

ANALISIS KAPASITAS LENTUR BALOK BETON BERTULANG BAMBU PETUNG TAKIKAN TIPE U JARAK 10 CM, PADA LEBAR TAKIKAN 2 CM TERHADAP TULANGAN BAJA

Dhani Ulfa Dwi Nugrahani¹⁾, Agus Setiya Budi²⁾, Ir. Sunarmasto, MT³⁾,

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,

²⁻³⁾Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail: d_hunny@gmail.com

Abstract

Today the rate of population growth in the world is becoming increasingly rapidly, making the rate of growth increased from year to year. Along with population growth especially in Indonesia, making the economy needs to be increased, so the demand for homes with safe and economical structures has increased, while the availability of iron ore raw materials for the manufacture of steel reinforcement which a resource that can not be renewable dwindling and rare, making the price of reinforcement to rise. Experts have examined the structure of the world the possibility of using other materials by using bamboo as reinforcement of concrete. Bamboo is a plant can grow anywhere and the production capacity every year is relatively abundant. Bamboo was chosen as an alternative reinforcement concrete because it is a natural product of renewable, inexpensive, easy to grow, fast growth, can reduce the effects of global warming and has a very high tensile strength that can be compared with steel. Bamboo has a tensile strength that is quite high, between 100-400 MPa, equivalent to $\frac{1}{2}$ to $\frac{1}{4}$ of iron ultimate tension. The purpose of this study is to analyze how the flexural capacity of concrete beam with reinforced petung bamboo notch type "u" with distance 10 cm in width notch 2 cm. This study used an experimental method with a total of 6 sample of the specimen. Test specimen used is concrete beams measuring $110 \times 150 \times 1700$ mm. Three of the use of reinforcing steel, three sample using reinforcement petung with dimensions $1650 \times 20 \times 5.2$ mm using the notch type "U" with a distance of 10 cm in width notch 2 cm. Bending test performed at 28 days with a three-point loading method. In term of bending capacity, the test results of concrete beam reinforced petung bamboo notch type U with a distance of 10 cm width 2 cm was equal 38.11% reinforcement of the beam with a diameter of 8 mm plain steel. Crack pattern concrete beams with steel reinforcement and the concrete beams with reinforcement petung type "u" with a distance of 10 cm in width notch 2 cm occurs between $\frac{1}{3}$ midspan. Such collapse included in the bending collapse.

Keyword: Concrete Beams, Flexural Capacity, Bamboo Reinforcement, Bamboo Petung.

Abstrak

Dewasa ini laju pertumbuhan penduduk di dunia menjadi semakin pesat, membuat angka pertumbuhan naik dari tahun ke tahun. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk terutama di Indonesia, membuat kebutuhan ekonomi menjadi naik, sehingga permintaan kebutuhan rumah dengan struktur yang aman dan ekonomis pun meningkat, sedangkan ketersediaan bahan baku biji besi untuk pembuatan tulangan baja yang merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui semakin menipis dan langka, membuat harga tulangan menjadi naik. Para ahli struktur dunia telah meneliti kemungkinan penggunaan bahan lain dengan memanfaatkan bambu sebagai tulangan beton. Bambu merupakan tanaman yang mampu tumbuh dimana – mana dan kapasitas produksi bambu per tahunnya cukup melimpah. Bambu dipilih sebagai tulangan alternatif beton karena merupakan produk hasil alam yang *renewable*, murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dapat mereduksi efek *global warming* serta memiliki kuat tarik sangat tinggi yang dapat dipersaingkan dengan baja. Bambu mempunyai kekuatan tarik yang cukup tinggi, antara 100 – 400 MPa, setara dengan $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{1}{4}$ dari tegangan *ultimate* besi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis berapa kapasitas lentur balok beton bertulangan bambu petung takikan tipe "u" dengan jarak takikan 10 cm pada lebar takikan 2 cm. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan total benda uji 6 buah. Benda uji yang digunakan adalah balok beton berukuran $110 \times 150 \times 1700$ mm. Tiga buah menggunakan tulangan baja, Tiga buah menggunakan tulangan bambu petung dengan dimensi $1650 \times 20 \times 5,2$ mm menggunakan takikan tipe "U" dengan jarak takikan 10 cm pada lebar takikan 2 cm. Uji lentur dilakukan pada umur 28 hari dengan metode *three point loading*. Ditinjau dari kapasitas lenturnya, momen hasil pengujian balok bertulangan bambu petung takikan tipe U dengan jarak takikan 10 cm lebar 2 cm pun setara 38,11% terhadap balok dengan tulangan baja polos diameter 8 mm. Pola keruntuhan pada balok beton dengan tulangan baja maupun pada balok beton dengan tulangan bambu petung tipe "u" dengan jarak takikan 10 cm pada lebar takikan 2 cm terletak antara $\frac{1}{3}$ bentang tengah. Keruntuhan yang demikian termasuk dalam keruntuhan lentur.

