

## KARAKTERISTIK DAN KUAT LEKAT TULANGAN SERAT BAGU PILINAN PADA BETON NORMAL

I Ketut Sudarsana<sup>1</sup>, Ida Bagus Rai Widiarsa<sup>1</sup>, dan I Gede Wira Sayoga<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Udayana

<sup>2</sup>E-mail: [wira.sayoga@gmail.com](mailto:wira.sayoga@gmail.com)

### ABSTRAK

Penggunaan tulangan baja pada struktur beton bertulang untuk memikul tegangan tarik sangat rentan terhadap korosi. Serat bagu dipakai sebagai bahan pengganti baja tulangan untuk menghindari korosi yang sering terjadi. Perilaku tulangan dalam beton dipengaruhi banyak faktor, diantaranya lekatan antara beton dan tulangan serta panjang penanaman tulangan dalam beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat lekat antara tulangan serat bagu pilinan dan beton. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa kubus beton dengan ukuran 150x150x150 mm dengan kuat tekan rencana 20 MPa. Tulangan serat bagu ditanam pada kubus beton dengan kedalaman 75, 100, 125 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tulangan serat bagu memiliki kuat tarik berbeda pada masing-masing jumlah pilinan, dimana untuk 2 pilinan memiliki kuat tarik 28,85 MPa, 3 pilinan memiliki kuat tarik 36,16 MPa, 5 pilinan memiliki kuat tarik 30,36 MPa. Dari pengujian kuat tarik tulangan diperoleh tulangan 3 pilinan mempunyai kuat tarik yang paling besar, dimana hal ini disebabkan oleh jumlah serat yang lebih banyak dan resin yang bekerja lebih baik. Hasil pengujian kuat lekat tulangan menunjukkan bahwa kuat lekat tulangan bagu melebihi kuat lekat baja tulangan, terbukti dari kuat putus tulangan serat bagu masih lebih tinggi dari pada kuat lekat baja tulangan untuk semua panjang penanaman (75 mm, 100 mm, 125 mm).

**Kata kunci:** *tulangan serat bagu, kuat tarik tulangan, serat bagu.*

## CHARACTERISTICS AND BOND STRENGTHS REBAR OF BAGU FIBER ON NORMAL CONCRETE

### ABSTRACT

The use of steel reinforcement in reinforced concrete structures to carry tensile stress is very susceptible to corrosion. Bagu fiber is used as a substitution for reinforcing steel to avoid frequent corrosion. The behavior of reinforcement in concrete is influenced by many factors including the bond between the concrete and rebar and the length of anchoring rebar in concrete. This research was conducted to find the bond strength between bagu fiber rebar and concrete. The specimen used in this study was a concrete cube measuring 150x150x150 mm with a planned compressive strength of 20 MPa. The bagu fiber rebars were anchored in concrete cubes with a depth of 75, 100, 125 mm. The results showed that bagu fiber reinforcement has different tensile strength depending on the number of twists, where the 2-twist has tensile strength of 28.85 MPa, the 3-twist has tensile strength of 36.16 MPa, and the 5-twists has tensile strength of 30.36 MPa. From the tensile test, it was found that the 3-twist of bagu reinforcement has the greatest tensile strength due to higher amount of fiber and resin which worked better than others. The test results of bagu reinforcement bond strength showed that the strength of bagu reinforcement stronger than that of reinforcing steel, where the strength of bagu fibers are still higher than the strength of adhesion of reinforcing steel for all anchoring lengths (75 mm, 100 mm, 125 mm)

**Keywords:** *bagu fiber reinforcement, reinforcement tensile strength, bagu fiber.*

### 1 PENDAHULUAN

Indonesia merupakan kawasan kepulauan dengan 2/3 luas wilayahnya di pesisir yang merupakan lautan sehingga infrastruktur-infrastruktur yang dibangun di pesisir yang menggunakan material baja sangat rentan akan bahaya korosi. Kondisi ini juga terjadi di sebagian wilayah Bali dimana infrastruktur-infrastruktur penting seperti hotel dan jembatan banyak yang dekat dengan kawasan pesisir, sehingga potensi korosi tidak dapat dihindari.

