

**ARTIKEL ILMIAH**

**PENGARUH UKURAN DIAMETER BAUT TERHADAP KUAT  
TARIK SAMBUNGAN BAMBU DENGAN KLEM PLASTIK SERAT**

*The Effect of Bolt Diameter Size on The Tensile Strength of Bamboo Joints with Fiber  
Plastic Clamps*



**Oleh :**

**KHAIDATUL JANNAH  
F1A 019 079**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MATARAM  
2023**

## Artikel Ilmiah

# PENGARUH UKURAN DIAMETER BAUT TERHADAP KUAT TARIK SAMBUNGAN BAMBU DENGAN KLEM PLASTIK SERAT

*The Effect of Bolt Diameter Size on The Tensile Strength of Bamboo Joints with Fiber  
Plastic Clamps*

Oleh :  
**KHAIDATUL JANNAH**  
**F1A 019 079**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

### 1. Pembimbing Utama



I Wayan Sugiarta, S.T., M.T.  
NIP: 19690620 199702 1 001

Tanggal: Agustus 2023

### 2. Pembimbing Pendamping



Prof. Buan Anshari, S.T., M.Sc.Eng., Ph.D.  
NIP: 19710703 199802 1 001

Tanggal: Agustus 2023

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Mataram



Naryadi, S.T., MSc(Eng), Dr.Eng.  
NIP. 19731027 199802 1 001

# PENGARUH UKURAN DIAMETER BOUT TERHADAP KUAT TARIK SAMBUNGAN BAMBU DENGAN KLEM

Khaidatul Jannah<sup>1</sup>, I Wayan Sugiarta<sup>2</sup>, Buan Anshari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Mataram

Jalan Majapahit nomor 62, Mataram 83125, Telepon (0370) 636126

E-mail: khaidatuljnh@gmail.com

---

## ABSTRAK

Untuk meningkatkan kekuatan geser pada sambungan yang menggunakan alat sambung baut, beberapa peneliti memberi pengisian disekitar sambungan. Besarnya diameter baut menyebabkan berkurangnya luas penampang pada bidang geser sehingga kegagalan cenderung terjadi pada bahan yang akan disambung. Namun, pengisian pada bambu dapat menambah berat sendiri struktur yang berdampak pada biaya konstruksi yang tinggi. Alternatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan geser pada sambungan bambu dengan baut yaitu menggunakan klem plastik serat. Pada pengerjaan dilapangan kemungkinan penggunaan diameter baut tidak terlepas pada satu jenis diameter saja. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian dengan tujuan untuk memperoleh hasil pengaruh ukuran diameter baut terhadap kuat tarik sambungan bambu dengan klem. Penelitian ini menggunakan bambu galah dan pelat buhul dari kayu keruing. Lima variasi model sambungan dibuat dengan menggunakan baut diameter 10 mm, 12 mm, 16 mm, 19 mm dan 21 mm yang diberikan gaya pengencangan baut sebesar 9 N. Benda uji sambungan di uji menggunakan *loading frame* dan diberi beban secara bertahap menggunakan *hydraulic jack* sampai terjadi kegagalan. Hasil pengujian kuat tarik sambungan dengan diameter 10 mm, 12 mm, 16 mm, 19 mm dan 21 mm berturut-turut sebesar 8,881 MPa, 12,376 MPa, 17,010 MPa, 18,419 MPa dan 18,117 MPa. Nilai kuat tarik yang dihasilkan meningkat seiring dengan meningkatnya ukuran diameter baut hingga mencapai ukuran diameter baut tertentu. Kuat tarik paling optimal didapatkan pada diameter baut 19 mm. dengan persentase kenaikan terhadap kontrol sambungan dengan ukuran diameter baut 10 mm sebesar 107,384%. Berdasarkan perhitungan dan kegagalan sambungan yang tampak pada benda uji, pola kegagalan yang terjadi berupa geser dan pecah pada bambu serta baut yang bengkok.

**Kata kunci:** Diameter baut, bambu galah, klem plastik serat, kuat tarik, kegagalan sambungan

## ABSTRACT

*To enhance the shear strength in joints utilizing bolted connections, several researchers have introduced fillers around the connection area. The increased diameter of the bolt leads to a reduced cross-sectional area on the shear plane, thereby making failure more likely to occur in the materials being joined. However, the use of fillers in bamboo can add weight to the structure itself, resulting in high construction costs. An alternative for enhancing shear strength in bamboo joints with bolts is by utilizing fiber plastic clamps. In practical applications, the use of bolt diameters is not limited to a single size. Therefore, research is necessary to investigate the influence of bolt diameter on the tensile strength of bamboo joints with clamps. This study employs bamboo galah and gusset plates made from keruing wood. Five variations of joint models were created using bolt diameters of 10 mm, 12 mm, 16 mm, 19 mm, and 21 mm, with a bolt tightening force of 9 N. The joint specimens were tested using a loading frame and*

# PENGARUH UKURAN DIAMETER BOUT TERHADAP KUAT TARIK SAMBUNGAN BAMBU DENGAN KLEM

Khaidatul Jannah<sup>1</sup>, I Wayan Sugiarta<sup>2</sup>, Buan Anshari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Faklutas Teknik Universitas Mataram

Jalan Majapahit nomor 62, Mataram 83125, Telepon (0370) 636126

E-mail: khaidatuljnh@gmail.com

---

*subjected to gradual loading using a hydraulic jack until failure occurred. The test results for tensile strength of joints with bolt diameters of 10 mm, 12 mm, 16 mm, 19 mm, and 21 mm were 8.881 MPa, 12.376 MPa, 17.010 MPa, 18.419 MPa, and 18.117 MPa, respectively. The achieved tensile strength values increased as the bolt diameter increased up to a certain size. The most optimal tensile strength was obtained with a 19 mm bolt diameter, showing an increase of 107.384% compared to the control joint with a 10 mm bolt diameter. Based on calculations and observed joint failures in the test specimens, the failure modes included shear and rupture in both the bamboo and the bent bolts.*

**Keywords:** Bolt diameter, bamboo galah, plastic-fiber clamp, tensile strength, joint failure.

## PENDAHULUAN

Kekuatan sambungan pada bambu yang menggunakan pasak atau baut relatif rendah karena terjadi konsentrasi tegangan yang tinggi disekitar lubang bambu sehingga bambu mudah pecah. Hal ini disebabkan karena bentuk bambu yang seperti tabung dan juga kuat geser sejajar serat bambu rendah. Untuk itu, perlu dilakukan upaya-upaya untuk meningkatkan kekuatan pada sistem sambungan bambu sehingga dapat dihasilkan sambungan yang kuat dan juga ekonomis serta mudah pelaksanaannya untuk dijadikan struktur rangka. Beberapa peneliti memberi pengisi disekitar sambungan untuk meningkatkan kekuatan geser pada bambu. Sugiarta dan Rofaida (2018), dalam penelitian bambu celah berpengisi dengan variasi diameter baut menunjukkan bahwa adanya peningkatan nilai kuat tarik seiring dengan meningkatnya ukuran diameter baut hingga diperoleh nilai kuat tarik optimum pada sambungan. Sementara Mutawir (2018), pada penelitian sambungan bambu celah berpengisi menunjukkan bahwa semakin besar

diameter baut yang digunakan, maka semakin besar pula nilai kuat tarik yang dihasilkan.

