1 m<sup>3</sup> beton dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

**Tabel 1.** Hasil perhitungan bahan untuk 1 m<sup>3</sup> beton

Berat			
Air (lt)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)
195	325	732	1098

Kuat tekan rancang campur beton dilakukan pada saat silinder beton berumur 28 hari.

d. Pembuatan benda uji balok

Bambu petung yang telah disiapkan dipotong kemudian dibilah-bilah sesuai kebutuhan penelitian dengan ukuran 1650 x 20 x 5 mm dan bagian yang digunakan adalah bagian kulit bambunya. Bambu yang telah berbentuk tulangan kemudian direndam dalam air yang diberi zat borak dan asam borik dengan perbandingan 3:2 konsentrasi 10 % selama 5 hari lalu dikeringkan dengan diangin-anginkan selama 7 hari. Selanjutnya, tulangan bambu dibuat takikan tidak sejajar lebar 1 cm dan 2 cm dengan jarak 5 cm. Tulangan bambu yang telah ditakik kemudian dirangkai dengan tulangan sengkang 5 mm seperti Gambar 6. Bekisting dibuat dengan dimensi bagian dalam  $P = 1700$  mm,  $L = 110$  mm dan  $T = 150$  mm. Setelah jadi, permukaan dalam bekisting diolesi dengan oli lalu tulangan yang telah dirangkai dimasukkan. Material beton ditimbang sesuai kebutuhan rancang campur. Setelah semua material beton siap, kemudian dimasukkan ke dalam *mollen* untuk diaduk. Setelah campuran dirasa homogen, dilakukan uji *slump*. Beton segar yang telah diaduk dan diuji *slump*, dituang ke dalam bekisting yang telah dimasuki rangkaian tulangan bambu tadi, kemudian dipadatkan menggunakan batang besi dengan cara ditusuk-tusuk. Setelah dipadatkan, permukaan beton kemudian diratakan. Bekisting yang telah selesai dicor ditinggalkan selama kurang lebih 24 jam. Setelah 24 jam, bekisting dapat dibongkar dan dilakukan *curing* dengan menggunakan karung basah yang diselipkan ke beton serta disiram secara berkala selama 7 hari, kemudian balok beton ditinggalkan selama 28 hari terhitung semenjak hari pengecoran dilakukan.

e. Pengujian kuat lentur balok

Sebelum diuji, balok dicat warna putih terlebih dahulu di kedua sisinya. Kemudian digambar kotak – kotak untuk mengetahui retakan yang terjadi pada benda uji balok pada saat uji kuat lentur dilakukan. Selanjutnya, balok diuji kuta lentur dengan skema pengujian seperti Gambar 7.

f. Pembahasan dan analisis data hasil pengujian.

Analisis data hasil pengujian dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian pendahuluan terhadap material yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Kadar air dan kerapatan bambu petung didapat sebesar 6,973 % dan 1,2336 gram/cm<sup>3</sup>
- Kuat geser sejajar serat bambu petung sebesar 3,515 N/mm<sup>2</sup>, kuat tekan sejajar serat sebesar 43,770 N/mm<sup>2</sup>
- Kuat tarik leleh dan maksimum sejajar serat internodia masing-masing sebesar 103,09 dan 233,01 N/mm<sup>2</sup>
- Kuat tarik leleh dan maksimum sejajar serat nodia masing-masing sebesar 93,47 dan 195,87 N/mm<sup>2</sup>
- Modulus elastisitas internodia sebesar 3689,08 N/mm<sup>2</sup>, modulus elastisitas nodia sebesar 3410,88 N/mm<sup>2</sup>
- Nilai *MOR* posisi vertikal, horisontal (kulit diatas) dan horisontal (kulit dibawah) berturut-turut didapat sebesar 64,995 N/mm<sup>2</sup>; 156,793 N/mm<sup>2</sup> dan 111,962 N/mm<sup>2</sup>. Untuk nilai *MOE* posisi vertikal, horisontal (kulit diatas) dan horisontal (kulit dibawah) berturut-turut didapat sebesar 1894,17 N/mm<sup>2</sup>; 23445,09 N/mm<sup>2</sup> dan 25692,65 N/mm<sup>2</sup>.
- Kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari sebesar 23,88 N/mm<sup>2</sup>

