

**ARTIKEL ILMIAH**

**KINERJA SAMBUNGAN BAMBU MENGGUNAKAN KLEM  
PLASTIK SERAT DENGAN ALAT SAMBUNG BAUT PADA  
BERBAGAI VARIASI SUDUT GAYA**

*The Performance of Bamboo Joints Using Fiber Plastic Clamps with  
Bolt Connection Tools on Various Style Angles*



**Oleh:**

**Made Ari Sanjaya  
F1A 019 106**

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

ARTIKEL ILMIAH

**KINERJA SAMBUNGAN BAMBU MENGGUNAKAN KLEM PLASTIK  
SERAT DENGAN ALAT SAMBUNG BAUT PADA BERBAGAI VARIASI  
SUDUT GAYA**

Oleh:

**Made Ari Sanjaya  
FIA 019 106**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

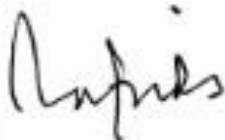
1. Pembimbing Utama



**I Wawan Sugiarta, ST., MT.**  
**NIP: 19690620 199702 1 001**

Tanggal: 28 Agustus 2023

2. Pembimbing Pendamping



**Aryani Rofaida, ST., MT.**  
**NIP: 19660729 199403 2 001**

Tanggal: 31 Agustus 2023

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Mataram



**Hariyadi, ST., MSc(Eng), Dr.Eng.**  
**NIP: 19731027 199802 1 001**

# KINERJA SAMBUNGAN BAMBU MENGGUNAKAN KLEM PLASTIK SERAT DENGAN ALAT SAMBUNG BAUT PADA BERBAGAI VARIASI SUDUT GAYA

Made Ari Sanjaya<sup>1</sup>, I Wayan Sugiarta, ST., MT<sup>2</sup>, Aryani Rofaida, ST., MT<sup>2</sup>

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

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

---

## Abstrak

Kuda-kuda adalah konstruksi yang tersusun dari rangkaian batang yang membentuk segitiga sehingga menghasilkan berbagai macam sudut. Salah satu alternatif pengganti kayu adalah bambu. Namun diperlukan perkuatan dalam sistem sambungan bambu dengan menambahkan klem yang terbuat dari limbah plastik PET yang sudah tidak terpakai yang nantinya dapat meratakan tegangan pada daerah sekitar lubang baut dan bidang kontak antara bambu dan pelat buhul. Adapun tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh variasi sudut terhadap kinerja sambungan dan pola kegagalan pada sistem sambungan.

Penelitian ini diawali dengan uji pendahuluan kadar air dan kuat tarik baut. Dalam penelitian ini menggunakan bambu galah, klem plastik serat, pelat buhul, dan baut dengan diameter 12. Dibuat 3 variasi sudut gaya yaitu 30°, 45° dan 90°, setiap benda uji dibuat masing-masing 3 benda uji. Kemudian diuji menggunakan bantuan loading frame dan diberi beban secara bertahap menggunakan *hydraulic jack* hingga sambungan mengalami kegagalan.

Hasil pengujian dengan variasi sudut gaya 30°, 45°, dan 90° mengalami penurunan kekuatan sambungan pada sudut 45° dan 90° masing-masing sebesar 25.85% dan 35.38% dibandingkan dengan sudut 30° dengan hasil mendekati pola kegagalan I. Dapat disimpulkan sudut sangat berpengaruh dalam kuat tekan sambungan, jika semakin kecil sudut yang bekerja maka semakin besar pula kekuatan yang dapat dipikul oleh sambungan bambu tersebut.

**Kata kunci:** Bambu Galah, Klem Plastik Serat, Kuat Tekan, Sambungan Bambu, Variasi Sudut.

## Abstract

*Trusses are structures composed of a series of bars forming triangles to create various angles. One alternative to wood is bamboo. However, reinforcement is needed in the bamboo joint system by adding clamps made from unused PET plastic waste, which will help distribute stress around the bolt holes and the contact area between bamboo and gusset plate. The purpose of this study is to understand the influence of angle variations on the joint performance and failure patterns in the joint system.*

*The research begins with preliminary tests on moisture content and the tensile strength of bolts. This study employs guadua bamboo, fiber plastic clamps, gusset plates, and 12-diameter bolts. Three variations of angles are created: 30°, 45°, and 90°, with each test specimen replicated three times. Subsequently, testing is conducted using a loading frame, and a gradual load is applied using a hydraulic jack until joint failure occurs.*

*The test results for angle variations of 30°, 45°, and 90° indicate a decrease in joint strength for angles 45° and 90°, by 25.85% and 35.38% respectively compared to the 30° angle, with failure patterns closely resembling failure type I. In conclusion, the angle significantly impacts the compressive strength of the joint. As the working angle decreases, the joint's ability to bear loads by the bamboo connection increases.*

**Keywords:** Bamboo Galah, PET Plastic, Compressive Strength, Bamboo Joint, Angle Variation

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kuda-kuda adalah salah satu konstruksi bangunan yang terletak di bagian atas yang memiliki fungsi untuk menopang atap sebagai penahan hujan maupun panas. Konstruksi kuda-kuda tersusun dari rangkaian batang yang membentuk segitiga sehingga menghasilkan berbagai macam sudut. Bahan yang paling sering digunakan dalam membuat kuda-kuda yaitu kayu. Salah satu alternatif sebagai pengganti kayu dalam pembuatan kuda-kuda adalah bambu.

