

# **PENGARUH VARIASI UKURAN TULANGAN BAMBU TERHADAP KUAT LENTUR PANEL LAPIS SIRIP BAMBU DENGAN TAKIKAN PADA PERMUKAAN PANEL**

**M. Taufik Hidayat**

**Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang**

**Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia**

**Email : civil@ub.ac.id**

## **ABSTRACT**

This study deals with fin bamboo plywood panel as an alternative replacement for steel reinforcing which is often used in some buildings nowadays by seeing the difference of flexural strength occurred in each variation of reinforcement. The experimental procedures are specimens in form of fin bamboo plywood panel with length 80 cm, width 45 cm, and height  $\pm 3$  cm. Bamboo dimension (1) 1 cm x 1 cm and 0.8 cm x 0.8 cm are 45 cm and 80 cm in length respectively; (2) 0.8 cm x 0.8 cm and 0.6 cm x 0.6 cm are 45 cm and 80 cm in length respectively; while (3) 0.6 cm x 0.6 cm and 0.5 cm x 0.5 cm are 45 cm and 80 cm in length respectively. Testing is conducted by using horizontal panel supported in its four sides by gradually giving concentrated loads in the middle of the span in which pedestal spacings are 70 cm and 30 cm respectively and, of course, by using three variations of reinforcement: 1 cm x 1 cm and 0.8 cm x 0.8 cm; 0.8 cm x 0.8 cm and 0.6 cm x 0.6 cm; and the other one is 0.6 cm x 0.6 cm and 0.5 cm x 0.5 cm with 5 specimens in each variations. From statistical analysis, the results of study show that there is no strong influence in flexural strength of fin bamboo plywood panel with variation of the bamboo reinforcement. Beside that, there is no significant difference between ultimate load and variation in size of the bamboo reinforcement because the reinforcement holds different tension depending on its size due to the compressive strength of mortal is less than the yield strength of bamboo.

**Keywords:** bamboo fin panel, flexural strength, variation of the bamboo reinforcement, notch.

## **PENDAHULUAN**

Kemajuan di bidang ilmu dan teknologi pada bidang konstruksi mengakibatkan kebutuhan pada bahan bangunan semakin meningkat. Akan tetapi, melihat kondisi Indonesia yang rawan akan bencana alam terutama gempa bumi, maka dibutuhkan suatu alternatif bahan bangunan yang tahan terhadap gempa. Salah satu jenis bahan yang tahan terhadap gempa adalah bambu.

Bambu merupakan salah satu alternatif pengganti peran baja tulangan pada suatu struktur, hal ini dikarenakan bambu memiliki keteguhan tarik yang nilainya hampir setara dengan besi baja berkualitas sedang. Disamping itu bambu mempunyai keunggulan secara teknis

dibanding dengan kayu yakni dalam hal elastisitas, kekuatan tarik dan lentur. Oleh karena itu, pengembangan bambu akan memiliki prospek yang cukup baik.

Dalam prakteknya bambu yang digunakan untuk panel disusun seperti pemasangan tulangan pada pelat lantai yaitu bersilangan tegak lurus secara vertikal dan horisontal. Kemudian dilapisi spesi agar tahan api dan tidak tembus pandang. Dari penggunaan panel sirip bambu ini akan diperoleh beberapa keuntungan yaitu lebih ringan, murah, tahan gempa, tahan angin, dan tahan api.

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui perbedaan kuat lentur dan beban batas yang terjadi pada panel sirip bambu dengan takikan pada permukaan panel terhadap variasi sirip bambu.

Alternatif yang akan dicoba adalah mengganti pasangan batu bata dengan panel lapis sirip bambu dengan tebal 3 cm. Dengan memberikan lapisan sirip bambu pada pelat komposit ini maka diharapkan lapisan sirip bambu akan berfungsi sebagai tulangan yang berfungsi untuk menahan tegangan tarik dan geser, sedangkan spesi berfungsi menahan tegangan tekan dan memberikan kekuatan pada panel. Agar panel sirip bambu ini menjadi lebih ringan, maka dilakukan modifikasi pada permukaan panel dengan memberi takikan pada permukaan panel dengan dimensi takikan 60 cm x 25 cm dan tebal 0,6 cm.

### **Panel Lapis Sirip Bambu**

Pada umumnya, bagian-bagian bangunan yang dapat dibuat dari bambu jauh lebih murah jika dibandingkan dengan bahan bangunan lain untuk kegunaan yang sama. Bambu terdapat hampir di seluruh Indonesia. Bambu adalah bahan ramuan yang penting sebagai pengganti kayu biasa bagi penduduk desa (Frick, 2004).

