

## PENGARUH SERAT BAMBU TERHADAP KAPASITAS LENTUR PELAT BETON CAMPURAN *FOAM AGENT* DEGAN PERKUATAN TULANGAN *WIREMESH*

Erich Wiliando Marring<sup>1</sup>, Ester Priskasari<sup>2</sup>, dan Vega Aditama<sup>3</sup>

<sup>123)</sup> Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: [erichwiliandomaring@gmail.com](mailto:erichwiliandomaring@gmail.com)

### ABSTRACT

Research has been carried out on the effect of adding bamboo fiber on the flexural capacity of lightweight concrete slabs mixed with foam agent. This research aims to determine the effect of adding bamboo fiber on the flexural capacity of lightweight concrete slabs mixed with foam agent. Concrete tests carried out refer to the normal concrete design quality  $f_c' 20$  MPa. The lightweight concrete mixture used is a Foam Agent of 50% of the weight of the mixed aggregate. Variations in adding bamboo fiber with a diameter of 1 mm and a length of 40 mm are 0% and 0.5% of the cement weight. The test object consists of a lightweight concrete plate measuring 50 cm x 150 cm x 8 cm with wire mesh reinforcement with a diameter of 8 mm. Tests were carried out when the concrete was 28 days old by applying an even load gradually until the slab collapsed. From the test results, at a loading of 300 kg, the average deflection value for lightweight concrete slabs reinforced with wiremesh reinforcement without bamboo fiber was 4.57 mm, and lightweight concrete slabs reinforced with wiremesh reinforcement with bamboo fiber was 4.82 mm. This shows that the addition of bamboo fiber to lightweight concrete slabs does not increase the bending capacity.

Keywords : lightweight concrete, deflection, bending, Plates, Foam Agent, Wiremesh

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan serat bambu terhadap kapasitas lentur pada pelat beton ringan campuran *foam agent*. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat bambu terhadap kapasitas lentur pada pelat beton ringan campuran *foam agent*. Pengujian beton yang dilakukan mengacu pada mutu rencana beton normal  $f_c' 20$  MPa. Campuran beton ringan yang digunakan adalah *Foam Agent* sebanyak 50% dari berat agregat campuran. Variasi penambahan serat bambu dengan diameter 1 mm dan panjang 40 mm sebesar 0% dan 0,5% dari berat semen. Benda uji terdiri dari pelat beton ringan ukuran 50 cm x 150 cm x 8 cm dengan perkuatan *wiremesh* diameter 8 mm. Pengujian dilakukan pada umur beton mencapai 28 hari dengan cara memberikan beban merata secara bertahap sampai pelat mengalami keruntuhan. Dari hasil pengujian, pada pembebanan 300 kg didapat nilai lendutan rata-rata pada pelat beton ringan perkuatan tulangan *wiremesh* tanpa serat bambu sebesar 4,57 mm, dan pelat beton ringan perkuatan tulangan *wiremesh* dengan serat bambu sebesar 4,82 mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan serat bambu pada pelat beton ringan tidak menambah kapasitas lentur tersebut..

**Kata kunci** : beton ringan, lendutan, lentur, Pelat, *Foam Agent*, *Wiremesh*

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan infrastruktur dan tempat tinggal yang aman dan nyaman memacu inovasi dalam bidang rekayasa struktur, khususnya dibidang bahan-bahan yang digunakan dalam konstruksi. Inovasi – inovasi yang dilakukan di antaranya bertujuan untuk menghasilkan material struktur yang memiliki sifat-sifat yang baik dengan metode dan biaya yang ekonomis.

Sejalan dengan pemikiran diatas, penggunaan produk beton sebagai pelat lantai, relatif sudah banyak dijumpai di Indonesia. Namun demikian, panjang bentang pelat beton bertulang solid terbatas karena pelat tersebut menggunakan material beton yang cukup besar sehingga berpengaruh pada pelat sendiri. Perkembangan teknologi alternatif untuk mengurangi berat sendiri pelat antara lain adalah pelat beton ringan.

Menurut (SNI 03 - 3449 - 2 - 2022), beton ringan (*lightweight concrete*) adalah beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Sebagaimana ditetapkan 1850 kg/m<sup>3</sup>. Didalam beton, agregat merupakan salah satu bagian yang dapat mempengaruhi sifat beton karena agregat menempati 60% - 80% total beton. Salah satu inovasi dalam beton ringan adalah penggunaan *foam agent* yang berfungsi untuk membentuk rongga udara dalam beton, membuatnya lebih ringan dengan meningkatkan volume beton. Hal ini menjadikan beton lebih ringan, sehingga disebut sebagai beton ringan. Kapasitas pelat beton terhadap pengujian lentur merupakan salah satu parameter utama yang digunakan dalam menganalisa perilaku pelat beton. Pengujian lentur dilakukan secara eksperimental di laboratorium.

Dalam penelitian ini salah satu upaya yang dilakukan yaitu mengaplikasikan pembuatan pelat beton dengan menggunakan serat bambu sebagai bahan campur beton serat. Keunggulan dari bambu tidak mengalami korosi, relatif murah, dan sifat kembang susut yang rendah. Pemahaman akan perilaku beton pelat beton ringan dengan serat bambu dapat di peroleh dari pengujian eksperimental di laboratorium sehingga pada penelitian ini ditujukan untuk menganalisis kapasitas lentur dan pola retak yang terjadi pada panel pelat beton ringan berserat bambu.

Oleh karena itu, Penelitian ini menggunakan material bambu sebagai bahan tambahan serat dalam campuran beton ringan, dengan tambahan foam agent dan perkuatan tulangan wiremesh.

