

# KAJIAN KAPASITAS LENTUR BALOK BETON BERTULANGAN BAMBU PETUNG DENGAN TAKIKAN SEJAJAR

Zainuddin Indra Himawan<sup>1)</sup>, Agus Setiya Budi<sup>2)</sup>, Edy Purwanto<sup>3)</sup>

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

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

Jalan Ir. Sutami No. 36 A Kentingan, Surakarta.

Email : zain\_muslim@yahoo.com

## Abstract

*Bamboo is an alternative substitution for steel bone with various advantages. Bamboo have high tensile strength, cheap, and renewed. Reinforcement Models of bamboo which used in the experiment given the notch on the bone edge. It aimed to improve the adhesiveness of bamboo and concrete just like that used in steel deformed bar. This study aimed to find out the elasticity strength of petung bamboo-boned concrete beam with aligned notch in normal concrete. The tested material was concrete beam 1700 mm in length, 100 mm in width, and 150 mm in height. The testing was conducted using four-point loading. The smooth steel bone used was 10 mm in diameter. The bamboo used was the bone was petung bamboo aged above 2.5 years in air dry condition and water level less than 30% deriving from Jatipuro area of Karanganyar. The notching treatment on the bamboo reinforcement was the aligned one on bone edge with the notch's dimension of 6 mm, depth of 3mm and notches space of 100 mm. The result of examination on the concrete beam tested object with 10 mm-diameter smooth steel bone obtained the elasticity value of 488.1684 kg-m and the prior analysis calculation of 386.912kg-m. The result of examination on the concrete beam tested object with petung bamboo bone with nonaligned notch obtained the elasticity value of 161.8193 kg-m and the prior analysis calculation of 115.961kg-m.*

**Keywords:** concrete, elasticity strength, petung bamboo, bamboo reinforcement, notch

## Abstrak

Bambu merupakan alternatif pengganti tulangan baja yang memiliki berbagai kelebihan. Bambu selain kuat tariknya tinggi, murah, dan juga dapat diperbarui. Model tulangan bambu yang digunakan dalam penelitian diberi takikan di kedua sisinya. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kuat lekat antara bambu dan beton seperti pada penggunaan tulangan baja ulir (steel deformed bar). Penelitian bertujuan untuk mengetahui kapasitas kuat lentur balok beton bertulangan bambu petung dengan takikan sejajar pada beton normal. Benda uji penelitian berupa balok beton dengan dimensi panjang 1700 mm, lebar 100 mm dan tinggi 150 mm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode four point loading. Tulangan baja polos yang digunakan berdiameter 10 mm. Bambu yang digunakan sebagai tulangan adalah bambu Petung berumur diatas 2,5 tahun dalam kondisi kering udara dengan kadar air dibawah 30% yang berasal dari daerah Jatipuro, Karanganyar. Tulangan bambu diberi takikan berupa takikan sejajar pada sisi tulangan dengan dimensi panjang takikan 6 mm, kedalaman 3 mm dan jarak antar takikan 100 mm. Hasil pengujian benda uji balok beton dengan tulangan baja polos diameter 10 mm memperoleh nilai kapasitas lentur rata-rata sebesar 488,1684 kg-m dan didapat hasil perhitungan analisis awal sebesar 386,912kg kg-m. Hasil pengujian benda uji balok beton dengan tulangan bambu petung dengan takikan tidak sejajar memperoleh nilai kapasitas lentur rerata sebesar 115,961kg-m dan didapat hasil perhitungan analisis awal sebesar 161,8193 kg-m.

**Kata Kunci :** beton, kapasitas lentur, bambu Petung, tulangan, takikan.

## PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu pilihan bahan konstruksi bangunan sipil yang telah dikenal luas disamping bahan lain seperti kayu ataupun baja. Penggunaan beton sebagai bahan konstruksi dikarenakan beton memiliki beberapa kelebihan yaitu tegangan desak yang tinggi, menggunakan bahan-bahan lokal kecuali semen portland, serta ketahanannya yang baik terhadap cuaca dan lingkungan sekitar. Beton juga memiliki kelemahan yaitu mempunyai kekuatan tarik yang rendah. Penggunaan beton selalu dipadukan dengan bahan yang mempunyai kuat tarik yang tinggi untuk mengatasi kuat tarik yang rendah, misal baja. Beton dengan tulangan baja adalah perpaduan yang kuat, sehingga beton bertulang banyak digunakan sebagai bahan bangunan.

