

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

Eka Perwira<sup>1)</sup>, Agus Setiya Budi<sup>2)</sup>, Budi Utomo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 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 : eka\_perwira@yahoo.com

## Abstract

*Bambu is an alternative substitution for steel reinforcement with sufficiently high impressive strength. The bambu- reinforcement model approach was conducted by making notch on the reinforcement edge. It aimed to improve the adhesiveness of bambu and concrete just like that used in steel deformed bar. This study aimed to find out the elasticity strength of petung bambu-boned concrete beam with nonaligned notch in normal concrete. The research method used was a laboratory experiment carried out in Material and Structure Laboratory of Engineering Faculty of Surakarta Sebelas Maret University. The tested material was concrete beam 1500 mm in length, 100 mm in width, and 150 mm in height. The testing was conducted using four-point loading. The smooth steel reinforcement used was 10 mm in diameter. The bambu used was the reinforcement was petung bambu 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 reinforcement was the nonaligned one on bone edge with the notch's dimension of 15 mm, depth of 5,2 mm and notches space of 100 mm.*

*The result of examination on the concrete beam tested object with 10 mm-diameter smooth steel reinforcement obtained the elasticity value of 484,8924 kg-m and the value analysis calculation of 386,912 kg-m. The result of examination on the concrete beam tested object with petung bambu reinforcement with nonaligned notch obtained the elasticity value of 218,395 kg-m and the value analysis calculation of 161,8194 kg-m.*

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

## Abstrak

*Bambu merupakan alternatif pengganti tulangan baja yang memiliki kuat tarik cukup tinggi. Pendekatan model tulangan bambu dilakukan dengan membuat takikan pada bagian sisi tulangan. 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 tidak sejajar pada beton normal.*

*Metode penelitian adalah eksperimen laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Benda uji penelitian berupa balok beton dengan dimensi panjang 1500 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. Perlakukan takikan pada tulangan berupa takikan tidak sejajar pada sisi tulangan dengan dimensi panjang takikan 15 mm, kedalaman 5,2 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 484,8924 kg-m dan untuk hasil perhitungan analisis sebesar 386,912 kg-m. Hasil pengujian benda uji balok beton dengan tulangan bambu petung dengan takikan tidak sejajar memperoleh nilai kapasitas lentur rata-rata sebesar 218,395 kg-m atau dan untuk hasil perhitungan analisis sebesar 161,8194 kg-m.*

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

## PENDAHULUAN

Insinyur teknik sipil dituntut berpikir kreatif seiring dengan kemajuan zaman khususnya di bidang teknologi. Kemajuan zaman menuntut kebutuhan manusia juga ikut bertambah. Salah satunya yaitu kebutuhan akan material bangunan. Kebutuhan akan material bangunan semakin meningkat seiring kemajuan zaman sedangkan ketersediaan material-material tersebut sangat terbatas sehingga perlu dicarikan solusi kreatif untuk menanganinya.

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 sehingga alternatif pengganti tulangan baja pada beton bertulang sangat diperlukan. Pemilihan bambu sebagai alternatif pengganti tuangan 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

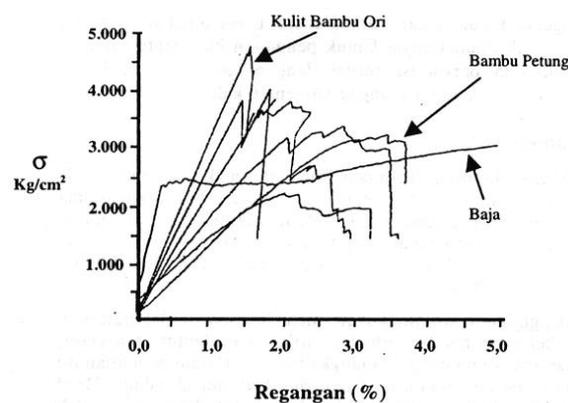
terhadap lentur. Hal ini dikarenakan bambu memiliki serat yang sejajar. Serat tersebut memungkinkan bambu menahan lendutan yang lebih besar. Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kapasitas lentur bambu sebagai tulangan semakin banyak, sehingga semakin menarik untuk diteliti. Masalah dimensi bambu,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

## TINJAUAN PUSTAKA

Limaye dalam Muhammad (2007) menyatakan bahwa ukuran diameter bambu berkorelasi dengan tingkat ketebalan batang, sedang tingkat ketebalan batang berpengaruh terhadap sifat anatomi, fisika dan mekanikanya.

Secara umum 40% - 70% serat bambu terkonsentrasi dibagian luar dan 15% - 30% dibagian dalam batang. Serat-serat tersebut terarah sepanjang sumbu batang dengan diameter 0,08 mm - 0,70 mm, tergantung pada spesies dan lokasinya pada tampang lintang. Pada buku-buku (nodia), serat-serat ini saling bertautan dan sebagian memasuki diafragma. Sebagai akibat dari diskontinuitas ini, daerah buku - buku (nodia) pada umumnya merupakan titik terlemah dari batang bambu (Ghavami, 2004).