Dalam perkembangannya, bambu dapat digunakan sebagai pengganti kayu ataupun baja,

seperti penggunaan bambu sebagai rangka kuda-kuda, akan tetapi pemanfaatan material bambu masih kurang maksimal dilakukan, dikarenakan bentuk bambu yang bulat dan berongga mengalami kendala dalam penyambungannya. Sehingga diperlukan perkuatan dalam sistem sambungan bambu.

Permasalahan lainnya yaitu banyaknya penggunaan plastik di Indonesia, dikarenakan plastik tidak dapat terpisahkan dalam kehidupan manusia, sehingga menimbulkan penumpukan sampah. Sampah plastik dapat dikelola melalui prinsip, memakai kembali, mengurangi dan mendaur ulang. Salah satu sampah yang dapat didaur ulang adalah botol plastik

bekas minuman. Sehingga, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengurangi sampah plastik dan penggunaan kayu sehingga digunakan inovasi pembuatan klem dari limbah plastik. Klem plastik dapat mengurangi limbah plastik yang dapat merusak lingkungan, membunuh hewan, dan berdampak pada kesehatan manusia.

Masdar, dkk (2020) telah mengembangkan sistem sambungan bambu dengan penambahan penjepit kayu yang dilakukan dengan variasi sudut batang pada sambungan. Pada penelitian tersebut didapatkan penurunan terjadi pada kekuatan sambungan sudut 30° dan 45° masing - masing sebesar 16.80% dan 12.21% dibandingkan dengan kekuatan sudut batang 0°. Karena terjadi penurunan pada sudut 30 dan 45, maka penelitian ini mengganti penggunaan penjepit kayu (klem) menjadi klem plastik dan memvariasikan sudut gaya menjadi 30°, 45°, dan 90° sehingga diharapkan dapat menghasilkan nilai yang lebih optimum dari penelitian sebelumnya. Dengan itu, melalui tugas akhir ini akan dilakukan penelitian dengan judul **“Kinerja Sambungan Bambu menggunakan Klem Plastik Serat dengan Alat Sambung Baut pada Berbagai Variasi Sudut Gaya”**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat menentukan rumusan masalah dalam penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana pengaruh variasi sudut sambungan bambu terhadap kinerja sambungan?
2. Bagaimana pola kegagalan yang terjadi pada daerah sambungan bambu dengan variasi sudut simpul?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis pengaruh variasi sudut sambungan bambu terhadap kinerja sambungan.
2. Mendapatkan pola kegagalan yang terjadi pada daerah sambungan bambu dengan variasi sudut simpul.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai:

1. Benda uji yang terdiri dari bambu galah dengan diameter  $\pm$  80 mm.
2. Pelat buhul digunakan kayu kruing dengan tebal 30 mm.
3. Variasi sudut sambungan digunakan 30°, 45°, 90°.
4. Alat sambungn menggunakan baut dengan diameter 12 mm.
5. Sudut cincin klem 100°.

6. Pembuatan klem digunakan plastik PET sebagai perekat serat bambu sebagai bahan filler.
7. Hanya menguji kuat tekan sambungan bambu.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan mengenai kuat tekan bambu dengan tambahan klem pada sambungan simpul.
2. Memberikan alternatif lain pengganti kayu sebagai bahan bangunan.
3. Menjadi referensi perbandingan untuk pembaca dalam melakukan penelitian selanjutnya.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Masdar, dkk (2020), melakukan penelitian tentang sistem sambungan bambu dengan penambahan penjepit kayu. Penelitian dilakukan dengan variasi sudut sambungan batang 0°, 30°, dan 45°. Dari hasil pengujian diketahui terjadi penurunan kekuatan sambungan pada sudut batang 30° dan 45° masing-masing sebesar 16.80% dan 12.21% dibandingkan dengan sudut batang 0°. Dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan kekuatan dan kekakuan sambungan dengan bertambahnya sudut batang sistem sambungan rangka batang bambu dengan menggunakan plat kayu dan klem.