Beberapa usaha sudah banyak dilakukan untuk mengatasi fenomena bahaya korosi pada baja tulangan dari struktur beton bertulang yaitu dengan menggunakan tulangan yang terbuat dari bahan non-corrosive seperti halnya material composite (*fiber reinforced polymer*) baik dengan menggunakan serat dari *carbon*, *aramid* maupun *glass*. Saat ini harga material-material ini masih cukup mahal dan keberadaannya juga sulit untuk diperoleh. Alternatif lain yang tersedia adalah penggunaan serat alam seperti serat bagu dengan *epoxy resin* sebagai

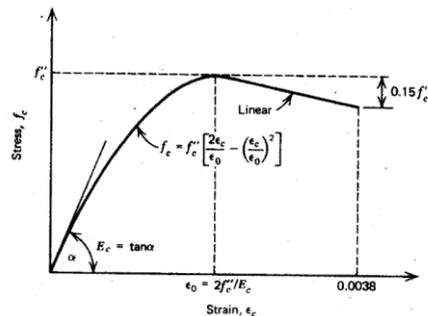
perekatnya. Serat bagu merupakan salah satu serat alam yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga sangat cocok digunakan sebagai alternatif pengganti tulangan baja. Dalam penelitiannya, Yasa dan Wati (2015) meneliti beban yang mampu ditahan serat bagu (dalam judul penelitian mereka disebut serat nanas) hingga mencapai kondisi putus adalah 0,25 kg. Diameter serat bagu yang digunakan dalam uji kuat tarik sederhana adalah 0,3 mm. Berdasarkan nilai tersebut, serat bagu memiliki kuat tarik sebesar 35,4 MPa. Selain kelebihan, serat bagu juga memiliki kekurangan yaitu mudah terbakar dan terlalu lentur sehingga perlu diberi lapisan *epoxy resin* sebagai perekat agar bertambah kaku.

Penggunaan tulangan pada struktur beton bertulang adalah untuk meningkatkan kapasitas tarik material beton yang rendah. Tegangan tarik yang terjadi pada beton selanjutnya disalurkan ke tulangan melalui mekanisme lekatan, sehingga kedua material tersebut yaitu beton dan tulangan dapat bekerja sama menjadi satu kesatuan material. Untuk dapat mengetahui mekanisme lekatan antara beton dan tulangan dapat dilakukan dengan pengujian kuat cabut (*pull out test*) pada tulangan yang ditanam di dalam beton. Dengan pengujian kuat cabut ini dapat diketahui besarnya gaya cabut dan juga tegangan lekat. Penelitian ini dilakukan untuk mengungkap karakteristik serat bagu yang belum banyak dipublikasikan, terutama yang terkait dengan kuat tariknya dan lekatannya dengan beton normal.

## 2 TEORI PENDUKUNG

### 2.1 Beton

Hubungan tegangan-regangan beton, seperti terlihat pada Gambar 1, menunjukkan perilaku beton yang dibebani oleh tegangan tarik (Park and Paulay, 1975). Berdasarkan SNI 03-2847 (2013), regangan maksimum yang dapat dimanfaatkan pada serat tekan beton terluar harus diambil sama dengan 0,003 sebagai batas hancur. Nilai kuat tarik beton berkisar antara 9% hingga 15% dari kuat tekannya (Dipohusodo, 1991), sehingga beton bekerja baik pada daerah tekan dan gaya tarik dipikul oleh tulangnya, baik tulangan yang berasal dari baja maupun dari bahan lainnya. Kuat lekat merupakan kombinasi kemampuan antara tulangan dan beton yang menyelimutinya dalam menahan gaya-gaya yang dapat menyebabkan lepasnya lekatan antara tulangan dan beton (Winter dan Nilson, 1993).



Gambar 1. Hubungan tegangan dan regangan beton

### 2.2 Kuat tarik tulangan serat bagu

Serat menurut Jumaeri (1977), adalah serat yang molekulnya disusun secara sengaja oleh manusia. Kuat dan tahan gesekan adalah sifat-sifat umum dari serat buatan. Sifat-sifat material dari serat, termasuk serat bagu, tegangan tariknya dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (1). Regangan dan modulus elastisitas serat bagu dapat dihitung dengan Persamaan (2) dan (3).

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

dengan  $P$  = beban (N),  $A$  = luas penampang ( $\text{mm}^2$ ).

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L} \quad (2)$$

dimana  $\Delta l$  = pertambahan panjang (mm) dan  $L$  = panjang mula-mula (mm).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

dengan  $\sigma$  = tegangan ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) dan  $\varepsilon$  = regangan.

