

KAPASITAS LENTUR PLAT BETON BERTULANGAN BAMBU PETUNG DENGAN TAKIKAN TIDAK SEJAJAR (ALTERNATIF PENGGANTI TULANGAN BAJA PADA PLAT LANTAI RUMAH)

Eko Dariyadi¹, Agus Setiya Budi²⁾, Slamet prayitno³

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 : ekocivil09@gmail.com

Abstract

Bamboo is one reinforcement alternative to steel reinforcement for housing construction using reinforced concrete materials . Concrete slab itself is one of the structural elements are made using steel reinforced concrete . This study was conducted to determine how much capacity plate reinforced concrete bending bamboo petung not aligned with the notch . The method used in this study is an experimental method with a concrete slab specimen measuring 600 mm × 400 mm × 100 mm . Quality concrete is planned $f_c' = 17.5$ MPa . Bending test performed at 28 days with the third point loading method . The test results of reinforced steel plate bending capacity by an average of 0.5222 ton.m and results of the analysis of ton.m 0.3051 , while the test results flexural capacity of reinforced concrete plate with a notch bamboo Petung misaligned by an average of 0.1714 ton.m and the results of the analysis of 0.1097 ton - m . The test results of reinforced concrete bending stress steel plate by an average of 7.8966 MPa and 6804 MPa results of the analysis of the test results while the bending stress Petung bamboo reinforced concrete plate with the notch is not aligned average of 2.5717 MPa and 1.4204 MPa results of the analysis of.

Keywords : Bamboo, reinforcement, concrete slab, bending capacity.

Abstrak

Tulangan bambu merupakan salah satu alternatif pengganti tulangan baja untuk pembangunan perumahan yang menggunakan bahan beton bertulang. Plat beton sendiri merupakan salah satu elemen struktur yang dibuat menggunakan beton bertulang baja. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar kapasitas lentur plat beton bertulang bambu petung dengan takikan tidak sejajar. Metode yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan benda uji berupa plat beton berukuran 600 mm x 400 mm x 100 mm. Mutu beton yang direncanakan adalah $f_c' = 17,5$ MPa. Uji lentur dilakukan pada umur 28 hari dengan metode *third point loading*. Hasil pengujian kapasitas lentur plat bertulang baja rata-rata sebesar 0,5222 ton.m dan hasil analisisnya sebesar 0,3051 ton.m, sedangkan hasil pengujian kapasitas lentur plat beton bertulang bambu Petung dengan takikan tidak sejajar rerata sebesar 0,1714 ton.m dan hasil analisisnya sebesar 0,1097 ton-m. Hasil pengujian tegangan lentur plat beton bertulang baja rerata sebesar 7,8966 MPa dan hasil analisisnya sebesar 6,804 Mpa sedangkan hasil pengujian tegangan lentur plat beton bertulang bambu Petung dengan takikan tidak sejajar rata-rata sebesar 2,5717 MPa dan hasil analisisnya sebesar 1,4204 Mpa

Kata Kunci : Bambu, tulangan, plat beton, kapasitas lentur.

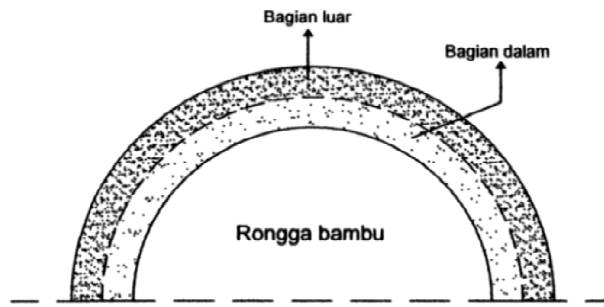
PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang semakin pesat mendorong kebutuhan penggunaan beton bertulang 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. Alternatif lain sebagai pengganti tulangan beton adalah bambu. Bambu dipilih sebagai tulangan beton karena selain harganya lebih murah, bambu juga mempunyai kuat tarik cukup tinggi yang mana setara dengan kuat tarik baja lunak. Bambu juga memiliki keunggulan secara teknis dibanding kayu yakni dalam hal elastilitas, kekuatan tarik dan lentur.