Halim, (2018), meneliti tentang kapasitas tekan sambungan takikan bambu galah berpengisi dengan berbagai variasi sudut yang dilakukan dengan membuat 4 variasi sudut 25°, 30°, 35°, 40°. Dengan hasil berturut turut sebesar 11.09 kN, 12.47 kN, 10.38 kN, dan 10.65 kN dengan tipe kegagalan yang diawali dengan bunyi retakan kecil hingga mendekati pembebanan maksimum bunyi retakan semakin besar sehingga terjadi keruntuhan geser.

Sugiarta, dkk (2022) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah plastik Polyethylene Terephthalate (PET) dan serbuk bambu sebagai bahan pengisi papan partikel. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proporsi filler serbuk bambu dan plastik PET terhadap sifat fisik dan mekanis papan partikel. Digunakan lima variasi proporsi antara filler serbuk bambu dan plastik PET antara lain 40:60, 50:60, 60:40, 70:30, dan 80:20. Berdasarkan pengujian tersebut proporsi filler dan plastik PET 40%:60% memenuhi nilai keteguhan lentur (MOR) SNI 03-2015-2006.

Nevintya, (2022), melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi ukuran klem plastik serat terhadap kuat tarik sambungan bambu menggunakan alat sambung baut. Dengan menggunakan variasi sudut cincin 90°, 100°, 110° didapat hasil yang optimal pada sambungan bambu dengan ukuran klem

100° dengan peningkatan yang tidak terlalu signifikan, yaitu sebesar 26.63%. Namun, sambungan bambu dengan klem plastik serat mampu menghasilkan kekuatan sambungan yang setara dengan sambungan bambu dengan klem kayu.

Pada penelitian yang dilakukan Arrohmatin, (2022), mengenai pengaruh kekencangan baut terhadap kuat tarik sambungan bambu yang diperkuat dengan klem dari limbah plastik dan serat bambu serta alat sambung baut. Digunakan beberapa variasi gaya pengencangan dengan menggunakan torsimeter 7 N, 8 N dan 9 N dimana dari hasil penelitian tersebut mendapatkan hasil kuat tarik berturut-turut sebesar 9.736 MPa, 11.608 MPa dan 12.391 MPa serta tanpa menggunakan alat torsimeter mendapatkan kuat tarik sebesar 10.999 MPa sehingga dapat disimpulkan dari hasil yang didapat setara dengan gaya pengencangan 8 N. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tarik optimum terjadi pada sambungan dengan gaya pengencangan 9 N.

## 2.2 Dasar Teori

### 1. Bambu

Bambu merupakan salah satu anggota sub familia rumput, pertumbuhannya sangat cepat, dengan tanaman yang termasuk familia *Bombaidae*. Di Indonesia terdapat bermacam-macam jenis bambu yang menyebar diseluruh Indonesia. Bambu dapat bertumbuh dengan cepat bisa mencapai 60-100 cm dalam waktu 24 jam tergantung iklim dan juga jenis tanahnya. Pada umumnya bambu dapat tumbuh berkisar 30-300 cm dengan diameter batang antara 0.25-25 cm. Bambu galah (*Gigantocloa atter*) dapat tumbuh didataran rendah sampai dataran tinggi dengan ketinggian 750 m diatas permukaan laut. Ciri-ciri bambu galah, memiliki kulit berwarna hijau sampai hijau gelap, dengan panjang ruas 04-0.5 m, diameter 50-100 mm, tebal 8 mm, dan tinggi batang mencapai 22 m (Morisco, 1999). Bambu banyak digunakan dalam komponen tiang, balok, struktur atap, dan lain lain.

### 2. Plastik PET

Plastik PET (*Polyethylene terephthalate*) merupakan salah satu jenis plastik yang sering digunakan dalam kehidupan sehari hari. Plastik PET digunakan sebagai pembungkus makanan, kemasan botol air mineral atau minuman. Plastik PET hanya dapat digunakan sekali saja dikarenakan plastik PET merupakan plastik yang sulit dibersihkan dari bakteri dan dapat bersifat beracun bila salah digunakan. Namun, plastik PET mudah didaur ulang sehingga dapat dimanfaatkan kembali menjadi barang yang berguna. Plastik PET daur ulang dapat dibentuk menjadi *fiber*, lembaran plastik atau komponen kedaraan. Plastik PET memiliki sifat tahan lama, kuat, ringan dan mudah dibentuk saat suhu panas.

### 3. Papan Partikel

Sherrard, dkk (1993) menyatakan suatu jenis produk komposit yang terbuat dari partikel partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya, yang terikat dengan perekat sintetis atau perekat lainnya disebut dengan papan partikel. Keunggulan papan partikel antara lain, tidak pecah, tidak retak, sifat dan kualitasnya bisa diatur sesuai kebutuhannya dengan ukuran dan kerapatan yang diinginkan.

