

STUDI EKSPERIMENTAL DAN NUMERIK PELAT BETON DENGAN PERKUATAN TULANGAN BAMBU

Ester Priskasari¹, Bambang Wedyantadji², Mohammad Erfan³, Vega Aditama⁴, Hadi Surya Wibawanto Sunarwadi⁵

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang^{1,2,3,4,5}
Jl. Bendungan Sigura-gura No 2A Kota Malang
Email: vegaaditama@gmail.com

ABSTRAK

Bambu merupakan bahan konstruksi yang bisa memperkuat beton bertulang, karena nilai kuat tarik yang tinggi hampir menyamai tulangan baja. Bambu dengan pengasaran merupakan alternatif dalam upaya mengatasi bond slip antara permukaan bambu dan beton pada saat mekanisme elastis. Metode dalam penelitian ini menggunakan bambu dimensi penampang 1x2 cm dengan rasio tegangan tarik sesuai dengan baja, pembebanan yang digunakan adalah beban statis merata yang menggunakan pasir. Ada 4 jenis benda uji antara lain : pelat beton solid dengan tulangan baja, pelat beton berongga dengan tulangan baja, pelat beton solid dengan tulangan baja dan bambu, dan tulangan berongga dengan tulangan baja dan bambu. Untuk mendapatkan nilai regangan dan lendutan secara teoritik maka perlu analisa mulai perhitungan As tulangan, penentuan garis netral pada beton, kontrol keseimbangan gaya, penentuan regangan dan perhitungan lendutan. Pada kondisi beban yang mencapai 320 m², pelat beton dengan perkuatan bambu memiliki nilai lendutan sebesar 0.24 mm sedangkan pelat beton dengan tulangan baja memiliki nilai lendutan sebesar 0.18.

Kata kunci: bambu, beton bertulang, lendutan

ABSTRACT

Bamboo is a construction material that can strengthen reinforced concrete, because its high tensile strength value is almost the same as steel reinforcement. Roughing bamboo is an alternative in an effort to overcome bond slip between the bamboo and concrete surfaces during the elastic mechanism. The method in this research uses bamboo with a cross-sectional dimension of 1x2 cm with a tensile stress ratio corresponding to steel. The load used is a uniform static load using sand. There are 4 types of test objects, including: solid concrete plates with steel reinforcement, hollow concrete plates with steel reinforcement, solid concrete plates with steel reinforcement and bamboo, and hollow reinforcement with steel reinforcement and bamboo. To obtain theoretical strain and deflection values, analysis is needed starting from calculating the reinforcing shaft, determining the neutral line in concrete, controlling force balance, determining strain and calculating deflection. Under load conditions reaching 320 m², concrete slabs with bamboo reinforcement have a deflection value of 0.24 mm, while concrete slabs with steel reinforcement have a deflection value of 0.18.

Keywords: Bamboo, Reinforced Concrete, deflection

PENDAHULUAN

Penggunaan batangan utuh (batang) berdiameter kecil dan/atau bambu belah (alias belat atau strip bundar) sering diusulkan sebagai alternatif pengganti baja tulangan yang relatif mahal pada beton bertulang. Motivasi penggantian tersebut biasanya adalah biaya—bambu tersedia di banyak lokasi tropis dan subtropis, sedangkan tulangan baja relatif lebih mahal—dan yang terbaru, dorongan untuk mencari alternatif yang lebih berkelanjutan dalam industri konstruksi. Tinjauan ini membahas 'beton bertulang bambu' dan menilai kinerja

struktural dan lingkungannya sebagai alternatif terhadap beton bertulang baja. (Archila et al., 2018)

