

SIFAT TEKAN DAN BENDING PANEL SANDWICH BETON RINGAN SELULAR DENGAN PENGUAT PIN BAMBU

COMPRESSIVE AND BENDING PROPERTIES OF CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE SANDWICH PANELS WITH BAMBOO PIN REINFORCEMENT

Agus Dwi Catur*, Pandri Pandiatmi, Fikri Haikal

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jln. Majapahit No. 62 Mataram, 83125

*Corresponding author

E-mail addresses: agus.dc@unram.ac.id

<https://doi.org/10.29303/empd.v2i2.2127>

Received 18 January 2023; Received in revised form 28 October 2023; Accepted 5 November 2023

ABSTRACT

The bamboo plant is a type of grass that has hollow segments on its stems, cylindrical, and hard. Bamboo plants grow in the lowlands up to around 1200 meters above sea level with a wide range of humidity and soil types. Lightweight concrete is concrete weighing less than 1900 kg/m³. The compressive strength value is smaller than ordinary concrete. Bamboo in the form of pins is added with the aim of strengthening lightweight concrete in sandwich composites. In this research, the sandwich composite is a composite composed of 3 layers consisting of a flat composite as the skin and a core material in the middle in the form of lightweight concrete. The results of the research showed that there was an increase in compressive strength in the compression test from those who did not use bamboo pins amounting to 0.646 N/mm², and those using pins with a distance of 3 cm x 4 cm amounting to 1.94 N/mm² and a distance of 4 cm x 6 cm amounting to 1.596 N/mm². The further the distance between the bamboo pins, the less strength it has. The bending test also shows an increase from without pins with a value of 0.43 N/mm² to 0.89 N/mm² by adding pins with a pin distance of 3 cm x 4 cm, but there is a decrease for the pin distance of 4 cm x 6 cm with a value of 0.25 N/mm².

Keywords: Sandwich composites, Bamboo, Bending, Compressive strength.

1. Pendahuluan

Tanaman bambu merupakan jenis rumput-rumputan dengan ruas dan rongga dibatangnya, berbentuk silindris, keras, dan pada setiap buku memiliki mata tunas atau bercabang. Tanaman bambu ini dapat tumbuh sekitar 1200 mdpl dan dataran rendah dengan kondisi kelembapan udara dan tipe tanah yang luas. Tanaman ini sering dijumpai tumbuh liar disekitaran pinggir sungai, hutan, atau tanah lapang. Tanaman ini hampir disetiap wilayah desa maupun kota yang ada di Indonesia selalu ada [1]. Bahkan di provinsi Nusa Tenggara Barat atau yang lebih dikenal dengan nama pulau Lombok tanaman ini dijadikan atau dimanfaatkan sebagai kerajinan berbagai macam seperti yang ada di desa di Lombok Tengah. Tanaman ini bisa dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar seperti membuat tanaman pagar, membuat bedeg (rumah dari bambu), membuat tusuk sate, membuat alat musik tradisional, dan lain-lain. Tanaman bambu ini apabila masih muda warnanya adalah hijau, sedangkan apabila bambu yang sudah tua warnanya kuning kecoklatan. Tanaman bambu memiliki batang dan daun, batang bambu memiliki

diameter sekitar 4-10 cm dan tinggi sekitar 10-20 m. Sedangkan daun bambu berbentuk segitiga lebar dengan panjang sekitar 4-10 cm dan lebar 3-5 cm, ujung meruncing dan pada permukaan daun ditumbuhi bulu.

Pemanfaatan batang tanaman bambu dapat dijadikan pin bambu, dimana pembuatan pin bambu harus memakai batang tanaman bambu yang sudah tua dan kering, dikarenakan batang tanaman bambu yang sudah tua dan kering tidak cepat rusak, kekuatannya tinggi dan mudah dibentuk. Apabila menggunakan batang bambu yang masih muda kekuatan kurang bagus dan cara membuatnya sulit. Untuk pemanfaatan pin bambu ini dapat dimanfaatkan sebagai tulang atau penguat pada pembuatan komposit *sandwich*. Komposit *sandwich* ini memiliki banyak variasi. Komposit *sandwich* memiliki banyak klasifikasi bentuk matriks penyusun maupun penguatnya. Komposit *sandwich* ini memiliki 3 *layers* yaitu *skin*, *core*, dan *skin*.