### 4. Kayu Keruing

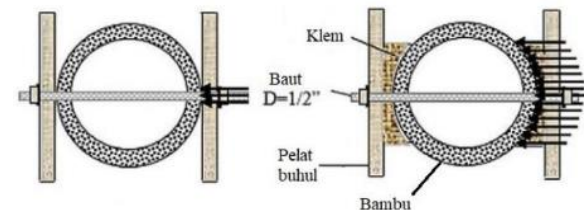
Keruing atau *Dipterocapus* merupakan pepohonan penghasil kayu pertukangan yang berasal dari keluarga *Dipterocarpaceae*. Pohon keruing tumbuh dan tersebar di kawasan Asia Tenggara, seperti Thailand, Malaysia, Filipina dan Indonesia. Di Indonesia pohon keruing tersebar di hutan-hutan Sumatera, Kalimantan, Jawa, Bali, Lombok dan Sumbawa. Ciri-ciri keruing berwarna kecoklatan, ada juga yang berwarna kemerahan, dengan panjang cabang bisa mencapai 0.35 m dengan tinggi 50 m dan diameter 1.2 m.

### 5. Alat Sambung Baut

Sambungan merupakan salah satu cara untuk menghubungkan satu bagian ke bagian yang lain atau penyatuan antara beberapa bagian atau konstruksi dengan cara tertentu. Dalam struktur kayu penyambungan sering dilakukan dengan alat bantu baut dan pasak. Sambungan baut sangat cocok untuk digunakan dalam rangka batang yang memikul gaya tarik maupun gaya tekan. Baut terbuat dari bahan baja lunak, baja paduan, baja tahan karat ataupun kuningan.

### 6. Kekuatan Sambungan Bambu

Kekuatan sambungan adalah kekuatan tekan maksimum bagian-bagian pada sambungan. Untuk menghindari keruntuhan kekuatan sambungan sangat perlu diperhatikan. Sehingga Masdar, dkk (2013) mengembangkan sistem sambungan dengan menambahkan penjepit kayu yang berfungsi sebagai meratakan tegangan pada daerah sekitar lubang baut dan bidang kontak antara bambu dan pelat buhul.



Gambar 2.1 Distribusi gaya pada baut dan plat buhul pada bambu

Kekuatan sambungan bambu merupakan kekuatan bambu dalam menahan tarik atau tekan maksimum pada bagian-bagian sambungan. (Masdar, dkk 2015), tipe kegagalan sambungan bambu ditentukan oleh persamaan – persamaan berikut

Tipe kegagalan I apabila kekuatan dukung yang terjadi berlebihan antara baut dan bambu.

$$Z_1 = 2t_m \cdot f_{em} \cdot D + \mu k \cdot N$$

Dengan  $t_m$  adalah tebal batang utama,  $f_{em}$  adalah kekuatan dukung sejajar serat bambu, dan D adalah diameter baut.

Tipe kegagalan II apabila kekuatan dukung berlebihan yang terjadi antara baut dan pelat buhul.

$$Z_2 = 2t_s \cdot f_{es} \cdot D + \mu k \cdot N$$

Dengan  $t_s$  adalah tebal bagian samping (plat buhul kayu),  $f_{es}$  adalah kekuatan dukung sejajar serat pelat buhul kayu, dan D adalah diameter baut

Tipe kegagalan III apabila tegangan lentur melewati batas elastis.

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

Tipe Kegagalan IV apabila kekuatan geser baut melebihi, dan menyebabkan terjadinya 2 bidang geser pada baut.

$$Z_4 = 2 \left( \frac{1}{4} \pi^2 \right) fy + \mu k \cdot N$$

dengan  $R_e = f_{em} / f_{es}$  :  $R_t = t_m / t_s$  : dan  $fy$  = kuat leleh baut.

$f_{em}$  dan  $f_{es}$  yang merupakan kekuatan dukung kayu utama dan samping

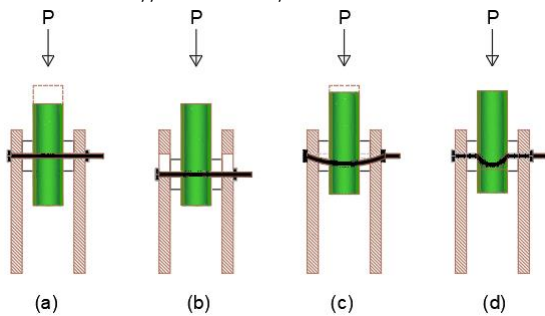
$$Fe_{//} = 77,25 G$$

$$Fe_{\perp} = 212 G^{1,45} D^{0,5}$$

dengan  $Fe_{//}$  adalah kekuatan dukung sejajar serat,  $Fe_{\perp}$  adalah kekuatan

