

# KAPASITAS LENTUR PLAT BETON BERTULANGAN BAMBU WULUNG DENGAN TAKIKAN TIDAK SEJAJAR

Ferry Tri Pranoto<sup>1)</sup>, Agus Setiya Budi<sup>2)</sup>, Achmad Basuki<sup>3)</sup>

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

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

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : ferrycivil09@gmail.com

## Abstract

*Bamboo was chosen as an alternative to concrete reinforcement because besides the price is cheaper, bamboo also has a relatively high tensile strength which is equal to the tensile strength of mild steel. The purpose of the study was to determine Flexural Capacity of slabs concrete with Wulung bamboo non parallel notches reinforcement. The method used in this study is an experimental method with a concrete slab specimen measuring 60 cm x 40 cm x 10 cm with a load that is placed amid landscape and evenly distributed as a two point load on the specimen length  $L/3$ . Flexural capacity of concrete slab testing done at the time the specimen was 28 days. Value of the reduction factor for the determination of tensile force on the yield of bamboo with a regression method that is equal to 0.525. Yield strength for bamboo wulung plan calculated at 0,525 times the yield strength of bamboo tensile test results. The test results of reinforced steel plate bending capacity by an average of 0.5236 ton.m and results of the analysis of 0.4018 ton.m while bending capacity test results bertulangan bamboo plate wulung average of 0.1759 ton.m and the results of the analysis of 0,1126 ton-m.*

**Keywords :** bending capacity, slabs, Wulung bamboo, steel reinforcement.

## Abstrak

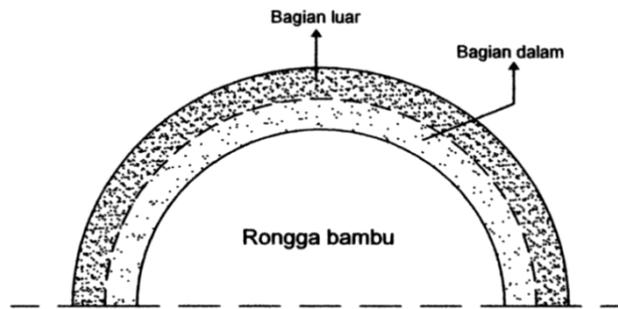
Bambu dipilih sebagai tulangan beton alternatif karena selain harganya lebih murah, bambu juga mempunyai kuat tarik cukup tinggi yang mana setara dengan kuat tarik baja lunak. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui besar kapasitas lentur plat beton tulangan bambu Wulung dengan takikan tidak sejajar. Metode yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan benda uji berupa plat beton berukuran 60 cm x 40 cm x 10 cm dengan pembebanan yang diletakkan ditengah bentang secara merata dan didistribusikan sebagai beban dua titik pada benda uji dengan panjang  $L/3$ . Pengujian kapasitas lentur plat beton dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari. Nilai faktor reduksi untuk penentuan gaya leleh pada uji tarik bambu dengan metode regresi yaitu sebesar 0,525. Kuat leleh rencana untuk bambu wulung diperhitungkan sebesar 0,525 kali kuat leleh dari hasil uji tarik bambu. Hasil pengujian kapasitas lentur plat bertulang baja rata-rata sebesar 0,5236 ton.m dan hasil analisisnya sebesar 0,4018 ton.m, sedangkan hasil pengujian kapasitas lentur plat bertulangan bambu wulung rata-rata sebesar 0,1759 ton.m dan hasil analisisnya sebesar 0,1126 ton-m.

**Kata Kunci :** Kapasitas lentur, plat beton, bambu Wulung, tulangan baja.

## PENDAHULUAN

Mengetahui semakin mahalnya harga tulangan baja ini akan sangat memberatkan bagi masyarakat terutama masyarakat golongan ekonomi lemah dalam memenuhi kebutuhan primer mereka yang berupa bangunan perumahan sederhana layak huni. Oleh sebab itulah perlu diupayakan mencari alternatif baru pengganti tulangan baja pada beton. Adapun alternatif lain sebagai pengganti tulangan beton tersebut, diantaranya adalah bambu. Bambu dipilih sebagai tulangan beton alternatif 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.

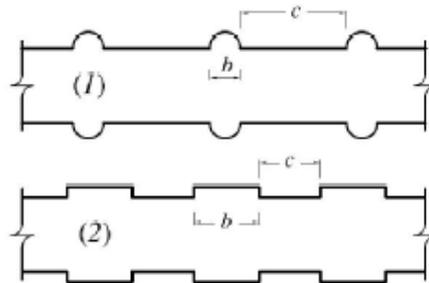
Penelitian spesimen untuk mengetahui perbedaan kekuatan bambu bagian luar dan bagian dalam telah dilakukan oleh Morisco (1999). Dalam pembuatan spesimen, bambu dibelah tangensial sehingga tebalnya kira-kira setengah dari tebal bambu utuh (Gambar 1). Bagian sisi yang ada kulitnya mewakili bambu bagian 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 Wulung. Bambu wulung (*Gigantochloa Verticillite*) mempunyai rumpun yang tidak rapat, dengan warna kulit batang hitam, hijau kehitaman dan ungu tua, bergaris kuning muda, panjang ruas 40-50 centimeter, diameter 6-8 milimeter (Morisco, 1999).