Morisco (1999) dalam penelitiannya juga melakukan pengujian kekuatan tarik bambu yang dibandingkan dengan tulangan baja. Tulangan baja yang dipakai sebagai pembanding memiliki tegangan luluh sekitar 240 MPa yang mewakili tulangan baja yang banyak terdapat di pasaran. Penelitian itu menunjukkan bahwa kuat tarik kulit bambu Ori cukup tinggi yaitu hampir mencapai 500 MPa, sedang kuat tarik rata-rata bambu petung juga lebih tinggi dari tegangan luluh baja.



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

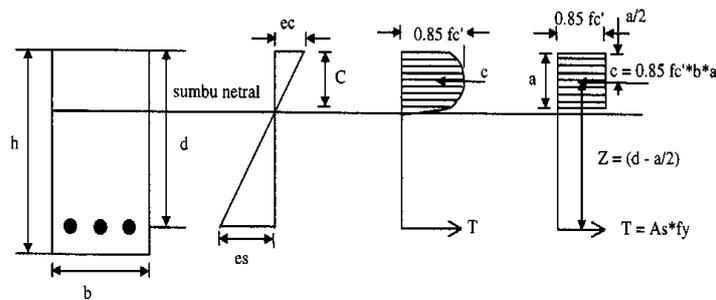
Beton mempunyai kekuatan tekan yang cukup besar, namun sangat lemah terhadap tarik. Karena itu penggunaan beton selalu dipadukan dengan bahan yang mempunyai kuat tarik tinggi yaitu baja. Beton dengan tulangan baja adalah perpaduan yang sangat kuat, sehingga beton bertulang banyak digunakan sebagai bahan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

## DASAR TEORI

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.

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)

Berdasarkan Gambar 2, dicari tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen sebagai berikut:

- $a = \beta * C$  ..... [1]
- $T = A_s b * f_y$  ..... [2]
- $M_{n_{analisis}} = T * (d - a/2)$  ..... [3]
- $M_r = \Phi * M_n$  ..... [4]

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

- $fc' \leq 30\text{MPa}$  .....  $\beta=0,85$
- $30\text{MPa} < fc' < 58\text{MPa}$  .....  $\beta=0,85 - \{0,05*(fc'-30)/7\} \leq 0,65$   
 $\beta$  direduksi 0,05 dari setiap kelebihan 7 MPa diatas 30 MPa tetapi tidak boleh melebihi 0,65
- $fc' \geq 50\text{MPa}$  .....  $\beta=0,65$

SNI 03-2847-2002, 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(sengkang) = 0,65
- Tekan aksial, tanpa dan dengan lentur(spiral) = 0,70
- Tumpuan pada beton = 0,70

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

- $M_n = (1/6 * P * L) + (1/8 * q * L^2)$  ..... [6]
- $M_r = \Phi * M_n$  ..... [7]

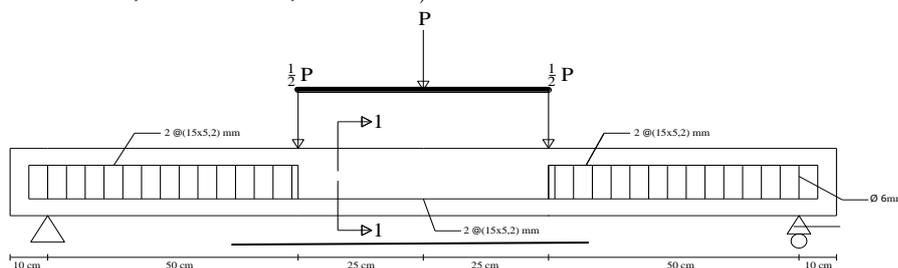
Keterangan :

- $a$  = 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)
- $M_n$  = Kuat momen nominal
- $M_r$  = Kapasitas momen
- $\Phi$  = Faktor reduksi
- $P$  = Beban
- $L$  = Panjang balok
- $q$  = Beban merata

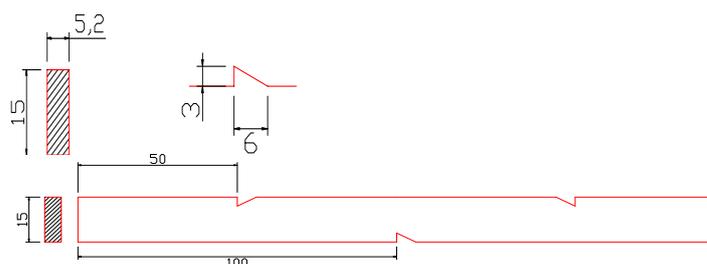
## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Pengujian karakteristik/pendahuluan bambu secara garis besar meliputi uji kadar air dan kerapatan, uji tarik, uji lentur, dan uji geser. Pada pembuatan benda uji karakteristik bambu, benda uji untuk masing-masing pengujian diambil dari bagian tengah batang bambu diambil secara acak tujuannya agar mendapatkan gambaran karakteristik bambu secara keseluruhan. 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 1500 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. Perlakuan takikan pada tulangan berupa takikan tidak sejajar pada sisi tulangan dengan dimensi panjang takikan 15 mm, kedalaman 5,2 mm dan jarak antar takikan 100 mm.



