



## PENGARUH VARIASI CAMPURAN SERAT BAMBU PADA KUAT TEKAN BETON SERAT

Della Dwi Lestari<sup>1</sup>\*

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika,

Universitas Muhammadiyah Palangka Raya

Jl. RTA Milono, Langkai, Kecamatan Pahandut, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah 73111

\*Email: [lestaridelladwi@gmail.com](mailto:lestaridelladwi@gmail.com)

Diajukan:05/01/2022 Direvisi: 23/06/2022 Diterima:28/06/2022

### Abstrak

Beton merupakan salah satu material utama dalam konstruksi suatu bangunan. Penelitian tentang beton telah dilakukan sejak lama. Berbagai penelitian tentang beton, baik bahan, bahan, aditif dan lain-lain telah banyak dilakukan oleh para ahli. Penelitian berlanjut hingga hari ini. Tujuan dari semua ini adalah untuk membuat beton semakin berkualitas baik. Beton memiliki banyak bentuk transformasi, salah satunya adalah bentuk modifikasi campuran beton yaitu beton serat. Suplementasi dengan serat alam (natural fiber) khususnya serat bambu menjadi pilihan karena merupakan produk alam yang mudah tumbuh dan ketersediaannya melimpah di pulau Kalimantan. Pada penelitian ini ditambahkan serat bambu pada campuran konvensional  $f_c' 20$  MPa dengan variasi 0% (beton), 1%, 1,5%, 2% dan 2,5%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton bertulang serat yang dapat diperoleh dengan penambahan serat bambu. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan pada umur 28 hari pada 0% (beton normal) adalah 25,24 MPa, 1% adalah 28,01 MPa, 1,5% adalah 18,77 MPa, 2% adalah 22,78 MPa dan 2,5% adalah 21,52 MPa. Dapat disimpulkan bahwa penambahan serat bambu 1% merupakan penambahan terbaik yang dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton bahkan lebih dari nilai normal beton.

**Kata Kunci** : Beton Serat, Kuat Tekan Beton, Serat bambu

### Abstract

Concrete is one of the main materials in the construction of a construction. Concrete research has been done for a long time. Various studies on concrete, both its material, composition, additives and others have been carried out by many experts. The research continues to this day. The goal of all this is to create increasingly good quality concrete. Concrete has many types of modifications, one of which is a modification of the concrete mixture, namely fiber concrete. The addition of natural fiber (natural fiber), especially bamboo fiber is an option because it is a natural product that is easy to cultivate and its availability is abundant in Borneo. In this study, bamboo fiber was added to the normal mix  $f_c' 20$  MPa with variations of 0% (normal concrete), 1%, 1.5%, 2%, and 2.5%. This study aims to determine the compressive strength of fiber concrete that can be achieved by adding bamboo fiber. The results showed that the compressive strength at 28 days of concrete was 0% (normal concrete) of 25.24 MPa, 1% was 28.01 MPa, 1.5% was 18.77 MPa, 2% was 22.78 MPa and 2.5% of 21.52 MPa. It can be concluded that the addition of bamboo fiber by 1% is the best addition that can increase the value of the compressive strength of concrete even more than the normal value of concrete.

**Keywords**: Bamboo Fiber, Compressive Strength, Fiber Concrete

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Beton memiliki banyak jenis modifikasi salah satu modifikasi campuran beton yaitu beton serat. Banyak jenis serat yang dapat digunakan diantaranya serat alami dan serat sintetis, contoh serat alami adalah serat bambu, serat daun pandan, serat ijuk, dan lain-lain, sedangkan serat sintesis antara lain serat baja (steel), plastik (polypropylene), kaca (glass) dan karbon (carbon).

Penambahan serat alami (natural fiber), khususnya serat bambu menjadi pilihan karena merupakan produk hasil alam yang mudah dibudidayakan serta ketersediaannya yang melimpah pada pulau Kalimantan terutama Kalimantan Selatan. Salah satu hasil penelitian oleh Lesman dkk (2016) pada lokasi loksado Kabupaten Hulu Sungai Selatan terdapat seluas 3000 hektare lebih lahan yang terisi dengan berbagai macam jenis tanaman bambu.