## 2. LANDASAN TEORI

### Kuat Tekan

Nilai Kuat tekan beton diperoleh melalui pengujian kuat tekan pada uji silinder dan luas penampang dasarnya dikenal sebagai tegangan tekan beton. Berdasarkan SK SNI (1974-2011). Perbandingan antara gaya yang dapat ditahan oleh benda uji silinder dan luas penampang dasarnya dikenal sebagai tegangan tekan beton. Berdasarkan SK 1974:2011 adapun rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

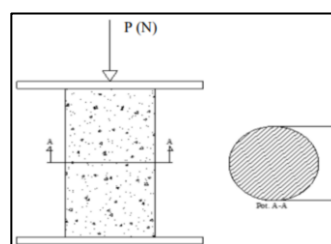
$$f'c = \frac{P}{A}$$

dimana :

$f'c$  : Tegangan tekan beton (MPa)

$P$  : Besarnya gaya yang mampu ditahan silinder

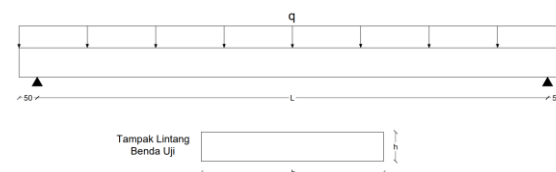
$A$  : Luas penampang silinder (mm<sup>2</sup>)



Gambar 2. 1 Uji Kuat Tekan Beton

### Kuat Lentur

Regangan yang timbul akibat beban luar menyebabkan lentur pada balok maupun pelat. Peningkatan beban akan menyebabkan deformasi struktur dan regangan tambahan yang bisa mengakibatkan retak pada bentang balok atau pelat. Jika beban terus bertambah, akibatnya struktur akan mengalami keruntuhan.



Gambar 2. 2 Perletakan balok dengan pembebanan merata

Berdasarkan gambar perletakan diatas didapatkan tumpuan sebagai berikut :

$$R = \frac{q \times L \times \left(\frac{1}{2}L\right)}{L}$$

$$R = \frac{q \times L}{2}$$

Dari rumus diatas, didapat rumus momen yaitu :

$$Mx = \left(Rv \times \frac{L}{2}\right) - \left(q \times \frac{L}{2} \times \left(\frac{1}{2} \times \frac{L}{2}\right)\right)$$

$$Mx = \left(\left(\frac{q \times L}{2}\right) \times \frac{L}{2}\right) - \left(q \times \frac{L}{2} \times \left(\frac{1}{2} \times \frac{L}{2}\right)\right)$$

$$M_x = \left( \frac{q \times L^2}{4} \right) - \left( \frac{q \times L^2}{8} \right)$$

$$M_x = \frac{2(q \times L^2) - (q \times L^2)}{8}$$

$$M_x = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

Rumus dari tegangan lentur adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{M_x \times y}{I}$$

$$\sigma = \frac{\left( \frac{1}{8} \times q \times L^2 \right) \times \left( \frac{1}{2} \times H \right)}{\frac{1}{12} \times b \times h^3}$$

$$\sigma = \frac{\frac{1}{16} \times q \times L^2}{\frac{1}{12} \times b \times h^2}$$

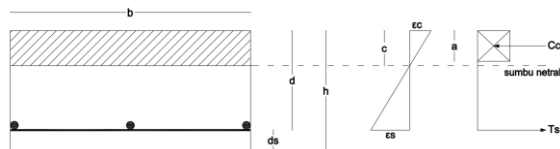
Dari persamaan diatas, didapat rumus kuat lentur beton :

$$\sigma = \frac{3 \cdot q \cdot L^2}{4 \cdot b \cdot h^2}$$

Keterangan :

- $\sigma$  = Kuat Lentur (MPa)
- $y$  = Garis Netrar (mm)
- $I$  = Momen Inersia (mm<sup>4</sup>)
- $P$  = Beban hancur (N)
- $L$  = Jarak antar tumpuan (mm)
- $b$  = Lebar benda uji (mm)
- $h$  = Tinggi benda uji (mm)

Dengan memperlakukan pelat satu arah sama seperti balok, berlaku keadaan keseimbangan gaya/horizontal pada penampang. Hal ini menyebabkan gaya tekan beton (Cc) akan diimbangi oleh gaya tarik tulangan baja (Ts). Pada kondisi batas kekuatan lentur tulangan baja pada pelat, umumnya telah mencapai tegangan leleh, sehingga berlaku persamaan berikut ini :



Gambar 2. 3 Diagram regangan dan gaya pada pelat beton bertulang

$$C_c = T_s$$

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

$$T_s = A_s \times f_s' = A_s \times f_y \text{ (asumsi tulangan baja leleh)}$$

Dengan prinsip keseimbangan gaya  $C_c = T_s$  dapat diperoleh nilai a.

Kekuatan lentur nominal penampang adalah :

$$\begin{aligned} M_n &= T_s \left( d - \frac{1}{2} \cdot a \right) = C_c \left( d - \frac{1}{2} \cdot a \right) \\ &= 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a \left( d - \frac{1}{2} \cdot a \right) \end{aligned}$$

### Lendutan

Lendutan harus diperiksa jika pelat memikul konstruksi yang rentan mengalami kerusakan akibat lendutan yang besar. Batasan lendutan yang ditentukan berdasarkan SNI 2847:201 pasal 24.2.2 adalah :

Tabel 2. 1 Lendutan Ijin Maksimum

Jenis Komponen Struktur	Kondisi	Lendutan yang diperhitungkan	Batas Lendutan
Atap datar	Tidak memikul atau tidak disatukan dengan elemen nonstruktural yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat Lr dan R maksimum	l/180
lantai		Lendutan seketika akibat L	l/360
Atap atau lantai	Memikul atau disatukan dengan elemen-elemen nonstruktural	Mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan elemen
	Tidak akan rusak akibat lendutan yang besar	nonstruktural, yaitu jumlah dari lendutan jangka panjang akibat semua beban tetap dan lendutan seketika akibat penambahan beban hidup	l/480 l/240

Kondisi benda uji pada penelitian ini adalah pelat yang tidak terhubung atau tidak disatukan dengan komponen non-struktural yang rentan rusak akibat lendutan yang besar, termasuk lendutan seketika akibat beban hidup. Batas lendutannya biasanya ditentukan berdasarkan standar atau persyaratan yang berlaku dalam penelitian tersebut.