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 tidak sejajar pada kedua sisinya dengan dimensi panjang takikan 15 mm, kedalaman 5,2 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 1.Kode benda uji

Jenis Tulangan	Kode	Jumlah
tulangan baja polos	BTBP	3
tulangan bambu Petung takikan tidak sejajar	BTPTTS	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*.
- 5) Pembebanan dihentikan setelah mencapai pembebanan maksimum.
- 6) Melakukan langkah 1 sampai langkah 5 untuk benda uji beton.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Benda uji berupa balok beton bertulang dengan dimensi 1700 x 100 x 150 (mm) dan  $f_c'$  sebesar 16,411 MPa. Pengujian menggunakan metode *Four Point Loading* dengan tumpuan balok terletak 100 mm dari masing-masing ujungnya. Hasil pengujian kapasitas lentur balok beton disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Analisis dan Pengujian

Benda Uji	Momen Hasil Analisis (kg-m)	Momen Hasil Pengujian (kg-m)
Balok Beton Tulangan Baja (BTB)	386,7389	484,892359
Balok Beton Bertulangan Bambu Petung dengan Takikan Tak Sejajar (BTPTS)	161,8194	218,395125

Tabel 3. Beban dan lendutan pada saat retak pertama

Kode Benda Uji	Beban Saat Retak Pertama (N)	Lendutan Retak Pertama (mm)
BTBP1	10300,5	2,45
BTBP2	9810	2,28
BTBP3	7848	2,50
BTPTS1	3139,2	1,95
BTPTS2	3924	1,74
BTPTS3	4905	2,49

Tabel 4. Beban dan lendutan pada pembebanan maksimum

Kode Benda Uji	Beban Maksimum (N)	Lendutan Maksimum (mm)
BTBP1	23544	41,62
BTBP2	20895,3	17,53
BTBP3	19423,8	12,30
BTPTS1	6867	33,72
BTPTS2	10791	34,74
BTPTS3	13243,5	42,55

Data pengujian dari ketiga balok beton bertulangan baja menunjukkan beban maksimum terbesar terjadi pada balok ke satu (1) yaitu sebesar 2400 kg dengan lendutan 41,62 mm. Kapasitas momen lentur balok hasil analisis sebesar 386,912 kg-m. Kapasitas momen lentur balok hasil pengujian laboratorium rata-rata dari ketiga benda uji sebesar 484,892359 kg-m.

Data pengujian dari ketiga balok beton bertulangan bambu petung dengan takikan tidak sejajar menunjukkan beban maksimum terbesar terjadi pada balok ke tiga (3) yaitu sebesar 1350 kg dengan lendutan 42,55 mm. Kapasitas momen lentur balok hasil analisis sebesar 161,819381 kg-m. Kapasitas momen lentur balok hasil pengujian laboratorium rata-rata dari ketiga benda uji sebesar 218,395125 kg-m.

## SIMPULAN

Balok beton bertulangan baja, berdasarkan hasil pengujian di laboratorium dengan menggunakan metode *Four Point Loading* mendapatkan data momen lentur sebesar 484,892359 kg-m sedangkan hasil perhitungan analisis momen lenturnya sebesar 386,912 kg-m. Balok beton bertulangan bambu petung dengan takikan tidak sejajar, berdasarkan hasil pengujian di laboratorium dengan menggunakan metode *Four Point Loading* mendapatkan data momen lentur sebesar 218,395125 kg-m sedangkan hasil perhitungan analisis momen lenturnya sebesar 161,819381 kg-m.

## REKOMENDASI

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan meninjau 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, Zainudin) atas bantuan pelaksanaan penelitian dan kepada Agus Setiya Budi, ST, MT dan Ir. Budi Utomo, MT sebagai pembimbing penelitian.

## REFERENSI

- \_\_\_\_\_. 1979. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*, Departemen Pekerjaan Umum, 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. *Bambu 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.
- Pathurahman, Jauhar Fajrin. 2003. *Aplikasi Bambu Pilinan Sebagai Tulangan Balok*. Civil Engineering Dimension, vol. 5, No.1.
- Setiyabudi, A. 2010. “Tinjauan Jenis Perkat 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.