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bambu

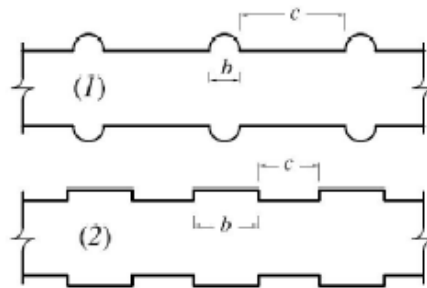
Penelitian spesimen untuk mengetahui perbedaan kekuatan bambu bagian luar dan bagian dalam telah dilakukan oleh Morisco (1999). Dalam pembuatan spesimen, bambu dibelah tangensial sehingga tebalnya kira-kira setengah dari tebal bambu utuh (Gambar 1). Bagian sisi yang ada kulitnya mewakili bambu bagian luar, sedang sisanya mewakili bambu bagian dalam. Masing-masing bagian dijadikan spesimen untuk diuji kekuatannya.



Gambar 1. Pengambilan spesimen bambu
(Sumber: Morisco, 1999)

Penelitian kapasitas lentur ini menggunakan tulangan dari bambu Petung dengan takikan tidak sejajar. 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).

Tulangan bambu bertakikan dapat mengurangi pengaruh penyusutan atau pengembangan karena kandungan air dengan adanya bagian saling mengunci antara permukaan tulangan dan beton (Azadeh, 2013).

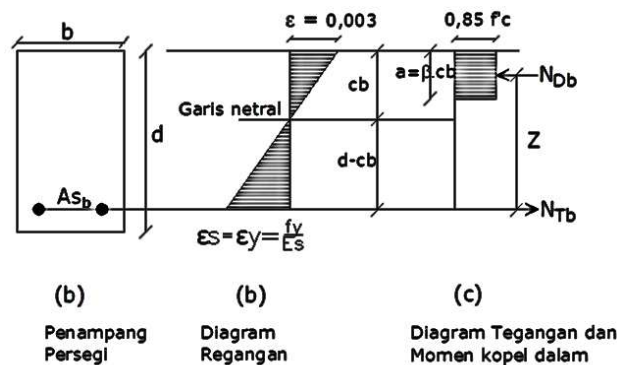


Gambar 2. (1) Tipikal bentuk Tulangan Baja Deformasi dan
(2) Bambu takikan.

Sumber : Azadeh, 2013

Pendekatan dan pengembangan metode perencanaan kekuatan didasarkan atas anggapan-anggapan sebagai berikut (Gambar 3):

1. Tegangan beton dapat disederhanakan menjadi tegangan kotak.
2. Kuat tarik beton diabaikan (tidak diperhitungkan) dan seluruh gaya tarik dilimpahkan kepada tulangan bambu.



Gambar 3. Diagram tegangan-regangan plat beton bertulang tunggal
Sumber : Istimawan dipohusodo 1993

Keterangan:

N_{Db} = Gaya beton (N)

N_{Tb} = Gaya baja (N)

β_1 = konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat beton

ϵ = regangan beton pada serat tekan terluar

- ϵ_s = regangan tarik tulangan baja
- ϵ_y = Regangan leleh tulangan baja
- a = Tinggi diagram blok (mm)
- A_{sb} = Luas tulangan (mm^2)

Anggapan-anggapan dalam analisis :

Distribusi Tegangan

Menurut SNI 03-2847-2002 bahwa distribusi tegangan tekan yang berbentuk trapesium, parabola, atau bentuk lainnya merupakan pendekatan perhitungan yang cukup baik bila dibandingkan dengan hasil pengujian yang menyeluruh. Tegangan tersebut berbentuk persegi dengan besar rata-rata $0,85.f_c$ yang terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalen. Nilai tersebut dibatasi oleh tepi tampang beton dan garis lurus yang sejajar dengan garis netral sejarak $a = \beta_1 \cdot c$ dari serat tekan terluar. Nilai β_1 dapat dihitung sebagai berikut :