Bambu memiliki beberapa kelebihan yaitu tidak mengalami korosi, relatif murah, dan sifat kembang susut yang rendah. Serat bambu merupakan salah satu jenis serat alami yang dapat digunakan sebagai campuran beton dan sampai saat ini masih dalam penelitian untuk pembuatan beton struktur dalam jangka waktu yang lama. Berdasarkan pada penelitian Junaidi (2015), Suhadirman (2011) dan Najida (2016) pada pengujian pencampuran serat bambu sebesar 1% hingga 2% terhadap jumlah semen, didapatkan kenaikan kuat tekan beton yang cukup signifikan

Hal ini yang melatar belakangi penulis tertarik untuk melanjutkan penelitian tersebut guna menemukan proporsi persentase campuran terbaik untuk mendapatkan kuat tekan yang optimum. Penelitian ini akan menggunakan serat bambu sebagai bahan tambahan yang termasuk dalam jenis serat alami.

### 1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahannya sebagai berikut :

- Bagaimana pengaruh variasi penambahan serat bambu terhadap nilai kuat tekan beton?

- Apakah penambahan serat bambu mampu membantu meningkatkan nilai kuat tekan beton hingga mencapai mutu  $f_c'$  20 MPa?
- Berapa persen penambahan serat bambu yang menghasilkan kuat tekan tertinggi?

### 1.3. Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan tujuan penelitian maka dilakukan pembatasan masalah dalam penelitian. Batasan masalah sebagai berikut:

- Agregat kasar yang digunakan adalah batu eks Banjarmasin yang biasa digunakan di Kota Palangkaraya.
- Mutu beton yang ingin dicapai adalah 20 MPa
- Serat bambu yang digunakan berasal dari bambu petung yang berusia  $\pm$  5 tahun yang telah dibuat menjadi serat dengan diameter 1 mm.
- Menggunakan Semen Portland
- Menggunakan air yang mengalir di Lab Struktur UM Palangkaraya
- Menggunakan pasir eks Tangkiling
- Pengujian sampel kuat tekan dilakukan setelah umur beton 7, 14 dan 28 hari.
- Benda uji berbentuk silinder
- Variasi presentase serat bambu yaitu 0%, 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5% dari berat semen

### 1.4. Tinjauan Pustaka

#### 1.4.1. Beton Serat

Beton serat dibuat dari campuran semen, pasir, kerikil, air, dan serat bambu. Campuran beton kemudian dicetak dan dirawat (curing) selama 28 hari. Karakteristik beton yang diukur adalah kuat tekan (compressive strength) dan bobot isi Suhardiman, (2011).

#### 1.4.2. Kuat Tekan

Pemeriksaan nilai kuat tekan beton dilakukan agar dapat mengetahui kuat tekan beton pada umur 28 hari yang dihasilkan apakah telah sesuai dengan yang standar yang diinginkan. Pada mesin uji tekan sampel beton diletakkan dan diberikan beban sampai sampel beton mengalami keruntuhan, yaitu pada saat beban maksimum bekerja. Kuat tekan beton dapat di hitung dengan rumus :

$$P = F/A \quad (1)$$

Dengan :

$F$  = gaya maksimum dari mesin tekan, (N)

$A$  = luas penampang yang diberi tekanan, ( $\text{cm}^2$ )

$P$  = kuat tekan, ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )

Pada mesin uji tekan benda diletakkan dan diberikan beban sampai benda runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja Pardomuan (2015).

### 1.4.3. Serat Bambu

Penggunaan batang pohon bambu sebagai material struktur sangat tepat karena bambu memiliki karakteristik yang cukup ringan dan lentur sehingga bangunan dari struktur bambu mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap gempa. Selain ringan dan lentur bambu mempunyai kuat tarik yang cukup besar bahkan untuk beberapa jenis bambu kuat tariknya melebihi kuat tarik baja serta memiliki elastisitas yang cukup tinggi Junnaidy (2017).