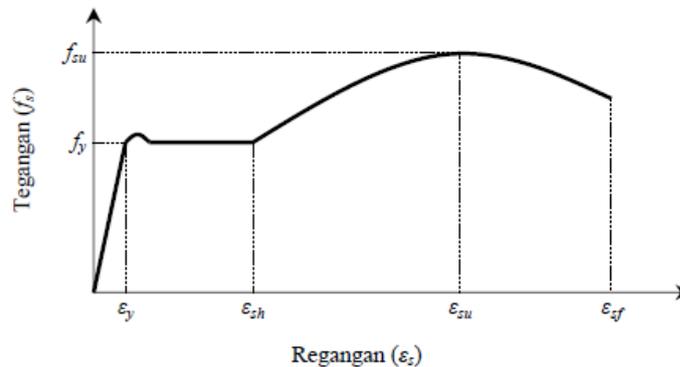
### 2.3 Panjang Penyaluran

Park and Paulay (1975) mengemukakan bahwa untuk menghitung besarnya panjang tulangan yang tertanam pada beton diperlukan adanya nilai tegangan lekat ( $\mu$ ). Hal ini berarti bahwa tegangan lekat berhubungan erat

dengan panjang penanaman tulangan pada beton. Sehingga panjang penyaluran dapat dirumuskan dengan Persamaan (4).

$$l_d \times kll \times \mu = P \quad (4)$$

dimana  $l_d$  = panjang penyaluran (mm),  $kll$  = keliling tulangan (mm),  
 $\mu$  = kuat lekat (MPa),  $P$  = beban maksimum (N)



Gambar Error! No text of specified style in document.. Diagram tegangan-regangan baja (Nawy, 1998)

## 2.4 Kuat Lekat

Menurut Nawy (1998), kuat lekat antara beton dan tulangan dipengaruhi oleh beberapa faktor, meliputi:

1. Efek *gripping* (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton di sekeliling tulangan dan saling geser antara tulangan dengan beton di sekelilingnya.
2. Tahanan gesekan (friksi) terhadap gelincir dan saling kunci pada saat elemen penguat atau tulangan mengalami tegangan tarik.
3. Diameter tulangan.
4. Bahan pelapis (*coating*).
5. Jarak tulangan dari tepi beton

Puryandhari (2015) dan Sudarsana, dkk (2020) yang meneliti kuat lekat dan panjang penanaman tulangan bambu petung dan bambu tali pada beton normal memperoleh hasil pengujian kuat tarik bambu petung dengan buku dan tanpa buku adalah 155,14 MPa dan 268,08 MPa. Sedangkan kuat tarik bambu tali dengan buku dan tanpa buku adalah 138,42 MPa dan 182,13 MPa. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan bambu petung, untuk panjang penanaman 100 mm dengan buku sebesar 1.44 MPa dan tanpa buku sebesar 1.34 MPa. Kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan bambu petung, untuk panjang penanaman 75 mm dengan buku sebesar 2.61 MPa dan tanpa buku sebesar 1.74 MPa. Kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan bambu tali, untuk panjang penanaman 100 mm dengan buku sebesar 1.07 MPa dan tanpa buku sebesar 0.91 MPa. Kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan bambu tali, untuk panjang penanaman 75 mm dengan buku sebesar 1.39 MPa dan tanpa buku sebesar 0.94 MPa.