- Untuk $f_c \leq 30$ MPa $\beta_1 = 0,85$
- Untuk $30 \geq f_c \leq 58$ MPa $\beta_1 = 0,85 - (0,05 \times (f_c' - 30) / 7)$
- Untuk $f_c \geq 58$ MPa $\beta_1 = 0,65$

Pendekatan dan pengembangan metode perencanaan kekuatan didasarkan atas anggapan-anggapan sebagai berikut

1. Tegangan beton dapat disederhanakan menjadi tegangan kotak.
2. Kuat tarik beton diabaikan (tidak diperhitungkan) dan seluruh gaya tarik dilimpahkan kepada tulangan bambu.

Kondisi regangan seimbang (*balance*) terjadi jika :

$$\epsilon_c' = 0.003 \text{ dan } \epsilon_s = \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} \dots\dots\dots [1]$$

dengan:

- f_y = Tegangan leleh tulangan
- E_s = Modulus elastisitas tulangan

Pada kondisi *balance* didapat:

$$C_b = \frac{0,003}{0,003 + \frac{f_y}{E_s}} \times d \dots\dots\dots [2]$$

$$A_b = \beta_1 \cdot C_b \dots\dots\dots [3]$$

$$N_{Db} = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b \dots\dots\dots [4]$$

$$N_{Tb} = A_{sb} \cdot f_y \dots\dots\dots [5]$$

Karena $\sum H = 0$, maka $N_{Db} = N_{Tb}$

$$A_{sb} \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b \dots\dots\dots [6]$$

$$A_{sb} = \frac{0,85 \times f_c' \times b \times a_b}{f_y} \dots\dots\dots [7]$$

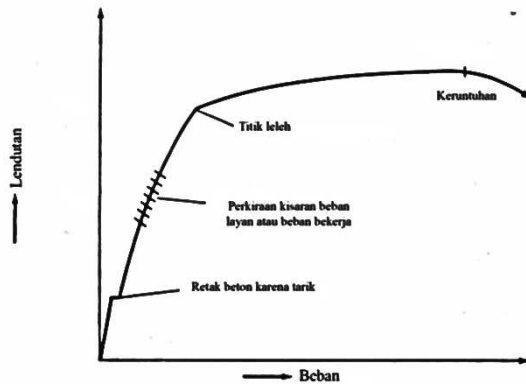
$$M_n = T \cdot (d - a/2) \dots\dots\dots [8]$$

$$M_r = 0,80 \cdot M_n \dots\dots\dots [9]$$

Dari hasil analisa plat dapat diketahui besarnya beban, P, yang dapat bekerja pada plat, dari hasil percobaan juga akan diperoleh nilai P yang berguna untuk menghitung besarnya momen ultimit yang dapat dilayani, kedua nilai momen hasil dari analisis dan hasil pengujian akan dibandingkan.

Penentuan Titik Leleh

Penentuan titik leleh ini sangat penting untuk menentukan titik leleh pada grafik hubungan beban dan lendutan. Pada saat beton dibebani terus menerus, beton tersebut akan mengalami lendutan semakin besar. Ini disebabkan karena beton tersebut tidak memiliki kekauan yang cukup untuk menahan beban, Sehingga lama-kelamaan beton tersebut akan mengalami leleh dan runtuh.



Gambar 4. Diagram momen-kurva untuk balok beton bertulang yang mengalami tarik
(sumber: *J.C. Mc Cormac, Desain Beton Bertulang*)

Gambar 4 menunjukkan tahapan pertama diagram, regangan yang terjadi kecil sehingga diagram hampir vertikal. Lalu beton mengalami retak akibat tarik dari tulangan. Pada saat beton tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk menahan beban, beton tersebut mengalami leleh. Diagram akan mengalami perubahan gradien dari miring menjadi hampir lurus mendatar. Agar beton bertulang mengalami leleh, diperlukan beban tambahan yang cukup besar untuk meningkatkan lendutan beton bertulang.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental suatu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan secara langsung untuk mendapatkan suatu data atau hasil yang menggabungkan variabel yang diselidiki. Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai klasifikasi yang diuji di laboratorium. Untuk beberapa hal pada pengujian bahan, digunakan data sekunder yang dikarenakan penggunaan bahan dan sumber yang sama. Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini berupa benda uji plat lentur, benda uji silinder, uji kuat tarik baja, uji karakteristik bambu meliputi: kuat tarik, MOE, MOR seperti terlihat pada tabel dan gambar.