Bambu Petung sebagai salah satu jenis bambu di Indonesia tepatnya di daerah Kalimantan, meskipun cukup jarang dibudidayakan secara khusus untuk keperluan konstruksi (Fauzy and Limantara, 2019) , namun bambu tetap banyak tumbuh di lahan-lahan liar seperti di tepi sungai, tebing-tebing dan sebagainya. Bambu ini apabila diolah menjadi helaian serat berdiameter 1 mm diketahui memiliki berat jenis 0,8  $\text{N}/\text{m}^3$  Kurniawandy (2015).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan. Alat yang dimaksud melingkupi, semen yang digunakan ialah semen PCC, agregat kasar yang digunakan berupa batu Banjar eks Pelaihari. bambu yang digunakan berasal dari Kecamatan Takisung. Selanjutnya, serat bambu (Gambar 2) yang digunakan merupakan bagian dalam (daging) bambu dan telah diserut hingga berupa serabut-serabut halus dengan ukuran diameter 1-2 mm sepanjang 10-15 cm. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi, satu set saringan, Timbangan berkapasitas 14 kg, oven, piknometer, kerucut abrahams beserta tilam pelat baja, palu karet, 7. Cetakan beton

berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm, 8. Mesin pengaduk beton (concrete mixer), mesin uji kuat tekan. Satu set saringan alat digunakan untuk mengukur gradasi agregat sehingga dapat ditentukan nilai modulus kehalusan butir agregat. Timbangan berkapasitas 14 kg dengan ketelitian pembacaan 1 gram digunakan untuk mengukur berat bahan campuran beton dan berat benda uji silinder. Oven, alat ini digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan pada saat pengujian material yang membutuhkan kondisi kering. Piknometer alat ini dipergunakan untuk mengukur berat jenis pasir. Kerucut abrahams beserta tilam pelat baja dan tongkat besi digunakan untuk mengukur workability adukan dengan percobaan Slump Test. Kerucut abrahams beserta tilam pelat baja dan tongkat besi digunakan untuk mengukur workability adukan dengan percobaan Slump Test. Kerucut abrahams beserta tilam pelat baja dan tongkat besi digunakan untuk mengukur workability adukan dengan percobaan Slump Test.

Tabel 1. Jumlah Sampel

Persentase Bambu	Umur Beton	Jumlah Sampel
0%	7 hari	3
	14 hari	3
	28 hari	3
1 %	7 hari	3
	14 hari	3
	28 hari	3
1,5 %	7 hari	3
	14 hari	3
	28 hari	3
2 %	7 hari	3
	14 hari	3
	28 hari	3
2,5 %	7 hari	3
	14 hari	3
	28 hari	3
Total Sampel		45 buah

Cetakan beton berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm digunakan untuk mencetak benda uji pengujian kuat tekan. Mesin pengaduk beton (concrete mixer) alat ini dipergunakan untuk mengaduk bahan campuran sampel beton. Mesin uji kuat tekan. Alat ini dipergunakan untuk menguji nilai kuat tekan beton. Dalam penelitian ini akan dipakai Compression Testing Machine (CTM) (Trimurtiningrum, 2018).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Pengujian Karakteristik Material Agregat

Material penyusun beton yang dipergunakan pada penelitian ini terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Material yang digunakan

No.	Material	Sumber
1.	Semen	PC Merk Gresik Tipe I
2.	Agregat Halus	Pasir Tangkiling
3.	Agregat Kasar	Batu Pecah eks Pelaihari
4.	Air	Air di Lab Struktural Fakultas Teknik dan Informatika
5.	Serat Bambu	Bambu Petung Usia ± 5 tahun

Adapun hasil pengujian karakteristik material terdapat pada Tabel 3 dan 4 berikut ini.