Sirip bambu diperoleh dari bambu yang sudah dibelah dengan bagian bambu yang dipilih adalah pada batang terluar hingga kira-kira  $\frac{2}{3}$  ketebalan bambu. Untuk bambu pada bagian dalam tidak digunakan karena kondisinya rapuh dan mudah patah. Oleh karena itu bambu yang digunakan adalah bagian bambu paling bawah karena bagian paling bawah bambu memiliki diameter dan ketebalan yang lebih besar dari pada bagian yang lainnya, sehingga didapat ukuran sirip yang sesuai. Bambu pada bagian terluar merupakan bagian terkuat diantara bagian yang lainnya, apabila bagian kulit bambu tersebut dibengkok-bengkokkan maka akan sulit patah dibandingkan bagian yang lain. (Dransfield & Widjaja, 1995)

Panel lapis sirip bambu disini merupakan campuran semen dan agrerat halus (pasir) yang dilapisi sirip bambu pada sisi luarnya. Kiki (2009) memberikan panduan pembuatan panel sirip bambu

tersebut akan digunakan sebagai bahan bangunan lapisan dinding dengan ketentuan sebagai berikut :

- Bambu dipotong berdimensi 0,8 cm x 0,8 cm dengan panjang 80 cm, sedangkan bagian melintangnya bambu berdimensi 1 cm x 1 cm dengan panjang 45 cm untuk sirip bambu pertama.
- Bambu dipotong berdimensi 0,6 cm x 0,6 cm dengan panjang 80 cm, sedangkan bagian melintangnya bambu berdimensi 0,8 cm x 0,8 cm dengan panjang 45 cm untuk sirip bambu kedua.
- Bambu dipotong berdimensi 0,5 cm x 0,5 cm dengan panjang 80 cm, sedangkan bagian melintangnya bambu berdimensi 0,6 cm x 0,6 cm dengan panjang 45 cm untuk sirip bambu ketiga.
- Permukaan panel diberikan takikan dengan luas takikan sebesar 35% dari total luas permukaan panel dengan tebal takikan 0,6 cm.
- Penampang dinding harus menunjukkan campuran yang merata pada setiap bagian panel.

### **Batas Elastis dan Runtuh**

Apabila suatu struktur dibebani sampai batas elastis, pada tempat dimana tegangan bernilai maksimum, maka akan dicapai tegangan leleh yang menyebabkan deformasi plastis yang besar. Penampang pada bagian ini tidak mampu lagi memikul momen tambahan akibat peningkatan beban. Daerah ini berubah menjadi titik sendi plastis yang hanya mampu memikul momen sampai momen plastis (Nawy, 1990).

Sendi plastis adalah tempat kedudukan disepanjang balok menerus atau rangka dimana selama penambahan beban akan terjadi rotasi *inelastis* yang besar yang pada dasarnya adalah sebuah momen tahanan yang konstan (MacGregor, 1985).

Metode garis leleh dalam analisis pelat termasuk dalam metode keruntuhan, dimana garis leleh adalah tempat kedudukan sendi-sendi plastis yang

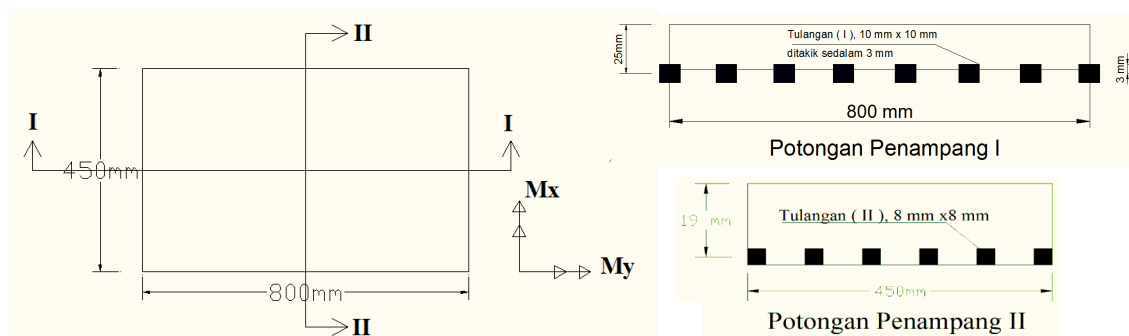
terbentuk sejak awal terjadi leleh sampai struktur berada pada ambang runtuh. Dengan kata lain dapat pula dikatakan bahwa garis leleh adalah sebuah garis yang menghubungkan sendi-sendi plastis yang terjadi pada suatu mekanisme keruntuhan. Teori garis leleh memberikan mekanisme kehancuran pada pelat yang dibebani oleh beban batas. Garis leleh yang terjadi akan membagi pelat menjadi beberapa bagian (Wang & Salmon, 1985).

### METODE

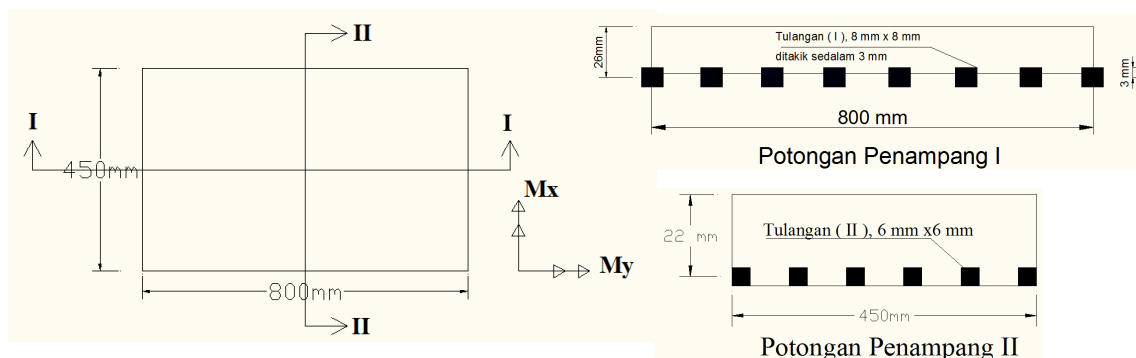
Dalam penelitian ini dibuat 15 (limabelas) benda uji pelat berukuran 45 x 80 cm. Panel lapis sirip bambu disini merupakan campuran semen dan agregat halus (pasir) yang dilapisi sirip bambu pada sisi luarnya. Panel lapis sirip bambu tersebut akan digunakan sebagai bahan bangunan lapisan dinding.