Sifat mekanik bambu dan ketersediaannya di daerah berkembang telah menyebabkan penggunaan empirisnya sebagai penguat struktur beton. Proposisi penggunaannya yang luas sebagai alternatif berkelanjutan terhadap baja dalam struktur beton bertulang, menimbulkan pertanyaan kunci bagi para pembangun, insinyur dan peneliti sehubungan dengan kapasitas dan kompatibilitas strukturalnya, serta masalah kemampuan konstruksi dan keberlanjutan. Makalah ini membahas permasalahan

tersebut, memberikan tinjauan holistik literatur di lapangan dan perbandingan struktur antara tulangan baja dan tulangan bambu pada struktur beton tipikal. Ruang lingkup prinsip kajian ini sengaja dibatasi pada penggunaan bambu utuh berdiameter kecil (batang) dan/atau bambu belah (alias belat atau potongan bundar). (Aditama et al., n.d.; Dewi et al., 2017; Gao et al., 2022) Kemajuan terkini dalam material komposit bambu mungkin mewakili produk penguat beton berbahan dasar bambu yang hanya akan dibahas secara singkat dalam jurnal ini. Penerapan lain bahan turunan bambu pada struktur beton seperti konstruksi bahareque, perkuatan serat bambu, dan campuran abu bambu berada di luar cakupan diskusi ini.

Kekuatan serat, kekakuan, dan kemampuan serat untuk berkaitan dengan beton merupakan sifat penguat serat yang penting. Rasio aspek tipikal berkisar antara 20 hingga 100, dimensi panjang bekisar antara 0,25, hingga 3 inci (6,6 hingga 76 mm) (Ahmed Kamil & Ali Adnan, 2019). Bagian penyusun suatu bahan yang dapat bergabung bersama untuk membentuk jaringan memanjang secara utuh disebut serat. Serat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serat alami dari bambu. ("Nonlinear Finite Element Modeling of Reinforced Concrete Structures under Impact Loads," 2009)

Beton serat adalah beton terbuat dari semen hidrolik, agregat halus, agregat kasar, dan sejumlah serat kecil (fibre) yang didistribusikan secara acak (Arifur Rahman et al., 2015). Penambahan serat pada beton dimaksudkan untuk memperbaiki kelemahan sifat yang dimiliki oleh beton yaitu memiliki kuat tarik yang rendah. Tujuan penambahan serat tersebut adalah untuk meningkatkan kekuatan tarik beton, sehingga beton tahan terhadap gaya tarik akibat, cuaca, iklim dan temperatur yang biasanya terjadi pada beton dengan permukaannya yang luas.

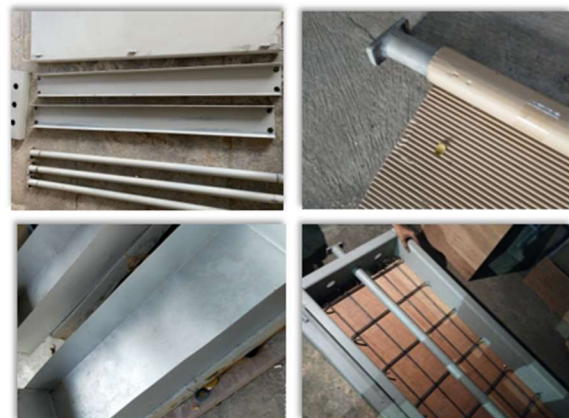
Kuat lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas. Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok. (Ávila de Oliveira et al., 2021; "Experimental and Numerical Assessment of Sustainable Bamboo Core Sandwich Panels under Low-Velocity Impact," 2021)

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat.

Mutu Beton adalah kualitas beton yang ditentukan dengan nilai kuat tekan beton. Pengujian dilakukan pada umur beton mencapai 7, 14, 21, dan sampai dengan maksimal tercapai yaitu dalam 28 hari. Sampel uji beton diambil menggunakan benda uji berbentuk kubus atau silinder dengan kondisi pengambilan beton dalam keadaan segar.

METODOLOGI

Pada tahapan penelitian dilakukan proses antara lain sebagai berikut, yakni tahap persiapan, tahap treatment serat bambu, tahap uji slump / pengujian workability, tahap pengujian kuat tekan beton, serta tahapan terakhir adalah tahap pengujian kuat lentur beton.



Gambar 1. Persiapan Pengujian Bahan Plat –Bekisting Plat

Dari penelitian ini hal yang pertama dilakukan yakni persiapan alat beserta bahan yang diutuhkan, untuk gambar dibawah ini dapat dilihat terdapat bekisting yang berfungsi sebagai alat untuk mencetak material. Cetakan bekisting ukuran 150x5x14 yang digunakan memiliki rongga serta pipa diberikan kertas korugated dengan tujuan mempermudah penarikan pipa saat semen hampir kering, Adapun bak pasir dengan ukuran 150 x 50 x 20 yang digunakan sebagai beban yang diberikan saat melakukan pengujian pada plat.