Percobaan pengujian tekan dan geser terhadap komposit *sandwich* telah banyak dilakukan, dengan bahan *skin* gabungan dari *polyester* dan *fiberglass* dan *core* terbuat dari *polyurethane rigid foam* dengan pin z-bambu sebagai penguat *core* [2]. Penguatan pin bervariasi sudutnya dan memiliki jarak antar pin. Kuat tekan dan geser rata-rata dari komposit *sandwich* meningkat dengan penyisipan z-pin bambu pada inti komposit *sandwich*. Jarak dan sudut penyisipan z-pin bambu mempengaruhi kuat tekan komposit *sandwich*. Semakin kecil jarak z-pin yang dimasukkan ke dalam inti, semakin besar kuat tekannya [3]. Semakin besar sudut penyisipan z-pin, semakin besar kekuatan tekan. Kuat tekan komposit *sandwich* tanpa z-pin adalah 96,2 kPa sedangkan dengan z-pin 336 kPa sampai dengan 839 kPa. Jarak dan sudut penyisipan mempengaruhi kuat geser komposit *sandwich*. Semakin kecil jarak dan sudut penyisipan dari z-pin yang dimasukkan ke dalam inti, semakin besar kekuatan gesernya. Kuat geser komposit *sandwich* tanpa z-pin adalah 37 kPa sedangkan dengan z-pin 43 kPa sampai 121 kPa.

Beton ringan selular dikembangkan untuk maksud mengurangi kepadatan beton, meningkatkan ketahanan api, konduktivitas termal [4]. Memakai beton ringan untuk inti komposit *sandwich* mempunyai keunggulan pada sifat tersebut. Namun beton ringan mempunyai kekurangan dalam hal kekuatan. Potensi meningkatkan sifat mekanik beton ringan dengan bahan yang lebih kuat sangat terbuka lebar. Solusi yang dapat dikembangkan untuk mengatasi problem rendahnya sifat mekanik beton ringan untuk bahan komposit *sandwich* adalah dengan menambahkan penguat pada inti panel komposit *sandwich* dengan bahan *biodegradable* [5,6]. Penguat yang murah dan mudah dalam pengolahannya yaitu pin bambu. Pin bambu menghubungkan kedua kulit panel komposit *sandwich* yang mengapit inti berbahan beton ringan. Kekuatan mekanik bambu diharapkan mampu menambah kekuatan mekanik komposit *sandwich* beton ringan selular dengan kulit terbuat dari *calcibord*. Tulisan ini merupakan pembuktian secara eksperimental bahwa pin bambu tersebut mampu menaikkan kekuatan tekan dan lentur panel komposit *sandwich* dengan inti beton ringan selular.

2. Bahan dan Metode

Pada penelitian ini bahan yang di gunakan adalah sebagai berikut: semen, pasir, air, foam agent, kalsiboard, bambu tali. Adapun alat yang di gunakan dalam proses pembuatan spesimen maupun pengujian adalah: obeng, spidol, isolasi, *Universal testing machine* untuk uji tekan dan *bending foam reactor*, mixer, ember, pengaris, timbangan, kompresor, gelas ukur, gunting, amplas.

Hal pertama yang di lakukan adalah memotong kalsiboard dan panjang pin bambu yang akan digunakan. Pin yang di gunakan merupakan potongan bambu yang di ambil dari bambu yang tua dan panjang. Untuk proses pembuatan pin dilakukan dengan memotong bambu dengan panjang 7 cm kemudian *diirat* menjadi batang bambu kecil (pin) dengan diameter 3 mm. Kalsiboard ketebalan 2,5 mm dipotong dengan ukuran panjang 15 cm dan lebar 15 cm untuk spesimen uji tekan, sedangkan untuk uji bending dipotong dengan ukuran panjang 40 cm dan lebar 10 cm.