Pada dasarnya kekuatan sambungan dipengaruhi oleh bahan penyusun sambungan, geometri sambungan dan alat sambung yang digunakan. Khusus untuk komponen struktur tarik, jarak ujung minimum yang diperlukan adalah 7D (Awaludin, 2005). Pemakaian baut sebagai alat sambung pada konstruksi bangunan dari bambu dilakukan dengan pertimbangan bahwa gaya-gaya yang disalurkan relatif besar. Besarnya diameter baut yang digunakan diharapkan mampu meningkatkan kuat tarik sambungan bambu. Namun, besarnya diameter baut menyebabkan berkurangnya luas efektif penampang pada bidang geser sehingga kegagalan cenderung terjadi pada bahan yang akan disambung. Dengan demikian jika menggunakan alat sambung baut, pengurangan luas tampang tidak boleh melebihi 15% dari luas kotor.

Pada sisi lain, sambungan juga perlu didesain agar disamping cukup kuat juga dari bahan yang ringan. Bambu dengan pengisi dapat menambah berat sendiri

struktur yang berdampak pada biaya konstruksi yang tinggi. Masdar dkk, (2015) melakukan penelitian untuk mendapatkan sistem sambungan bambu yang memiliki sifat ringan tetapi memiliki kekuatan yang tinggi serta biaya yang rendah. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa, terdapat peningkatan kekuatan sambungan menggunakan klem kayu dibandingkan dengan sambungan yang tidak menggunakan klem kayu.

Pada pengerjaan dilapangan kemungkinan penggunaan diameter baut tidak terlepas pada satu jenis diameter saja. Untuk itu, perlu dikaji lebih lanjut mengenai kinerja sambungan bambu dengan menggunakan klem pada beberapa variasi ukuran diameter baut sehingga penelitian yang akan dilakukan berjudul **“Pengaruh Ukuran Diameter Baut Terhadap Kuat Tarik Sambungan Bambu dengan Klem Plastik Serat”**. Pada penelitian ini, akan digunakan inovasi pembuatan klem dari limbah plastik PET dengan tujuan mengurangi produksi sampah plastik dan eksploitasi pada kayu. Sifat hidrofobik pada plastik diharapkan mampu menjaga klem dari pengaruh faktor lingkungan seperti jamur.

## TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian yang dilakukan oleh Masdar dkk, (2015) mengenai penggunaan klem kayu pada struktur rangka batang bambu dengan sistem sambungan yang diusulkan terdiri dari baut, pelat buhul dan klem kayu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem sambungan dengan klem memiliki kekuatan 40% lebih tinggi dibandingkan dengan sambungan tanpa menggunakan klem kayu serta memiliki berat yang rendah dan potensi untuk aplikasi praktis.

Sugiarta dan Rofaida (2018), melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi diameter baut pada

kinerja sambungan bambu celah berpengisi dengan menggunakan pelat penyambung baja. Variasi diameter baut yang digunakan yaitu 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm dan 19 mm dengan hasil penelitian kuat tarik berturut-turut sebesar 2400 kg, 3.200 kg, 3.600 kg, 3.850 kg dan 3.800 kg. Dapat dilihat pada diameter 19 mm terjadi penurunan kekuatan kuat tarik dan terjadi retakan disekitar lubang bambu. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai kuat tarik seiring dengan meningkatnya ukuran diameter baut hingga mencapai ukuran diameter baut tertentu.

Adapun penelitian yang dilakukan Rizki (2020), dalam membuat papan partikel terbaik dengan komposisi *filler* serat bambu dan plastik PET. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *filler* serat bambu dan plastik PET 40:60% didapatkan papan partikel terbaik dengan nilai rata-rata uji kerapatan 0,789 gr/cm<sup>3</sup>, uji kadar air 1,469 %, uji daya serap air 2 jam dan 24 jam berturut-turut yaitu 8,453 % dan 28,618 %, uji pengembangan tebal 5,980 %. Hasil pengujian tersebut masuk dalam standar SNI 03-2015-2006.

## DASAR TEORI

### 1. Kadar Air

Kadar air adalah banyaknya kandungan air yang terkandung dalam bambu yang dinyatakan dalam persentase. Untuk menghitung kadar air bambu digunakan Persamaan 1.

$$K_A = \frac{B_0 - B_{kt}}{B_{kt}} \times 100\% \quad (1)$$

dengan:

$K_A$  = kadar air (%)

$B_0$  = berat awal bambu sebelum dioven (gr)

$B_{kt}$  = berat bambu kering tanur setelah dioven (gr)

### 2. Kuat Tarik Bambu

Kuat tarik bambu adalah kekuatan bambu dalam menahan gaya yang menarik bambu. Dalam menghitung kuat

tarik digunakan luasan tampang bersih (netto) dengan memperhitungkan pengaruh cacat yang ada. Untuk menentukan tegangan tarik bambu digunakan Persamaan 2.

$$\sigma_{tr} // = \frac{P_{max}}{A} \quad (2)$$

dengan:

$$\sigma_{tr} // = \text{kuat tarik bambu sejajar serat (N/mm}^2\text{)}$$

$$P_{max} = \text{beban maksimum (N)}$$

$$A = \text{luas penampang (mm}^2\text{)}$$

### 3. Baut

Berdasarkan SNI 1729-2020 batasan material untuk baja struktural memiliki tegangan leleh minimum dalam perhitungan kekuatan komponen struktur komposit tidak boleh melebihi 75 ksi (525 Mpa). Adapun sifat mekanik baja struktural dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Mekanik Baja Struktural

| Jenis Baja | $f_u$ (Mpa) | $f_y$ (Mpa) | Peregangan minimum (%) |
|------------|-------------|-------------|------------------------|
| BJ 34      | 340         | 210         | 22                     |
| BJ 37      | 370         | 240         | 20                     |
| BJ 41      | 410         | 250         | 18                     |
| BJ 50      | 500         | 290         | 16                     |
| BJ 55      | 550         | 410         | 13                     |