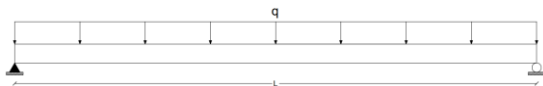
$$\Delta h = \frac{l}{360}$$

Dimana :

$\Delta h$  : lendutan maks tengah bentang pelat (mm)

$l$  : panjang bentang (mm)

Perhitungan Lendutan seketika untuk pelat yang ditumpu oleh tumpuan sederhana dengan beban merata sepanjang bentang adalah :



Gambar 2. 4 Skema pembebanan merata

Besarnya lendutan akibat beban merata dihitung dengan rumus :

$$\delta = \frac{5 q \cdot L^4}{384 E \cdot I}$$

Keterangan :

- $\delta$  = Lendutan yang terjadi pada pelat beton (mm)
- $q$  = Beban merata (N/mm)
- $L$  = Jarak antar tumpuan (mm)
- $E$  = modulus elastisitas beton (MPa)
- $I$  = Momen inersia (mm<sup>4</sup>)

Sedangkan untuk menghitung momen inersia adalah sebagai berikut (SNI 2847-2019 pasal 24.2.3.5) :

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \times I_g + \left\{1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right\} \times I_{cr}$$

Tetapi tidak boleh lebih dari  $I_g$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

Inersia penampang retak :

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \times b \times y^3 + n \times A_s \times (d - y)^2$$

Dengan  $M_{cr}$  dihitung sebagai :

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t}$$

Dan modulus retak pada beton ringan :

$$f_r = 0,62\lambda \sqrt{f'c'}$$

Letak garis netral (y) :

$$y = \frac{n \times A_s}{b} \times \left\{ \sqrt{1 + \frac{2bd}{n \times A_s}} - 1 \right\}$$

Keterangan :

- $I_g$  = Momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbu, dengan mengabaikan tulangan, (mm<sup>4</sup>)
- $I_e$  = Momen inersia efektif untuk perhitungan lendutan, (mm<sup>4</sup>)
- $I_{cr}$  = Momen Inersia penampang retak yang ditransformasikan menjadi beton, (mm<sup>4</sup>)
- $M_{cr}$  = Momen retak, (Nmm)
- $M_a$  = Momen yang terjadi, (Nmm)
- $f_r$  = Modulus keruntuhan lentur beton, (MPa)
- $y_t$  = Jarak dari sumbu pusat penampang bruto, dengan mengabaikan tulangan, keserat tarik terluar, (mm)

### Pola Retak

Retak yang terjadi pada struktur beton bertulang dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu retak lentur (flexural crack) yang disebabkan oleh beban lentur dan retak geser (shear crack). Kategori retak ini dapat diidentifikasi dari pola retak yang terbentuk pada permukaan bawah pelat..

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, pendekatan untuk nilai kuat tarik beton menggunakan suatu nilai yang disebut modulus of rupture ( $f_r$ ) yang dapat dihitung dengan persamaan tertentu. sebagai berikut::

$$f_r = 0,7 \sqrt{f'c}$$

Momen retak berdasarkan SNI 03-2847-2002, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$M_{cr} = \frac{f_r}{y_t} \cdot I$$

### 3. METODE PERENCANAAN

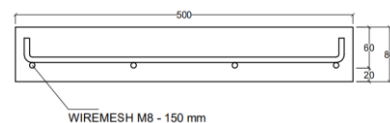
Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di pabrik beton PT. Eternit Kerang yang terletak di Jalan Raya Malang - Gempol.

#### Benda Uji

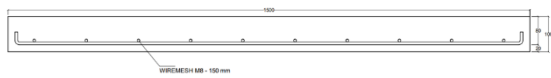
Pada Penelitian ini digunakan benda uji berupa 2 jenis pelat. Jenis pelat yang pertama adalah pelat beton ringan dimensi 500 mm x 1500 mm x 80 mm dengan perkuatan *wiremesh* diameter 8 mm tanpa campuran serat bambu dan kedua adalah pelat beton ringan dimensi 500 mm x 1500 mm x 80 mm dengan perkuatan *wiremesh* diameter 8 mm dengan campuran serat bambu sebanyak 0,5% dari berat semen. Variasi pelat beton ringan dibuat dengan campuran beton dengan kandungan *Foam Agent* 50% dari berat agregat campuran. Berikut ini adalah spesifikasi masing-masing benda uji :

Tabel 3. 1 Spesifikasi Benda Uji

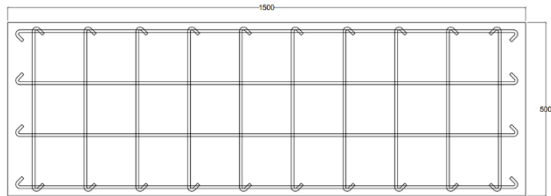
Benda Uji	Dimensi	Jenis Pengujian	Jmlh
Silinder beton	100 mm x 200 mm	Kuat tekan	3
Pelat Beton Ringan Variasi serat 0%	500 mm x 1500 mm x 80 mm	Kuat lentur	2
Pelat Beton Ringan Variasi serat 0,5%	500 mm x 1500 mm x 80 mm	Kuat lentur	2