Komposit *sandwich* beton ringan diperkuat pin bambu disusun dari *calciboard* sebagai kulit komposit, sedangkan inti *sandwich* (*core*) terbuat dari beton ringan. Pin bambu yang memperkuat komposit menghubungkan kedua kulit komposit *sandwich*. Dalam pembuatan komposit *sandwich*, kedua kulit komposit *sandwich* dihubungkan terlebih dahulu dengan *pin* bambu. *Pin* bambu ditempelkan ke kedua kulit dengan perekat *cyanoacrylate etil*, jarak antar pin divariasikan 3 cm x 4cm dan 4 cm x 6 cm (Gambar 1a).



Gambar 1 a. Pin bambu telah menghubungkan dua skin, b. pencampuran beton basah dengan foam, c. Penuangan beton basah-foam ke dalam cetakan, d. spesimen tekan, e. spesimen bending

Selanjutnya untuk proses pembuatan inti komposit sandwich disiapkan bahan yaitu semen, pasir, *foam* dan air. Semen dan pasir dicampur dengan perbandingan volume 1 : 2, kemudian dimasukan air setengah dari volume semen dan pasir lalu diaduk hingga rata membentuk beton basah. Untuk membuat busa maka *foam agent* di campur dengan air dengan perbandingan 2:60 kemudian direaksikan ke dalam reaktor. Untuk membuat busa maka bantuan semprotan udara dari kompresor ke dalam reaktor gun dilakukan dan terbentuklah busa. Busa dicampurkan ke dalam adonan beton basah (Gambar 1b) dan di ukur berat jenisnya sampai berat beton basah turun menjadi 1200 gr/liter. Beton basah selular kemudian dituang ke dalam cetakan yang didalamnya sudah terdapat dua kulit komposit *sandwich* dan pin bambu yang menghubungkannya. Komposit sandwich yang telah dicetak dibiarkan menunggu proses pengerasan beton yaitu 12 jam setelah dicetak. Untuk menjadi kuat sempurna dibutuhkan waktu 28 hari [7]. Setelah 28 hari spesimen dilakukan *finishing* berupa perataan sisi dengan pemotong gerinda menjadi spesimen tekan dan bending (Gambar 1d dan 1e).

Pengujian tekan arah flat dilakukan pada spesimen uji dengan menggunakan *Compression Testing Machine* (Gambar 2a) untuk mengetahui besar gaya tekan maksimum. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berapa besar kekuatan tekan sandwich beton ringan dengan persamaan 1.

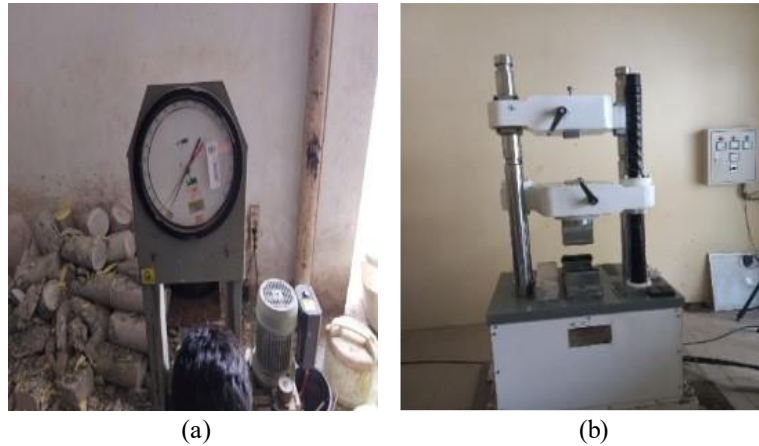
$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

σ = Kuat tekan benda uji (N/mm^2), P = beban yang di berikan (N), A = Luas penampang melintang (mm^2)