Tabel 3. Kadar Air Agregat

Agregat Kasar			Agregat Halus		
Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
2,097 %	2,226 %	2,161 %	3,296 %	3,415 %	3,356 %

Tabel 4. Uji Abrasi Agregat Kasar

Jumlah Putaran = 500 Putaran		
Sampel 1	Sampel 2	Rata - Rata
33,44 %	36,42 %	34,93

#### 3.2. Pembuatan Sampel Beton

Penelitian ini terdiri dari 45 sampel silinder beton yang terdiri dari 9 sampel beton untuk variasi beton normal, 9 sampel beton untuk variasi serat bambu 1%, 9 sampel beton untuk variasi serat bambu 1,5%, 9 sampel beton untuk variasi serat bambu 2%, dan 9 sampel beton untuk variasi serat bambu 2,5%. Perendaman sampel beton dilakukan selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Perencanaan campuran beton untuk penelitian ini terdapat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Proporsi Campuran Serat Bambu

Bahan	Persentase Serat Bambu				
	0 %	1 %	1,5 %	2 %	2,5 %
Air (kg)	1,4 2	1,4 2	1,42	1,42	1,42
Semen (kg)	3,6 2	3,6 2	3,62	3,62	3,62
Agregat Halus (kg)	3,7 0	3,7 0	3,70	3,70	3,70
Agregat Kasar (kg)	5,9 7	5,9 7	5,97	5,97	5,97
Serat Bambu (gr)	0	36,2	54,3	72,4	90,5

#### 3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian nilai kuat tekan benda uji dilakukan pada sampel dengan umur beton 7, 14 dan 28 hari.

Tabel 6. Uji Kuat Tekan (Umur Beton 7 Hari)

Persentase Serat Bambu	Satuan	Sampel			Rata-rata
		1	2	3	
0 %		19,87	19,40	21,70	20,33
1 %		20,70	19,51	18,32	19,51
1,5 %	MPa	15,54	15,31	15,93	15,60
2 %		7,51	9,14	7,01	7,89
2,5 %		6,31	7,25	6,78	6,78

Hasil dari pengujian nilai kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8. Dari tabel 6 didapatkan nilai hasil rata-rata kuat tekan beton normal pada usia beton 7 hari sebesar 20,33 MPa yang mana telah mencapai mutu rencana yang diinginkan. Pada penambahan variasi serat bambu didapatkan nilai kuat tekan yang menurun pada 1 % nilai kuat tekan yang didapat 19,51 MPa, 1,5 % nilai kuat tekan sebesar 15,60 MPa, penambahan serat 2 % nilai kuat tekan 7,89 MPa sedangkan pada 2,5 % nilai kuat tekan hanya mencapai 6,78 MPa. Seluruh penambahan variasi serat bambu tidak ada yang mencapai nilai mutu yang diinginkan dan semakin besar penambahan variasi serat bambu nilai kuat tekan yang dihasilkan semakin menurun (Fauzy et al., 2018).

Tabel 7. Hasil Uji Kuat Tekan (Umur Beton 14 Hari)

Persentase Serat Bambu	Satuan	Sampel			Rata-rata
		1	2	3	
0 %		26,42	22,29	23,97	24,23
1 %		18,49	25,42	20,40	21,43
1,5 %	MPa	17,31	21,12	17,41	18,61
2 %		20,18	21,95	18,17	20,10
2,5 %		19,44	17,58	16,06	17,69

Dari tabel 7 didapatkan nilai rata-rata hasil uji kuat tekan beton normal pada usia beton 14 hari sebesar 24,23 MPa. Pada penambahan variasi serat bambu didapatkan nilai kuat tekan yang menurun pada 1 % nilai kuat tekan yang didapat 21,43 MPa, 1,5 % nilai kuat tekan sebesar 18,61 MPa, penambahan serat 2 % nilai kuat tekan 20,10 MPa sedangkan pada 2,5 % nilai kuat tekan hanya mencapai 17,69 MPa. Pada penambahan serat bambu 1 % dan 2 % telah mencapai nilai kuat tekan yang diinginkan walaupun belum bisa melebihi nilai kuat tekan pada beton normal. Seluruh sampel beton mengalami kenaikan nilai kuat tekan jika dibandingkan dengan sampel beton pada usia 7 hari.