Kata kunci: Balok Beton, Kapasitas Lentur, Tulangan Bambu, Bambu Petung.

PENDAHULUAN

Dewasa ini laju pertumbuhan penduduk di dunia menjadi semakin pesat, membuat angka pertumbuhan naik dari tahun ke tahun. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk terutama di Indonesia, membuat kebutuhan ekonomi menjadi naik, sehingga permintaan kebutuhan rumah dengan struktur yang aman dan ekonomis pun meningkat, sedangkan ketersediaan bahan baku biji besi untuk pembuatan tulangan baja yang merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui semakin menipis dan langka, membuat harga tulangan menjadi naik.

Dengan meningkatnya harga tulangan baja, diperlukan upaya dalam mencari alternatif untuk mengganti tulangan baja pada struktur beton bertulang. Karena semakin meningkat harga tulangan, maka semakin meningkat pula harga rumah yang ditawarkan sehingga memberatkan bagi masyarakat pedesaan dan masyarakat yang berekonomi lemah yang menginginkan rumah yang sederhana dan layak huni. Para ahli struktur dunia telah meneliti kemungkinan penggunaan bahan lain, seperti yang dilakukan oleh Morisco (1996) yaitu dengan memanfaatkan bambu sebagai tulangan beton.

Bambu merupakan tanaman yang mampu tumbuh dimana – mana dan kapasitas produksi bambu per tahunnya cukup melimpah. Bambu dipilih sebagai tulangan alternatif beton karena merupakan produk hasil alam yang *renewable*, murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dapat mereduksi efek *global warming* serta memiliki kuat tarik sangat tinggi yang dapat dipersaingkan dengan baja (Budi, AS; 2010). Bambu mempunyai kekuatan tarik yang cukup tinggi, antara 100 – 400 MPa, setara dengan $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{1}{4}$ dari tegangan *ultimate* besi (Widjaja, 2001 dalam Budi, AS; 2013). Penelitian Morisco (1996) menunjukkan bahwa kuat tarik bambu dapat mencapai 1280 kg/cm².

Menurut Jansen (1980), kekuatan tarik bambu sejajar serat antara 200 – 300 MPa beberapa jenis bambu melampaui kuat tarik baja mutu sedang. Bambu mempunyai serat yang sejajar, sehingga kekuatan terhadap gaya normal cukup baik, bambu berbentuk pipa sehingga momen lembamnya cukup tinggi oleh karena itu bambu cukup baik untuk memikul momen lentur dan berat bambu sekitar $\frac{1}{9}$ dari berat besi (Surjokusumo dan Nugroho, 1993).

Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah menganalisis kapasitas lentur balok beton bertulang bambu petung takikan tipe "u" dengan jarak takikan 10 cm pada lebar takikan 2 cm pada balok yang dapat dipergunakan sebagai komponen struktur sederhana, dengan harga murah serta secara teknis aman dipergunakan.