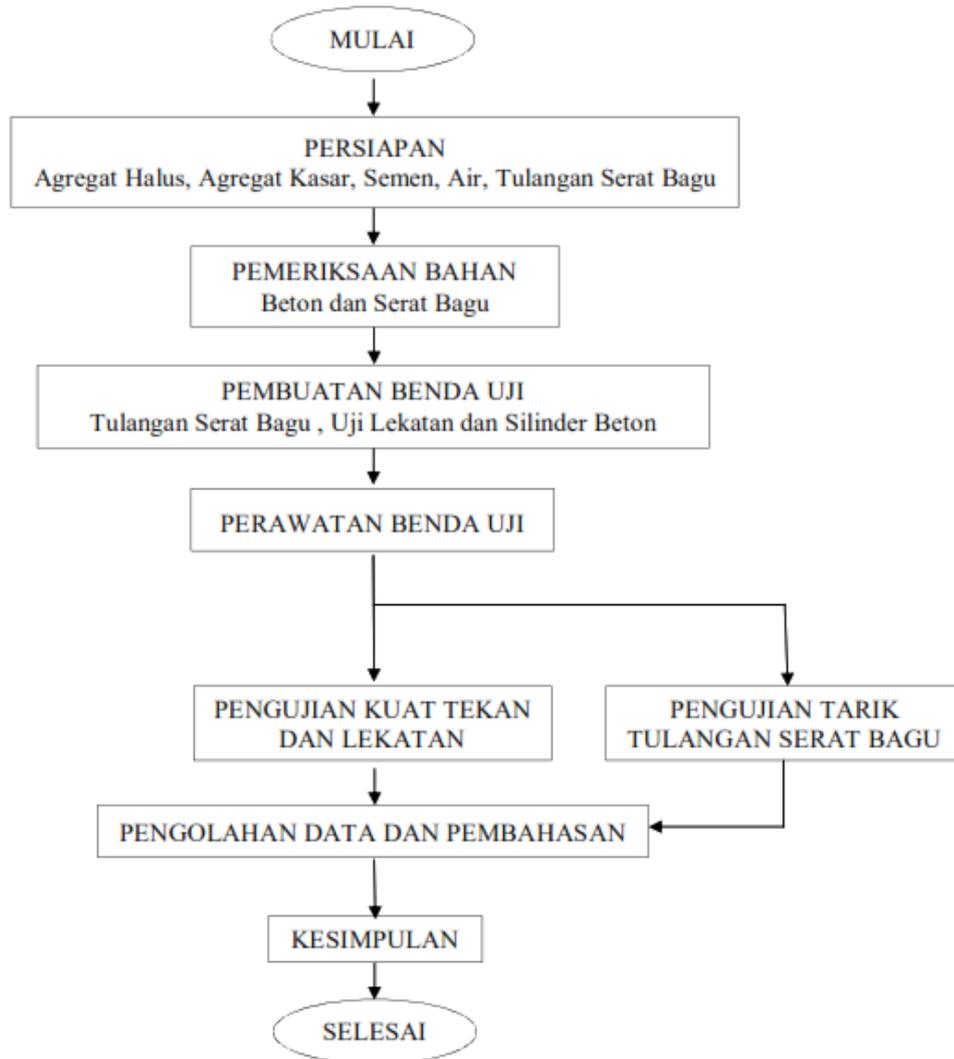
Jahuranto (2017) melakukan penelitian terkait uji tarik dan pengaruh variasi pola pilinan bambu terhadap kuat lekat balok beton. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan kuat tarik tulangan bambu polos sebesar 48,90 MPa, sedangkan berdasarkan hasil pengujian lekatan tulangan bambu polos didapatkan kuat lekat bambu sebesar 1,18 MPa. Pada tulangan bambu pilinan dihasilkan tegangan tarik maksimum sebesar 85,85 MPa yang berasal dari pola 1, dimana tulangan bambu pilinan belum memperlihatkan perilaku cabut saat pengujian *pull out* sehingga belum dapat diketahui besarnya lekatan antara bambu pilin dengan beton.

## 3 METODE PENELITIAN

Adapun material/bahan-bahan yang akan digunakan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus : Pasir yang berasal dari Karangasem
2. Agregat kasar : Kerikil dari Karangasem
3. Tulangan : Serat Bagu
4. Semen : Gresik tipe 1
5. Air : Air PDAM di Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
6. Bahan pelapis : Epoxy resin

Diagram alir penelitian ini tertera pada Gambar 3.