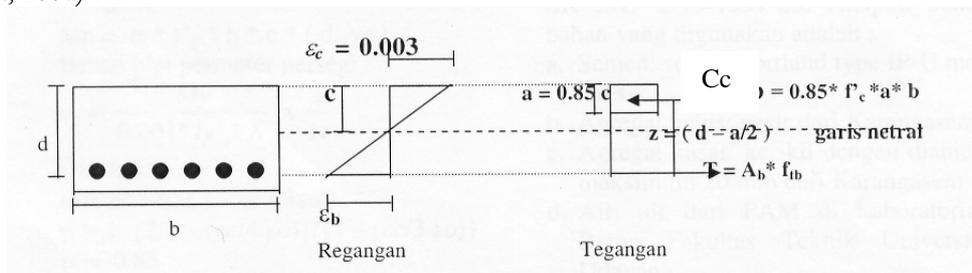
Tulangan bambu bertakikan dapat mengurangi pengaruh penyusutan atau pengembangan karena kandungan air dengan adanya bagian saling mengunci antara permukaan tulangan dan beton (Azadeh, 2013).



Sumber : Azadeh, 2013

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

Perhitungan momen rencana pada bambu Petung dan bambu Wulung tanpa nodia dan  $\epsilon_c = 0,003$  yang dapat dipikul oleh pelat, berdasarkan gaya-gaya dalam yang terjadi dari suatu penampang pelat beton bertulang empat persegi dengan penulangan tunggal seperti pada Gambar 2.6, dapat dilakukan dengan analisa penampang sebagai berikut (Putra, 2007) :



**Gambar 3.** Diagram tegangan-regangan plat beton bertulang tunggal pada bambu tanpa nodia

Anggapan-anggapan dalam analisis :

### Distribusi Tegangan

Menurut SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.3.2 butir 6 bahwa antara 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  $0,85 \cdot f_c$  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  $\beta_1$  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 :

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

di mana:

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

Pada kondisi *balance* didapat:

$$C_b = \frac{0,003}{0,003 + \frac{f_y}{E_s}} \dots \dots \dots (2)$$

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b \dots \dots \dots (3)$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b \dots \dots \dots (4)$$

$$T = A_{sb} \cdot f_y \dots \dots \dots (5)$$

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

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

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

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

$$M_r = 0,80 \cdot M_n \dots \dots \dots (9)$$

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.

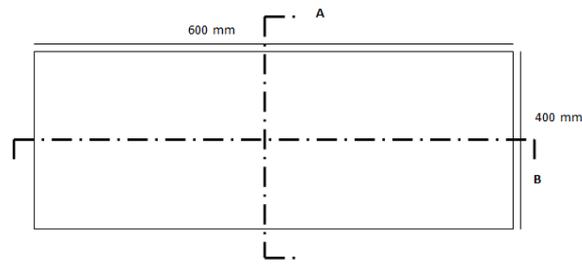
## METODE

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 silinder, uji kuat tarik baja, uji karakteristik bambu meliputi: kuat tarik, MOE, MOR.

Sebagai acuan kuat tekan beton normal adalah 15 MPa. Untuk uji kapasitas lentur plat, ukuran plat yang digunakan adalah 60x40x10 cm. Adapun jumlah sampel plat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 1

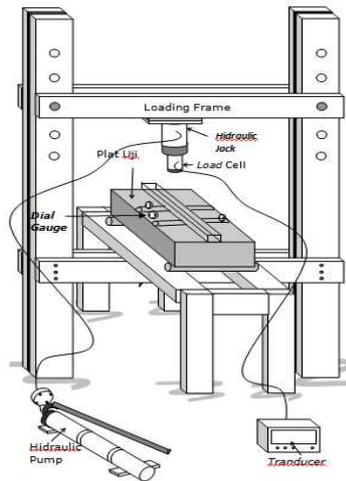
**Tabel 1.** Jumlah sampel uji kapasitas lentur plat

Jenis Plat	Jumlah
Plat Beton Menggunakan Tulangan Bambu Wulung	3
Plat Beton Menggunakan Tulangan Baja	3



**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 dan ASTM C-78, seperti yang disajikan dalam Gambar 7 berikut ini :