Sumber: SNI 03-1729-2002

Kuat tarik baut adalah perbandingan antara beban maksimal yang mampu ditahan oleh baut dengan luas penampang baut tersebut. Untuk menghitung besarnya kuat tarik baut digunakan Persamaan 3 dan Persamaan 4. Untuk benda uji kuat tarik baut dapat dilihat pada Gambar 1.

$$\sigma_{tr} = \frac{P_{max}}{A} \quad (3)$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (4)$$

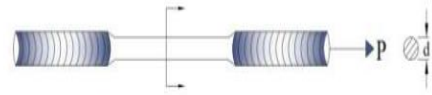
dengan:

$$\sigma_{tr} = \text{kuat tarik baut (N/mm}^2\text{)}$$

$$P_{max} = \text{beban maksimum (N)}$$

$$A = \text{luas penampang (mm}^2\text{)}$$

$$d = \text{diameter baut (mm)}$$



Gambar 1. Benda Uji Kuat Tarik Baut

### 4. Kekuatan Sistem Sambungan

Pada sistem sambungan bambu, klem berfungsi untuk meratakan tegangan pada daerah sekitar lubang baut, meningkatkan kontribusi terhadap kemampuan geser serta memperluas bidang kontak antara bambu dan pelat buhul sehingga gaya pengencangan yang diberikan tidak terkonsentrasi pada lubang baut dan sambungan menjadi lebih kuat. Sistem sambungan pada penelitian ini termasuk sistem sambungan geser ganda.

Kegagalan tipe I terjadi jika tegangan tumpu yang terjadi antara baut dengan bambu serta pengisinya melampaui batas. Dalam hal ini kekuatan sambungan  $Z_1$  dapat diperoleh dari Persamaan 5.

$$Z_1 = 2t_m \cdot f_{em} \cdot D + \mu_k \cdot N \quad (5)$$

Kegagalan tipe II terjadi bila kekuatan dukung yang terjadi berlebihan antara baut dan pelat buhul. Kekuatan sambungan dapat diperoleh dari Persamaan 6.

$$Z_2 = 2t_s \cdot f_{es} \cdot D + \mu_k \cdot N \quad (6)$$

Kegagalan tipe III terjadi ketika tegangan lentur pada baut melebihi batas elastisitas. Kekuatan sambungan dapat diperoleh pada Persamaan 7.

$$Z_3 = \frac{2t_m \cdot f_{em} \cdot D}{R_t(2+R_e)} \left[ \sqrt{\frac{2(1+R_e)}{R_e} + \frac{2f_y(2+R_e)R_e^2}{3F_{em}(t_m/D)^2}} - 1 \right] + \mu_k \cdot N \quad (7)$$

Kegagalan tipe IV terjadi karena tegangan geser baut yang berlebihan, sehingga terjadi 2 bidang geser pada baut. Kegagalan sambungan jenis ini dapat diperoleh dari Persamaan 8.

$$Z_4 = 2 \left( \frac{1}{4} \pi D^2 \right) f_y + \mu_k \cdot N \quad (8)$$

dengan:

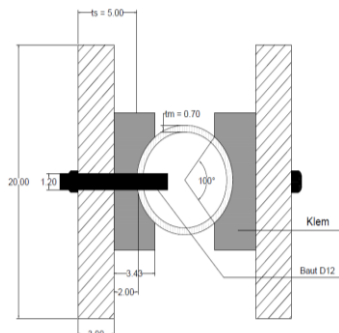
$$t_m = \text{tebal bambu (mm)}$$

$$F_{em} = \text{kuat tumpu kayu (MPa)}$$

$$= 77,25G$$

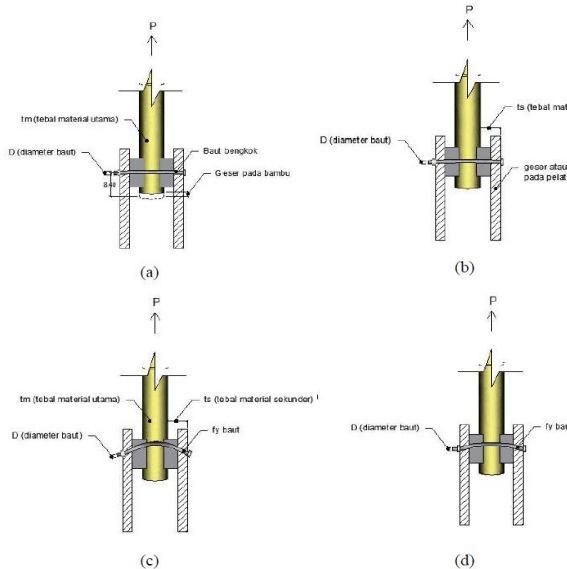
$D$  = diameter baut (mm)  
 $N$  = gaya pengencangan baut (N)  
 $t_s$  = tebal kayu (mm)  
 $F_{es}$  = kuat tumpu samping (pelat buhul + klem) (MPa)  
 $= 77,25G$   
 $R_e$  = Rasio kuat tumpu  $= F_{em}/F_{es}$   
 $R_t$  = Rasio lebar kayu  $= t_m/t_s$   
 $F_y$  = tegangan leleh baut (MPa)  
 $\mu$  = koefisien gesek antara bambu dan klem kayu = 0,356 (Masdar, 2018)  
 $\alpha$  = sudut bukaan klem = 100  
 $\mu_c$  = koefisien sambungan klem  
 $= \alpha \cdot \mu = 35,6$

Untuk posisi  $t_m$  dan  $t_s$  pada benda uji, dapat dilihat pada Gambar 2. Pola kegagalan sambungan dapat dilihat pada Gambar 3.



$t_m$  = Tebal material utama (Bambu)  
 $= +7mm$   
 $t_s$  = Tebal material sekunder  
 $=$  Tebal pelat buhul + tebal klem  
 $= 3 + 2$   
 $= 5 \text{ cm} = 50 \text{ mm}$

Gambar 2. Posisi  $t_m$  dan  $t_s$



Gambar 3. Pola Kegagalan Sambungan

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

### Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk membuat benda uji meliputi gergaji, ember, parang, wajan, kompor, timbangan, palu, talenan, jangka sorong, bor listrik, alat pencetak klem serta baut dengan variasi diameter 10 mm, 12 mm, 16 mm, 19 mm dan 21 mm.