Kuat tumpu dengan sudut " $\theta$ " terhadap serat

$$Fe_{\theta} = \frac{Fem_{//} / Fem_{\perp}}{Fem_{//} \sin^2 \theta + Fem_{\perp} \cos^2 \theta}$$



Gambar 2.2 Pola kegagalan (a) pola kegagalan tipe I (b) pola kegagalan tipe II (c) pola kegagalan tipe III (d) pola kegagalan tipe IV

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian kuat tekan sambungan bambu dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

#### 3.2 Bahan dan Alat Penelitian

##### 3.2.1 Bahan Penelitian

###### 1. Bambu Galah

Dalam penelitian ini digunakan bambu dengan jenis bambu galah (*Gigantochloa atter*) yang diperoleh dari Gunung Sari, Lombok Barat yang berdiameter  $\pm 80$  mm.

###### 2. Plastik PET

Bahan perekat klem yang digunakan adalah limbah plastik botol air mineral atau botol plastik bekas minuman yang sudah tidak terpakai

###### 3. Kayu Keruing

###### 4. Xylene

Sebagai bahan pelarut plastik

###### 5. NaOH Padat

Berfungsi untuk meluruhkan lignin pada bambu.

###### 6. Baut

Sebagai alat penyambung bahan uji

##### 3.2.2 Alat Penelitian

- Gergaji, digunakan untuk memotong bambu dan papan kruing
- Meteran digunakan untuk mengukur panjang benda uji.
- Jangka sorong, digunakan untuk mengukur diameter bambu.
- Timbangan, digunakan untuk mengukur berat bahan.
- Bor listrik, digunakan untuk melubangi benda uji untuk mempermudah memasukkan baut.
- Alat pencetak klem plastik serat.
- Parang, digunakan untuk memotong bambu menjadi bagian yang lebih kecil.
- Palu, untuk mencacah bambu.
- Blender, untuk menghaluskan bambu.
- Ember, untuk merendam bambu.
- Cutter dan gunting, digunakan untuk memotong plastik.
- Kompas gas, digunakan untuk memanaskan plastik dalam proses pelelehan.

- m. Wajan, sebagai wadah dalam mencairkan dan mencampur plastik dan serat bambu.
- n. Kunci pas, untuk mengencangkan baut.
- o. *Hydraulic jack* (dongkrak hidrolik), untuk memberikan beban pada benda uji.
- p. *Load cell*, digunakan untuk mengetahui besarnya beban pada benda uji.
- q. *Load Frame*, Sebagai dudukan benda uji.
- r. *Transducer indicator*, merupakan alat digital yang digunakan untuk mengetahui besarnya beban yang bekerja pada benda uji.
- s. *Dial gauge*, digunakan sebagai pengukur lendutan yang terjadi dengan ketelitian 0.01 mm.

### 3.3 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.3.1 Tahap Persiapan

Tahap awal penelitian, yaitu persiapan berupa menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada saat pengujian, antara lain; bambu galah, plat buhul, baut ukuran 12mm, plastik PET, dan lain-lain.

#### 3.3.2 Pengujian Kadar Air

Pelaksanaan penelitian yang dilakukan pertama adalah melakukan pengujian kadar air bambu yang bertujuan untuk mengetahui atau memprediksi dari usia bambu yang akan digunakan. Adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam pengujian kadar air bambu sebagai berikut:

- a. Memotong bambu dengan ukuran 50 x 50 mm sebanyak 3 buah.
- b. Mencatat berat awal bambu ( $B_0$ ) dengan cara menimbang bambu dengan menggunakan timbangan digital.
- c. Memasukkan benda uji ke dalam oven selama  $\pm$  2 jam dengan suhu  $105^\circ$
- d. Benda uji dikeluarkan setelah 2 jam di oven lalu didiamkan sejenak, kemudian di timbang ( $B_{kt}$ ).
- e. Langkah 3) dan 4) diulangi terus menerus hingga mendapatkan berat jenis yang konstan dari berat sebelumnya.
- f. Kemudian nilai kadar air dapat dihitung.

#### 3.3.3 Pengujian Kuat Tarik Baut

Digunakan SNI 07-0371-1998 untuk mengetahui kuat tarik baut baja yang akan digunakan dalam penelitian ini. Adapun benda uji yang digunakan adalah baut dengan diameter 12 mm dengan panjang 250 mm yang dibuat dengan 3 benda uji. Pengujian kuat tarik baut diuji menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM).