Gambar 3. 1 Penampang Melintang Penulangan Pelat Beton Ringan



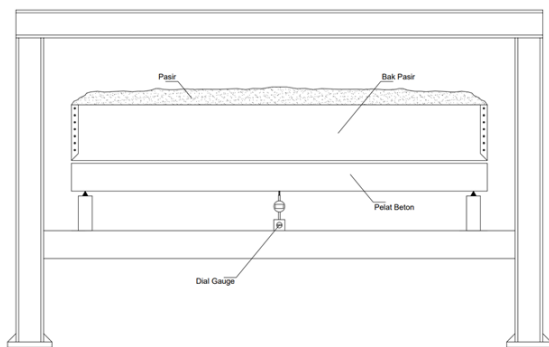
Gambar 3. 2 Penampang Memanjang Penulangan Pelat Beton Ringan



Gambar 3. 3 Tampak Atas Penulangan Pelat Beton Ringan

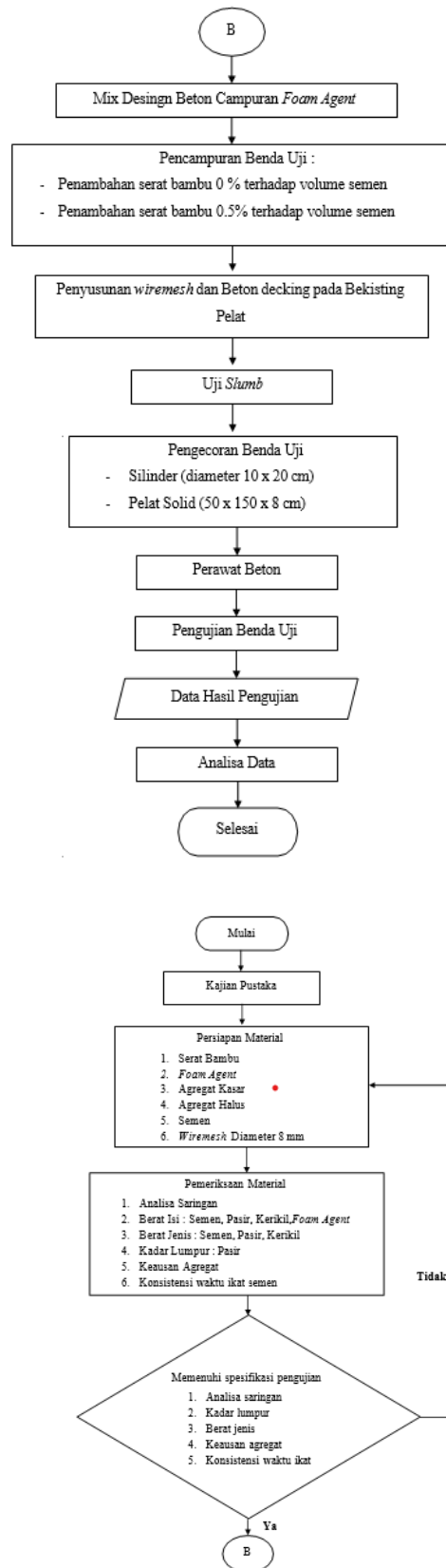
### Pengujian Pelat

Pengujian terhadap sampel pelat dilakukan pada saat pelat berumur 28 hari. Pengujian bertujuan untuk mengetahui kapasitas lentur pelat terhadap lendutan dan pola retak yang terjadi akibat penambahan serat bambu pada campuran pelat beton. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban merata secara bertahap dengan penambahan beban setiap 30kg.



Gambar 3. 4 Gambar Posisi Alat Uji

### Diagram Ali



Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian

#### 4. ANALISA PERENCANAAN

##### Hasil Pengujian

Tabel 4. 1 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder Umur 28 Hari

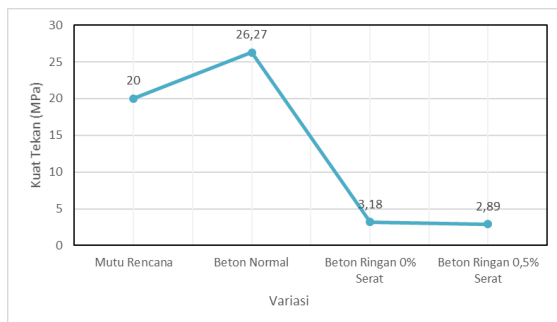
Kode	Umur (hari)	Berat (kg)	Tekan Hancur (kN)	Tekan Hancur (MPa)	Tekan Hancur (MPa)
BN	28	3,82	3,82	212	3,40
BN	28	3,71	3,71	204	
BN	28	3,65	3,65	203	
ST 0%	28	2,28	2,28	26	3,18
ST 0%	28	2,39	2,39	25	
ST 0%	28	2,28	2,28	24	
ST 0,5%	28	2,34	2,34	22	2,89
ST 0,5%	28	2,23	2,23	22	
ST 0,5%	28	2,11	2,11	24	