Struktur plat beton seperti terlihat pada Gambar 5 Sebagai acuan kuat tekan beton normal adalah 17.5 MPa. Untuk uji kapasitas lentur plat, ukuran plat yang digunakan adalah 600 x400 x100 mm. Adapun jumlah sampel plat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 1

Tabel 1. Jumlah sampel uji kapasitas lentur plat

Jenis Plat	Jumlah
Plat Beton Menggunakan Tulangan Bambu Petung dengan takikan tidak sejajar	3
Plat Beton Menggunakan Tulangan Baja	3
Silinder (diameter 15cm, tinggi 30cm)	3



bambu



b. Bekisting dan Tulangan

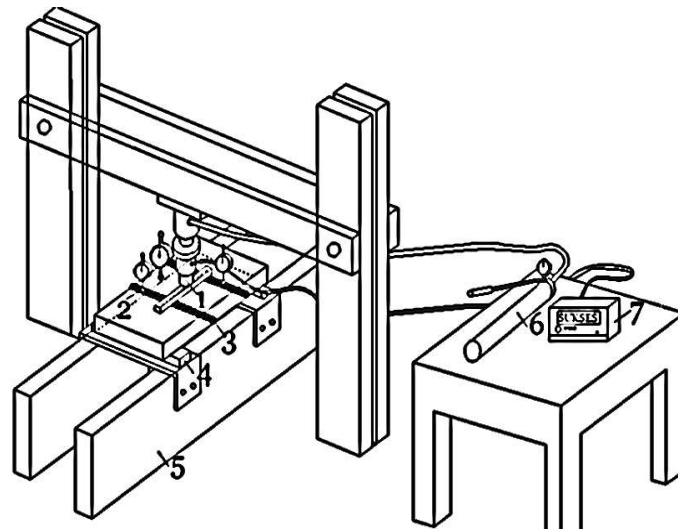


c. Plat beton

a. Tulangan

Gambar 5. Benda uji plat

Secara umum setup alat uji yang digunakan untuk pengujian kapasitas lentur benda uji sudah disesuaikan dengan standar SNI 4431:2011, seperti yang disajikan dalam Gambar 6 berikut ini :



Gambar 6. Skema pengujian Lentur Plat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan dan Bambu Petung

Uji tarik dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Pengujian dengan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Pengujian meliputi kuat tarik untuk tulangan baja dan bambu Petung dengan takikan tidak sejajar. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas tulangan yang terpasang dalam benda uji plat beton dilakukan uji kuat tarik baja dan bambu Petung dengan takikan tidak sejajar. Hasil selengkapnya uji kuat tarik baja tulangan dan bambu ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tarik baja

No	Diameter (mm)	Luas penampang (mm ²)	Gaya Leleh (kgf)	Regangan	Tegangan Leleh (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
1	8	50,2655	1780	0,002	354,11	177055
2	8	50,2655	1780	0,002	354,11	177055
3	8	50,2655	1800	0,002	358,09	179045
Rata-rata					355,446	177723,02

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tarik bambu Petung dengan takikan tidak sejajar

No	Ukuran		Luas penampang (mm ²)	Gaya Leleh (N)	Tegangan Leleh (MPa)	Rata - rata (MPa)
	Tebal (mm)	Lebar (mm)				
1	6	20	120	32100	267,50	251,39
2	6	20	120	29400	245,00	
3	6	20	120	29000	241,67	

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan benda uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm diuji pada umur 28 sehingga didapat beban maksimum (P_{maks}), dari beban maksimum tersebut dapat diperoleh kuat tekan beton Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tekan beton.