Sedangkan peralatan untuk pengujian meliputi torsimeter *Universal Testing Machine* (UTM), *hydraulic jack*, *dial gauge*, *loading frame*, *Load cell*, pelat baja 5 mm.

### Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini, antara lain bambu galah (*gigantochola atter*), kayu keruing, plastik PET, *xylene* dan NaOH padat.

### Pelaksanaan Penelitian

#### a. Pengujian Kadar Air

Langkah-langkah untuk melakukan pengujian kadar air bambu adalah sebagai berikut, bambu dipotong dengan ukuran 5 x 5 cm sebanyak 3 buah benda uji, menimbang berat awal benda uji dengan menggunakan timbangan digital, kemudian dicatat beratnya ( $B_0$ ), benda uji dimasukkan ke dalam oven dengan suhu  $105^\circ \pm 2^\circ \text{C}$  selama  $\pm 2$  jam untuk dikeringkan sehingga didapat berat kering tanur, benda uji dikeluarkan dari oven lalu diangin-anginkan sejenak, kemudian benda uji ditimbang ( $B_{kt}$ ). Hal tersebut dilakukan terus menerus hingga menemukan berat konstan. Selanjutnya, nilai kadar air bambu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.



### b. Pembuatan Klem

Klem terbuat dari campuran plastik PET dan serat bambu. Proses pembuatan serat bambu diawali dengan pemotongan bambu menjadi bambu strip, kemudian merendamnya didalam larutan NaOH selama 2 jam dengan perbandingan air dan NaOH 20:1. Bambu strip kemudian dibilas hingga bersih dan dicacah menggunakan palu dan parang hingga membentuk serat bambu. Serat bambu kemudian dijemur dibawah sinar matahari hingga kering untuk mengurangi kadar airnya. Untuk pembuatan perekat, plastik PET dibersihkan dari kotoran yang masih menempel kemudian dipotong kecil-kecil untuk memudahkan dalam pencairan.

Setelah semua bahan siap, bambu dan plastik ditimbang dengan perbandingan 10:90. Kemudian, plastik dicairkan dalam wajan dengan menggunakan kompor. Setelah plastik mencair, kemudian ditambahkan larutan *xylene* dengan perbandingan berat 10:1 dan dicampur hingga homogen. Setelah itu, serat bambu ditambahkan dalam larutan dan diaduk hingga merata kemudian dituangkan kedalam cetakan klem. Untuk cetakan klem dapat dilihat pada Gambar 4 dan bentuk klem dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Cetakan Klem



Gambar 5. Klem

### c. Pengujian Kuat Tarik Baut

Benda uji yang digunakan yakni baut dengan ukuran diameter 10 mm, 16 mm dan 21 mm dengan panjang setiap benda uji yakni 250 mm. Masing-masing benda uji akan diukur diameter dan luas penampang bautnya. Untuk pengujian kuat tarik baut akan digunakan alat bantu *Universal testing machine (UTM)*. Benda uji kuat tarik baut dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Benda Uji Kuat Tarik Baut

### d. Pembuatan Benda Uji

Benda uji terbuat dari bambu galah berdiameter  $\pm 80$  mm, klem plastik-serat, pelat buhul dari kayu keruing dan alat sambung baut. Dalam penelitian ini digunakan 5 variasi ukuran baut yang digunakan sebagai alat sambung yaitu baut diameter 10 mm, 12 mm, 16 mm, 19 mm dan 21 mm. Masing-masing ukuran diameter baut dibuat sebanyak 3 sampel benda uji.

Bambu galah yang digunakan adalah bambu yang berusia 3-5 tahun dan tidak memiliki cacat. Bambu dipotong sepanjang 70 cm dengan nodia bambu terletak ditengahnya. Pelat buhul dipotong sepanjang 35 cm untuk baut diameter 10 mm dan 12 mm, dan dipotong 45 cm untuk baut berdiameter 16 mm, 19 mm dan 21 mm. Jarak ujung yang digunakan sebesar 7D. Selanjutnya dilakukan pengeboran pada titik-titik join sambungan. Lubang dibuat 2 mm lebih besar dari diameter baut yang digunakan. Gaya pengencangan baut yang diberikan pada sambungan sebesar 9 N. Benda uji pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.

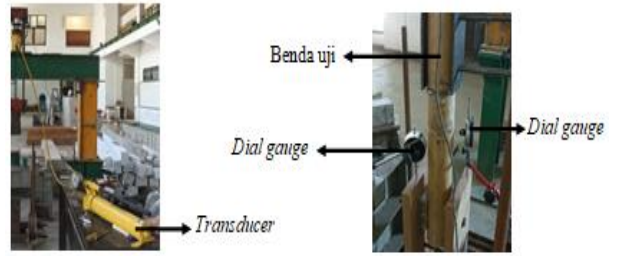
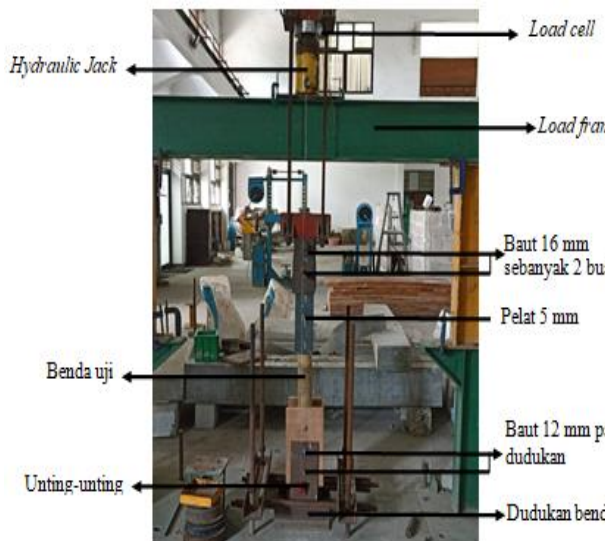




Gambar 7. Rangkaian Benda Uji

### 5. Pengujian Benda Uji

Sistem sambungan yang telah dirangkai di-setting sebaik mungkin pada *loading frame* agar gaya tarik bekerja optimal pada benda uji. Benda uji, *hydraulic jack* dan *load cell* disimetriskan dengan memasang *waterpass*. Untuk mengetahui beban yang diberikan digunakan *load cell* yang dilengkapi dengan *transducer indicator* untuk melihat pertambahan beban secara digital. Pertambahan panjang benda uji dicek dengan menggunakan *dial gauge*. *Dial gauge* diletakkan di kiri dan kanan benda uji, tepatnya di atas pelat buhul. Pengujian tarik sambungan dilakukan sampai sambungan mengalami kegagalan baik bambu pecah atau bautnya bengkok. Bisa juga ditandai dengan telah tercapainya beban maksimal pada *transducer* atau tidak adanya perlawanan oleh bambu. *Setting-up* untuk uji tarik sistem sambungan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. *Setting up* Pengujian Kuat Tarik