Gambar 4. 1 Pola Retak Pada Silinder Beton Ringan

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Pelat Beton Umur 28 Hari

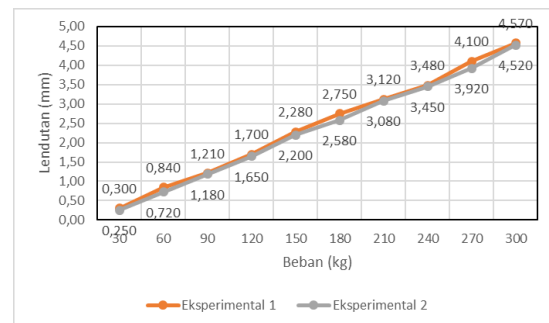
No	Beban (kg)	Beban (kg/m)	Lendutan (mm)	
			Beton Ringan 0% Serat	Beton Ringan 0,5% Serat
1	30	20	0,3	0,25
2	60	40	0,84	0,72
3	90	60	1,21	1,18
4	120	80	1,7	1,65
5	150	100	2,28	2,2
6	180	120	2,75	2,58
7	210	140	3,12	3,08
8	240	160	3,48	3,45
9	270	180	4,1	3,92
10	300	200	4,57	4,52



Grafik 4. 1 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Rata-Rata

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola retak pada uji kuat tekan pada beton normal hampir sama, sejajar dengan arah gaya, dan dengan demikian diklasifikasikan sebagai pola retak *columnar*. Pola retakan yang umumnya muncul adalah keretakan arah vertikal.

Terjadinya penurunan nilai kuat tekan pada beton ringan dapat disebabkan dari presentase tambahan bahan *foam agent* sebagai pengganti sebagian agregat, akibatnya beton semakin ringan namun kuat tekan nya akan berkurang. Dikarenakan sifat awal agregat yang keras digantikan dengan *foam agent* yang lunak dan *foam agent* yang licin juga mengakibatkan daya lekat dari semen berkurang. Pola retak yang terjadi pada beton ringan tidak merata hanya pada bagian atas silinder beton saja.



Grafik 4. 2 Grafik hubungan antara beban dan lendutan hasil pengujian pelat beton

Saat dilakukan pengujian lentur dengan penambahan beban merata sebesar 300 kg pada setiap variasi pelat beton, tidak ada yang mengalami retak. Meskipun demikian, nilai lendutan pada pelat beton normal lebih kecil dibandingkan dengan pelat beton ringan. Pada pelat beton ringan dengan kandungan serat bambu 0%, lendutannya sebesar 4,55 mm, sedangkan pelat beton ringan dengan kandungan serat bambu 0,5% memiliki lendutan sebesar 4,72 mm.

**Perbandingan Lendutan Teoritis dan Lendutan Eksperimental**

Berikut perhitungan dan perbandingan hasil teoritis dan hasil pengujian.

- 1) Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0%

Perhitungan pembebanan 300 kg pada pelat

$$q_D = B_j \text{ Beton} \times b \times h$$

$$= 1451,49 \times 0,5 \times 0,08$$

$$= 58,06 \text{ kg/m}$$

$$= 0,532 \text{ N/mm}$$

$$q_L = \frac{\text{Beban yang bekerja}}{L}$$

$$= \frac{300}{1,5}$$

$$= 200 \text{ kg/m}$$

$$= 1,962 \text{ N/mm}$$

$$q_U = q_D + q_L$$

$$= 0,532 + 0,981$$

$$= 2,494 \text{ N/mm}$$

Perhitungan lendutan teoritis pelat

$$E_c = W_c^{1,5} \times 0,043 \sqrt{f'c'}$$

$$= 1451,49^{1,5} \times 0,043 \sqrt{3,18}$$

$$= 4242,4426 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{12} \times 500 \times 80$$

$$= 2133333 \text{ mm}^4$$

$$\delta_{\text{teoritis}} = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{3,78 \times 1500^4}{4242,4426 \times 2133333}$$

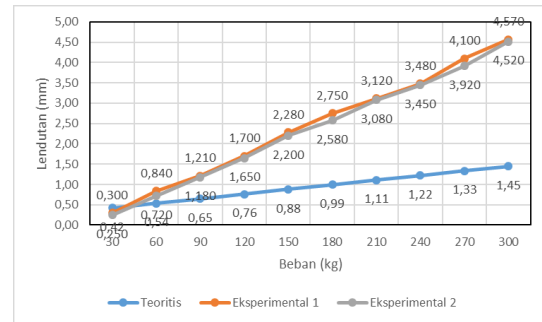
$$= 2,088 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{eksperimen}} = 4,57 \text{ mm}$$

Tabel 4. 3 Perbandingan Lendutan Teoritis dan Eksperimental Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0%

Beban (kg/m)	Beban (N/mm)	Berat Sendiri (N/mm)	Beban Total (N/mm)	Lendutan Teoritis (mm)	Lendutan Eksperimental (mm)	
					1	2
20	0.196	0,532	0,728	0,402	0,30	0,25
40	0.392	0,532	0,924	0,511	0,84	0,72
60	0.589	0,532	1,120	0,619	1,21	1,18
80	0.785	0,532	1,316	0,728	1,70	1,65
100	0.981	0,532	1,513	0,836	2,28	2,20

120	1.177	0,532	1,709	0,944	2,75	2,58
140	1.373	0,532	1,905	1,053	3,12	3,08
160	1.570	0,532	2,101	1,161	3,48	3,45
180	1.766	0,532	2,297	1,270	4,10	3,92
200	1.962	0,532	2,494	1,378	4,57	4,52



Grafik 4. 3 Perbandingan Lendutan Teoritis dan Eksperimental Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0%

- 2) Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0,5%

Perhitungan pembebanan 300 kg pada pelat

$$q_D = B_j \text{ Beton} \times b \times h$$

$$= 1451,49 \times 0,5 \times 0,08$$

$$= 58,06 \text{ kg/m}$$

$$= 0,532 \text{ N/mm}$$

$$q_L = \frac{\text{Beban yang bekerja}}{L}$$

$$= \frac{300}{1,5}$$

$$= 200 \text{ kg/m}$$

$$= 0,192 \text{ N/mm}$$

$$q_U = q_D + q_L$$

$$= 0,532 + 1,192$$

$$= 2,494 \text{ N/mm}$$

Perhitungan lendutan teoritis pelat

$$E_c = W_c^{1,5} \times 0,043 \sqrt{f'c'}$$

$$= 1451,49^{1,5} \times 0,043 \sqrt{2,89}$$

$$= 4039,613 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{12} \times 500 \times 80$$

$$= 2133333 \text{ mm}^4$$

$$\delta_{\text{teoritis}} = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