Variasi sirip bambu pada penelitian ini ada 3 macam, yaitu :

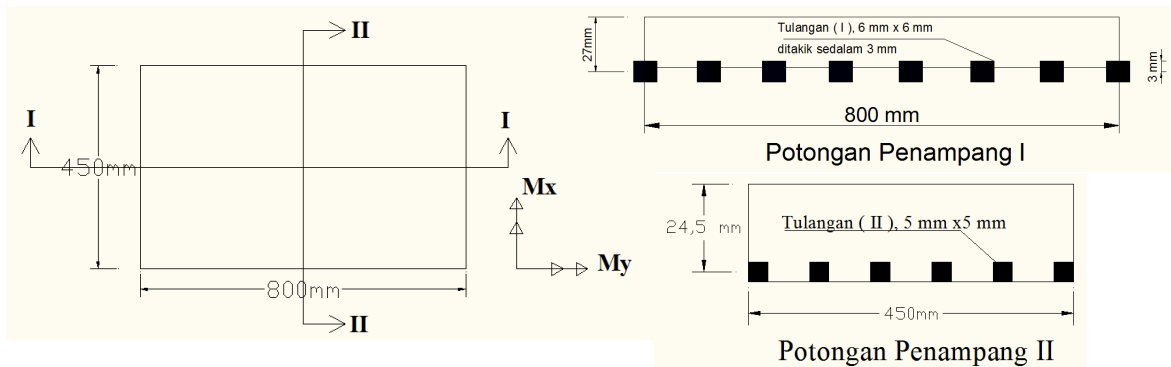
1. Tipe  $S_1$  sirip bambu pertama dipotong berdimensi 0,8 cm x 0,8 cm dengan panjang 80 cm, sedangkan bagian melintangnya bambu berdimensi 1 cm x 1 cm dengan panjang 45 cm seperti pada **Gambar 1**.
2. Tipe  $S_2$  sirip bambu kedua dipotong berdimensi 0,6 cm x 0,6 cm dengan panjang 80 cm, sedangkan bagian melintangnya bambu berdimensi 0,8 cm x 0,8 cm dengan panjang 45 cm seperti pada **Gambar 2**.
3. Tipe  $S_3$  sirip bambu ketiga dipotong berdimensi 0,5 cm x 0,5 cm dengan panjang 80 cm, sedangkan bagian melintangnya bambu berdimensi 0,6 cm x 0,6 cm dengan panjang 45 cm seperti pada **Gambar 3**.



**Gambar 1.** Penampang panel tipe  $S_1$



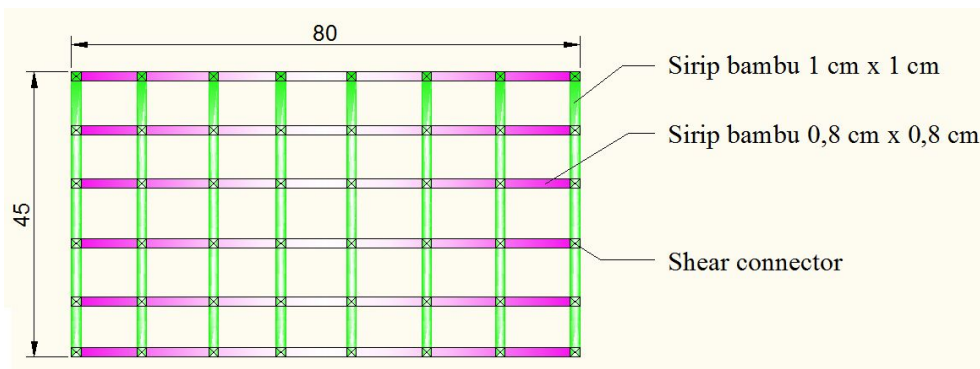
**Gambar 2.** Penampang panel tipe  $S_2$



**Gambar 3.** Penampang panel tipe  $S_3$

Permukaan panel pada semua tipe diberi takikan dengan ukuran 60 cm x 25 cm dan tebal sebesar 0.6 cm dengan penampang dinding harus menunjukkan campuran

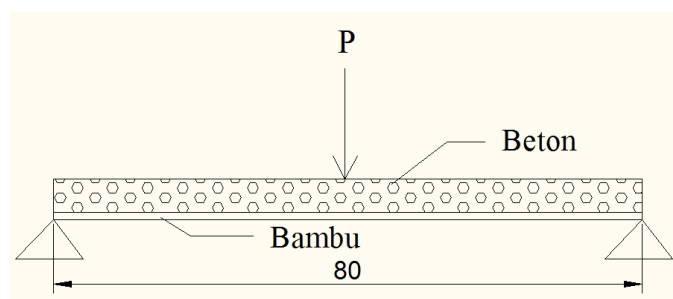
yang merata pada setiap bagian panel tersebut dengan susunan sirip bamboo seperti pada **Gambar 4**.