#### 3.3.4 Pembuatan Klem PET

Penelitian ini menggunakan klem yang terbuat dari bahan plastik PET dan papan partikel berbahan serat bambu yang dicetak dengan alat cetak yang sudah di desain dengan sudut cincin  $100^\circ$ . Adapun

langkah-langkah pembuatan klem berbahan utama PET sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan alat dan bahan.
- b. Memotong bambu untuk menghilangkan bukannya dan kulit luar bambu, kemudian bambu dibelah strip memanjang dengan ketebalan 1-2 mm, dengan lebar 40-50 mm.
- c. Merendam strip bambu yang sudah dipotong kedalam larutan NaOH 5% selama 2 jam
- d. Membersihkan bambu untuk menghilangkan sisa-sisa NaOH dengan air yang mengalir.
- e. Mencacah strip bambu dengan palu dan parang.
- f. Menghaluskan hasil cacahan bambu dengan blender.
- g. Menjemur serat bambu yang sudah halus dibawah sinar matahari selama 3-4 hari untuk menghilangkan kadar airnya.
- h. Membersihkan dan menjemur plastik PET jika dalam keadaan kotor
- i. Memotong plastik PET dengan ukuran 20-30 mm.
- j. Mempersiapkan plastik PET dan serat bambu
- k. Mencairkan plastik PET dengan dipanaskan diatas wajan dan kompor dengan suhu  $180^\circ$ .
- l. Menambahkan larutan xylene sebesar 10% dari berat plastik PET dan diaduk merata hingga homogen.
- m. Memasukkan serat bambu kedalam campuran plastik dan dicampur hingga homogen.
- n. Menyiapkan alat cetak yang berbentuk sesuai dengan diameter bambu dengan sudut cincin yang digunakan  $100^\circ$ .
- o. Memasukkan campuran plastik dan serat bambu kedalam cetakan klem dalam keadaan panas.
- p. Mengeluarkan klem dari cerakan setelah 15 menit kemudian didiamkan selama 7-14 hari untuk penyeragaman kadar air.
- q. Merapikan bentuk klem menggunakan amplas

Tabel 3.1 Komposisi Klem

Ukuran Klem ( $^\circ$ )	Volume ( $\text{cm}^3$ )	Plastik PET (gr)	Serat Bambu (gr)	Xylene (gr)
100	217.80	19.60	254.83	25.48

#### 3.3.5 Pembuatan Benda Uji

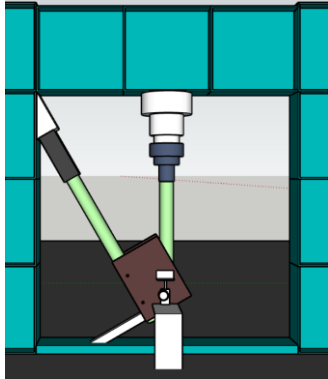
Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu galah (*Gigantochloa atter*) dengan diameter  $\pm$  80 mm yang disambung dengan menggunakan klem yang terbuat dari plastik PET, baut berdiameter 12 mm dengan panjang 250 mm, dan dijepit menggunakan kayu kruing. Dalam penelitian ini digunakan 3 variasi sambungan sudut simpul, yaitu  $\alpha=30^\circ$ ,  $\alpha=45^\circ$ ,  $\alpha=90^\circ$ , dengan menggunakan sudut cincin  $\alpha=100^\circ$

- a. Pematangan bambu.

- b. Mpotongan plat buhul
- c. Pengeboran benda uji.
- d. Perangkaian benda uji

### 3.3.6 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji ditempatkan pada *loading frame*, dipasang pada dudukan dibawahnya dan ditempatkan simetris pada *loading cell*. Setelah itu sumbu batang tekan dan dudukan harus centris satu sama lain. Benda uji yang diuji dilakukan dengan 3 variasi benda uji yang masing-masing dibuat dengan jumlah 3 buah yaitu sudut 30°, 45°, 90°.

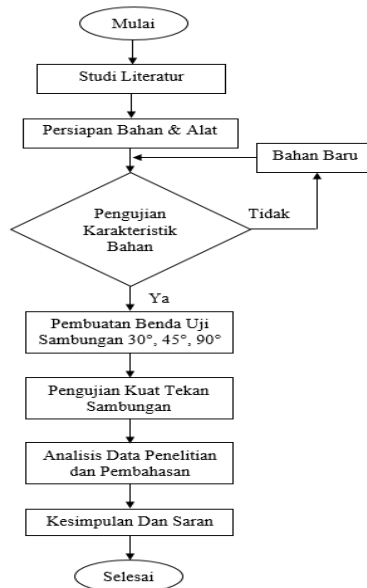


Gambar 3.1 Setting up benda uji



Gambar 3.2 Variasi benda uji

### 3.4 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.3. Bagan Alir Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Sifat Bambu Galah

Data sifat fisik bambu galah dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari hasil pengujian bambu galah Gunung Sari, Lombok Barat. Data yang diuji meliputi, kadar air segar, kadar air kering udara, berat jenis segar, berat jenis kering udara.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian kadar air bambu