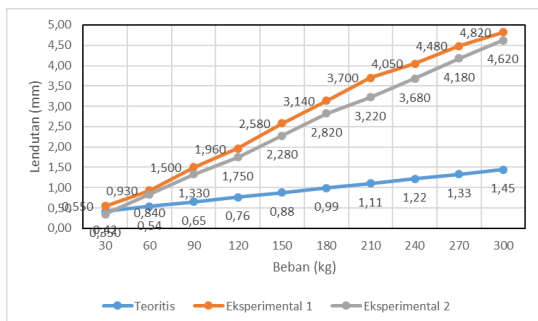
$$= \frac{5}{384} \times \frac{3,78 \times 1500^4}{4039,613 \times 21333333}$$

$$= 2,192 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{eksperimen}} = 4,82 \text{ mm}$$

Tabel 4. 4 Perbandingan Lendutan Teoritis dan Eksperimental Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0,5%

Beban (kg/m)	Beban (N/mm)	Berat Sendiri (N/mm)	Beban Total (N/mm)	Lendutan Teoritis (mm)	Lendutan Eksperimental (mm)	
					1	2
20	0.196	0,532	0,579	0,422	0,55	0,35
40	0.392	0,532	0,579	0,536	0,93	0,84
60	0.589	0,532	0,579	0,650	1,50	1,33
80	0.785	0,532	0,579	0,764	1,96	1,75
100	0.981	0,532	0,579	0,877	2,58	2,28
120	1.177	0,532	0,579	0,991	3,14	2,82
140	1.373	0,532	0,579	1,105	3,70	3,22
160	1.570	0,532	0,579	1,219	4,05	3,68
180	1.766	0,532	0,579	1,333	4,48	4,18
200	1.962	0,532	0,579	1,447	4,82	4,62



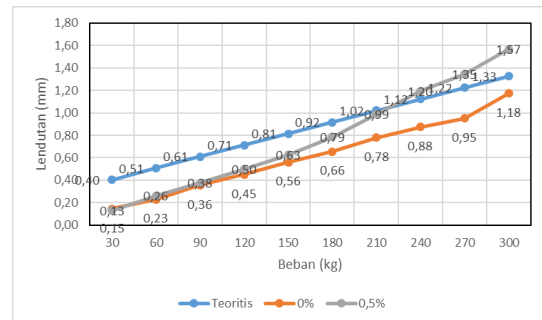
Grafik 4. 4 Perbandingan Lendutan Teoritis dan Eksperimental Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0,5%

Perbandingan lendutan pelat beton ringan dengan kandungan serat bambu 0% dan pelat beton ringan dengan kandungan serat bambu 0,5%

Tabel 4. 5 Perbandingan Lendutan Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0% dan 0,5%

No	Beban (kg)	Beban (kg)	Lendutan Teoritis (mm)	Lendutan Eksperimental (mm)	
				̄ 0%	̄ 0,5%
1	30	20	0,402	0,28	0,45
2	60	40	0,511	0,78	0,89
3	90	60	0,619	1,20	1,42

4	120	80	0,728	1,68	1,86
5	150	100	0,836	2,24	2,43
6	180	120	0,944	2,67	2,98
7	210	140	1,053	3,10	3,46
8	240	160	1,161	3,47	3,87
9	270	180	1,270	4,01	4,33
10	300	200	1,378	4,55	4,72



Grafik 4. 5 Perbandingan Lendutan Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0% dan 0,5%

Dari grafik 4.5, terlihat bahwa setiap pelat beton dalam pengujian memiliki lendutan yang berbeda dari lendutan teoritis yang telah dihitung. Perbedaan yang signifikan disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah bahwa perhitungan teoritis tidak mempertimbangkan kandungan dan sifat *foam agent*. Pelat dengan kandungan *foam agent* memiliki sifat yang berbeda karena adanya rongga udara (gelembung) yang seragam yang terbentuk didalam beton, ditambahkan dengan penambahan serat yang menyebabkan penyerapan air di dalam beton menjadi tinggi. Namun, penggunaan *wiremesh* membantu meningkatkan kekuatan lentur pada pelat tersebut.

#### Perhitungan Lendutan Izin Maksimum

Untuk perhitungan lendutan izin maksimum suatu pelat beton mengikuti SNI 2847:2019. Untuk perhitungan beban direncanakan sesuai beban yang dilakukan pada pengujian pelat dengan beban terbesar 300 kg.

- a) Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0%

$$\Delta(ijin) = \frac{Lt}{360}$$

$$= \frac{1500}{360}$$

$$= 4,167 \text{ mm}$$

Kontrol

$$\delta_{\text{eksperimental}} < \delta_{\text{izin}}$$

$$4,57 > 4,167 \text{ (Tidak memenuhi)}$$



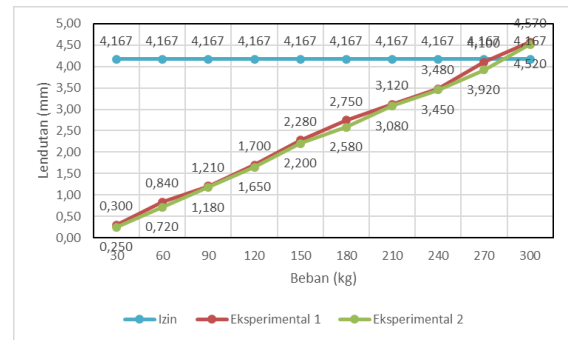
Dari perhitungan yang telah dilakukan, ditemukan bahwa lendutan maksimum yang diizinkan yang adalah sebesar 4,167 mm. Namun, saat pelat dibebani dengan 300 kg, lendutan maksimum yang terjadi mencapai 4,57 mm. Maka dari itu, pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0% tidak memenuhi syarat lendutan izin.