**Gambar 4.** Susunan sirip bamboo

Tumpuan di keempat sisi panel adalah baja yang sangat kaku. Adanya tumpuan ini diharapkan akan berperilaku menjadi tumpuan sendi untuk keempat sisi panel. Pada penelitian ini penghubung

geser (*shear connector*) diabaikan. Struktur panel bersifat homogen dan isotropis dan keseluruhan panel mengalami perlakuan yang sama dengan posisi pembebanan seperti pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Pembebanan untuk pelat bujursangkar penuh

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kuat Tekan Spesi

Campuran spesi yang digunakan adalah 1 : 3 yaitu perbandingan antara berat semen dan agregat (pasir). Kemudian dilakukan proses pengecoran

dan diambil 5 buah sampel dengan bentuk silinder ukuran diameter 8 cm dan tinggi 15 cm , kemudian diuji tekannya setelah berumur lebih dari 28 hari. Adapun data yang diperoleh dari hasil uji tekan seperti pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Hasil uji tekan silinder

Campuran	Benda Uji	Berat Benda uji (kg)	Berat Rata-rata (kg)	A (cm <sup>2</sup> )	P (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1 : 3	1	1,834	1,8024	50,265	17600	350,144	280,911
	2	1,821		50,265	12000	238,735	
	3	1,694		50,265	13600	270,566	
	4	1,841		50,265	12700	252,661	
	5	1,872		50,265	14700	292,450	

Pada hasil pengujian kuat tekan spesi tersebut diperoleh  $f'_c$  rata-rata 280,911 kg/cm<sup>2</sup>, akan tetapi  $f'_c$  rata-rata yang digunakan pada perhitungan kuat lentur panel sirip bambu adalah 263,603 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai  $f'_c$  tersebut diperoleh dengan menggunakan uji keseragaman atau keselarasan chi-kuadrat. Hal ini dilakukan untuk menyeragamkan nilai kuat tekan masing-masing benda uji.

### Kuat Tarik Bambu

Nilai modulus elastis bambu diperoleh dari penelitian sebelumnya.

Bambu yang digunakan terlebih dahulu diuji terhadap kuat tarik pada bambu jenis petung dengan nodia. Dari uji data bambu didapatkan grafik hubungan tegangan dengan regangan bambu. Berdasarkan grafik tersebut maka nilai modulus elastis bambu dapat diperoleh dari kemiringan grafik hasil regresi. Nilai modulus elastisitas bambu didapat dari rata-rata antara modulus elastisitas bambu petung dengan nodia. Hasil selengkapnya diberikan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Modulus elastisitas rata-rata, Kuat tarik ( $f_y$ ) dan Lentur

No	Nama Benda Uji	No. Benda uji	Hasil Pengujian (MPa)	Kuat rata-rata (MPa)
1	Modulus of elasticity bambu dengan nodia	MBP MEN-1 MBP MEN-2 MBP MEN-3	10959,61 12366,02 11448,29	11591,31
2	Kuat tarik sejajar serat bambu lapis luar dengan nodia	MBP TLN-1 MBP TLN-2 MBP TLN-3	Error 157.08 158.17	157.62
3	Kuat lentur	MBP GS-1 MBP GS-2 MBP GS-3	63,51 64,44 64,59	64,18

### Panel Sirip Bambu

Benda uji berupa panel sirip bambu-spesi dengan ukuran 80 cm x 45 cm x 3 cm. Diuji dengan jarak tumpuan 75 cm dan 40 cm. Pengujian lendutan dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Pengujian dilakukan dengan pemberian beban secara bertahap.

Pengujian panel dilakukan dengan memberikan beban melalui *proving ring* dan tongkat besi berukuran 1 m dengan dibantu besi dengan diameter 2 cm sebagai media pemerataan beban. Beban yang diberikan adalah beban terpusat. Pengamatan lendutan dan pola retak dilakukan dari bagian bawah panel.

Segala kejadian pada proses pengujian diamati dan dicatat. Juga dilakukan pembacaan dial gauge untuk mengetahui besar beban yang bekerja dan dilakukan pembacaan *dial gauge* yang diletakkan pada sisi bawah panel untuk mengetahui besarnya lendutan. Pembacaan dihentikan ketika *dial gauge* beban sudah tidak mengalami pertambahan nilai.