Gambar Error! No text of specified style in document.. Diagram alir penelitian

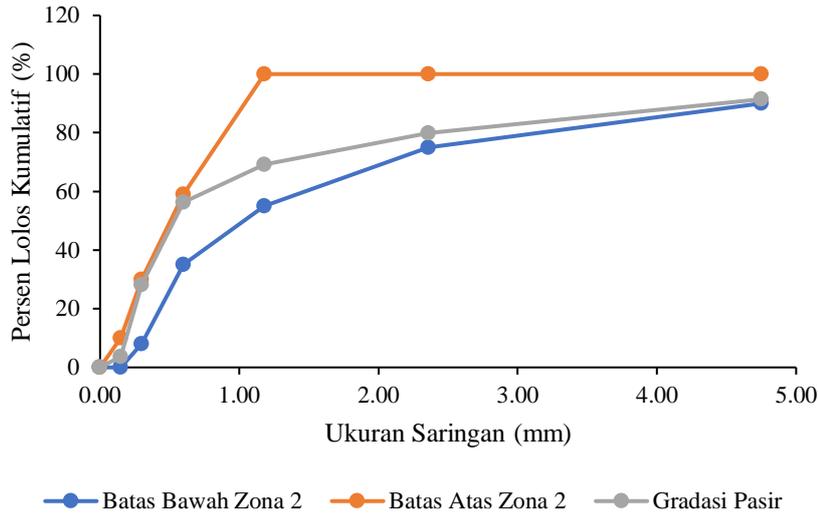
## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pemeriksaan bahan

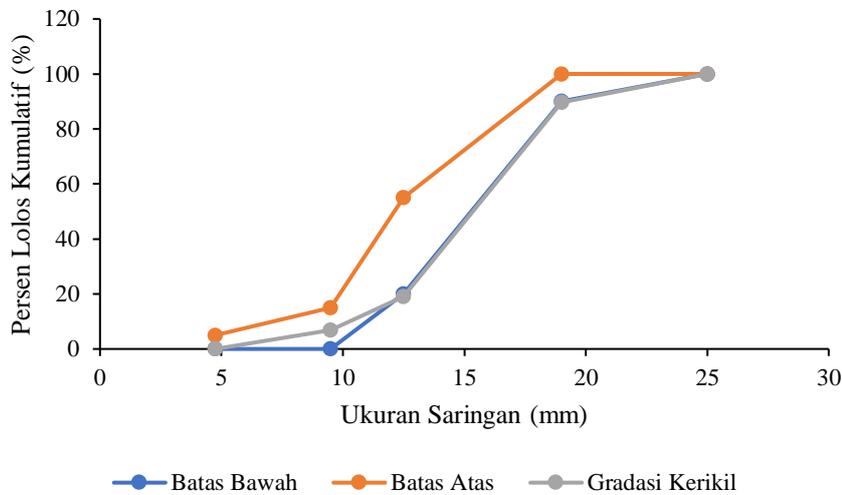
Pemeriksaan bahan meliputi berat jenis, berat isi, kadar air dan kadar lumpur yang dilakukan terhadap agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) yang berasal dari Karangasem. Adapun pemeriksaan berat jenis yang dimaksudkan adalah berat jenis *bulk*, berat jenis SSD dan berat jenis semu. Ringkasan hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar

No	Uraian	Agregat Halus	Agregat Kasar
1	Berat Jenis & Penyerapan Air		
	Berat Jenis Bulk	2,37	2,14
	Berat Jenis SSD	2,42	2,24
	Berat Jenis Semu	2,49	2,37
	Penyerapan Air	2,06	4,61
2	Berat Isi/Berat Sat. Volume	1,29	1,359
3	Kadar Lumpur	6,28	1,8
4	Kadar Air	7,41	2,67



Gambar Error! No text of specified style in document.. Gradasi agregat halus Zona 2



Gambar 5. Gradasi agregat kasar diameter butir maksimum 2 cm

#### 4.2 Pengujian kuat tarik baja

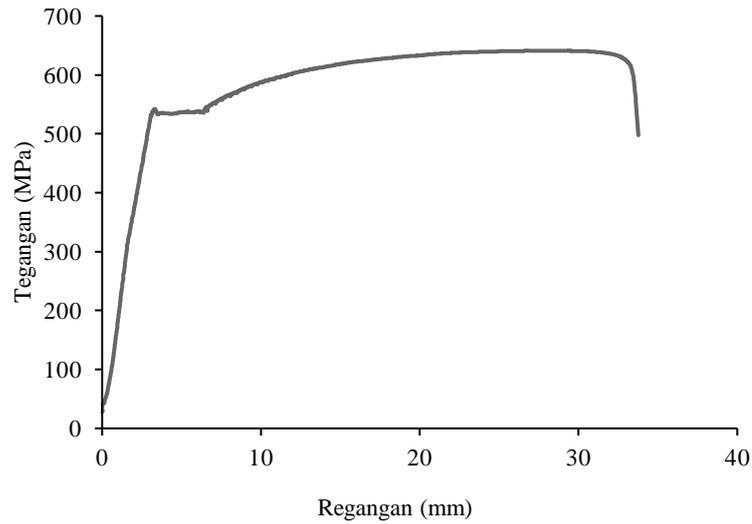
Pengujian kuat tarik baja tulangan BJTD S-10 dilakukan di laboratorium Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, dimana hasil pengujian tarik baja tulangan berupa tegangan leleh ( $f_y$ ) sebesar 586,6 MPa dan tegangan tarik maksimum ( $f_{tu}$ ) sebesar 640,925 MPa.