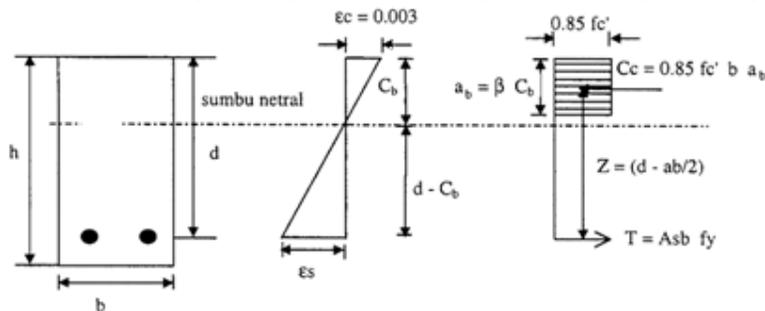
LANDASAN TEORI

Analisis dan perencanaan balok menggunakan rumus-rumus dalam analisis beton bertulang dengan ketentuan sebagai berikut :

Anggapan-Anggapan

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

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 bambu.



Gambar 1. Distribusi Tegangan dan Regangan Pada Penampang Beton

Untuk menghitung tinggi luasan tekan pada balok dan nilai beta, digunakan persamaan

$$a = \beta_1 c$$

Dimana : c = jarak serat tekan garis terluar ke garis netral
 β_1 = konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat beton

Menurut SNI 03-2847-2002, menetapkan nilai β_1 sebagai berikut:

$$f_c' \leq 30 \text{ MPa} \quad \beta_1 = 0.85$$

$$f_c' > 30 \text{ MPa} \quad \beta_1 = 0.85 - 0,05.(f_c' - 30)/7$$

$$\beta_1 \geq 0.65$$

Pembatasan Tulangan Tarik

Pada perhitungan beton bertulang menurut SNI 03-2847-2002, ditetapkan bahwa jumlah tulangan baja tarik, A_s , tidak boleh melebihi 0.75 dari tulangan balas, A_{sb} , yaitu jumlah tulangan tarik bila beton dan baja kedua-duanya mencapai regangan hancur.

$$A_s \leq 0,75. A_{sb}$$

Dalam penelitian ini tulangan bambu ditetapkan tidak lebih dari 60 persen tulangan *balance*.

$$A_s \leq 0,60. A_{sb}$$

Analisis Balok

Kondisi regangan seimbang (*balance*) terjadi jika:

$$e_c' = 0.003 \quad \text{dan} \quad e_s = e_y = \frac{fy}{E_s}$$

Pada kondisi balas didapat:

$$c_b = \frac{0,003}{0,003 \frac{fy}{E_s}} d$$

$$a_b = \beta_1 c_b$$

$$C_c = 0.85 f_c' b a_b$$

$$T = A_{sb} f_y$$

Karena $\sum H = 0$, maka $T = C_c$

$$A_{sb} f_y = 0.85 f_c' b a_b$$

$$A_{sb} = \frac{0,85 f_c' b a_b}{f_y}$$

$$A_s \leq 0,75 A_{sb} \text{ (untuk baja) atau}$$

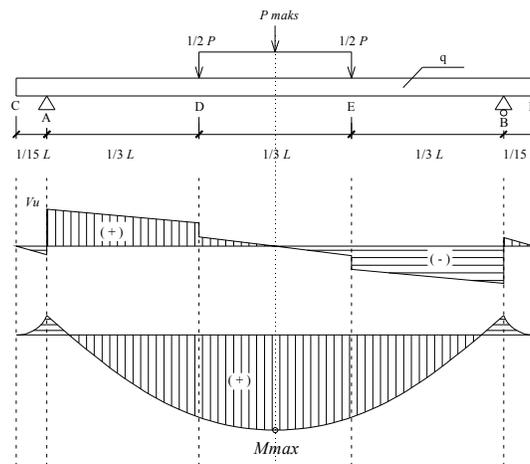
$$A_s \leq 0,60 A_{sb} \text{ (untuk bambu)}$$