Benda Uji	P Maks (kN)	F'c (MPa)	F'cr (MPa)
S1	340	19,24	18,39
S2	320	18,12	
S3	315	17,83	

Hasil Pengujian Kuat Lentur dan Analisis Data

Benda uji plat terdapat 6 sampel yang akan di uji yaitu 3 buah plat bertulangan baja dan 3 buah plat bertulangan bambu Petung dengan takikan tidak sejajar dengan ukuran plat 100 mm x 400 mm x 600 mm. Pengujian ini meliputi pengujian beban, lendutan, kekakuan, dan titik leleh. Dalam pengujian kuat lentur plat bertulang ini menggunakan 3 buah *dial gauge* yang dipasang pada plat, yaitu:

Dial gauge 1 : Terletak pada jarak 34 cm dari bentang kanan

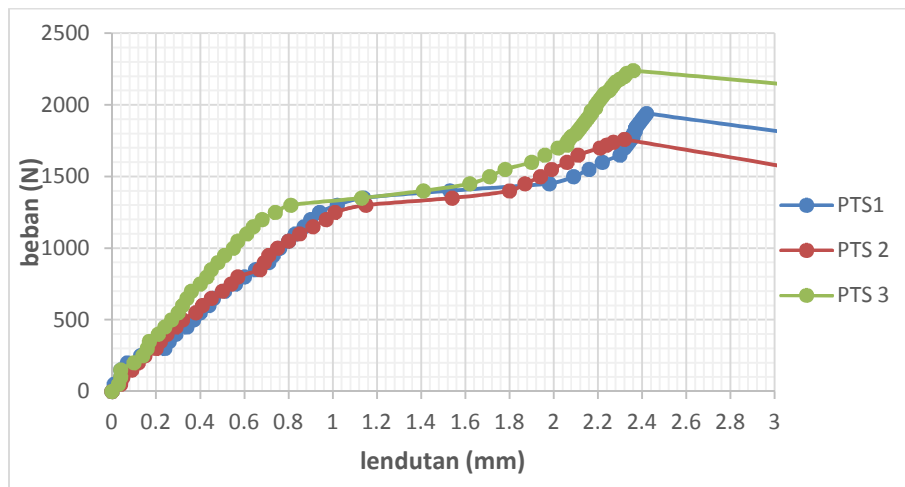
Dial gauge 2 : Terletak pada jarak 22,5 cm dari bentang kanan (tepat tengah plat)

Dial gauge 3 : Terletak pada jarak 17 cm dari bentang kanan

Hasil pengujian pada plat dengan tulangan bambu Petung dengan takikan tidak sejajar (*Dial gauge* 2) dapat dilihat dalam Gambar 7

Beban maksimum rata-rata pada plat tulangan bambu Petung dengan takikan tidak sejajar yaitu

$$P \text{ max rata - rata} = \frac{19,6 + 18,8 + 22,6}{3} = 20,33 \text{ kN}$$

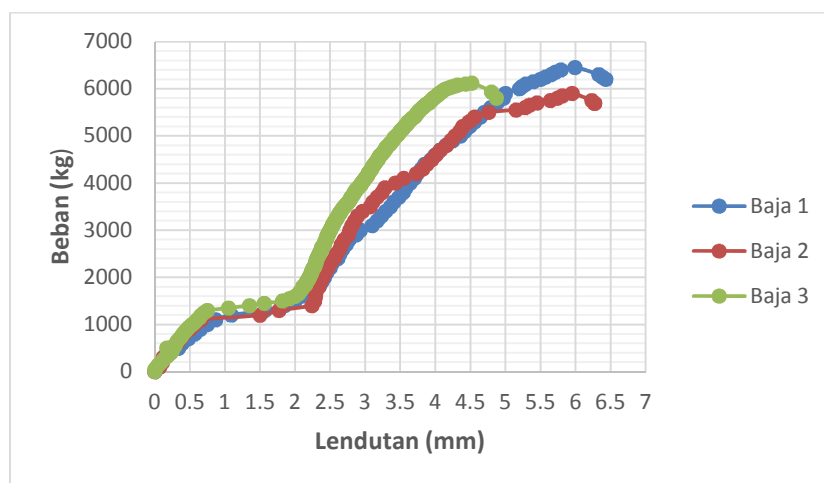


Gambar 7. Grafik beban dan lendutan Plat bertulangan bambu Petung dengan takikan tidak sejajar