Digunakan frame getar dengan ukuran 1m x 1m yang panjang horizontal maksimum sejauh 20 cm seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Frame Baja

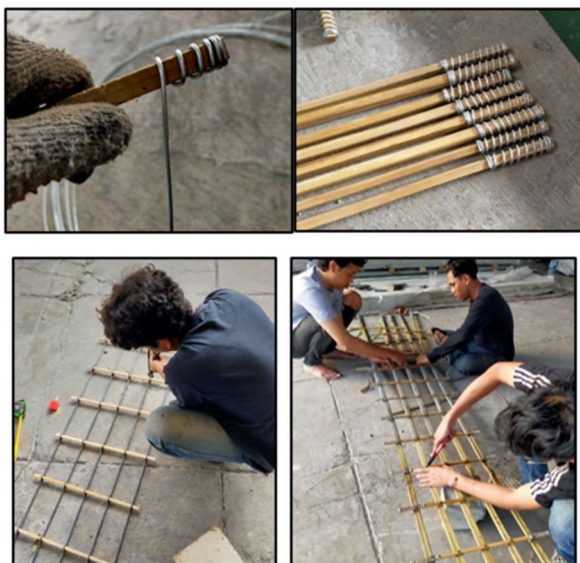
Tulangan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan bambu yang berukuran ukuran 1cm x 1cm x 146cm sebanyak 5 buah sebagai tulangan utama dan bambu dengan ukuran 1cm x 1cm x 46cm sebanyak 15 buah sebagai tulangan bagi. Setelah dipotong dan sesuai ukuran tulangan tersebut bambu di amplas supaya mendapatkan permukaan yang halus, setelah itu di treatment dengan cara dijemur terlebih dahulu agar tulangan tersebut dikatakan kering secara merata, setelah bambu tersebut kering kemudian diberi lapisan pernis kayu dengan tujuan bambu tidak dapat menyerap air dan kemudian dijemur hingga pernis tersebut kering. Setelah kering, selanjutnya melakukan perangkaian tulangan yang sudah ditentukan. Setelah semua bambu sudah terangkai, langkah selanjutnya memasang strain gauge guna mengetahui lendutan yg terjadi, dan pembacaan strain gauge melalui aplikasi.

Setelah melakukan persiapan bahan dan pengujian bahan, maka langkah selanjutnya adalah proses pembuatan mix desain plat dan pencampuran beton. Pada proses pembuatan mix desain plat dilakukan proses perencanaan campuran beton, setelah itu masuk tahap pencampuran beton atau disebut pekerjaan mix desain.

Ada 4 jenis benda uji antara lain : pelat beton solid dengan tulangan baja, pelat beton berongga dengan tulangan baja, pelat beton solid dengan tulangan baja dan bambu, dan tulangan berongga dengan tulangan baja dan bambu. dengan beban yang digunakan adalah beban merata menggunakan pasir dengan peningkatan beban sebesar 20 kg/m². Dengan analisa kelanjutannya sebagai berikut :

Tabel 1. Pembebanan pada pelat

Beban Hidup (kg/m ²)	Beban Mati (kg/m ²)	Beban Total (N/mm ²)
20.00	34.40	1.90
40.00	134.40	2.21
60.00	134.40	2.52
80.00	134.40	2.84
100.00	134.40	3.15
120.00	134.40	3.47
140.00	134.40	3.78
160.00	134.40	4.09
180.00	134.40	4.41
200.00	134.40	4.72