Pada pengujian bending digunakan *universal testing machine/UTM* (Gambar 2b) untuk mengetahui sebesar mana mampu bending komposit tersebut menahan beban hingga komposit tersebut patah atau beban lengkung mulai menurun, dengan persamaan 2.

$$\sigma_b = \frac{PL}{2t(d+c)b} \quad (2)$$

Dengan P adalah beban maksimum bending (N), L adalah panjang span (mm), t merupakan tebal skin (mm), d adalah tebal sandwich (mm), c merupakan tebal core (mm), b adalah lebar komposit sandwich (mm).



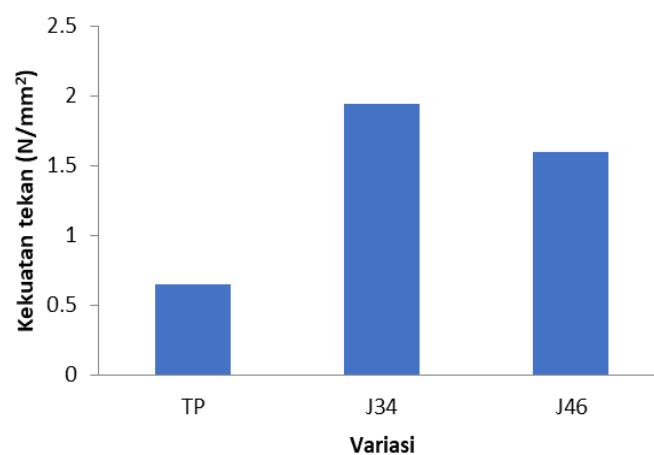
Gambar 2 a. Alat uji tekan, b. *universal testing machine* (uji bending)

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan pengujian tekan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil uji tekan

No	Variasi jarak	Luas penampang (mm^2)	Gaya tekan (N)	Kuat tekan (N/mm^2)	Rata-rata kuat tekan (N/mm^2)
1	TP (tanpa pin)	22500	10000	0,4	0,646
		22500	13000	0,57	
		22500	22000	0,97	
2	J34 (3 Cm x 4 Cm)	22500	42000	1,86	1,94
		22500	40000	1,7	
		22500	51000	2,26	
3	J46 (4 Cm x 6 Cm)	22500	33000	1,46	1,596
		22500	36000	1,6	
		22500	39000	1,73	



Gambar 3 Hubungan nilai rata-rata kuat tekan dengan jarak antar pin penguat komposit beton ringan

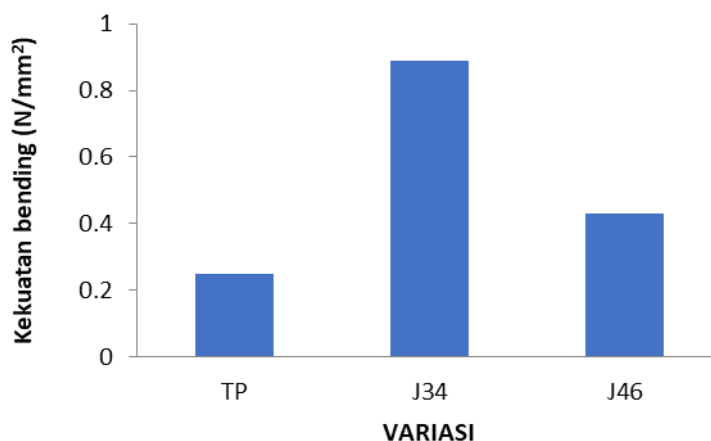
Dari Gambar 3 di atas terlihat bahwa nilai kuat tekan tertinggi komposit *sandwich* beton ringan selular dengan penguatan pin bambu terdapat pada variasi J34 dengan nilai kuat tekan yaitu sebesar 1,94 N/mm^2 . Kemudian diikuti dengan variasi J46 dengan nilai kuat tekan sebesar 1,596 N/mm^2 ,

sedangkan pada variasi TP memiliki nilai kuat tekanebesar 0,646 N/mm². Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kuat tekan dengan menambahkan pin bambu pada inti komposit sandwich dengan jarak 3 cm x 4 cm dan 4 cm x 6cm. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa apabila jarak pin semakin panjang maka kekuatannya menurun, komposit *sandwich* yang jarak pin nya lebih kecil mempunyai jumlah pin yang lebih banyak untuk menopang beban sehingga kekuatannya lebih besar.