Semakin pesatnya pertumbuhan penduduk maka kebutuhan penggunaan beton bertulang dalam pembangunan perumahan dan fasilitas penunjang lainnya akan semakin meningkat pula. Penggunaan tulangan baja sebagai salah satu bahan konstruksi semakin meningkat sedangkan ketersediaan bahan penyusunnya di alam terbatas. Perlu upaya menggunakan alternatif pengganti tulangan baja pada beton. Pemilihan bambu sebagai alternatif pengganti tulangan baja didasarkan pada produk hasil alam yang *renewable* yang dapat diperoleh dengan mudah, murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dapat mereduksi efek *global warming* serta memiliki kuat tarik cukup tinggi (Setiya Budi, A.,2010).

Kuat tarik bambu dapat mencapai 1280 kg/cm<sup>2</sup> (Morisco, 1999). Kekuatan tarik bambu sejajar serat berkisar 200 - 300 MPa, kekuatan lentur rata-rata 84 MPa dan modulus elastisitas 200.000 MPa. Bambu mempunyai ketahanan

terhadap lentur. Hal ini dikarenakan bambu memiliki serat yang sejajar. Serat tersebut memungkinkan bambu menahan lendutan yang lebih besar. Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kapasitas lentur bambu sebagai tulangan semakin banyak, sehingga semakin menarik untuk diteliti. Masalah dimensi bambu, model tulangan, besar bidang kontak tulangan, dan perlakuan bambu sebelum digunakan sebagai tulangan harus diperhatikan karena akan mempengaruhi hasil dari penelitian.

## TINJAUAN PUSTAKA

Janssen, JAA (1988) dalam Morisco (1999) memberikan rekomendasi tentang keunggulan bambu sebagai berikut:

- Bambu dapat tumbuh sangat cepat dan dapat dibudidayakan secara cepat serta modal dapat diputar berkesinambungan.
- Bambu mempunyai sifat-sifat mekanika yang baik.
- Pengerjaan bambu hanya membutuhkan peralatan yang sederhana.
- Kulit luar bambu mengandung banyak silika yang membuat bambu terlindungi.

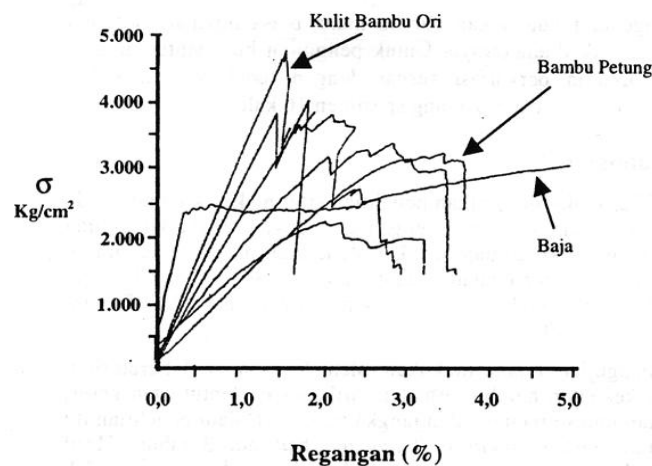
Beton merupakan bahan gabungan yang terdiri dari agregat kasar (batu pecah atau kerikil) dan agregat halus (pasir) yang dicampur semen sebagai bahan perekatnya dan air sebagai bahan pembantu untuk keperluan untuk reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (chemical admixture) atau bahan pengisi tertentu bila diperlukan (Neville, 1987).

Beton mempunyai kekuatan tekan yang cukup besar, namun sangat lemah terhadap tarik. Karena itu penggunaan beton selalu dipadukan dengan bahan yang mempunyai kuat tarik tinggi yaitu baja. Beton dengan tulangan baja adalah perpaduan yang sangat kuat, sehingga beton bertulang banyak digunakan sebagai bahan bangunan (Pathurahman, 2003).

## DASAR TEORI

### a) Bambu

Penelitian oleh Morisco (1999) memperlihatkan kekuatan tarik bambu dapat mencapai sekitar dua kali kekuatan tarik baja tulangan. Baja tulangan beton dengan tegangan luluh sekitar 240 MPa digunakan sebagai pembandingan yang mewakili baja beton yang banyak terdapat di pasaran. Penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik kulit bambu ori cukup tinggi yaitu hampir mencapai 500 MPa, sedang kuat tarik rerata bambu Petung juga lebih tinggi dari tegangan luluh baja, hanya satu spesimen yang mempunyai kuat tarik lebih rendah dari tegangan luluh baja. Hasil uji ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram tegangan-regangan bambu dan baja  
(Sumber: Morisco, 1999)

Perancangan campuran beton normal pada penelitian ini menggunakan metode perancangan cara Inggris (*The British Mix Design Method*). Bahan pembentuk beton yang digunakan untuk penelitian ini, sebelumnya perlu dilakukan uji pendahuluan agar dapat mengetahui sifat karakteristiknya. Pengujian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui sifat fisika dan mekanika bahan berdasarkan ASTM dan disesuaikan dengan spesifikasi bahan yang ditentukan ASTM.