Gambar 3. Pekerjaan Penulangan

Tabel 2. Mix Desain Penelitian

No	Sebutan	Referensi Perhitungan	Nilai
Penerapan Variabel Perencanaan			
1	Kekuatan tekan rencana	Disyaratkan (pada 28 hari)	20.36 MPa
2	Deviasi standar	Tabel 10	6.00 MPa
3	Margin kekuatan	1,64 [2]	8.04 MPa
4	Kekuatan tekan rata rata rencana	[1] + [3]	30.84 MPa
5	Jenis semen yang digunakan	Ditentukan	Tipe I
6	Jenis agregat kasar	Dipecah / tidak dipecah *)	Dipecah
	Jenis agregat halus	Dipecah / tidak dipecah *)	Alami / Tidak dipecah
7	Slump yang direncanakan	Ditentukan	120 ± 20 mm
8	Kadar air agregat halus	Tabel pemeriksaan	0.20%
9	Kadar air agregat kasar	Tabel pemeriksaan	0.20%
10	Berat jenis agregat halus (SSD)	Tabel pemeriksaan	2.71
11	Berat jenis agregat kasar (SSD)	Tabel pemeriksaan	2.7
12	Penyerapan agregat halus	Tabel pemeriksaan	0.80%
13	Penyerapan agregat kasar	Tabel pemeriksaan	1.30%
14	Zona gradasi agregat halus	Tabel pemeriksaan	Zona 2
15	Ukuran agregat kasar maksimum	Tabel pemeriksaan	20.00 mm
16	Faktor air semen (W/C)	Gambar 10 (W/C)	0.563
17	Kadar air bebas	Tabel 12	205.00 kg/m ³
18	Jumlah semen	[17] / [16]	364.12 kg/m ³
19	Proporsi agregat halus	Gambar 11 - 14	45.00%
20	Proporsi agregat kasar	100% - [19]	55.00%
21	Berat jenis agregat gabungan	$\frac{([19][10]+[20][11])}{100}$	2.7
22	Berat jenis beton basah/segar	Gambar 15	2352.00 kg/m ³
23	Total jumlah agregat	[22]-[17]-[18]	1782.88 kg/m ³

Setelah itu masuk ke tahap terakhir dari proses ini yakni pencampuran dan pencetakan material plat dan Pelat.



Gambar 3. Pekerjaan Campuran Material



Gambar 4. Pencetakan Material ke Bekisting Plat

Pemeliharaan hasil cetakan diperlukan untuk mencegah hidrasi berlebihan dan mempertahankan tingkat kelembaban beton, agar daya lekat antara semen dan agregat tetap baik serta mencegah keretakan.

Setelah melakukan proses pemeliharaan hasil cetakan, maka dilakukan pengujian material, yang terdiri dari pengujian impak dan pengujian lentur Pelat. Pengujian impak bertujuan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan material dengan mengetahui kemampuan material dalam menyerap energi impak sampai material tersebut mengalami deformasi plastis atau patah. Sedangkan pengujian lentur Pelat bertujuan untuk mengetahui kemampuan Pelat beton yang diletakkan pada dua peletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji sampai benda uji patah dan dinyatakan pada Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas.

Pengujian dilaksanakan dengan menggunakan beban merata dengan cara menuangkan pasir bertahap per 50 kg pada bak yang sudah dimodifikasi di atas pelat lantai

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan nilai regangan dan lendutan secara teoritik maka perlu analisa mulai perhitungan As tulangan, penentuan garis netral pada beton, kontrol keseimbangan gaya, penentuan regangan dan perhitungan lendutan.

Perhitungan Plat Lantai

A. Data Bahan

- Kuat tekan beton (f_c') = 25 MPa
- Tegangan leleh baja (f_y) = 280 MPa

B. Data Plat Lantai

- Lebar plat lantai (b) = 500 mm
- Panjang plat lantai (l) = 1500 mm
- Tebal plat lantai (h) = 120 mm
- Tebal selimut beton (s) = 20 mm
- Tinggi efektif pelat (d) = 96 mm
- Diameter tulangan ($\emptyset$) = 8 mm
- Jumlah tulangan (n) = 5