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Bambu Galah

Untuk pengujian kadar air kering udara didapatkan hasil sebesar 14,87 %, Pengujian kadar air perlu dilakukan agar tidak terjadi kembang susut yang menyebabkan berkurangnya kekuatan sistem sambungan. Data hasil pengujian kadar air bambu dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data hasil pengujian kadar air bambu

| Bagian           | Kadar Air     |
|------------------|---------------|
| Pangkal-1        | 15.92%        |
| Pangkal-2        | 13.33%        |
| Pangkal-3        | 15.37%        |
| <b>Rata-rata</b> | <b>14.87%</b> |

Hasil pengujian kadar air tersebut sesuai standar karena masih berkisar antara hasil pengujian yang dilakukan oleh Aryawan (2018) sebesar 15,43 % dan Lestari (2020) sebesar 14,43 % dengan lokasi pengambilan dan jenis bambu yang sama.

Untuk data sifat mekanik bambu yang meliputi kuat tarik dan kuat geser bambu diperoleh dari data sekunder hasil penelitian Aryawan (2018) serta data sifat fisik yakni berat jenis bambu diperoleh dari data sekunder hasil penelitian Lestari (2020). Data ini dipilih karena beberapa faktor kesamaan seperti jenis benda uji yakni bambu galah yang diperoleh dari Gunungsari, Lombok Barat. Pengujian didasarkan pada *Standard Bamboos Current Reseach*. Data hasil penelitian sifat mekanik

bambu oleh Aryawan (2018) dapat dilihat pada Tabel 3 dan data pengujian berat jenis dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 3. Data hasil penelitian sifat mekanik bambu oleh Aryawan (2018).

| Bagian           | Kuat Tarik (MPa) |              | Kuat Geser (MPa) |              |
|------------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
|                  | Tanpa Nodia      | Dengan Nodia | Tanpa Nodia      | Dengan Nodia |
| Pangkal          | 105              | 63           | 7.205            | 9.947        |
| Tengah           | 119              | 102          | 9.623            | 7.44         |
| Ujung            | 100              | 92           | 7.364            | 12.332       |
| <b>Rata-rata</b> | <b>108</b>       | <b>85.67</b> | <b>8.064</b>     | <b>9.906</b> |

Sumber: Aryawan (2018)

Tabel 4. Hasil penelitian berat jenis bambu galah oleh Lestari (2020).

| Arah Aksial | Ulangan 1 | Ulangan 2 | Ulangan 3 | Rata-rata |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Pangkal     | 0.200     | 0.54      | 0.48      | 0.41      |
| Tengah      | 0.460     | 0.62      | 0.58      | 0.55      |
| Ujung       | 0.500     | 0.59      | 0.59      | 0.56      |

Sumber: Lestari (2020)

Diperoleh nilai rata-rata berat jenis untuk bagian pangkal, tengah dan ujung bambu sebesar 0,51. Berat jenis yang dipakai pada penelitian ini adalah berat jenis kering tanur. Berat jenis dari hasil penelitian Morisco (1999) berkisar antara 0,6-0,7 yang berarti hasil penelitian Lestari (2020) sesuai standar karena nilainya tidak jauh berbeda dari penelitian lain.

### Hasil Pengujian Kuat Tarik Baut

Pengujian kuat tarik baut dilakukan dengan menggunakan Universal Testing Machine (UTM). Baut yang digunakan sebagai sampel untuk pengujian pendahuluan yaitu baut dengan ukuran diameter 10 mm, 16 mm dan 21 mm. Hasil pengujian kuat tarik baut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tarik Baut

| Benda Uji | Fy (MPa) | Fu (MPa) | Regangan Maksimum (%) |
|-----------|----------|----------|-----------------------|
| B10       | 413      | 446      | 9,6                   |
| B16       | 535      | 535      | 15,4                  |
| B 21      | 383      | 420      | 15,1                  |

Dari hasil pengujian kuat tarik baut yang terlihat pada Tabel 5, didapatkan nilai tegangan leleh pada baut 10, 16 dan 21 berturut-turut yakni 413 MPa, 535 MPa dan 383 MPa. Tegangan ultimit pada baut 10, 16 dan 21 berturut-turut sebesar 446 MPa, 535 MPa dan 420 MPa. Regangan maksimum pada baut 10, 16 dan 21 mm berturut-turut sebesar 9,6 %, 15,4 % dan 15,1 %. Berdasarkan hasil pengujian yang didapatkan, maka baut 10 mm, 16 mm dan 21 mm masuk dalam standar baja struktural sesuai SNI 03 1729 2002. Berdasarkan kesamaan jenis baut yakni baut hitam dan kesamaan tempat pemesanan baut, maka dapat disimpulkan jika baut dengan diameter 12 mm dan 19 mm juga termasuk dalam standar baut dengan mutu baja yang terdapat pada SNI 03 1729 2002.

### Hasil Pengujian Kuat Tarik Sambungan

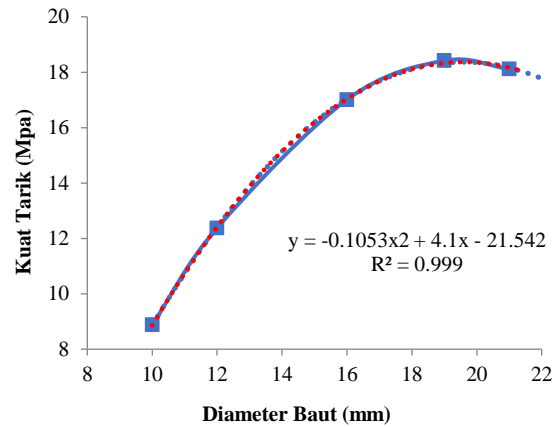
Data kuat tarik yang digunakan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran diameter baut pada sambungan bambu adalah kekuatan optimum sambungan pada saat sistem sambungan rusak yang ditandai dengan pecahnya bambu, baut patah atau bengkok, rusaknya klem dan beban yang diberikan sudah maksimal atau sudah tidak adanya perlawanan dari bambu. Adapun hasil penelitian kuat tarik sambungan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tarik Sambungan

| Diameter Baut (mm) | Kuat Tarik | Rata-rata Tegangan | Persentase Kenaikan |
|--------------------|------------|--------------------|---------------------|
|                    | (MPa)      | (MPa)              |                     |
| 10                 | 10.040     | 8.881              | -                   |
|                    | 8.911      |                    |                     |
|                    | 7.694      |                    |                     |
| 12                 | 13.202     | 12.376             | 39.348%             |
|                    | 13.239     |                    |                     |
|                    | 10.687     |                    |                     |
| 16                 | 17.511     | 17.010             | 91.522%             |
|                    | 16.689     |                    |                     |
|                    | 16.830     |                    |                     |
| 19                 | 18.847     | 18.419             | 107.384%            |
|                    | 17.173     |                    |                     |
|                    | 19.237     |                    |                     |
| 21                 | 20.740     | 18.117             | 103.990%            |
|                    | 16.913     |                    |                     |
|                    | 16.699     |                    |                     |