Proses pembebanan, cara pembacaan digunakan untuk semua benda uji. Data berat panel, lendutan maksimum ( $\Delta_{max}$ ), beban retak dan beban maksimum ( $P_{max}$ ). Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Hasil pengamatan

<u>Jenis Variasi</u>	<u> Tipe</u>	<u>Berat Panel (kg)</u>	<u>Lendutan (mm)</u>	<u>Beban Retak (kg)</u>	<u>Beban Batas (kg)</u>
S <sub>1</sub>	S <sub>1.1</sub>	23	8,3	299	552
	S <sub>1.2</sub>	23,8	8,6	207	529
	S <sub>1.3</sub>	21,5	8,7	184	414
	S <sub>1.4</sub>	23,3	8,1	184	391
	S <sub>1.5</sub>	23	8,9	115	253
S <sub>2</sub>	S <sub>2.1</sub>	23,3	8,45	299	483
	S <sub>2.2</sub>	25,9	8,9	207	529
	S <sub>2.3</sub>	23,7	7	161	322
	S <sub>2.4</sub>	26,4	7	161	299
	S <sub>2.5</sub>	21,4	9,5	115	253
S <sub>3</sub>	S <sub>3.1</sub>	22,5	7,6	161	276
	S <sub>3.2</sub>	24,5	7,71	69	414
	S <sub>3.3</sub>	24,3	7,9	138	345
	S <sub>3.4</sub>	25,6	6,8	161	299
	S <sub>3.5</sub>	23,8	8,7	92	345

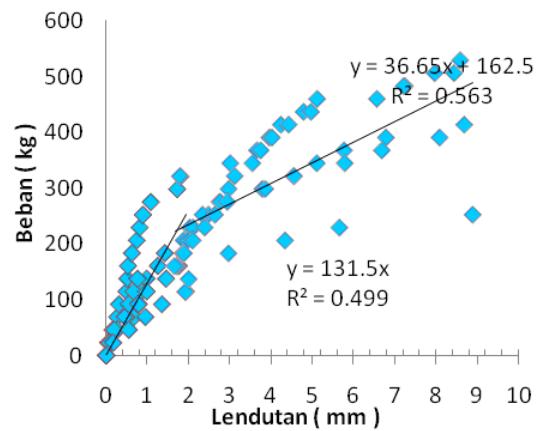
Bambu mudah mengembang jika menyerap air dan menyusut jika mengering atau melepas kandungan airnya. Kembang susut ini sangat berpengaruh kuat lekat bambu terhadap spesi. Pada saat spesi dicor, bambu menyerap air dari pasta semennya sehingga bambu mengembang. Sebaliknya pada saat spesi mengeras, bambu melepas kandungan airnya

sehingga bambu menyusut. Pengembangan mortar pada saat spesi mengalami proses pengeringan menyebabkan terjadi retak-retak halus disepanjang bidang rekat bambu. Sedangkan penyusutan bambu pada saat spesi mengeras menyebabkan kurangnya lekatan bambu terhadap spesi.

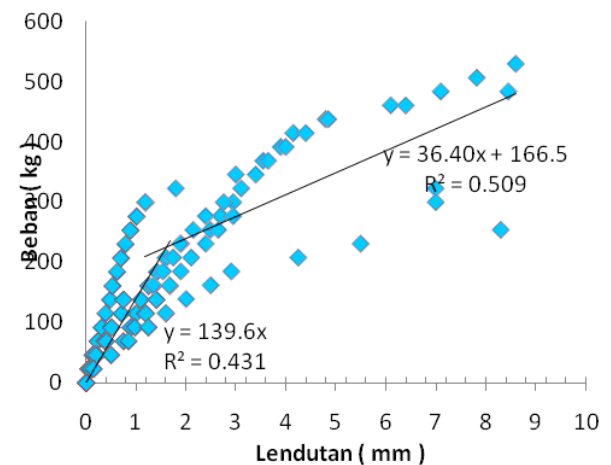
Beban yang diperoleh dari hasil pengujian merupakan beban retak hingga

panel sirip bambu-spesi mengalami kehancuran, dalam hal ini spesi hancur. Pada saat mengalami pembebanan pertama, panel sirip bambu-mortar masih memikul beban secara bersama-sama, karena beban semakin bertambah maka panel sirip bambu akan mengalami deformasi yang ditandai oleh adanya lendutan yang semakin besar. Akibat adanya lendutan tersebut, akan mengakibatkan terjadinya retak awal panel. Retak pertama kali pada panel komposit sirip bambu-spesi ini terjadi pada bagian bawah spesi yang mengalami tarik. Retak pertama kali tersebut terjadi ketika tegangan tarik spesi mencapai kekuatan modulus retaknya. Apabila hal ini sudah terjadi maka spesi di daerah tarik tidak lagi memberikan kontribusi kekuatannya dalam menahan tarik sehingga yang bekerja menahan beban hanya sirip bambu dan spesi bagian tekan.