C. Penulangan Plat

Direncanakan tulangan lentur plat 5 $\emptyset$ 8 – 100

- Luas tulangan ada

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 64$$

$$= 50,29 \text{ mm}^2$$
- Luas tulangan pasang

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 64 \times 5$$

$$= 215,4 \text{ mm}^2$$
- Menghitung jarak antar tulangan

$$S = \frac{b}{n} = \frac{500}{5} = 100 \text{ mm}$$
- Perhitungan daerah gaya pada beton garis netral

$$c = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1}$$

$$= \frac{251,4 \times 280}{0,85 \times 25 \times 500 \times 0,85}$$

$$= 7,795 \text{ mm}$$
- Tinggi daerah tekan beton

$$a = c \times \beta_1$$

$$= 7,795 \times 0,85$$

$$= 6,626 \text{ mm}$$

- Gaya daerah tekan beton

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 25 \times 500 \times 6,626$$

$$= 70400 \text{ N}$$
- Gaya daerah tarik pada tulangan

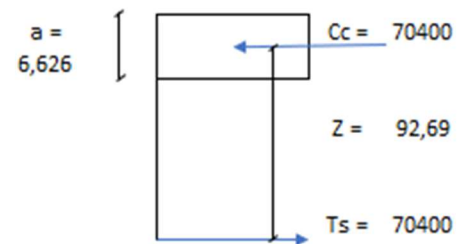
$$T_s = A_s \times f_y$$

$$= 251,4 \times 280$$

$$= 70400 \text{ N}$$
- Kontrol keseimbangan gaya

$$C_c = T_s$$

$$70400 = 70400$$



- Kondisi regangan

$$\epsilon_t = \left[\frac{d-c}{c} \right] 0,003$$

$$= \left[\frac{96-7,795}{7,795} \right] 0,003$$

$$= 0,034 > 0,005$$

Maka tulangan dalam kondisi tarik (OK)
- Momen nominal ada

$$Z = d - \frac{a}{2}$$

$$= 96 - \frac{6,626}{2}$$

$$= 92,69 \text{ mm}$$

$$M_n = C_c \times Z$$

$$= 70400 \times 92,69$$

$$= 6525168,941 \text{ Nmm}$$
- Momen ultimate ada

Faktor reduksi (SNI-2847-2019 tabel 21.2.1 hal 469)

$$\phi M_n = \phi \times M_n$$

$$= 0,9 \times 6525168,941$$

$$= 5872652,047 \text{ Nmm}$$

$$= 5,873 \text{ kNm}$$

Tabel 3 Pelat Beton Solid dengan Tulangan Full Baja

Momen Teoritis (Nmm)	Momen Eksperimental (Nmm)	ϵ_s	ϵ_{cu}	Lendutan Teoritis	Lendutan Eksperimental
464,53 8.82	-	-	-	0.01	0.02
541,44 9.22	-	-	-	0.01	0.03
618,35 9.62	381,82 4.00	0.00 010	0.00 015	0.02	0.05
695,27 0.02	458,18 8.80	0.00 012	0.00 018	0.03	0.09

772,18 0.42	687,28 3.20	0.00 018	0.00 027	0.03	0.09
849,09 0.82	840,01 2.80	0.00 022	0.00 033	0.04	0.10
926,00 1.22	1,107,2 89.60	0.00 029	0.00 044	0.05	0.14
1,002, 911.62	1,336,3 84.00	0.00 035	0.00 053	0.05	0.16
1,079, 822.02	1,718,2 08.00	0.00 045	0.00 068	0.06	0.18
1,156, 732.42	1,870,9 37.60	0.00 049	0.00 074	0.06	-

Dari hasil pengujian secara eksperimental diperoleh nilai maksimum dari lendutan adalah sebesar 0.18

mm pada beban hidup 180 kg/m^2 . Secara teoritik nilai lendutan maksimum pada beban tersebut adalah 0.06 mm. dari hasil tersebut menjadi dasar dalam penentuan sebesar apakah tulangan bambu nanti optimal untuk memperkuat lentur pada pelat beton.

Regangan yang dihasilkan terbaca pada nilai beban 60 kg/m^2 dengan nilai 0.00012 atau 0.012 persen. Dan saat beban tertinggi 200 kg/m^2 diperoleh nilai regangan sebesar 0.00049. karena masih dibawah 0.01 maka dapat disimpulkan regangan baja masih pada tahap elastis dan begitu juga dengan beton masih belum mengalami keretakan yang juga di amati secara visual.