**Gambar 6.** Skema pengujian Lentur Plat

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji *slump test* dilakukan dengan tujuan mengetahui *workability* dari campuran beton tersebut diperoleh hasil uji slump test sebesar 12 cm

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 tuangan baja dan bambu Wulung. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas tulangan yang terpasang dalam benda uji plat beton dilakukan uji kuat tarik baja dan bambu Wulung. Hasil selengkapnya uji kuat tarik baja tulangan dan bambu pilinan ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3

**Tabel 2.** Hasil pengujian kuat tarik baja

No	Diameter (mm)	Luas penampang (mm <sup>2</sup> )	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 Wulung

No	Ukuran		Luas penampang (mm <sup>2</sup> )	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	

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	380	19.24	
S2	270	15.28	16.41
S3	260	14.71	

Benda uji plat terdapat 6 sampel yang akan di uji yaitu 3 buah plat bertulangan baja dan 3 buah plat bertulangan bambu Wulung dengan takikan tidak sejajar dengan ukuran plat 10cm x 40cm x 60cm. 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

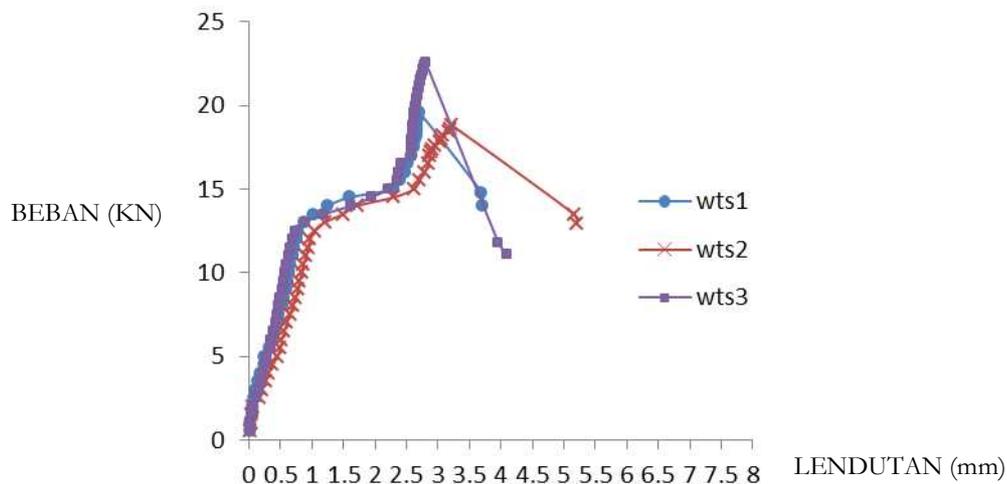
*Dial gauge* 2 : Terletak pada jarak 22,5 cm dari bentang kanan (tepat tengah plat )

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

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

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

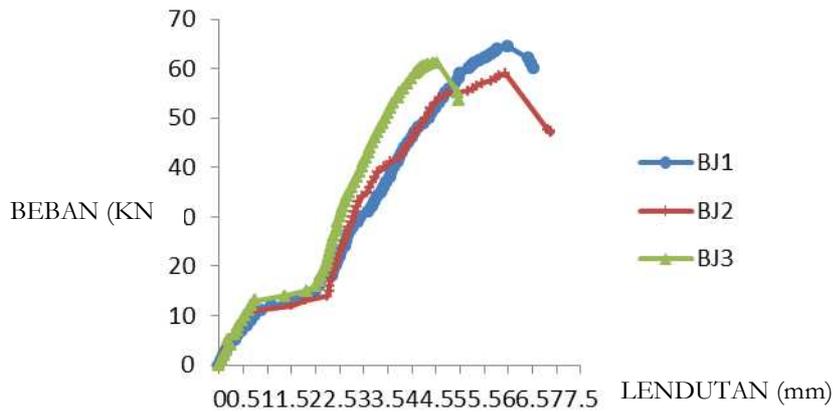
$$P_{max \text{ rata-rata}} = \frac{19,6 + 18,8 + 22,6}{3} = 20,33 \text{ kN}$$



**Gambar 7.** Grafik beban dan lendutan Plat bertulangan bambu Wulung takikan tidak sejajar

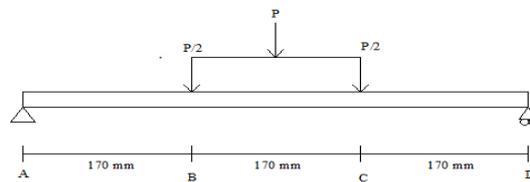
Hasil pengujian pada plat dengan tulangan baja dengan Ø8 (*Dial gauge* 2) dapat dilihat dalam Gambar 8  
Beban maksimum rata-rata pada plat tulangan baja yaitu :

$$P_{max \text{ rata-rata}} = \frac{64,5 + 59 + 61,2}{3} = 61,57 \text{ kN}$$



**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 9 berikut



**Gambar 9.** Rencana Pengujian Plat Uji

Perhitungan :