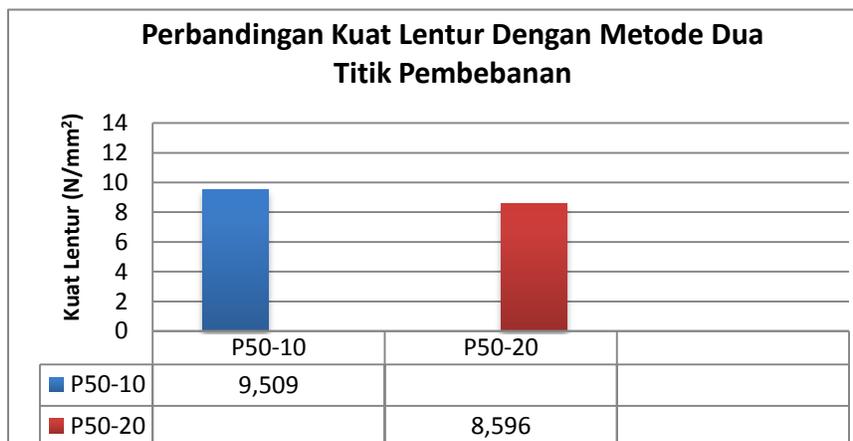
### Pengujian Kuat Lentur Balok Tulangan Bambu Petung Vertikal Takikan

Pengujian kuat lentur dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan menggunakan alat *Loading Frame*. Pengujian dilakukan dengan meletakkan benda uji berbentuk balok diatas 2 tumpuan yang sejajar, kemudian membebaninya dengan sistem pembebanan 2 titik pembebanan merata (*Two Point Loading*) yang diletakkan sepertiga bentang tengah. Data lendutan didapat dengan mencatat posisi jarum pada *dial gauge* berskala 0,01 mm yang diletakkan di tengah bentang pada setiap penambahan beban sebesar 0,5 kN yang diberikan.

**Tabel 2.** Hasil Hitungan Kuat Lentur Balok Beton Metode Dua Titik Pembebanan

No	Kode Benda Uji	Posisi Runtuh	P Maks		Kuat Lentur Balok	
			(N)	(kg)	Hasil (N/mm <sup>2</sup> )	Rerata (N/mm <sup>2</sup> )
1	P50-10-1	1/3 bentang tengah	19200	1959.18	11,636	
2	P50-10-2	5 % L dari tepi 1/3 bentang tengah	15200	1551.02	8,014	
3	P50-10-3	1/3 bentang tengah	14700	1500	8,909	
4	P50-10-4	1/3 bentang tengah	18700	1908.17	11,333	9,509
5	P50-10-5	5 % L dari tepi 1/3 bentang tengah	14700	1500	7,573	
6	P50-10-6	5 % L dari tepi 1/3 bentang tengah	17200	1755.10	9,590	
7	P50-20-1	1/3 bentang tengah	14200	1448.98	8,606	
8	P50-20-2	1/3 bentang tengah	15700	1602.04	9,515	
9	P50-20-3	1/3 bentang tengah	14200	1448.98	8,606	
10	P50-20-4	1/3 bentang tengah	13700	1397.96	8,303	8,596
11	P50-20-5	5 % L dari tepi 1/3 bentang tengah	13700	1397.96	7,639	
12	P50-20-6	1/3 bentang tengah	14700	1500	8,909	

Keterangan : P50-10 = Balok Bertulang Bambu Petung Vertikal Takikan Tidak Sejajar Tiap Jarak 50 cm Dengan Lebar 10 mm  
P50-20 = Balok Bertulang Bambu Petung Vertikal Takikan Tidak Sejajar Tiap Jarak 50 cm Dengan Lebar 20 mm



**Gambar 9.** Grafik Perbandingan Rerata Kuat Lentur Metode Dua Titik Pembebanan

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium didapatkan nilai rerata P maksimum pada balok bertulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe U dengan lebar takikan 10 mm sebesar 16616,667 N atau setara 1695,578 kg, sedangkan untuk balok bertulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe U dengan lebar takikan 20 mm sebesar 14366,667 N atau setara 1465,986 kg. Kuat lentur rerata untuk balok bertulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe U dengan lebar takikan 10 mm sebesar 9,509 N/mm<sup>2</sup> dan kuat lentur rerata untuk balok bertulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe U dengan lebar takikan 20 mm sebesar 8,596 N/mm<sup>2</sup>. Dengan demikian, kuat lentur balok beton bertulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe U dengan lebar takikan 20 mm lebih lemah sebesar 90,40 % dari Kuat lentur balok beton bertulangan bambu petung takikan tidak sejajar tipe U dengan lebar takikan 10 mm.

### **Pola Keruntuhan Balok Beton Bertulangan Bambu Petung**

Pada penelitian ini pola keruntuhan balok yang terjadi yaitu runtuh pada 1/3 bentang tengah seperti pada Gambar 3 dan 5 % L dari tepi 1/3 bentang tengah seperti pada Gambar 4. Dengan demikian, semua benda uji balok mengalami lentur murni.