Tabel 4 Pelat Beton Berongga dengan Tulangan Full Baja

Momen Teoritis (Nmm)	Momen Eksperimental (Nmm)	ϵ_s	ϵ_{cu}	Lendutan Teoritis	Lendutan Eksperimental
430,338.34	267,276.80	0.00007	0.00011	0.01	0.02
507,248.74	458,188.80	0.00012	0.00018	0.01	0.03
584,159.14	687,283.20	0.00018	0.00027	0.02	0.06
661,069.54	878,195.20	0.00023	0.00035	0.03	0.08
737,979.94	1,183,654.40	0.00031	0.00047	0.03	0.10
814,890.34	1,374,566.40	0.00036	0.00054	0.04	0.12
891,800.74	1,870,937.60	0.00049	0.00074	0.05	0.14
968,711.14	2,061,849.60	0.00054	0.00081	0.06	0.17
1,045,621.54	2,367,308.80	0.00062	0.00093	0.06	0.21
1,122,531.94	2,558,220.80	0.00067	0.00101	0.07	0.24

Dari hasil pengujian secara eksperimental diperoleh nilai maksimum dari lendutan adalah sebesar 0.21 mm pada beban hidup 180 kg/m^2 . Secara teoritik nilai lendutan maksimum pada beban tersebut adalah 0.06 mm. dari hasil tersebut menjadi dasar dalam penentuan sebesar apakah tulangan bambu nanti optimal untuk memperkuat lentur pada pelat beton.

Regangan yang dihasilkan terbaca pada nilai beban 20 kg/m^2 dengan nilai 0.00007 atau 0.007 persen. Dan saat beban tertinggi 200 kg/m^2 diperoleh nilai regangan sebesar 0.00067. karena masih dibawah 0.01 maka dapat disimpulkan regangan baja masih pada tahap elastis dan begitu juga dengan beton

masih belum mengalami keretakan yang juga di amati secara visual.

Tabel 5. Pelat Beton Solid dengan Tulangan Baja dan Bambu

Momen Teoritis (Nmm)	Momen Eksperimental (Nmm)	ϵ_s	ϵ_{cu}	Lendutan Teoritis	Lendutan Eksperimental
464,538.82	343641.6	0.00009	0.000135	0.00648	0.04
541,449.22	572736	0.00015	0.000225	0.01297	0.07
618,359.62	801830.4	0.00021	0.000315	0.01945	0.09
695,270.02	1298201.6	0.00034	0.00051	0.02594	0.11
772,180.42	1527296	0.0004	0.0006	0.03242	0.13
849,090.82	1870937.6	0.00049	0.000735	0.03891	0.15
926,001.22	2100032	0.00055	0.000825	0.04539	0.19
1,002,911.62	2329126.4	0.00061	0.000915	0.05188	0.22
1,079,822.02	2634585.6	0.00069	0.001035	0.05836	0.24
1,156,732.42	2863680	0.00075	0.001125	0.06485	0.27

Dari hasil pengujian secara eksperimental diperoleh nilai maksimum dari lendutan adalah sebesar 0.24 mm pada beban hidup 180 kg/m^2 . Secara teoritik nilai lendutan maksimum pada beban tersebut adalah 0.058 mm. dari hasil tersebut menjadi dasar dalam penentuan sebesar apakah tulangan bambu nanti optimal untuk memperkuat lentur pada pelat beton.

Regangan yang dihasilkan terbaca pada nilai beban 20 kg/m^2 dengan nilai 0.00009 atau 0.009 persen. Dan saat beban tertinggi 200 kg/m^2 diperoleh nilai regangan sebesar 0.00075. karena masih dibawah 0.01 maka dapat disimpulkan regangan baja masih pada tahap elastis dan begitu juga dengan beton masih belum mengalami keretakan yang juga di amati secara visual.