- Momen Nominal Analisis:

$$a = \frac{(A_s f_y)}{0,85 f_c' b}$$

$$M_n = T (d - a/2)$$

- Momen Nominal Pengujian:



Gambar 2. SFD dan BMD

Reaksi Tumpuan:

$$\sum MB = 0$$

$$= -(RAv L) + \left[q \left(L + \frac{1}{15}L + \frac{1}{15}L \right) \frac{1}{2}L \right] + \left(\frac{1}{2}P \frac{2}{3}L \right) + \left(\frac{1}{2}P \frac{1}{3}L \right)$$

$$RAv = \frac{\left(\frac{17}{30} q L^2 \right) + \left(\frac{1}{2}P L \right)}{L}$$

$$RAv = \left(\frac{17}{30} q L \right) + \frac{1}{2}P$$

$$RAv = RBv$$

Momen:

$$X = \frac{1}{2}L$$

$$Mmax = \left(RAv \frac{1}{2}L \right) - \left(q \frac{17}{30}L \frac{17}{60}L \right) - \left(\frac{1}{2}P \frac{1}{6}L \right)$$

$$Mmax = \left\{ \left[\left(\frac{17}{30} q L \right) + \frac{1}{2}P \right] \frac{1}{2}L \right\} - \left(q \frac{17}{30}L \frac{17}{60}L \right) - \left(\frac{1}{2}P \frac{1}{6}L \right)$$

$$Mmax = \left(\frac{\frac{1}{2}P L}{3} \right) + \left(\frac{221}{1800} q L^2 \right)$$

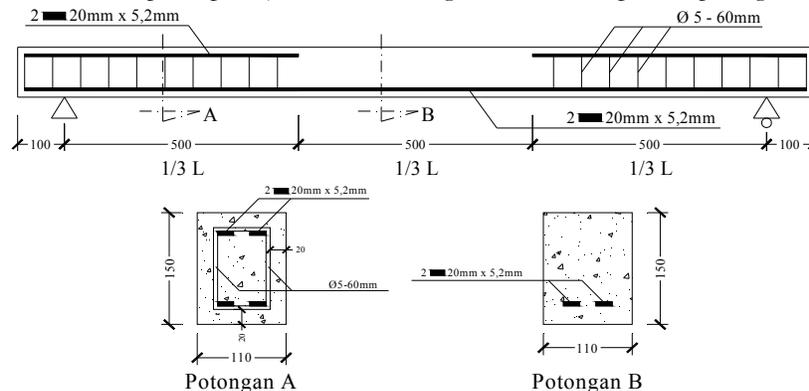
$Mmax = \text{Momen Nominal Pengujian}$

Dari hasil analisis balok dapat diketahui besarnya momen nominal yang dapat dilayani balok, dan dari hasil percobaan juga akan diperoleh nilai P yang berguna untuk menghitung besarnya momen nominal yang bekerja, kedua nilai momen hasil dari analisis dan hasil pengujian akan dibandingkan.