Reaksi tumpuan

$$\sum MB = 0$$

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

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

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

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

$$RAv = RBv$$

Momen

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

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

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

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

**Tabel 5.** Hasil perhitungan kapasitas lentur tulangan baja (hasil pengujian)

Kode Benda Uji	Pmax (ton)	Mn (ton-m)
BJ1	6,45	0,5514
BJ2	5,90	0,5046
BJ3	6,12	0,5233
Rata-rata		0,5236

Hasil analisis kapasitas lentur tulangan baja

$$M_n = (A_s x f_y) x (d - \frac{a}{2})$$

$$M_n = 0,4018 \text{ ton.m}$$

**Tabel 6.** Hasil perhitungan kapasitas lentur tulangan bambu wulung (hasil pengujian)

Kode Benda Uji	Pmax (ton)	Mn (ton-m)
WTS1	1,96	0,1697
WTS2	1,88	0,1629
WTS3	2,26	0,1952
Rata-rata		0,1759

**Perhitungan faktor reduksi untuk gaya leleh pada bambu :**

Anggapan :

$$0.8 \times M_{n_{uji}} = M_{n_{analisis}}$$

$$0,8 \times 1759000 = (A_b x f_y' b) x (d - \frac{0,85 x f_c' x b}{2})$$

$$1407200 = (140,4 f_y' b) (77,4 - 0,0112 f_y' b)$$

$$1,57248 f_y'^2 b^2 - 10866,964 f_y' b - 1407200 = 0$$

$$f_y' b_1 = 6778,6$$

$$f_y' b_2 = 132,02 \longrightarrow \text{Dipakai } f_y' b_2 \text{ sebesar } 132,02 \text{ MPa}$$

**Nilai faktor reduksi (φ):**

$$\phi = \frac{f_y' b}{f_y b}$$

$$\phi = 0,525$$

Hasil analisis kapasitas lentur tulangan bambu wulung

$$M_n = (A_s x f_y) x (d - \frac{a}{2})$$

$$M_n = 0,1126 \text{ ton-m}$$

**SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini, Hasil pengujian tarik pada baja menghasilkan tegangan leleh sebesar 355,4460 MPa sedangkan pengujian tarik pada bambu wulung menghasilkan tegangan leleh sebesar 251,39 MPa. Hasil pengujian modulus elastisitas pada bambu wulung menghasilkan nilai rata-rata sebesar 19798,5 MPa sedangkan modulus elastisitas baja menghasilkan nilai rata-rata sebesar 177723,02 MPa. Hasil pengujian kapasitas lentur plat bertulang baja rata-rata sebesar 0,5236 ton.m dan hasil analisisnya sebesar 0,4018 t-mm. Nilai faktor reduksi untuk penentuan gaya leleh pada uji tarik bambu dengan metode regresi yaitu sebesar 0,525, oleh karena itu kuat leleh rencana untuk bambu wulung diperhitungkan sebesar 0,525 kali kuat leleh dari hasil uji tarik bambu. Hasil pengujian kapasitas lentur plat bertulangan bambu wulung rata-rata sebesar 0,1759 ton.m dan hasil analisisnya sebesar 0,1126 ton-m.



**Gambar 9.** Pengujian plat dan crack yang terjadi

## REKOMENDASI

Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut tentang plat beton bertulangan bambu wulung takikan tidak sejajar dengan pembebanan dinamik dan dengan mengganti material bambu jenis lain . Variasi model takikan lain bisa digunakan dalam penelitian ini serta pemberian treatment khusus pada material bambu untuk meningkatkan peforma material bambu itu sendiri.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Bapak Agus Setiya Budi, ST, MT dan Bapak Achmad Basuki, ST, MT selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini. Terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan motivasi dan dukungan doa serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung sehingga penelitian ini bisa selesai dengan lancar

## REFERENSI

- Anonim, 1991. "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI T-15 1991-03)", Yayasan LPMB, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
- Azadeh, A., 2013 "New Approaches to Bond Between Bamboo and Concrete", 14th International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies, 24<sup>th</sup>-27<sup>th</sup> March 2013, Federal University of Paraíba, Brasil.
- McCormac, J.C. 2005. *Desain Beton Bertulang (Edisi 5)*. Jakarta: Erlangga
- Morisco, 1999. "Rekayasa Bambu", Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Putra D, Sedana IW, 2007. "Kapasitas Lentur Plat Beton Bertulangan Bambu", dalam *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Volume 11, No.1, Januari 2007, Halaman 45-54, Jurusan Teknik Sipil Fak. Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- 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.