Tabel 1. Tegangan tarik bambu tanpa nodia kering oven

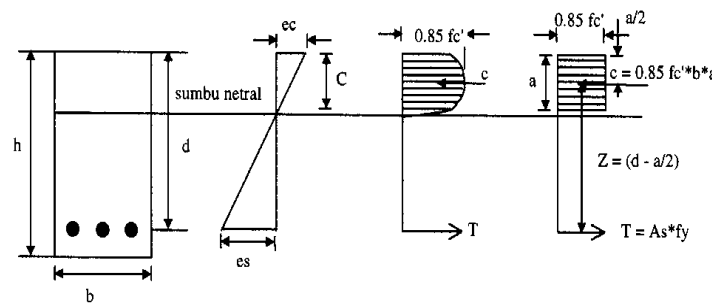
Jenis bambu	Tegangan tarik (MPa)	
	Bagian dalam	Bagian luar
Ori	164	417
Petung	97	285
Wulung	96	237

(Sumber: Morisco, 1999)

b) Balok

Menurut Istimawan (1994), pendekatan dan pengembangan metode perencanaan kekuatan didasarkan atas anggapan-anggapan sebagai:

1. Prinsip Navier - Bernoulli tetap berlaku.
2. Tegangan beton dapat disederhanakan menjadi tegangan kotak
3. Kuat tarik beton diabaikan (tidak diperhitungkan) dan seluruh gaya tarik dilimpahkan kepada tulangan.



Gambar 2. Tegangan beton yang disederhanakan menjadi tegangan kotak  
Sumber : Istimawan (1994)

Dari gambar 2, dicari tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen sebagai berikut:

- $a = \beta * C$  ..... [1]
- $T = Asb * fy$  ..... [2]
- $Mn_{analisis} = T*(d - a/2)$  ..... [3]
- $Mr = \Phi * Mn$  ..... [4]

Menurut SNI 03-2847-2002, nilai  $\beta_1$  ditetapkan sebagai berikut:

- $fc' \leq 30MPa$  .....  $\beta=0.85$
  - $30MPa < fc' < 50MPa$  .....  $\beta=0.85$
  - $fc' \geq 50MPa$  .....  $\beta=0.65$
- $\beta$  direduksi 0,05 dari setiap kelebihan 7 MPa diatas 30 MPa tetapi tidak boleh melebihi 0,65

Standar SK SNI T-15-1991-03 pasal 2.2.3 ayat 2, memberikan faktor reduksi kekuatan ( $\Phi$ ) untuk berbagai mekanisme :

- Lentur tanpa beban aksial = 0.80
- Geser dan Puntir = 0.60
- Tarik Aksial, tanpa dan dengan lentur = 0.80
- Tekan aksial, tanpa dan dengan lentur(senggang) = 0.65
- Tekan aksial, tanpa dan dengan lentur(spiral) = 0.70
- Tumpuan pada beton = 0.70

Hitungan kapasitas lentur pengujian menggunakan konsep statika dimana *simple beam* dibebani dengan beban merata yang ditransformasikan menjadi beban terpusat sebesar  $P/2$  pada sepertiga bentangnya.

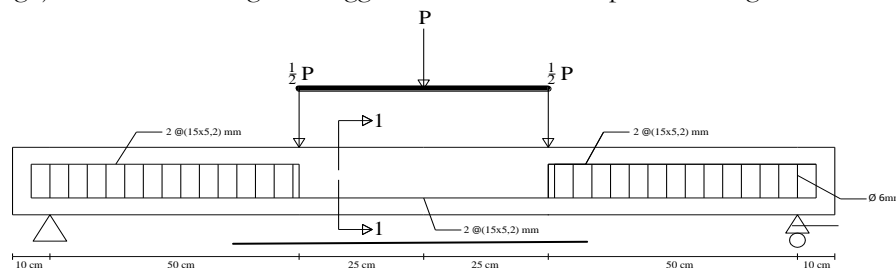
- $Mn = (1/6 * P * L) + (1/8 * q * L^2)$  ..... [5]
- $Mr = \Phi * Mn$  ..... [6]