Adanya selisih hasil kuat tarik yang besar antara sampel 1 dengan sampel lainnya pada baut dengan diameter yang sama diduga disebabkan karena ketidakseragaman benda uji yang dibuat. Besarnya rata-rata kekuatan bambu yang dapat menahan gaya tarik dengan variasi ukuran diameter baut 10 mm, 12 mm, 16 mm, 19 mm dan 21 mm berturut turut sebesar 8,881 Mpa, 12,376 MPa, 17,010 MPa, 18,419 Mpa dan 18,117 MPa. Dengan mengambil hasil rata-rata dari kuat tarik yang dihasilkan benda uji, maka diperoleh kekuatan sambungan yang optimum pada benda uji 19 mm dengan persentase kenaikan sebesar 107,384% dari ukuran diameter baut 10 mm. Hal tersebut membuktikan bahwa ukuran diameter baut berpengaruh pada kekuatan sambungan. Untuk lebih jelas

melihat pengaruh diameter baut terhadap kekuatan sambungan bambu dengan penggunaan klem plastik-serat dibuat grafik hubungan antara besarnya ukuran diameter baut dan kuat tarik seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Diameter Baut dan Kuat Tarik

Pada Gambar 9 tampak bahwa beban yang mampu diterima sambungan bambu meningkat seiring dengan bertambahnya ukuran diameter baut yang digunakan. Namun, pada ukuran diameter diatas 19 mm tidak terjadi peningkatan beban justru terjadi sedikit penurunan beban yakni pada baut dengan ukuran 21 mm. Pada sambungan bambu, penurunan beban yang terjadi biasanya disebabkan oleh kelangsingan alat sambung. Kelangsingan yang besar menyebabkan mudahnya terjadi tekuk pada alat sambung. Dengan asumsi diameter dan ketebalan bambu yang digunakan sama besar maka semakin kecil diameter baut akan menghasilkan kelangsingan yang besar. Sebaliknya, jika diameter baut semakin besar maka kelangsingan yang dihasilkan akan semakin kecil yang menyebabkan besarnya kekakuan pada baut sehingga baut sulit untuk tertekuk. Seiring dengan membesarnya diameter baut akan menyebabkan pengurangan luas penampang bambu akibat pembuatan lubang. Dalam keadaan seperti ini, kekuatan sambungan akan ditentukan oleh bagian mana yang terlemah antara

kekuatan alat sambung dengan komponen sambungan lainnya.

Hubungan antara diameter baut dan kuat tarik sambungan menunjukkan tren yang berbentuk polinomial. Tren tersebut mengindikasikan bahwa kuat tarik sambungan akan meningkat seiring dengan bertambah besarnya ukuran diameter baut hingga mencapai ukuran diameter tertentu kekuatannya akan maksimum. Dengan menggunakan program *microsoft excel*, maka hubungan antara kuat tarik dan diameter baut dapat didekati dengan persamaan matematika seperti yang terlihat pada Persamaan 4.1.

$$y = -0.1053x^2 + 4.1x - 21.542 \quad (9)$$

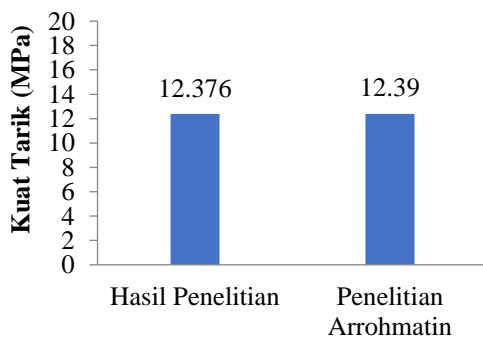
dengan:

y = Kuat tarik (MPa)

x = Diameter baut (mm)

### Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang penggunaan klem plastik-serat pada sambungan bambu telah dilakukan oleh Arrohmatin (2022). Dengan penggunaan material yang sama serta menggunakan gaya pengencangan yang direkomendasikan, maka akan dilakukan perbandingan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan hasil penelitian sebelumnya dengan menggunakan baut diameter 12 mm sebagai variabel kontrol. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Kekuatan sambungan pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Hal ini bisa saja disebabkan karena perbedaan kekuatan klem yang digunakan. Penelitian ini menggunakan klem dengan ketebalan 2 cm yang artinya lebih tipis dari penelitian terdahulu yang menggunakan klem dengan ketebalan 3 cm. Jadi, penggunaan klem dengan ketebalan 2 cm masih efektif untuk digunakan dalam konstruksi dengan muatan 1000 kg.

Penelitian tentang pengaruh diameter baut terhadap sambungan juga pernah dilakukan oleh Sugiarta (2018). Didapatkan hasil kuat tarik sambungan bambu celah berpengisi dengan pelat buhul baja sebesar 3211,46 kg untuk sambungan bambu dengan baut diameter 12 mm sedangkan pada penelitian ini hanya mendapatkan nilai kuat tarik sebesar 1137,50 kg.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa penggunaan sambungan bambu celah berpengisi seperti yang dilakukan oleh Sugiarta lebih direkomendasikan jika beban konstruksi lebih dari 1 ton dan jika beban konstruksi sebesar 1 ton maka penggunaan sambungan dengan klem plastik-serat lebih direkomendasikan karena biaya yang diperlukan lebih rendah dibandingkan dengan sambungan bambu celah berpengisi.