Hasil pengujian pada plat dengan tulangan baja dengan Ø8 (*Dial gauge* 2) dapat dilihat dalam Gambar 8

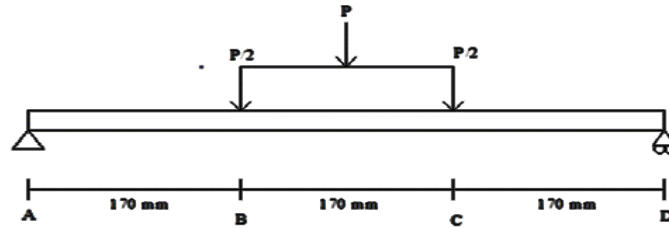
Beban maksimum rata-rata pada plat tulangan baja yaitu :

$$Rerata P \text{ max} = \frac{64,5 + 59 + 61,2}{3} = 61,57 \text{ kN}$$



Gambar 8. Grafik beban dan lendutan plat bertulangan baja

Dalam perhitungan menggunakan konsep statika berupa *simple beam* yang terbebani beban merata serta beban terpusat sebesar $P/2$ pada sepertiga bentang, dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 9. Rencana Pengujian Plat Uji

Hitungan :

Reaksi tumpuan

$$\sum MB = 0$$

$$(RAv \times L) - \left(\frac{1}{2}Px \frac{2}{3}L\right) - \left(\frac{1}{2}Px \frac{1}{3}L\right) - \left(qxLx \frac{1}{2}L\right) = 0$$

$$RAv \times L - \frac{2}{6}PL - \frac{1}{6}PL - \frac{1}{2}qL^2 = 0$$

$$RAv = \frac{\frac{3}{6}PL + \frac{1}{2}qL^2}{L}$$

$$RAv = \frac{1}{2}P + \frac{1}{2}qL$$

$$RAv = RBv$$

Momen

$$M_{max} = \left(RAv \times \frac{1}{2}L\right) - \left(\frac{1}{2}Px \frac{5}{30}L\right) - \left(qx \frac{1}{2}Lx \frac{1}{4}L\right)$$

$$= \left[\left(\frac{1}{2}P + \frac{1}{2}qL\right) \frac{1}{2}L\right] - \left(\frac{5}{60}PL\right) - \left(\frac{1}{8}qL^2\right)$$

$$= \frac{1}{4}PL + \frac{1}{4}qL^2 - \frac{5}{60}PL - \frac{1}{8}qL^2$$

$$= \frac{1}{6}PL + \frac{1}{8}qL^2$$

Tabel 4.14. Hasil hitungan kapasitas lentur tulangan baja (hasil pengujian)

Kode Benda Uji	Pmax (ton)	Mn (ton-m)
BJ1	6,45	0,5486
BJ2	5,90	0,5018
BJ3	6,12	0,5205
Rata-rata		0,5222

Hasil analisis kapasitas lentur tulangan baja

$$Mn = (Asx f_y) x \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn = 0,3051 \text{ ton.m}$$

Tabel 4.14. Hasil hitungan kapasitas lentur tulangan bambu Petung dengan takikan tidak sejajar (hasil pengujian)

Kode Benda Uji	Pmax (ton)	Mn (ton-m)
PTS1	1,86	0,1584
PTS2	1,94	0,1652
PTS3	2,24	0,1907
Rata-rata		0,1714