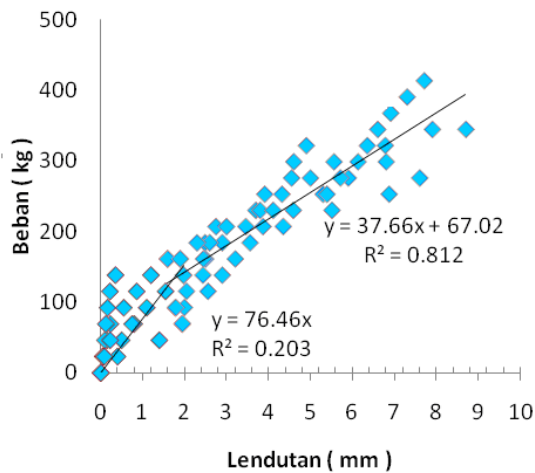
Akibat adanya beban yang semakin lama semakin besar, dimana lendutan yang terjadi juga semakin besar maka spesi akan dengan cepat mengalami retak pada daerah tekan hingga tidak mampu menahan beban sehingga menyebabkan timbulnya keretakan sampai bagian atas spesi. Kehancuran pada bagian ini menandakan bahwa panel sirip bambu-spesi sudah tidak lagi menahan beban secara bersama-sama. Hal ini ditandai dengan retak yang semakin terbuka pada panel yang terus melendut seiring dengan bertambahnya beban. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan grafik hubungan antara beban dan lendutan pada titik pembebanan seperti ditunjukkan pada **Gambar 6** sampai dengan **Gambar 8**.



**Gambar 6.** Hubungan regresi beban dan lendutan total untuk panel tipe S<sub>1</sub>



**Gambar 7.** Hubungan regresi beban dan lendutan total untuk panel tipe S<sub>2</sub>



**Gambar 8.** Hubungan regresi beban dan lendutan total untuk panel tipe S<sub>3</sub>

### Kuat Lentur Teoritis

Untuk contoh analisis perhitungan digunakan panel lapis sirip bambu dengan tipe S<sub>1</sub> (variasi tulangan 1 cm x 0,8 cm) dengan ukuran L<sub>x</sub> = 45 cm, L<sub>y</sub> = 80 cm dengan tebal mortar 3 cm, f<sub>y</sub> bambu = 157,62 MPa dan f'<sub>c</sub> beton didapat dari uji keseragaman yaitu 26,36 MPa.

$$A_{bBruto} = 8 \times (10\text{mm} \times 10\text{mm}) = 800 \text{ mm}^2$$

$$A_{bNetto} = 8 \times (7\text{mm} \times 10\text{mm}) = 560 \text{ mm}^2$$

(Bambu ditakik sedalam 3 mm pada pemasangan sirip bambu)

$$A_b = 6 \times (8\text{mm} \times 8\text{mm}) = 384\text{mm}^2$$

Diasumsikan awal : tulangan bambu sudah leleh ( f<sub>b</sub> > f<sub>y</sub> bambu )

Mencari Nilai My  $\implies Cc = T$

$$0,85 \times f'_c \times b \times a = A_b \times f_{y \text{ bambu}} \times y_b$$

$$0,85 \times 26,36 \times 450 \times a = 384 \times 157,62$$

$$a = \frac{60526,08}{10082,7}$$

$$a = 6,003$$

Letak garis netral ( c ) =  $\frac{a}{\beta_1}$

$$= \frac{6,003}{0,85} = 7,06$$

mm

Kontrol regangan tarik tulangan bambu

$$(\epsilon_b) = \epsilon_c \cdot \frac{d-c}{c}$$

$$= 0,003 \cdot \frac{19-7,06}{7,06}$$

$$= 0,005 \text{ mm}$$

Tegangan tulangan bambu ( f<sub>b</sub> ) = ε<sub>b</sub> · E<sub>b</sub>

$$= 0,005 \times 11591,31$$

$$= 57,96 \text{ MPa} < 157,62 \text{ MPa}$$

f<sub>b</sub> < f<sub>y</sub> bambu ( tulangan bambu belum leleh )

Dikarenakan tegangan tulangan bambu tidak sesuai asumsi awal, maka perhitungan diulang dengan menggunakan asumsi baru.

Asumsi kedua : tulangan bambu belum leleh ( f<sub>b</sub> < f<sub>y</sub> )

$\implies Cc = T$

$$0,85 \times f'_c \times b \times a = A_b \times f_b$$

$$0,85 \times 26,36 \times 450 \times a = 384 \times 57,96$$

$$a = \frac{22256,64}{10082,7}$$

$$a = 2,207 \text{ mm}$$

$$M_y = A_s \times f_b \times (d - \frac{a}{2})$$

$$= 384 \times 57,96 \times (19 - 2,207 / 2)$$

$$= 398315,96 \text{ Nmm}$$

$$= 398,316 \text{ Nm}$$

M<sub>y</sub> = 885,15 Nm per satuan panjang

Diasumsikan awal : tulangan bambu sudah leleh ( f<sub>b</sub> > f<sub>y</sub> )

Mencari Nilai M<sub>x</sub>  $\implies Cc = T$

$$0,85 \times f'_c \times b \times a = A_b \times f_{y_b}$$

$$0,85 \times 26,36 \times 800 \times a = 560 \times 157,62$$

$$a = \frac{88267,2}{17924,8}$$

$$a = 4,924 \text{ mm}$$

Letak garis netral ( c ) =  $\frac{a}{\beta_1}$

$$= \frac{4,924}{0,85} = 5,793 \text{ mm}$$

Kontrol regangan tarik tulangan bambu

$$(\epsilon_b) = \epsilon_c \cdot \frac{d-c}{c}$$



$$= 0,003 \cdot \frac{25 - 5,793}{5,793}$$

$$= 0,01 \text{ mm}$$

Tegangan tulangan bambu ( fb )

$$= \varepsilon_b \cdot E_b = 0,01 \times 11591,31$$

$$= 115,91 \text{ MPa} < 157,62 \text{ MPa}$$

fb < fy<sub>b</sub> ( tulangan bambu belum leleh )

Dikarenakan tegangan tulangan bambu tidak sesuai asumsi awal, maka perhitungan diulang dengan menggunakan asumsi baru.