### Perbandingan Hasil Penelitian dengan Rumus Teoritis

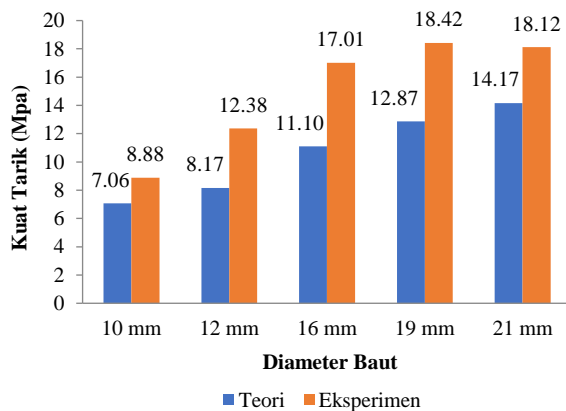
Rumus teoritis yang digunakan adalah rumus yang dibuat berdasarkan kekuatan batas dengan asumsi bahwa ketika salah satu komponen sambungan rusak maka kekuatan batasnya telah terlampaui. Perbandingan kekuatan hasil eksperimen dengan hasil teoritis dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Teoritis

| Diameter Baut (mm) | Kekuatan sambungan (MPa) |        |        |        |                 | Selisih (%)                  |
|--------------------|--------------------------|--------|--------|--------|-----------------|------------------------------|
|                    | Teori                    |        |        |        | Ekspe-<br>rimen |                              |
|                    | Z1                       | Z2     | Z3     | Z4     | Ze              |                              |
|                    | a                        | b      | c      | d      | e               | $\frac{e-a}{e} \times 100\%$ |
| 10                 | 7.06                     | 71.77  | 99.01  | 79.80  | 8.88            | 20.52                        |
| 12                 | 8.17                     | 71.10  | 98.96  | 94.80  | 12.38           | 34.01                        |
| 16                 | 11.10                    | 121.46 | 270.04 | 215.86 | 17.01           | 34.75                        |
| 19                 | 12.87                    | 113.01 | 237.32 | 238.50 | 18.42           | 30.15                        |
| 21                 | 14.17                    | 126.70 | 296.90 | 295.53 | 18.12           | 21.79                        |

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Persamaan 5-8 yang dikutip dari prinsip persamaan yang diajukan oleh Masdar (2015) pada Tabel 7, dapat dilihat bahwa hasil perhitungan yang mendekati nilai eksperimen adalah pola kegagalan I (Z<sub>1</sub>) yaitu kegagalan sambungan yang terjadi karena tegangan tumpu antara bambu dan baut serta pengisinya melampaui batas.

Perbandingan hasil pengujian dengan rumus teoritis Z<sub>1</sub> dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Teoritis

### Pola Kegagalan Sambungan

Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan pola kegagalan yang terjadi pada sambungan adalah pola kegagalan I, dimana terjadinya kekuatan dukung

yang berlebihan pada bambu dan baut. Pola kegagalan sambungan tiap variasi dapat dilihat pada tabel 8. Pola kegagalan sambungan bambu dengan diameter 10 mm, 12 mm dan 16 mm dapat dilihat pada Gambar 12. Pola kegagalan sambungan dengan diameter baut 19 mm dan 21 mm dapat dilihat pada Gambar 13.

Tabel 8. Pola Kegagalan Sambungan

| Diameter Baut | Tipe Kegagalan | Pola Kegagalan               |
|---------------|----------------|------------------------------|
| 10 mm         | I              | Geser bambu dan baut bengkok |
| 12 mm         | I              | Geser bambu dan baut bengkok |
| 16 mm         | I              | Geser bambu dan baut bengkok |
| 19 mm         | I              | Geser pada bambu             |
| 21 mm         | I              | Geser pada bambu             |



Gambar 12. Tipe Kegagalan Sambungan dengan Baut Diameter 10 mm, 12 mm dan 16 mm

Terlihat pada Gambar 12, benda uji yang telah diuji mengalami geser pada bambu dan alat sambung yang digunakan mengalami bengkok akibat menahan beban yang diberikan. Kuat geser terjadi saat baut mengalami penyesuaian posisi hingga menyentuh dinding bambu. Pada saat baut telah menyentuh dinding bambu terjadilah kuat tumpu. Kuat tumpu tersebut ditahan oleh baut hingga terjadi kegagalan pada sambungan berupa baut yang membengkok.



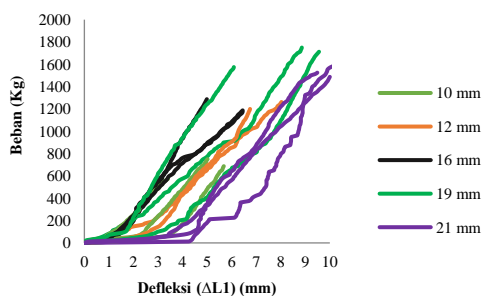


Gambar 13. Tipe Kegagalan Sambungan dengan Baut Diameter 19 mm dan 21 mm

Dikarenakan kelangsingan batang yang kecil karena diameter baut yang besar sehingga kekakuan baut meningkat. Dengan meningkatnya kekakuan baut maka peluang terjadinya kegagalan pada baut menjadi kecil. Jadi, bagian terlemah yang mengalami kegagalan dari sistem sambungan pada kondisi ini adalah pada bambunya.

### Perbandingan Kuat Tarik dengan Defleksi Sambungan

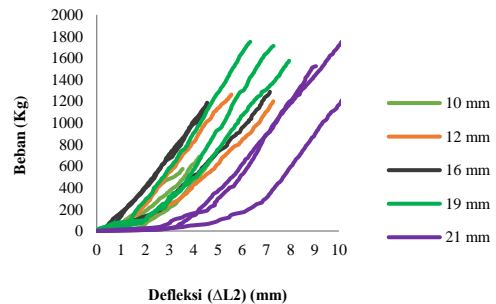
Variabel beban dan defleksi menghasilkan hubungan yang linear. Defleksi akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya beban yang diberikan. Hubungan antara beban dan defleksi (sesaran) pada sambungan dari hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 14 untuk defleksi 1 dan Gambar 15 untuk defleksi 2.



Gambar 14. Grafik Hubungan Beban dengan Defleksi ( $\Delta L1$ ) pada Sambungan

Dari Gambar 14, didapatkan sesaran maksimum pada baut 10 mm sebesar 5,68 mm pada beban 687,50 kg. Sambungan dengan baut 12 mm sebesar

8,46 mm pada beban 950 kg. Baut 16 mm sebesar 6,45 mm pada beban 1.187 kg, pada baut 19 mm sebesar 9,56 mm pada beban 1712,50 kg dan pada baut 21 mm sebesar 11,13 mm pada beban 1.875 kg.