Keterangan :

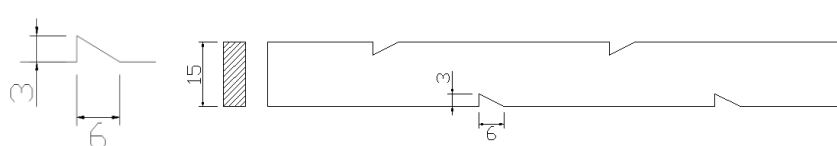
- a = Tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen
- C = Jarak serat tekan garis terluar ke garis netral
- $\beta$  = Konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat beton
- T = Gaya tarik tulangan
- d = Tinggi efektif balok (mm)
- Mn = Kuat momen nominal
- Mr = Kapasitas momen
- $\Phi$  = Faktor reduksi
- P = Beban
- L = Panjang balok
- q = Beban merata

## METODE PENELITIAN

Metodelogi penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium, yaitu metode dengan melakukan percobaan untuk mendapatkan data sebagai hasil penelitian. Kemudian data dianalisa untuk pengambilan kesimpulan. Pengujian karakteristik/pendahuluan bambu secara garis besar meliputi uji kadar air dan kerapatan, uji tarik, dan uji geser. Perancangan campuran beton (Mix Design) pada penelitian ini menggunakan metode perancangan cara Inggris (*The British Mix Design Method*) dan mengacu pada ASTM sebagai standar spesifikasi bahan pembentuk beton. Benda uji utama yang digunakan dalam penelitian ini berupa balok beton dengan dimensi panjang 1700 mm, lebar 100 mm dan tinggi 150 mm. Tulangan baja polos yang digunakan berdiameter 10 mm. Bambu yang digunakan sebagai tulangan adalah bambu Petung berumur diatas 2,5 tahun dalam kondisi kering udara dengan kadar air dibawah 30% yang berasal dari daerah Jatipuro, Karanganyar. Tulangan bambu dibentuk dengan dimensi panjang 1500 mm, lebar 15 mm dan tebal 5,2 mm. Tulangan bambu diberi takikan sejajar pada sisi tulangan dengan dimensi panjang takikan 6 mm, kedalaman 3 mm dan jarak antar takikan 100 mm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode four point loading.



Gambar 3. Penulangan dan Pembebanan Balok



Gambar 4. Ilustrasi tulangan bambu petung dengan takikan tak sejajar

## Alur Penelitian

Tahapan pembuatan benda uji:

- 1) Menyiapkan bambu Petung
- 2) Bambu yang dipakai adalah bagian 30% daging bambu kearah kulit. Kemudian bambu dipotong dan dibentuk menjadi tulangan dengan dimensi panjang 1500 mm, lebar 15 mm dan tebal 5,2 mm.
- 3) Tulangan bambu diberi takikan sejajar pada kedua sisinya dengan dimensi panjang takikan 6 mm, kedalaman 3 mm dan jarak antar takikan 100 mm..
- 4) Masukkan campuran beton normal hasil mix design ke dalam cetakan balok beton berukuran panjang 1700 mm, lebar 100 mm dan tinggi 150 mm.
- 5) Beri kode untuk setiap benda uji.

Tabel 2. Kode benda uji

Jenis Tulangan	Kode	Jumlah
tulangan baja polos	BJ	3
tulangan bambu Petung takikan sejajar	BB	3

- 6) Curing benda uji selama 21 hari kemudian diamkan hingga kering udara sampai hari ke-28.
- 7) Balok beton diuji setelah 28 hari.

#### Tahapan Pengujian

- 1) Balok beton diletakkan pada loading frame, dan setting semua alat untuk pengujian.
- 2) Memasang pendistribusian beban melintang di atas balok beton bertulang dan disesuaikan dengan jarak pendistribusian beban yang direncanakan yaitu sepertiga bentang atau 0,5 m pada bentang tengah balok kemudian lakukan pembebanan.
- 3) Mencatat kenaikan angka pembebanan saat pengujian berlangsung.
- 4) Membaca dan mencatat nilai lendutan yang tertera pada *dial gauge* dan mengamati retakan yang terjadi.
- 5) Pembebanan dihentikan setelah mencapai pembebanan maksimum.
- 6) Melakukan langkah 1 sampai langkah 5 untuk benda uji balok beton yang tersisa.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kapasitas lentur balok beton disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. Beban dan lendutan pada saat Lentur