Tabel 6. Pelat Beton Berongga dengan Tulangan Baja dan Bambu

Momen Teoritis (Nmm)	Momen Eksperimental (Nmm)	ϵ_s	ϵ_{cu}	Len dutan Teoritis	Lendutan Eksperimental
25.73	0	0	0	0.00	0.01
44.10	15272 9.6	0.0 4	0.00 006	0.01 382	0.03
66.15	57273 6	0.0 5	0.00 022	0.02 073	0.05
84.53	72546 5.6	0.0 9	0.00 028	0.02 764	0.07
113.93	80183 0.4	0.0 1	0.00 031	0.03 455	0.08
132.30	95456 0	0.0 5	0.00 037	0.04 146	0.1
180.08	11836 54.4	0.0 1	0.00 046	0.04 838	0.11
198.45	13363 84	0.0 5	0.00 052	0.05 529	0.13
227.85	15654 78.4	0.0 1	0.00 061	0.06 220	0.15
246.23	17182 08	0.0 5	0.00 067	0.06 911	0.17

Dari hasil pengujian secara eksperimental diperoleh nilai maksimum dari lendutan adalah sebesar 0.15 mm pada beban hidup 180 kg/m². Secara teoritik nilai lendutan maksimum pada beban tersebut adalah 0.069 mm. dari hasil tersebut menjadi dasar dalam penentuan sebesar apakah tulangan bambu nanti optimal untuk memperkuat lentur pada pelat beton.

Regangan yang dihasilkan terbaca pada nilai beban 40 kg/m² dengan nilai 0.00006 atau 0.006 persen. Dan saat beban tertinggi 200 kg/m² diperoleh nilai regangan sebesar 0.00045. karena masih dibawah 0.01 maka dapat disimpulkan regangan baja masih pada tahap elastis dan begitu juga dengan beton masih belum mengalami keretakan yang juga di amati secara visual.

KESIMPULAN

Dari percobaan dan analisa secara teoritik menghasilkan bambu berpengaruh dalam beton bertulang dalam kombinasinya dengan tulangan baja dalam mengurangi lendutan yang tetap aman pada beban layan. Sehingga dalam prakteknya bambu layak digunakan sebagai material alami yang bisa dikombinasikan dengan tulangan baja dalam struktur pelat beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, V., Dewi, S. M., & Zacoeb, A. (n.d.). *Bamboo Knit Reinforcement Concrete Plates as Walls to Resist Lateral Load*.
- Ahmed Kamil, A. K., & Ali Adnan, A. Z. (2019). Experimental analysis of static capacity of fibrous concrete cambered slabs after impact loading effect. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 584, 012039. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/584/1/012039>
- Archila, H., Kaminski, S., Trujillo, D., Zea Escamilla, E., & Harries, K. A. (2018). Bamboo reinforced concrete: A critical review. *Materials and Structures*, 51(4), 102. <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1228-6>
- Arifur Rahman, M., Parvin, F., Hasan, M., & Hoque, M. E. (2015). Introduction to Manufacturing of Natural Fibre-Reinforced Polymer Composites. In M. S. Salit, M. Jawaid, N. B. Yusoff, & M. E. Hoque (Eds.), *Manufacturing of Natural Fibre Reinforced Polymer Composites* (pp. 17–43). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07944-8_2
- Ávila de Oliveira, L., Luiz Passaia Tonatto, M., Luiza Cota Coura, G., Teixeira Santos Freire, R., Hallak Panzera, T., & Scarpa, F. (2021). Experimental and numerical assessment of sustainable bamboo core sandwich panels under low-velocity impact.

- Construction and Building Materials*, 292, 123437.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123437>
- Dewi, S. M., Wijaya, M. N., & N., C. R. (2017). *The use of bamboo fiber in reinforced concrete beam to reduce crack*. 020003. <https://doi.org/10.1063/1.5003486>
- Experimental and numerical assessment of sustainable bamboo core sandwich panels under low-velocity impact. (2021). *Construction and Building Materials*, 292, 123437.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123437>
- Gao, X., Zhu, D., Fan, S., Rahman, M. Z., Guo, S., & Chen, F. (2022). Structural and mechanical properties of bamboo fiber bundle and fiber/bundle reinforced composites: A review. *Journal of Materials Research and Technology*, 19, 1162–1190.
<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.05.077>
- Nonlinear Finite Element Modeling of Reinforced Concrete Structures under Impact Loads. (2009). *ACI Structural Journal*, 106(5).
<https://doi.org/10.14359/51663112>