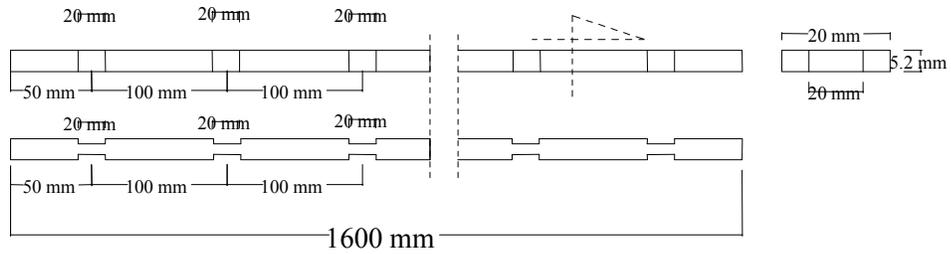
METODE PENELITIAN

Bambu yang digunakan adalah bambu dengan nama *Dendrocalamus Asper* atau biasa dikenal sebagai bambu petung dengan usia diatas 2,5 tahun, yang diambil dari desa Tegaldalem kecamatan Cawas kabupaten Klaten Jawa Tengah, dalam kondisi segar dan tanpa proses pengawetan atau proses kimia lainnya. Bagian bambu yang diambil sebagai bahan uji adalah bagian tengah batang yang berjarak 1,5 m dari rumpun dan diambil sepanjang 6 meter. Hal tersebut dilakukan guna mendapatkan ruas dan diameter bambu yang relatif sama.

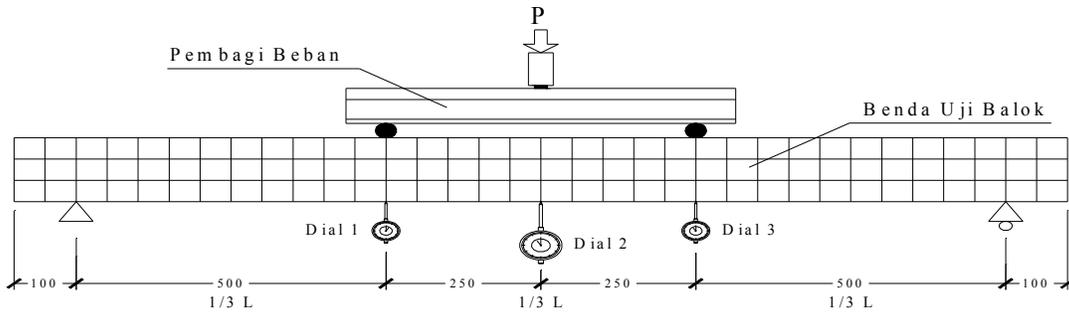
Metodologi penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Jumlah benda uji sebanyak 6 buah dengan ukuran 11 cm x 15 cm x 170 cm seperti gambar 3, tiga balok benda uji pertama ditanam tulangan bambu petung takikan tipe U dengan jarak takikan 10 cm pada lebar takikan 2 cm (gambar 4. a dan b), selanjutnya tiga balok benda uji ditanam tulangan baja Ø 8 mm dan tiga balok benda uji tanpa tulangan sebagai pembanding. Pengujian eksperimen ini dilakukan pada umur beton 28 hari dengan memberikan dua titik beban terpusat pada jarak 1/3 bentang balok dari tumpuan seperti gambar 5.