Kode Benda Uji	Beban Lentur (N)	Lendutan Lentur (mm)
BJ1	19129,5	10,60
BJ2	19620	7,95
BJ3	18639	7,16
BB1	4679,4	2,36
BB2	4120	1,62
BB3	3924	1,54

Tabel 4. Beban dan lendutan pada pembebanan maksimum

Kode Benda Uji	Beban Maksimum (N)	Lendutan Maksimum (mm)
BJ1	23544	41,62
BJ2	21582	12,01
BJ3	18423,8	12,30
BB1	6376	9,64
BB2	8829	13,10
BB3	5886	7,71

Tabel 5. Hasil Analisis dan Pengujian

Benda Uji	Momen Hasil Analisis (kg-m)	Momen Hasil Pengujian (kg-m)
Balok Beton Tulangan Baja	386,912	488,1684
Balok Beton Bertulangan Bambu Petung dengan Takikan Sejajar	161,8193	115,961

Hasil pengujian benda uji balok beton dengan tulangan baja polos diameter 10 mm memperoleh nilai kapasitas lentur rerata sebesar 488,1684 kg-m dan hasil hitungan analisis awal sebesar 386,912 kg-m. Lendutan maksimum yang terjadi pada balok beton dengan tulangan baja sebesar 41,62 mm. Hasil pengujian benda uji balok beton dengan tulangan bambu petung dengan takikan sejajar memperoleh nilai kapasitas lentur rerata sebesar 115,961kg-m dan hasil hitungan analisis awal sebesar 161,8194 kg-m. Lendutan maksimum yang terjadi pada balok beton dengan bambu petung takikan sejajar sebesar 13,1 mm.

## SIMPULAN

- 1) Balok beton dengan tulangan baja, kapasitas lentur hasil pengujian di laboratorium sebesar 488,1684 kg-m dan hasil hitungan analisis awal sebesar 386,912 kg-m. Beban maksimum ( $P_{maks}$ ) yang mampu ditahan oleh balok beton dengan tulangan baja sebesar 2400 kg. Lendutan maksimum yang terjadi pada balok beton dengan tulangan baja sebesar 41,62 mm.
- 2) Balok beton dengan tulangan bambu petung dengan takikan tak sejajar, momen lentur hasil pengujian di laboratorium sebesar 115,961 kg-m dan hasil hitungan analisis awal sebesar 161,8194 kg-m. Beban maksimum ( $P_{maks}$ ) yang mampu ditahan oleh balok sebesar 900 kg. Lendutan maksimum yang terjadi pada balok beton dengan tulangan bambu pilinan sebesar 13,1 mm.

## REKOMENDASI

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan meninjau dimensi tulangan bambu, variasi bentuk tulangan, tipe takikan dan jarak antar takikan dengan jenis bambu yang lain.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada rekan tim uji tulangan bambu (Daeng R, Suryanto, Fajar, Hananto, Putra, Toni H, Eka) atas bantuan pelaksanaan penelitian dan kepada Agus Setiwa Budi, ST, MT dan Edy Purwanto, ST, MT sebagai pembimbing penelitian.

## REFERENSI

- \_\_\_\_\_. 1991. *SK SNI T-15-1991-03 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- \_\_\_\_\_. 2002. *SNI 03 - 2847 - 2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Ghavami, Khosrow. 2004. *Bamboo as reinforcement in structural concrete elements*. Universitas Katolik Pontificia. Rio de Janeiro, Brazil.
- Istimawan, D., 1994. "*Struktur Beton Bertulang*", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- 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.
- Muhammad Kindi. 2007. *Tinjauan Kuat Lekat dan Panjang Penyaluran Baja Polos Pada Beton Ringan Batu Apung Dengan Variasi Jenis Bahan Tambah*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Neville, A.M. & Brooks, J.J. 1987. *Concrete Technology*. Longman Scientific and Technical. New York.
- Pathurahman, Jauhar Fajrin. 2003. *Aplikasi Bambu Pilinan Sebagai Tulangan Balok*. Civil Engineering Dimension, vol. 5, No.1.
- Setiyabudi, A. 2010. "*Tinjauan Jenis Perikat pada Balok Laminasi Bambu terhadap Keruntuhan Lentur*", Prosiding Seminar Nasional "*Pengelolaan Infrastruktur Dalam Menyikapi Bencana Alam*", ISBN: 979-489-540-6, 1 Mei 2010.
- Tjokrodimulyo. K. 1996. *Teknologi Beton*. Gajah Mada Press. Yogyakarta.