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

Tabel 4.2 Hasil Sifat fisik dan mekanik bambu galah

Bagian	Kadar Air (%)		Kuat tarik (MPa)		Kuat Geser (MPa)	
	Bambu Segar	Kering Udara	Tanpa Nodia	Dengan nodia	Tanpa Nodia	Dengan Nodia
Pangkal	35.71	17.58	105	63	7.205	9.947
Tengah	34.44	16.78	119	102	9.623	7.44
Ujung	32.33	11.93	100	92	7.364	12.332
<b>Rata-rata</b>	<b>34.16</b>	<b>15.43</b>	<b>108</b>	<b>85.67</b>	<b>8.064</b>	<b>9.906</b>

Sumber: Aryawan (2018)

Tabel 4.3 Kuat tekan rata-rata bambu bulat

Jenis Bambu	Bagian	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
Petung	Pangkal	2769
	Tengan	4089
	Ujung	5479
Tutul	Pangkal	5319
	Tengan	5428
	Ujung	4639
Galah	Pangkal	3266
	Tengan	3992
	Ujung	4048
Tali	Pangkal	2152
	Tengan	2880
	Ujung	3354
Dendeng	Pangkal	4641
	Tengan	3609
	Ujung	3238

Sumber: Morisco (1999)



Tabel 4.4 Hasil Berat jenis bambu galah

Arah aksial	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
Pangkal	0.20	0.54	0.48	<b>0.41</b>
Tengah	0.46	0.62	0.58	<b>0.55</b>
Ujung	0.50	0.59	0.59	<b>0.56</b>

Sumber: Lestari (2020)

#### 4.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baut

Untuk menyambungkan antara bambu, klem, dan plat buhul dibutuhkan baut, baut yang digunakan adalah baut dengan diameter 12 mm dengan panjang 250 mm. pengujian kuat tarik ini menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM).

Tabel 4. 5 Hasil pengujian kuat tarik baut

Kode	Tegangan leleh (fy) (MPa)	Tegangan ultimit (fu) (MPa)
Sampel 1	490	531
Sampel 2	491	543
Sampel 3	512	545
Rata-rata	498	540

#### 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Sambungan Bambu

Pengujian dilakukan pada tanggal 10 Agustus 2023 sampai Agustus 2023 di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Mataram. Yang dibantu dengan *Load Frame*. Penekanan dilakukan dengan cara bertahap dengan *Hydraulic Jack*. *Load Cell* dan *Tranducer Indicator* digunakan untuk pembacaan beban secara digital dan untuk membaca defleksi digunakan *Dial Gauge*.

##### 4.3.1 Hasil Pengujian Kuat tekan Sambungan dengan Variasi Sudut Gaya

Tabel 4. 6 Hasil pengujian kuat tekan sambungan dengan variasi sudut gaya

Benda Uji	D1 (mm)	D2 (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	A rata-rata (mm <sup>2</sup> )	P (Kg)	σ (MPa)	σ Rata-rata (MPa)	Persentase penurunan (%)
S30-1	78.13	71.78	747.64	865.03	1100.00	14.71	13.47	-
S30-2	76.45	67.78	982.12		1275.00	12.98		
S30-3	80.52	73.36	865.34		1100.00	12.71		
S45-1	78.91	70.79	954.70	1090.57	1150.00	12.05	9.99	25.85
S45-2	78.74	68.84	1147.50		1062.50	9.26		
S45-3	78.16	67.97	1169.51		1012.50	8.66		
S90-1	74.32	68.51	651.76	759.54	725.00	11.12	8.70	35.38
S90-2	74.56	68.38	693.80		575.00	8.29		
S90-3	81.09	73.40	933.08		625.00	6.70		

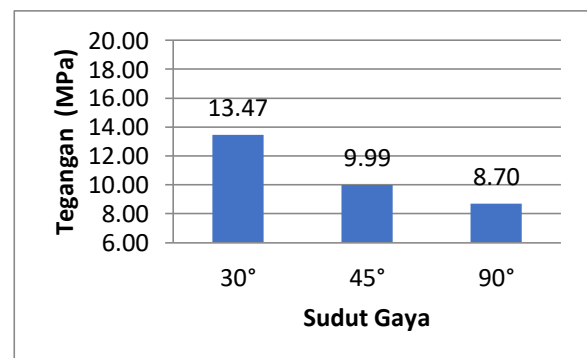
dengan:

- D1 = diameter luar bambu (mm)
- D2 = diameter dalam bambu (mm)
- A = luas penampang bambu (mm<sup>2</sup>)

- P = kuat tekan maksimum (kg)
- σ = tegangan (MPa)