Gambar 3. Detail Benda Uji Balok Bertulang Bambu

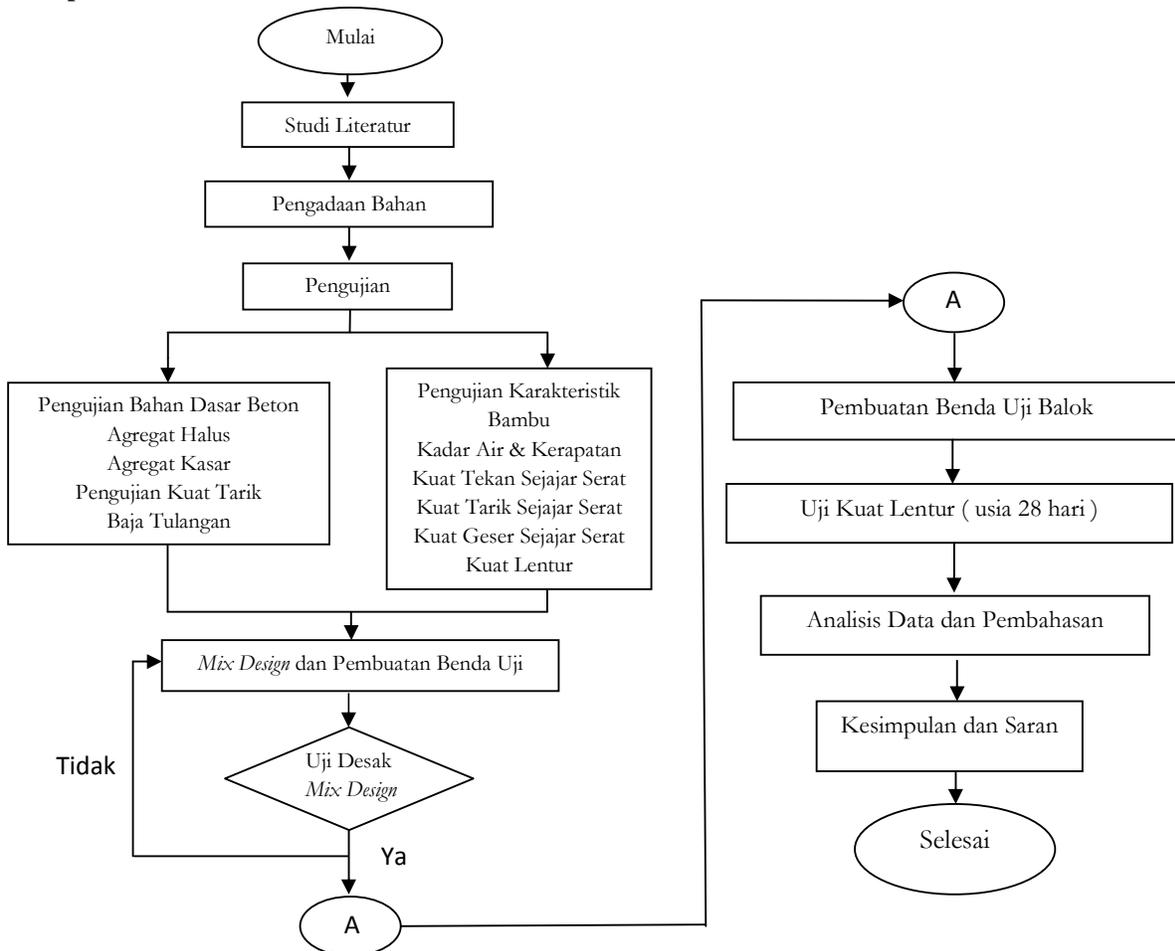


Gambar 4. Bambu Panjang 1600 mm Takikan Berjarak 100 mm Pada Lebar Takikan 20 mm.



Gambar 5. Skema Pengujian Kuat Lentur

Tahap dan Alur Penelitian



Gambar 6. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

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

- Kadar air dan kerapatan bambu petung didapat sebesar 12,36% dan 1,216 gram/cm³.
- Kuat geser sejajar serat bambu petung didapat sebesar 78,423N/mm², Kuat tekan sejajar serat sebesar 56,63 N/mm².
- Kuat tarik sejajar serat Nodia bambu petung didapat sebesar 152,311 N/mm².
- Modulus of Rupture (MOR) nodia didapat sebesar 733,675 N/mm², Modulus of Elasticity (MOE) nodia didapat sebesar 62919,66 N/mm².
- Kuat tarik leleh baja Ø 8 mm didapat sebesar 525,384 N/mm².
- Kuat tekan beton umur 28 hari didapat sebesar 17,59 N/mm².

Data hasil pengujian kuat lentur dengan interval pembebanan 50 kg, pengujian dilakukan pada balok bertulangan bambu petung takikan tipe U dan balok bertulangan baja Ø 8 mm pada saat balok beton berumur 28 hari dengan hasil pengujian disajikan pada tabel 1.