Tabel 2 Hasil uji *bending*

Variasi Jarak	b (mm)	d (mm)	c (mm)	L (mm)	P (N)	t (mm)	E _b (MPa)	σ _b (N/mm ²)	Rata-rata σ _b (N/mm ²)
TP	100	750	700	250	429,1	2,5	130	0,15	
(tanpa pin)	100	750	700	250	1468	2,5	148	0,51	0,25
	100	70	700	250	226,8	2,5	155	0,08	
J34	100	750	700	250	1977	2,5	675,9	0,68	
(3 Cm x 4 Cm)	100	750	700	250	2483	2,5	498	0,86	0,89
	100	750	700	250	3301	2,5	544	1,14	
J46	100	750	700	250	1456	2,5	60,5	0,5	
(4 Cm x 6 Cm)	100	750	700	250	1441	2,5	79,7	0,4	0,43
	100	750	700	250	1441	2,5	79,7	0,4	

Dari Tabel 2 diatas hasil pengujian bending dari masing-masing variasi komposit *sandwich* tanpa pin, jarak antar pin 3 cm x 4 cm, dan 4 cm x 6 cm didapatkan nilai rata-rata 0,25 N/mm² tanpa pin bambu, 0,89 N/mm² untuk jarak antar pin 3 cm x 4 cm, dan 0,43 N/mm² untuk jarak antar pin 4 cm x 6 cm.



Gambar 4 Hubungan nilai rata-rata kekuatan *bending* dengan variasi jarak pin panel *sandwich* beton ringan

Terlihat pada gambar 4 besar nilai rata-rata kekuatan bending komposit *sandwich* diperkuat pin bambu dengan variasi J34, J46, mengalami kenaikan daripada yang tanpa dikuatkan oleh pin. Jarak antar pin 3 cm x 4 cm memiliki kekuatan bebding tertinggi lalu mengalami penurunan dikarenakan semakin jauh jarak pin bambu semakin sedikit pin yang memperkuat komposit.

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa tanpa menggunakan pin bambu pada komposit *sandwich* beton ringan massa jenisnya terkecil yaitu 942,2 kg/m³. Sedangkan berat jenis komposit sandwich beton ringan dengan penguat pin bambu masing-masing yaitu J34 sebesar 1229 kg/m³ dan J46 sebesar 1126,5 kg/m³. Penambahan penguat berupa pin bambu mempunyai andil dalam menaikkan berat jenis komposit, semakin rapat jarak antar pin semakin besar berat jenis komposit sandwich.

Tabel 3 Massa jenis komposit *sandwich*

Variasi Jarak	Berat (gr)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Massa Jenis (Kg/m ³)	Rata-Rata (Kg/m ³)
---------------	------------	--------------	------------	-------------	----------------------------------	--------------------------------

TP (tanpa pin)	1581	150	150	75	936,8	942,2
	1589	150	150	75	941,6	
	1600	150	150	75	948,1	
J34 (3 Cm x 4 Cm)	2063	150	150	75	1222,5	1229
	2016	150	150	75	1194,6	
	2148	150	150	75	1272,8	
J46 (4 Cm x 6 Cm)	1828	150	150	75	1083,3	1126,5
	1934	150	150	75	1146,1	
	1941	150	150	75	1150,2	

Untuk mengetahui signifikansi pengaruh penambahan pin bambu pada kekuatan tekan dan bending komposit sandwich beton ringan maka dilakukanlah analisa statistik dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 Analisa statistik ANOVA untuk uji tekan