#### 4.3 Pengujian kuat tarik tulangan serat bagu pilinan

Besarnya beban maksimum ( $P$ ) dan besarnya tegangan tarik ultimit ( $f_{ub}$ ) dari masing-masing benda uji dapat dilihat pada Tabel 2. Jika dibandingkan dari jumlah pilinan, maka tegangan tarik ultimit ( $f_{ub}$ ) dari tulangan serat bagu dengan jumlah 3 pilinan lebih besar dari pada yang lain. Hal ini disebabkan karena resin tidak bekerja dengan baik sehingga bagian serat yang tertarik jadi sedikit.

#### 4.4 Hasil pengujian lekatan beton dengan tulangan serat bagu pilinan

Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa kuat lekatan tulangan serat bagu melebihi kuat lekatan baja tulangan, terbukti dari kuat putus tulangan serat bagu masih lebih tinggi dari pada kuat lekatan baja tulangan untuk semua panjang penanaman (75mm, 100mm, 125mm).



Gambar 6. Diagram tegangan-regangan hasil uji tarik baja tulangan D-10 mm

Tabel 2. Hasil uji kuat tarik tulangan serat bagu

No	Benda Uji	P (N)	A (mm)	fsb (MPa)	fsb rata-rata (MPa)
1	SB-2-1	2671.6	91.77	29.11	
2	SB-2-2	2557.7	91.77	27.87	28.69
3	SB-2-3	2668.8	91.77	29.08	
4	SB-3-1	3497.2	90.50	38.64	
5	SB-3-2	3297.1	90.50	36.43	35.30
6	SB-3-3	2790.3	90.50	30.83	
7	SB-5-1	2561.5	91.20	28.09	
8	SB-5-2	3036.4	91.20	33.29	30.36
9	SB-5-3	2708.6	91.20	29.70	

Tabel 3. Pengujian kuat cabut tulangan baja

NO.	BENDA UJI			LUAS (mm <sup>2</sup> )	BEBAN MAX (N)	KUAT PUTUS (N/mm <sup>2</sup> )	KUAT CABUT (N/mm <sup>2</sup> )	KETERANGAN
1	TB	D10.75	TESIS	78.54	13034.2	165.96	5.53	TERCABUT
2	TB	D10.100	TESIS	78.54	19100.1	243.19	6.08	TERCABUT
3	TB	D10.125	TESIS	78.54	24060.3	306.34	6.13	TERCABUT