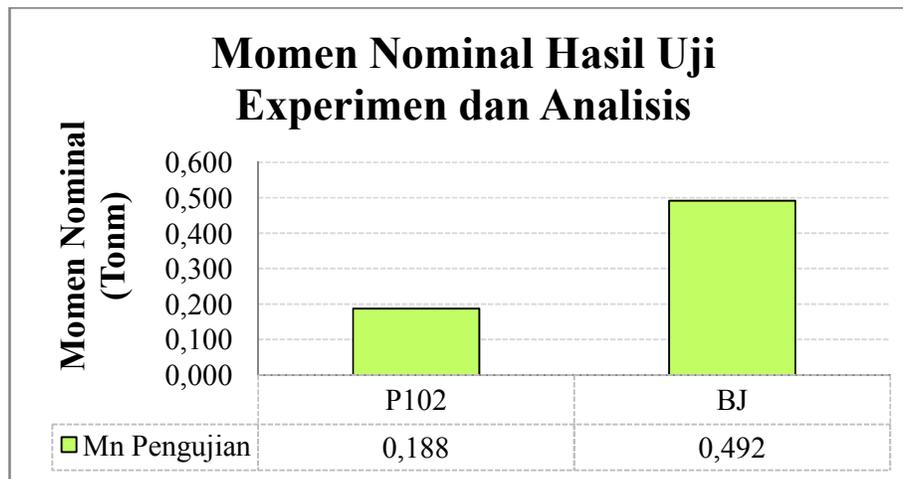
Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Lentur

No	Code Benda Uji	Momen Nominal Pengujian	
		Hasil (Ton-m)	Rerata (Ton-m)
1	P102-1	0,186	0,188
2	P102-3	0,196	
3	P102-4	0,181	
4	BJ1	0,486	0,492
5	BJ3	0,497	
6	BJ5	0,494	

Keterangan: P102 = Balok Bertulangan Bambu Petung Takikan Jarak 10 cm Lebar 20 mm
BJ = Balok Tulangan Baja Ø 8 mm

Dari pengujian secara eksperimen terhadap 6 buah balok benda uji bertulangan secara umum pola keruntuhan balok sesuai dengan yang diharapkan, dimana keruntuhan balok terjadi pada 1/3 bentang bagian tengah yang dibuktikan oleh lendutan maksimum yang terjadi pada beban maksimum yaitu pada *dial gauge* 2 yang terletak pada tengah-tengah bentang balok, dengan demikian desain benda uji balok pada penelitian ini berhasil.

Perhitungan Momen Nominal hasil pengujian ini menggunakan konsep statika dimana simple beam dibebani dengan beban merata dan beban terpusat sebesar P/2 pada sepertiga bentangnya. Dari perhitungan ini dapat diketahui momen maksimal yang terjadi. Untuk perhitungan momen nominal secara analisis menurut SNI 03-2847-2002, balok tulangan tunggal pada kondisi balans dengan batasan jumlah luas tulangan tarik untuk baja tidak boleh lebih besar dari 0,75 dari luas tulangan *balance* (Asb). Sedangkan pada penelitian ini ditetapkan untuk tulangan bambu jumlah luas tulangan tidak boleh lebih dari 0,6 dari luas tulangan *balance* (Asb). Untuk hasil perhitungan momen nominal hasil pengujian dan analisis disajikan pada tabel 2, untuk grafik perbandingan hasil perhitungan momen nominal disajikan pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Momen Nominal Hasil Pengujian dan Analisis

Dari Gambar 7, dapat disimpulkan bahwa momen nominal hasil pengujian balok bertulangan lebih besar dari pada momen nominal hasil analisis. Untuk benda uji balok bertulangan bambu petung takikan jarak 10 lebar 20 mm didapat rerata sebesar 0,188 tonm.

Untuk balok bertulangan baja \varnothing 8 mm momen nominal hasil pengujian didapat sebesar 0,487 tonm. Apabila momen nominal hasil pengujian balok bertulangan baja \varnothing 8 mm dibandingkan dengan balok tulangan bambu petung takikan jarak 10 cm lebar 2 cm didapat lebih tinggi sebesar 61,89 %.