Asumsi kedua : tulangan bambu belum leleh ( fb < fy<sub>b</sub> )

$$\Rightarrow Cc = T$$

$$0,85 \times f'c \times b \times a = Ab \times fb$$

$$0,85 \times 26,36 \times 800 \times a = 560 \times 115,91$$

$$a = \frac{64909,6}{17924,8}$$

$$a = 3,621 \text{ m}$$

$$Mx = Ab \times fb \times (d - \frac{a}{2})$$

$$= 560 \times 115,91 \times (25 - \frac{3,621}{2})$$

$$= 1505221,17 \text{ Nmm}$$

$$= 1505,221 \text{ Nm}$$

Mx = 1881,53 Nm per satuan panjang

Jika momen plastis persatuan panjang adalah Mx = 1881,53 Nm dan My = 885,15 Nm maka total kerja dalam momen plastis adalah

$$Mx = 1881,53 \quad My = 885,15$$

$$M\theta = 1881,53 \cos^2\theta + 885,15 \sin^2\theta$$

$$\cos^2\theta = 4a^2/(4a^2+1) \quad \sin^2\theta = 1/(4a^2+1)$$

$$\text{Tg}\theta = 1/(2a) \quad \text{ctg}\theta = 2a$$

$$KD = 4My \cdot \delta$$

$$(2,13\cos^2\theta + \sin^2\theta)(\text{tg}\theta + \text{ctg}\theta) + Mx \cdot (2L - 2aL)4\delta/L$$

$$KD = 4 \times 885,15 \times \delta$$

$$\times \frac{(8,52a^2 + 1)(1 + 4a^2)}{(4a^2 + 1) \cdot 2a} + 1881,53 \times$$

$$(2L - 2aL) \times 4 \times \frac{\delta}{L}$$

$$= 3540,6 \times \delta \times \frac{(8,52a^2 + 1)(1 + 4a^2)}{(4a^2 + 1) \cdot 2a}$$

$$+ 15052,24 \times \delta \times (1 - a)$$

$$= 3540,6 \times \delta \times \frac{(8,52a^2 + 1)(1 + 4a^2)}{(4a^2 + 1) \cdot 2a}$$

$$+ 3540,6 \times \delta \times (4,25 - 4,25a)$$

$$= 3540,6 \times \delta$$

$$\left( \frac{(8,52a^2 + 1)(1 + 4a^2) + (4,25 - 4,25a)(4a^2 + 1)(2a)}{(4a^2 + 1)(2a)} \right)$$

$$= 3540,6 \times \delta$$

$$\times \left( \frac{0,08a^4 + 34a^3 + 4,02a^2 + 8,5a + 1}{8a^3 + 2a} \right)$$

$$KL = P \times \delta$$

$$KD = KL$$

$$P \times \delta = 3540,6 \times \delta$$

$$\times \left( \frac{0,08a^4 + 34a^3 + 4,02a^2 + 8,5a + 1}{8a^3 + 2a} \right)$$

$$P = 3540,6 \times \left( \frac{0,08a^4 + 34a^3 + 4,02a^2 + 8,5a + 1}{8a^3 + 2a} \right)$$

Nilai P<sub>maksimum</sub> dapat dicari dengan coba-coba, pada persamaan di atas nilai P<sub>maksimum</sub> didapat dengan memasukkan nilai a = 0,5

$$PS_1 = 3540,6 \times \left( \frac{0,08a^4 + 34a^3 + 4,02a^2 + 8,5a + 1}{8a^3 + 2a} \right)$$

$$PS_1 = 18605,85 \text{ N} = 1860,585 \text{ kg}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan nilai P untuk panel tipe S<sub>2</sub> dan S<sub>3</sub> sebesar PS<sub>2</sub> = 1827,444 kg dan PS<sub>3</sub> = 1083,702 kg.

Dari hasil analisis perhitungan nilai P di atas terlihat bahwa terjadi perbedaan yang tidak terlalu besar antara variasi S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> dan S<sub>3</sub>. Hal ini menunjukkan bahwa variasi tulangan bambu pada panel lapis sirip bambu secara teoritis tidak terlalu mempengaruhi nilai beban batas.