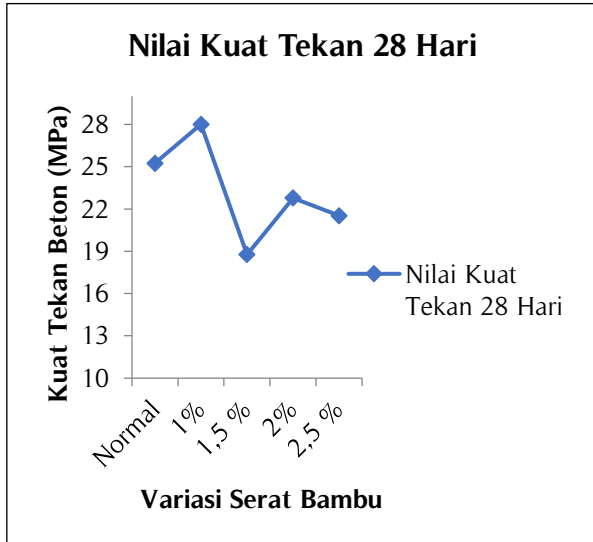
Tabel 8. Hasil Uji Kuat Tekan (Umur Beton 28 Hari)

Persentase Serat Bambu	Satuan	Sampel			Rata-rata
		1	2	3	
0 %		24,40	25,24	26,08	25,24
1 %		28,83	28,00	27,19	28,01
1,5 %	MPa	20,05	18,99	17,28	18,77
2 %		22,69	21,20	24,45	22,78
2,5 %		21,48	23,13	19,95	21,52

Dari tabel 8 didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton normal pada usia beton 28 hari sebesar 25,24 MPa yang telah melebihi nilai kuat tekan yang direncanakan. Pada penambahan variasi serat bambu sebesar 1 % didapatkan nilai kuat tekan yang meningkat, nilai kuat tekan yang didapat sebesar 28,01 MPa dimana nilai kuat tekan pada variasi penambahan 1% melampaui nilai kuat tekan beton normal dan mengalami kenaikan sebesar 10,97 %. Pada penambahan serat bambu 1,5 % nilai kuat tekan yang didapatkan hanya sebesar 18,77 MPa yang masih belum mencapai nilai kuat tekan yang diinginkan dan merupakan variasi penambahan serat bambu dengan nilai kuat tekan paling rendah (Warsito and Rahmawati, 2020). Penambahan serat bambu sebesar 2 % mendapatkan nilai kuat tekan senilai 22,78 MPa dan pada penambahan serat bambu sebesar 2,5 % nilai kuat tekan mencapai 21,52 MPa, nilai kuat tekan ini telah mencapai nilai kuat tekan yang direncanakan namun tidak melebihi nilai kuat tekan pada beton normal. Seluruh sampel beton mengalami kenaikan nilai kuat tekan jika dibandingkan dengan sampel beton pada usia 14 hari.

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan pada usia 28 hari dengan variasi penambahan serat bambu sebesar 1 % memiliki nilai kuat tekan tertinggi bahkan jika dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton normal. Pada penambahan serat bambu sebesar 1,5 % memiliki nilai kuat tekan terkecil dan tidak mencapai nilai kuat tekan yang telah direncanakan. Hal ini sejalan dengan penelitian Suhardiman (2011) dimana hasil penelitian dapat dilihat nilai rata-rata kuat

tekan beton normal, beton konsentrasi serat 1%, 1,5% dan 2% diperoleh berturut-turut sebesar 20,67 MPa, 24,36 MPa, 24,07 MPa dan 21,32 MPa.