SIMPULAN

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa:

- Kuat tarik leleh bambu yang digunakan untuk perencanaan secara analisis adalah kuat tarik nodia sebesar 152,311 N/mm², hal ini disebabkan karena tulangan bambu yang digunakan menggunakan nodia. Untuk kuat tarik leleh baja \varnothing 8 mm sebesar 525,384 N/mm².
- Lendutan maksimum pada beban maksimum yang terjadi rata-rata berada pada 1/3 bentang tengah atau pada pencatatan *dial gauge* 2 yang posisinya berada pada tengah-tengah bentang balok, dengan pola retak yang terjadi dimulai pada tengah bentang balok dan disusul pada daerah dibawah dua titik pembagi beban yang mengarah dan menjalar pada titik pembagi beban tersebut, dari 6 buah balok yang di uji, rata-rata keruntuhan terjadi pada 1/3 bentang tengah balok dan dapat dikatakan keruntuhan lentur.
- Kapasitas lentur balok bertulangan bambu petung takikan tipe U dengan jarak takikan 10 cm lebar 2 cm pun lebih kecil menjadi 38,11% dari kapasitas lentur balok bertulangan baja \varnothing 8 mm.

REKOMENDASI

Dengan hanya dua macam lebar takikan pada jarak yang sama pada tulangan bambu didalam penelitian ini, maka dirasa kurang ideal untuk menilai mana lebar takikan yang lebih baik digunakan untuk dijadikan perencanaan, untuk itu perlu adanya penelitian lanjutan dengan variasi bentuk takikan dengan jarak dan lebar yang lebih beragam.

REFERENSI

- Anonim, (2002). "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penjelasan(S-2002)", Surabaya.
- Anonim, (2002). "Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia (Revisi PKKI NI-5)", Jakarta.
- Anonim, (1997). "Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan (SNI 03-4431-1997)", Jakarta.
- Anonim, (2000). "Tata Cara pembuatan rencana campuran beton normal (SNI 03-2834-2000)", Jakarta.

- Budi, AS. (2010). "*Tinjauan jenis perekat pada balok laminasi bambu terhadap keruntuban lentur*". Prosiding Seminar Nasional "Pengelolaan Infrastruktur dalam Menyikapi Bencana Alam", ISBN: 979-489-540-6, 1 Mei 2010.
- Ghavami, K. (2004). "*Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements*". Universitas Katolik Pontificia. Rio de Janeiro: Brazil.
- Ikponmwosa, Efe., Falade, Funso., Fapohunda, Christoper., Aransiola, James. (2014). "*Flexural Performance of Bamboo-Reinforced Foamed Aerated Concrete Beams*". American Journal of Materials Science 2014, 4(2):56-63.
- Janssen, J.J.A. (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.
- Kumar, Prem., Vasuglv. (2014). "*Study on Mechanical Strenght of Bamboo Reinforced Concrete Beams*". International Journal of Advances in Science Engineering and technology, ISSN:2321-9009, Vol. 2. Issue 3.
- Morisco. (1996). "*Bambu sebagai Bahan Rekayasa*". Pidato Pengukuhan Jabatan Lektor Kepala Mbadya Fakultas Teknik UGM: Yogyakarta.
- Morisco. (1999). "*Rekayasa Bambu*". Nafiri Offset: Yogyakarta.
- Morisco, (2000). "*Sambungan Bambu Dengan Celah dan Pengisi*", Forum Teknik Jilid 24, No. 1, Maret 2000: Yogyakarta.
- Oka, Gusti Made. (2005). "*Cara Penentuan Kelas Kuat Acuan Bambu Petung*". Majalah Ilmiah Mektek Tahun Vi No. 18, Januari 2005: Palu.
- Sethia, Arpit., Baradiya, Vijay. (2014). "*Experimental Investigation on Behavior of Bamboo Reinforced Concrete Membe*". International Journal of research in Engineering and technology, eISSN:2319-1163, pISSN:2321-7308.
- 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.