Beban yang mengakibatkan runtuh pada panel sirip bambu hasil pengujian dan hasil analisis perhitungan pada panel lapis sirip bambu terdapat perbedaan seperti yang terlihat pada **Tabel 4**. Pada variasi tulangan 1 cm x 0,8 cm, beban yang mengakibatkan runtuh pada panel sirip bambu memiliki perbandingan selisih sebesar 72,80 %, variasi tulangan 0,8 cm x 0,6 cm, beban yang mengakibatkan runtuh pada panel komposit memiliki perbandingan selisih sebesar 73,57 % dan variasi tulangan 0,6 cm x 0,5 cm, beban yang mengakibatkan runtuh pada panel sirip bambu memiliki perbandingan selisih sebesar 63,91 %. Hal ini dapat disimpulkan bahwa variasi tulangan 0,6 cm x 0,5 cm memiliki selisih yang terkecil sedangkan variasi tulangan 0,8 cm x 0,6 cm memiliki selisih yang terbesar.

**Tabel 4.** Perbandingan beban batas

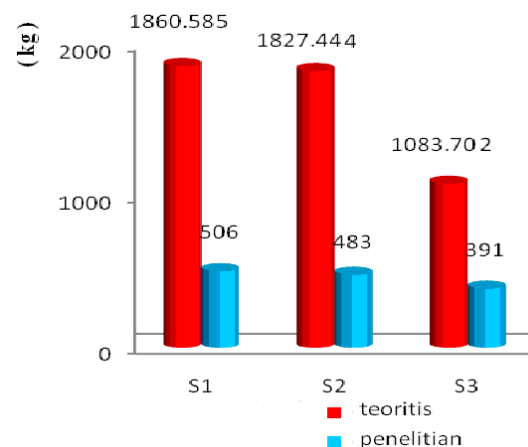
No	Tipe	Penelitian (kg)	Analisis (kg)	Selisih (%)
1	S <sub>1</sub>	506	1860,585	72,80
2	S <sub>2</sub>	483	1827,444	73,57
3	S <sub>3</sub>	391	1083,702	63,91

Adapun perbedaan antara hasil pengujian variasi S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> dan S<sub>3</sub> seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 9** dapat terjadi dikarenakan oleh berbagai macam faktor antara lain :

- Permukaan panel sirip bambu dengan takikan yang tidak rata sehingga menyebabkan penjaralan retak akibat pembebanan tidak sesuai dengan perencanaan pengujian awal.
- Ikatan komposit antara tulangan sirip bambu dan spesi tidak bekerja dengan baik, dari pengujian di laboratorium terlihat bahwa spesi runtuh terlebih dahulu sedangkan tulangan sirip bambu belum bekerja menahan beban yang diberikan. Hal ini disebabkan karena spesi panel memiliki kemampuan

menahan tekan tetapi tidak mampu menahan tarik, sedangkan tulangan sirip bambu mampu menahan tarik.

- Antara variasi tulangan bambu perbandingan campuran spesi tidak sama. Kemungkinan salah satu tidak sesuai perbandingan yang ada yaitu 1 : 3.
- Tulangan bambu pada penelitian tidak sama dengan tulangan besi pada umumnya sehingga kekuatan menahan tariknya lebih lemah daripada tulangan besi.



**Gambar 9.** Perbandingan beban batas teoritis vs penelitian

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis statistik dapat disimpulkan bahwa variasi tulangan bambu menunjukkan belum ada pengaruh yang nyata terhadap beban batas panel sirip bambu dengan resiko kesalahan 5 %. Hal ini dikarenakan pada saat terjadi lendutan dan beban maksimum, sebagian besar beban diterima oleh tulangan bambu, karena spesi/mortar sudah mengalami keruntuhan dahulu. Spesi atau mortar mempunyai kuat tekan lebih kecil daripada kuat leleh bambu. Kuat tekan spesi 26,36 MPa sedangkan kuat leleh bambu 157,62 MPa. Perbedaan ini menyebabkan beban dan lendutan

maksimum terjadi bersamaan dengan runtuhnya spesi/mortar.

Untuk mendapatkan data yang benar-benar akurat, maka diperlukan perencanaan yang matang. Perencanaan tersebut meliputi pengujian bambu, pengujian material campuran beton serta penetapan dimensi dan kekuatan pelat yang disesuaikan dengan kondisi lapangan dan ketersediaan alat uji di laboratorium.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Dransfield, S. & Wijaya, EA. 1995. Plant Resources of South Asia 7, Bamboos. Backhuys Publisher, Leiden
- Heinz, Frick. 2004. Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Kiki, Nyoman K.C.D. 2009. Pengaruh Variasi Campuran Spesi Terhadap Kuat Lentur Panel Sirip Bambu. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Malang
- Mac. Gregor, JG. 1997. Reinforced Concrete Mechanics and Design. Prentice Hall.
- Nawy, Edward G. 1990. *Beton Bertulang, Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan Ir. Bambang Suryoatmono, M.Sc. PT Refika Aditama, Bandung
- Wang, Chu-Kia & Charles G. Salmon. 1985. Disain Beton Bertulang. Edisi Ke-4, Jilid 2, Terjemahan Ir. Binsar Hariandja, M.Eng.,Ph.D . Penerbit Erlangga, Jakarta
- Walpole, Ronald E & Raymond H Myers. 1995. Ilmu Peluang Statistika Untuk Insinyur Dan Ilmuwan. Edisi ke-4, Terjemahan Dr. RK Sembiring. ITB, Bandung