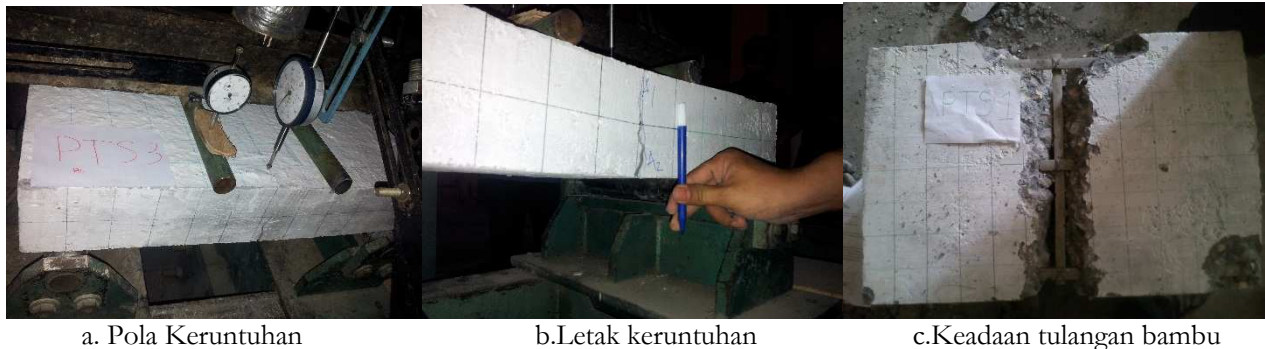
Hasil analisis kapasitas lentur tulangan bambu Petung dengan takikan tidak sejajar

$$Mn = (Asx f_y) x \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn = 0,1097 \text{ ton-m}$$

Pola Retak

Pola retak saat kondisi runtuh yang ingin dicapai yaitu terjadi retak pada daerah 1/3 bentang tengah dari plat. Pengujian pola retak plat beton tulangan baja dan plat beton tulangan bambu petung takikan tidak sejajar ini menghasilkan pola retak yang relatif sama yaitu pada bagian 1/3 bentang tengah sehingga dapat dikatakan bahwa retak yang terjadi termasuk retak lentur. Retak maksimal yang terjadi yaitu pada 1/3 bentang tengah dan menuju beban yang bekerja. Pola retak hasil pengujian plat beton tulangan baja dan plat beton tulangan bambu takikan tidak sejajar dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 10. Pola Keruntuhan plat beton bertulangan bambu

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan, Hasil pengujian tarik pada baja menghasilkan tegangan leleh sebesar 355,4460 MPa sedangkan pengujian tarik pada bambu Petung dengan takikan tidak sejajar menghasilkan tegangan leleh sebesar 251,39 MPa. Hasil pengujian modulus elastisitas pada bambu Petung dengan takikan tidak sejajar menghasilkan nilai rerata sebesar 24427,71 Mpa sedangkan modulus elastisitas baja menghasilkan nilai rerata sebesar 177723,02 MPa. Hasil pengujian kapasitas lentur plat bertulang baja rerata sebesar 0,5222 ton.m dan hasil analisisnya sebesar 0,3051 t-mm sedangkan hasil pengujian kapasitas lentur plat bertulangan bambu Petung dengan takikan tidak sejajar rerata sebesar 0,1714 ton.m dan hasil analisisnya sebesar 0,1097 ton-m.

REKOMENDASI

Penelitian lanjutan menggunakan takikan yang berbeda, misalnya variasi kedalaman, panjang dan jarak antar takikan sehingga diperoleh kuat lekat antara tulangan dengan beton yang optimal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penyusun mengucapkan terimakasih kepada Bapak Agus Setiya Budi, ST, MT dan Slamet Prayitno, ST, MT selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini. Terima kasih kepada bapak, ibu, keluarga dan teman-teman yang telah memberi doa dan dukungan serta semua pihak yang membantu proses pelaksanaan tugas akhir ini sehingga dapat selesai tepat pada waktunya.

REFERENSI

- 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.
- Ghavani, K., (1990). "Application of Bamboo as a low- cost Construction Material", 270-279. In Rao, I.V.R., Gnanaharan, R. & Shastry, C.B., Bamboos Current Research, The Kerala Forest Research Institute-India, and IDRC Canada.
- Istimawan, D., (1993). "Struktur Beton Bertulang", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. Soroushin P. and Bayashi Z. 1987, "Concept Fibre Reinforced Concrete, Proceeding of the International Seminar on Fibre Reinforced Concrete." Michigan State University East Lansing, Michigan, USA.
- Morisco, (1999). "Rekayasa Bambu", Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo. K. (1996). "Teknologi Beton", Gajah Mada Press. Yogyakarta.