Tabel 4. 6 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0% (Benda Uji 1)

Beban (kg)	Lendutan Izin (mm)	Lendutan Eksperimental (mm)	Kontrol Lendutan
30	4,167	0,300	Memenuhi
60	4,167	0,840	Memenuhi
90	4,167	1,210	Memenuhi
120	4,167	1,700	Memenuhi
150	4,167	2,280	Memenuhi
180	4,167	2,750	Memenuhi
210	4,167	3,120	Memenuhi
240	4,167	3,480	Memenuhi
270	4,167	4,100	Memenuhi
300	4,167	4,570	Tidak

Tabel 4. 7 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0% (Benda Uji 2)

Beban (kg)	Lendutan Izin (mm)	Lendutan Eksperimental (mm)	Kontrol Lendutan
30	4,167	0,250	Memenuhi
60	4,167	0,720	Memenuhi
90	4,167	1,180	Memenuhi
120	4,167	1,650	Memenuhi
150	4,167	2,200	Memenuhi
180	4,167	2,580	Memenuhi
210	4,167	3,080	Memenuhi
240	4,167	3,450	Memenuhi
270	4,167	3,920	Memenuhi
300	4,167	4,520	Tidak Memenuhi



Grafik 4. 6 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0%

b) Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0,5%

$$\Delta(ijin) = \frac{Lt}{360}$$

$$= \frac{1500}{360}$$

$$= 4,167 \text{ mm}$$

Kontrol

$$\delta_{eksperimental} < \delta_{izin}$$

$$4,48 > 4,167 \text{ (Memenuhi)}$$

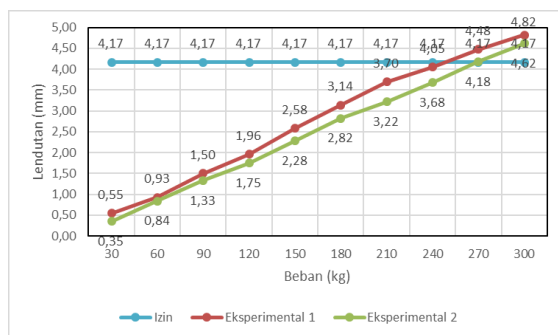
Dari perhitungan di atas, didapatkan lendutan maksimum yang diizinkan sebesar 4,167 mm.,. Namun dari total pembebanan 300 kg didapatkan lendutan izin tidak memenuhi pada pembebanan 270 kg dengan lendutan maksimum sebesar 4,48 mm. Maka dari itu, pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0,5% tidak memenuhi syarat lendutan izin, meskipun pelat tidak mengalami keruntuhan

Tabel 4. 8 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0,5% (Benda Uji 1)

Beban (kg)	Lendutan Izin (mm)	Lendutan Eksperimental (mm)	Kontrol Lendutan
30	4,167	0,550	Memenuhi
60	4,167	0,930	Memenuhi
90	4,167	1,500	Memenuhi
120	4,167	1,960	Memenuhi
150	4,167	2,580	Memenuhi
180	4,167	3,140	Memenuhi
210	4,167	3,700	Memenuhi
240	4,167	4,050	Memenuhi
270	4,167	4,480	Tidak
300	4,167	4,820	Tidak

Tabel 4. 9 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0,5% (Benda Uji 2)

Beban (kg)	Lendutan Izin (mm)	Lendutan Eksperimental (mm)	Kontrol Lendutan
30	4,167	0,350	Memenuhi
60	4,167	0,840	Memenuhi
90	4,167	1,330	Memenuhi
120	4,167	1,750	Memenuhi
150	4,167	2,280	Memenuhi
180	4,167	2,820	Memenuhi
210	4,167	3,220	Memenuhi
240	4,167	3,680	Memenuhi
270	4,167	4,180	Tidak
300	4,167	4,620	Tidak



Grafik 4. 7 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0,5%

### Kapasitas Nominal Pelat

- a) Pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0%  
 Luas Tulangan ada

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

$$= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 8^2 \times 4$$

$$= 50,29 \text{ mm}$$

Dengan prinsip keseimbangan gaya  $C_c = T_s$  dapat diperoleh nilai a.

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

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

$$= \frac{50,29 \times 500}{0,85 \times 3,18 \times 500}$$

$$= 45,68 \text{ mm}$$

Gaya daerah tekan pada beton

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

$$= 0,85 \times 3,78 \times 40,94 \times 500$$

$$= 100571,43 \text{ N}$$

Gaya daerah tarik pada tulangan

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$= 201,1 \times 500$$

$$= 100571,43 \text{ N}$$

Kontrol keseimbangan gaya

$$C_c = T_s$$

$$100571,43 = 100571,43$$



Gambar 4. 2 Diagram Gaya Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0%

Maka momen nominal kapasitas penampang pelat

$$M_n = T_s \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 100571,43 \times \left(56 - \frac{45,68}{2}\right)$$

$$= 3001311,62 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n$$

$$= 0,9 \times 3001311,62$$

$$= 2701180,4 \text{ Nmm}$$

Menghitung maksimal yang bekerja

$$q_U = 2,531 \text{ N/mm}$$

$$M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 2,531 \times 1500^2$$

$$= 711759,765 \text{ Nmm}$$

Kontrol

$$M_u < \phi M_n$$

$$711759,765 < 2701180,4 \text{ (Memenuhi)}$$

- b) Pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0,5%

Luas Tulangan ada

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

$$= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 8^2 \times 4$$

$$= 50,29 \text{ mm}$$

Dengan prinsip keseimbangan gaya  $C_c = T_s$  dapat diperoleh nilai a.