Tabel 4. Pengujian kuat cabut tulangan serat bagu

No.	BENDA UJI			LUAS (mm <sup>2</sup> )	BEBAN MAX (N)	KUAT PUTUS (N/mm <sup>2</sup> )	KUAT CABUT	KETERANGAN
1	SB	2.75.1	TESIS	91.77	1556.6	16.96	0	
2	SB	2.75.2	TESIS	91.77	2671.6	29.11	0	Tidak Tercabut
3	SB	2.75.3	TESIS	91.77	2668.8	29.08	0	
4	SB	2.100.1	TESIS	91.77	1418.1	15.45	0	
5	SB	2.100.2	TESIS	91.77	1948.8	21.24	0	Tidak Tercabut
6	SB	2.100.3	TESIS	91.77	2000	21.79	0	
7	SB	2.125.1	TESIS	91.77	1117.7	12.18	0	
8	SB	2.125.2	TESIS	91.77	2557.7	27.87	0	Tidak Tercabut
9	SB	2.125.3	TESIS	91.77	1515.4	16.51	0	
10	SB	3.75.1	TESIS	90.5	1732.1	19.14	0	
11	SB	3.75.2	TESIS	90.5	3497.2	38.64	0	Tidak Tercabut
12	SB	3.75.3	TESIS	90.5	2500	27.62	0	
13	SB	3.100.1	TESIS	90.5	2509.7	27.73	0	
14	SB	3.100.2	TESIS	90.5	2500	27.62	0	Tidak Tercabut
15	SB	3.100.3	TESIS	90.5	2000	22.1	0	
16	SB	3.125.1	TESIS	90.5	3102.2	34.28	0	
17	SB	3.125.2	TESIS	90.5	3947	43.61	0	Tidak Tercabut
18	SB	3.125.3	TESIS	90.5	3500	38.67	0	
19	SB	5.75.1	TESIS	91.2	2561.5	28.09	0	
20	SB	5.75.2	TESIS	91.2	2500	27.41	0	Tidak Tercabut
21	SB	5.75.3	TESIS	91.2	2500	27.41	0	
22	SB	5.100.1	TESIS	91.2	3036.4	33.29	0	
23	SB	5.100.2	TESIS	91.2	2000	21.93	0	Tidak Tercabut
24	SB	5.100.3	TESIS	91.2	2500	27.41	0	
25	SB	5.125.1	TESIS	91.2	2708.6	29.7	0	
26	SB	5.125.2	TESIS	91.2	3399.8	37.28	0	Tidak Tercabut
27	SB	5.125.3	TESIS	91.2	2500	27.41	0	

## 5 KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Tulangan serat bagu pilinan mempunyai kuat tarik rata-rata hanya 10% dari kuat tulangan baja.
2. Tulangan serat bagu dengan 3 pilinan memiliki kuat tarik paling besar, kemungkinan karena resin bekerja dengan baik pada 3 pilinan.
3. Kuat lekat tulangan serat bagu pilinan tidak terdefiniskan karena tulangan tidak sampai tercabut dan nilai kuat lekatnya lebih besar dari nilai kuat tariknya.
4. Nilai kuat lekat tulangan serat bagu lebih besar dari nilai kuat lekat tulangan baja ulir.
5. Karakteristik tulangan serat bagu dari hasil uji kuat tarik terlihat getas karena setelah mencapai kuat tarik maksimum, kekuatan tulangan langsung menurun hingga mencapai kondisi putus, yang mana berbeda dengan kuat tarik baja yang daktail dengan *yield plateau* kuat tarik maksimum tercapai.

### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi panjang penanaman serat bagu ke beton yang lebih pendek, agar benda uji serat bagu dapat tercabut dari beton, sehingga kuat lekat tulangan serat bagu diketahui nilainya.

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan bahan perekat yang lain yang sekiranya bisa meningkatkan kekuatan tarik tulangan serat bagu.
3. Perlu dilakukan uji tarik pada serat bagu tanpa ditambahkan *epoxy* untuk mengetahui kuat tarik material bagu saat dipilin.
4. Perlu dilakukan uji kuat tarik pada *epoxy* untuk mengetahui besar nilai yang disumbangkan pada tulangan.
5. Perlu dilakukan uji *overlap* untuk keperluan dalam penyambungan tulangan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Dipohusodo, I. 1991. Struktur Beton Bertulang SNI T-15-1991-03. Departemen Pekerjaan Umum RI.
- Jahuranto, M. V. 2017. Uji Tarik dan Pengaruh Variasi Pola Pilinan Bambu Terhadap Kuat Lekat Balok Beton, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- Jumaeri. 1977. *Pengetahuan Barang Tekstil*. Bandung: Institut Teknologi Tekstil.
- Nawy, E. G. 1998. *Beton Bertulang - Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Park and Paulay. 1975. *Reinforced Concrete Structures*. New York: John Wiley & Sons.
- Puryandhari, W. 2015. Kuat Lekat dan Panjang Penanaman Tulangan Bambu Petung dan Bambu Tali Pada Beton Normal. *Tugas Akhir*, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.
- SNI. 2013. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Badan Standardisasi Indonesia, SNI 03-2847. 2013.
- Sudarsana, I.K., Putra, D. dan Puryandhari, I.G.A.P.W. 2020. Kuat Lekat Tulangan Bambu Petung dan Bambu Tali dalam Beton Normal. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol. 24(1), pp. 46-53.
- Winter, G. dan Nilson, A.H. 1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Yasa dan Wati. 2015. *Pemanfaatan Serat Nanas Sebagai Material Penyusun Beton*, Makalah Lomba.