Gambar 15. Grafik Hubungan Beban dengan Defleksi ( $\Delta L2$ ) pada Sambungan

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa sesaran maksimum untuk defleksi 2 ( $\Delta L2$ ) pada baut 10 mm sebesar 4,99 mm pada beban 750 kg. Sambungan dengan baut 12 mm sebesar 8,56 mm pada beban 950 kg. Baut 16 mm sebesar 7,15 mm pada beban 1.287,50 kg, pada baut 19 mm sebesar 7,94 mm pada beban 1.575 kg dan pada baut 21 mm sebesar 10,75 mm pada beban 1.487,50 kg. Dari hasil sesaran yang didapatkan pada kedua dial, menunjukkan bahwa perilaku sambungan dipengaruhi oleh beban dan ukuran diameter baut yang digunakan. Sesaran pada baut dengan ukuran diameter 19 mm lebih rendah dengan beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan sesaran pada baut diameter 21 mm.

Dari grafik dapat dilihat bahwa sambungan dengan ukuran diameter baut 10 mm, 12 mm, 16 mm dan 19 mm tidak jauh berbeda, sedangkan pada ukuran diameter 21 mm terjadi perbedaan yang cukup signifikan. Beban yang diberikan kurang dari 50 kg namun defleksi yang terjadi sangat besar. Hal tersebut disebabkan karena terdapat kuat geser pada sambungan. Kuat geser terjadi saat baut mengalami penyesuaian posisi hingga menyentuh dinding bambu.

Karena lubang baut yang dibuat 2 mm lebih besar dari diameter baut yang digunakan sehingga memungkinkan baut membutuhkan waktu untuk bisa menyentuh dinding bambu saat sambungan diberikan beban. Setelah baut menyentuh dinding bambu kemudian diberikan beban, maka terjadilah kuat tumpu yang ditandai dengan bentuk grafik meningkat secara vertikal.

Material bambu mengalami kuat geser saat sistem sambungan diberi beban. Kuat geser bambu untuk benda uji 10 mm, 12 mm, 16 mm, 19 mm dan 21 mm berturut-turut sebesar 8,881 MPa, 12,376 MPa, 17,010 MPa, 18,419 MPa dan 18,117 MPa. Pada Tabel 3 didapatkan nilai kuat geser bambu dengan nodia untuk bambu bagian pangkal, tengah dan ujung pada benda uji pendahuluan adalah rata-rata sebesar 9,906 MPa.

Benda uji saat uji pendahuluan hanya berupa bahan/materialnya saja karena bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan agar dapat diketahui batas kekuatannya. Sedangkan pada pengujian sambungan terdapat bahan-bahan pendukung untuk memperkuat benda uji sehingga kuat geser hasil pengujian lebih tinggi dibandingkan kuat geser pada uji pendahuluan. Karena adanya klem yang berkontribusi meningkatkan kekuatan sambungan, maka kuat geser yang dihasilkan juga lebih besar.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **KESIMPULAN**

Dari hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat tarik sambungan meningkat seiring dengan meningkatnya ukuran diameter baut hingga didapatkan nilai kuat tarik optimum pada saat diameter baut 19 mm.

Namun, terjadi penurunan nilai kuat tarik pada penggunaan baut dengan diameter 21 mm sehingga dapat disimpulkan bahwa besarnya diameter baut yang digunakan tidak selalu menghasilkan kekuatan sambungan yang lebih besar juga.

2. Berdasarkan hasil perhitungan dan pengamatan secara langsung terjadi pola kegagalan tipe I ( $Z_1$ ). Material yang mengalami perubahan bentuk adalah bambu dan baut pada diameter 10 mm, 12 mm dan 16 mm. Sedangkan pada baut 19 mm dan 21 mm hanya terjadi kerusakan pada bambu disebabkan karena kekakuan yang besar pada alat sambung.

### **SARAN**

Adapun saran-saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan antara lain:

- 1) Pada saat pembuatan klem diusahakan untuk mencampur serat bambu dengan merata dan menekan dengan kuat pada saat pencetakan agar tidak terdapat banyak rongga yang menyebabkan kekuatan klem berkurang.
- 2) Usahakan untuk memilih bambu dengan diameter dan ketebalan yang seragam sehingga tidak terjadi kesenjangan data pada tiap sampel dalam satu variasi ukuran.
- 3) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengaplikasikan sistem sambungan dengan klem plastik serat pada sambungan kuda-kuda.
- 4) Melakukan uji pendahuluan sifat mekanik pada klem plastik serat yang digunakan

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arrohmatin. (2022). Pengaruh Kekencangan Baut Terhadap Kuat Tarik Sambungan Bambu Yang Diperkuat Klem Dari Limbah



- Plastik. Skripsi, Universitas Mataram. Repository Universitas Mataram.
- Aryawan, I. K. (2018). Pengaruh Variasi Jarak Ujung Sambungan terhadap Kuat Tarik Sambungan Bambu Celah Berpengisi dengan Alat Sambungan Baut. Skripsi, Universitas Mataram. Repositori Universitas Mataram.
- Awaludin, A. (2005). Dasar-dasar Perencanaan Sambungan Kayu. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS Jurusan Teknik Sipil Fakultas, Universitas Gajah Mada.
- Lestari, A.T., dan Wulandari, F.T. (2020). "Sifat Fisika Bambu Galah (*Gigantochloa atter*) Berdasarkan Arah Aksial di Kecamatan Gunung Sari Kabupaten Lombok Barat." *Perennial* Vol. 16 No. 2: 47-52.
- Masdar, A., Noviarti, dan Suryani, D. (2018). Penentuan Koefisien Gesek Pada Sistem Sambungan Bambu Dengan Klos Kayu. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 12*. Batam, 18-19 September 2018.109-116.
- Masdar, A., Suhendro, B., Siswosukarto, S., dan Sulistyono, D. (2015). The Study of Wooden Clamps for Strengthening of Connection on Bamboo Truss Structure. *Jurnal Teknologi*, 72(5), 97–103.
- Rizki, M. K. (2020). Pemanfaatan Limbah Plastik Polyethylene Terphthalate (PET) dan Serbuk Bambu dalam Pembuatan Papan Partikel. Skripsi, Universitas Mataram. Repositori Universitas Mataram.
- SNI 03-1729-2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1729-2020. Tata Cara Perencanaan Struktur Kayu Untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiarta, I. W., dan Rofaida, A. (2018). Kuat Tarik Sambungan Bambu Celah Berpengisi dengan Alat Sambung Baut Pada Berbagai Variasi Jarak Ujung. *Universitas Mataram*. November. 487–496.