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

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

$$= \frac{50,29 \times 500}{0,85 \times 2,89 \times 500}$$

$$= 48,39 \text{ mm}$$

Gaya daerah tekan pada beton

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f'c' \times a \times b \\ &= 0,85 \times 3,18 \times 45,68 \times 500 \\ &= 100571,43 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya daerah tarik pada tulangan

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \times f_y \\ &= 50,29 \times 500 \\ &= 100571,43 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol keseimbangan gaya

$$\begin{aligned} C_c &= T_s \\ 100571,43 &= 100571,43 \end{aligned}$$



Gambar 4. 3 Diagram Gaya Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0,5%

Maka momen nominal kapasitas penampang pelat

$$\begin{aligned} M_n &= T_s \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 100571,43 \times \left( 56 - \frac{81,9}{2} \right) \\ &= 2878699,911 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times M_n \\ &= 0,9 \times 2878699,911 \\ &= 2590829,91 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Menghitung maksimal yang bekerja

$$\begin{aligned} q_U &= 2,531 \text{ N/mm} \\ M_U &= \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 2,531 \times 1500^2 \\ &= 711759,765 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 711759,765 &< 2590829,91 \text{ (Menehuni)} \end{aligned}$$

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Dari hasil uji kuat tekan silinder beton, didapat nilai kuat tekan pada beton normal sebesar 26,27 MPa; pada beton ringan dengan kandungan serat bambu 0% sebesar 3,78 MPa; dan pada beton ringan dengan kandungan serat bambu 0,5% sebesar 3,40 MPa.

2. Nilai rata-rata lendutan yang terjadi akibat pembebanan 300 kg.

- a) pada pelat beton ringan ukuran 50 cm x 150 cm x 8 cm perkuatan tulangan *wiremesh* tanpa serat bambu sebesar 4,57 mm.
- b) pada pelat beton ringan ukuran 50 cm x 150 cm x 8 cm perkuatan tulangan *wiremesh* tanpa serat bambu sebesar 4.82 mm.

Pelat beton ringan dengan campuran serat bambu memiliki lendutan yang lebih besar dari pada pelat beton ringan tanpa campuran serat bambu. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat bambu pada pelat beton ringan tidak menambah kapasitas lentur pada pelat tersebut.

3. Perbedaan antara perhitungan teoritis dan pengujian dikarenakan rumus perhitungan teori yang digunakan dalam penelitian ini tidak memperhitungkan kandungan dan sifat *Foam Agent* pada pelat.
4. Ketiga pelat beton yang digunakan dalam pengujian eksperimental tidak mengalami retak saat diuji dengan beban maksimal 300 kg. Namun, berdasarkan hasil penelitian, pelat beton ringan tidak memenuhi persyaratan lendutan yang diizinkan untuk pelat beton struktural. Meskipun demikian, pelat tersebut dapat digunakan sebagai panel dinding. Pada perhitungan lendutan yang diizinkan untuk pelat beton ringan tanpa serat bambu pada pembebanan 300 kg, tidak terpenuhi, demikian juga pada 0,5% serat bambu pada pembebanan 270 kg tidak memenuhi lendutan yang diizinkan dari pembebanan maksimal 300 kg.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2002a). *ACI Committee 544:2002 Laporan Beton Bertulang Serat*.
- Anonim. (2002b). SNI 03 - 3449 - 2002 Tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan. In *Yayasan LPMB* (hal. 1-32).
- Anonim. (2008). SNI 1969:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. In *Badan Standar Nasional Indonesia* (hal. 20).
- Anonim. (2011). SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. In *Badan Standardisasi Nasional Indonesia* (hal. 20).
- Anonim. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. In *Badan Standardisasi Nasional Indonesia* (Nomor 8, hal. 720).
- Dipohusodo, I. (1994). *STRUKTUR BETON BERTULANG*.
- Hidayati, I., Abdi, F. N., & Widiastuti, M. (2022). Pengaruh Penambahan *foam Agent* terhadap Kuat Tekan Dan berat Beton Normal Dengan

- Agregat Kasar Palu Dan Halus Mahakam. *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 6(2), 1. <https://doi.org/10.30872/ts.v6i2.9408>
- Jonathan Aaron, & Widodo Kushartomo. (2023). Pengaruh Kerapatan Wiremesh Terhadap Kapasitas Lentur Pelat Beton Ringan Komposit. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(2), 207–216. <https://doi.org/10.24912/jmts.v6i2.21665>
- Junaidi, A. (2015). Pemanfaatan Serat Bambu Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton. *Berkala Teknik*, 5(1), 754.
- Kurniati, D. (2020). *Desain dan Perencanaan Pelat dan balok* (P. ramadani Alim Harun Pamungkas (ed.)).
- Mulyono. (2015). *TEKNOLOGI BETON: Dari Teori Ke Praktek* (Nomor juni).
- Priskasari, E., Wedyantadji, B., Aditama, M. E., Aditama, V., & Surya W., H. (2023). Studi Eksperimental Dan Numerik Pelat Beton Dengan Perkuatan Tulangan Bambu. *Prosiding SEMSINA*, 4(01), 253–260. <https://doi.org/10.36040/semsina.v4i01.8004>
- Simanjuntak, J. O., & Lubis, S. (2022). *Pengaruh penambahan serat bambu terhadap kuat tekan beton*. 1(2), 70–75.