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F _{hitung}	P-value	F _{tabel}
Between Groups	2.693089	2	1.346544	21.59462	0.001815	5.143253
Within Groups	0.374133	6	0.062356			
Total	3.067222	8				
Total	5.892292	11				

Dari Tabel 4 menunjukkan bahwa $F_{tabel} = F_{0,05,2,6} = 5,14$. Jadi, $F_{hitung} (21,59462) > F_{tabel} (5,14)$, H_0 ditolak atau H_1 diterima. Jadi jarak pin berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tekan. Dari Tabel 5 menunjukkan bahwa $F_{tabel} = F_{0,05,2,6} = 5,14$. Jadi $F_{hitung} (9,03838) > F_{tabel} (5,14)$, H_0 ditolak atau H_1 diterima. Jadi jarak pin berpengaruh signifikan terhadap kekuatan bending.

Tabel 5 Analisa statistik ANOVA untuk uji *bending*

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F _{hitung}	P-value	F _{tabel}
Between Groups	0.664622	2	0.332311	9.03838	0.015476	5.143253
Within Groups	0.2206	6	0.036767			
Total	0.885222	8				

4. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan pin bambu pada penambahan kuat tekan dan *bending* panel komposit *sandwich* beton ringan selular. Kekuatan tekan panel komposit *sandwich* beton ringan selular diperkuat pin bambu memiliki nilai rata-rata lebih tinggi daripada tanpa dikuatkan dengan pin bambu, nilai tertinggi ketika jarak antar pin 3 cm x 4 cm yaitu 1,94 N/mm². Sedangkan tanpa dikuatkan mempunyai kuat tekan 0,646 N/mm². Hal yang sama juga terjadi pada karakter *bending* dengan penguatan pin bambu kuat bendingsnya meningkat dari menjadi 0,89 N/mm² pada jarak pin 3 cm x 4 cm dari 0,25 N/mm² tanpa pin bambu. Analisis statistik ANOVA juga menunjukkan bahwa jarak pin bambu berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tekan dan *bending* komposit *sandwich* beton ringan selular yang diperkuat pin bambu.

Daftar Pustaka

- [1] N.K.A. Artiningsih, Pemanfaatan bambu pada konstruksi bangunan berdampak positif bagi lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Semarang: Universitas 17 Agustus 1945, 2012.
- [2] A.D. Catur, K. Musakar, Sinarep, Sukartono, Pengaruh penguatan polyurethane rigid foam dengan square cells terhadap tegangan bending dan tekan panel sandwich sebagai bahan lambung haluan perahu, Jurnal Simposium Nasional RAPI XIV, Surakarta: FT UMS, 2015.
- [3] A.D. Catur, I.M. Suartika, A.A.A. Triadi, M. Wijana, R. Septiyadi, M. Mirmanto, Effect of insertion angle and distance of bamboo z-pin on shear and compressive strengths of sandwich composite, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 9 (5) (2018) 488–497.
- [4] D. Yunita, A. Mahyudin, Pengaruh persentase serat bambu terhadap sifat fisik dan mekanik papan beton ringan, *Jurnal Fisika Unand*, 6 (4) (2017) 348-354.
- [5] M. Marfranklin, Y. Risdianto, Pengaruh penambahan serat sabut kelapa pada pembuatan beton ringan cellular lightweight concrete, *Rekayasa Teknik Sipil*, 2 (1) (2019) 13-20.
- [6] S. Puro, kajian kuat tekan dan kuat tarik beton ringan memanfaatkan sekam padi dan fly ash, *Jurnal Ilmiah Engineering*, Jakarta: Universitas Bung Karno Jakarta, 2014.
- [7] M.D. Pamungkas, Y. Risdianto, Pengaruh penambahan serat botol plastik sebagai bahan tambahan pembuatan beton ringan selular (CLC), *Rekayasa Teknik Sipil*, 1 (1) (2020) 1-7.