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

- a. Bambu petung yang digunakan memiliki karakteristik sifat fisika kerapatan rerata sebesar 1,2336 gram/cm<sup>3</sup> pada kadar air rerata 6,9733%. Berdasarkan pengujian sifat mekanika, bambu petung pada penelitian ini memiliki kuat geser sejajar serat rerata sebesar 3,515 N/mm<sup>2</sup>, kuat tekan sejajar serat rerata sebesar 43,770 N/mm<sup>2</sup>, kuat tarik sejajar serat internodia leleh dan maksimum masing-masing sebesar 103,09 dan 233,01 N/mm<sup>2</sup>, kuat tarik sejajar serat nodia leleh dan maksimum masing-masing sebesar 93,47 dan 195,87 N/mm<sup>2</sup>, modulus elastisitas internodia rerata sebesar 3689,08 N/mm<sup>2</sup>, modulus elastisitas nodia rerata sebesar 3410,88 N/mm<sup>2</sup>, MOR dan MOE posisi vertikal didapat sebesar 64,995 dan 1894,17 N/mm<sup>2</sup>, MOR dan MOE posisi kulit di atas didapat sebesar 156,793 dan 23445,09 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan MOR dan MOE posisi kulit di bawah didapat sebesar 111,962 dan 25692,65 N/mm<sup>2</sup>.
- b. Kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari sebesar 23,88 N/mm<sup>2</sup>.
- c. Hasil pengujian menunjukkan P maksimum rerata pada balok bertulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe U dengan lebar takikan 10 mm sebesar 16616,667 N atau setara 1695,578 kg, sedangkan untuk balok bertulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe U dengan lebar takikan 20 mm sebesar 14366,667 N atau setara 1465,986 kg.
- d. Kuat lentur rerata untuk balok bertulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe U dengan lebar takikan 10 mm sebesar 9,509 N/mm<sup>2</sup> dan kuat lentur rerata untuk balok bertulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe U dengan lebar takikan 20 mm sebesar 8,596 N/mm<sup>2</sup>.
- e. Kuat lentur balok beton bertulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe U dengan lebar takikan 20 mm lebih lemah sebesar 90,40 % dari Kuat lentur balok beton bertulangan bambu petung takikan tidak sejajar tipe U dengan lebar takikan 10 mm.
- f. Pola keruntuhan balok yang terjadi yaitu runtuh pada 1/3 bentang tengah seperti pada Gambar 3 dan 5 % L dari tepi 1/3 bentang tengah seperti pada Gambar 4. Dengan demikian, semua benda uji balok mengalami lentur murni.

### **REFERENSI**

- Anonim, (2000). "*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000)*". Jakarta.
- Anonim, (2002). "*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penjelasan (S-2002)*". Surabaya.
- Anonim, (2004). "*Semen Portland (SNI 15-2049-2004)*". Jakarta.
- Anonim, (2011). "*Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan (SNI 4431-2011)*". Jakarta

- Andrian, D. (2014). "*Kajian Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulangan Bambu Petung Takikan Tipe V dengan Jarak Takikan 6 dan 7 cm*", Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Arifin. (2007), "Treatment Material", (2007), Brosur Produk Bio Chemical Indonesia, Yogyakarta.
- Frick, H. (2004). "Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu, Pengantar Konstruksi Bambu", Kanisius, Yogyakarta.
- Ghavami K. (2004). "Bamboo as reinforcement in structural concrete elements" Department of Civil Engineering, Pontificia Universidade Catolica, PUC-Rio, Rua Marques de São Vicente 225, 22453-900 Rio de Janeiro, Brazil.
- Janssen, J. (1987). "The Mechanical Properties of Bamboo" : 250-256. In Rao, A.N., Dhanarajan, and Sastry, C.B., Recent Research on Bamboos, The Chinese Academy of Forest, People's Republic of China, and IDRC, Canada.
- Kurniawan, D (2013). "*Kajian Kuat Lentur Dan Kuat Lekat Balok Beton Bertulangan Bambu Wulung Polos*", e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Liese, W. (1980). "*Preservation of Bamboo*", Universitas Hamburg, Jerman.
- 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.
- Surjokusumo, S. dan Nugroho, N. (1993). "Studi Penggunaan bambu Sebagai Bahan Tulangan Beton", Laporan Penelitian, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Susilaning, L. dan Suheryanto D. (2012). "Pengaruh Waktu Perendaman Bambu dan Penggunaan Borak-Borik Terhadap Tingkat Keawetan Bambu", Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNASTI) Periode III, Yogyakarta.