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Beton 28 Hari (MPa)(Hasil Analisis)

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh variasi penambahan serat bambu terhadap beton dinilai dapat menaikkan kuat tekan jika menggunakan persentase penambahan serat bambu yang tepat, terbukti pada penambahan serat bambu sebesar 1% didapatkan kenaikan sebesar 10,97% dari beton normal dengan nilai kuat tekan 25,24 MPa menjadi 28,01 MPa, berbeda dengan penambahan serat bambu pada persentase 1,5 % sampai 2,5 % yang menurunkan nilai kuat tekannya jika dibandingkan dengan beton normal.
2. Hasil penelitian nilai kuat tekan beton dengan penambahan serat bambu hampir secara keseluruhan mencapai mutu yang diharapkan kecuali pada penambahan serat 1,5 % dimana hanya mencapai nilai kuat tekan 18,77 MPa.
3. Kuat tekan maksimum diperoleh pada penambahan serat bambu sebesar 1% pada usia beton 28 hari dengan nilai kuat tekan sebesar 28,01 MPa, dengan

komposisi agregat kasar sebesar 5,97 kg, agregat halus sebesar 3,70 kg, semen 1,42 kg, dan serat bambu 1% terhadap berat semen yaitu sebesar 14,2 gr untuk 1 buah benda uji silinder. Kuat tekan minimum diperoleh pada penambahan serat 1,5 % dengan nilai kuat tekan sebesar 18,77 MPa.

#### 5. Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan sebagai berikut :

1. Penambahan variasi serat bambu sebaiknya memiliki perbandingan presentase yang lebih bervariasi agar nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dapat terlihat perbedaannya.
2. Bisa menggunakan jenis bambu yang berbeda dengan usia bambu yang lebih matang.

Penambahan serat bambu hendaknya tidak melebihi 1% dari berat semennya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- BSNI. (2019). SNI 2874-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Fauzy, A.R., Limantara, A.D. and Purnomo, Y.C.S., (2018). Pemanfaatan Limbah Hasil Pembuatan Anyaman Berbahan Bambu Sebagai Campuran Standard Mixdesign Paving Block. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 1(1), pp.137-147.
- Fauzy, A.R. and Limantara, A.D., (2019). Pemanfaatan Limbah Hasil Pembuatan Anyaman Berbahan Bambu Sebagai Campuran Paving Block. *U KaRsT*, 3(1).
- Junaidi, A. (2015). Pemanfaatan Serat Bambu Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton." *Berkala Teknik* 5 (1): 754.
- Junnaidy, R, A.D Masdar, R Marta, and A Masdar. (2017). Penggunaan Serat Bambu Pada Campuran Beton Untuk Meningkatkan Daktilitas Pada Keruntuhan Beton 3: 131–35. <https://doi.org/10.21063/spi3.1017.131-135>.

- Kementrian PUPR. (2017). Modul Rancangan Campuran Beton 3.
- Kurniawandy, Alex. (2015). Pengaruh Panjang Serat Kulit Bambu Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Jom FTEKNIK 2* (2): 1–7. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/7485>.
- Lesman, Dela Aprilia, Dharmon, Muchyar. (2016). Keanekaragaman Bambu Di Kawasan Wisata Air terjun Rampah Menjangan, Loksado, kabupaten Hulu Sungai Selatan.
- Najida, Izza Abhan. (2016). Pengaruh Variasi Semen Pasir Agregat Serta Variasi Penambahan Serat Bambu Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan.
- Paulus, J.M., Supit, S. and Mantiri, H., (2022). Karakteristik Mekanik Campuran Panel Dinding Berbahan Dasar Metakaolin dan Serat Bambu. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 4(1), pp.1-10.
- Pardomuan, Fanto, Pane H Tanudjaja, and R S Windah. (2015). Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik 3* (5): 313–21.
- Suhardiman, Mudji. n.d. (2011). Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton.
- Standar Nasional Indonesia. (2012). [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id).
- Trimurtiningrum, R., (2018). Pengaruh Penambahan Serat Bambu Terhadap Kuat Tarik dan Kuat Tekan Beton. *JHP17: Jurnal Hasil Penelitian*, 3(01).
- Warsito, W. and Rahmawati, A., (2020). Variasi Abu Ampas Tebu dan Serat Bambu sebagai Bahan Campuran Pembuatan Beton Ramah Lingkungan. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 4(2), pp.109-117.