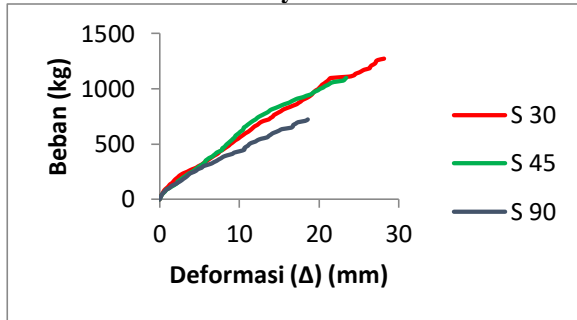
Adanya selisih hasil kuat tekan yang besar antara sampel 1 dengan sampel lainnya pada variasi sudut dengan diameter yang hampir sama diduga disebabkan karena ketidakseragaman pada klem plastik serat yang digunakan. Perbedaan kekuatan klem dapat disebabkan karena serat bambu yang tidak tercampur merata dengan lelehan plastik PET, sehingga menyebabkan adanya rongga pada klem. Rongga inilah yang menyebabkan kekuatan klem dapat berkurang. Pembuatan klem dipengaruhi dari penggunaan alat-alat dalam pembuatan klem plastik-serat yang sederhana dapat menyebabkan kekuatan klem tidak seragam.

Dari hasil pengujian yang dilihat pada Tabel 4.5 memperlihatkan hasil tegangan maksimal rata-rata sambungan mengalami penurunan dari sambungan bambu dengan variasi sudut gaya 30° sampai sambungan bambu dengan variasi sudut gaya 90°. Besarnya tegangan maksimum rata-rata yang diterima oleh setiap sambungan bambu dengan variasi sudut gaya 30°, 45° dan 90° berturut-turut sebesar 13.47 MPa, 9.99 MPa dan 8.70 MPa. Jika dalam persentase penurunan pada sudut 45° dan sudut 90° berturut-turut sebagai berikut 25.85% dan 35.38%. Berdasarkan nilai yang didapat menunjukkan variasi sudut sangat berpengaruh dalam kuat tekan sambungan bambu, yaitu jika semakin kecil sudut yang bekerja dalam sistem sambungan bambu maka semakin besar pula kekuatan yang dapat dipikul oleh sambungan tersebut. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Masdar, dkk (2020), dimana penelitian tersebut mengembangkan sistem sambungan bambu dengan penambahan penjepit kayu yang dilakukan dengan variasi sudut batang pada sambungan. Pada penelitian tersebut didapatkan penurunan terjadi pada kekuatan sambungan sudut 30° dan 45° masing - masing sebesar 16.80% dan 12.21% dibandingkan dengan kekuatan sudut batang 0°.



Gambar 4. 1 Diagram hasil pengujian kuat tekan sambungan

### 4.3.2 Hubungan Kekuatan Sambungan dengan Variasi Sudut Gaya dan Deformasi



Gambar 4.2 Hubungan beban dan deformasi pada sambungan bambu

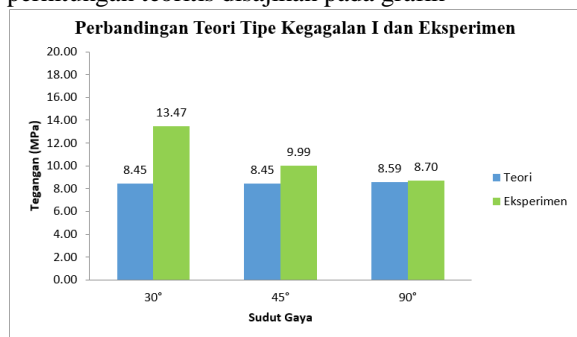
### 4.3.3 Perbandingan Hasil Pengujian dengan Teoritis

Kekuatan sambungan yang diambil merupakan kekuatan sambungan ketika bambu mengalami kegagalan, baik dalam keadaan bambu pecah, baut bengkok, klem pecah ataupun plat buhul pecah. Hasil pengujian kuat tekan sambungan bambu dengan variasi sudut gaya kemudian dibandingkan dengan persamaan teoritis. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan oleh setiap variasi benda uji memiliki pola kegagalan tipe I.

Tabel 4. 7 Perbandingan hasil pengujian dan hasil teoritis

Sudut (°)	tm (mm)	G	fem (N/mm <sup>2</sup> )	D (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>1</sub> (N)	Tegangan Z <sub>1</sub> (MPa)	Hasil Pengujian (MPa)	Selisih (%)
30	7.39	0.51	39.40	12	865.03	7311.09	8.45	13.47	37.25%
45	9.40	0.51	39.40	12	1090.57	9211.63	8.45	9.99	15.43%
90	6.56	0.51	39.40	12	759.54	6523.14	8.59	8.70	1.32%

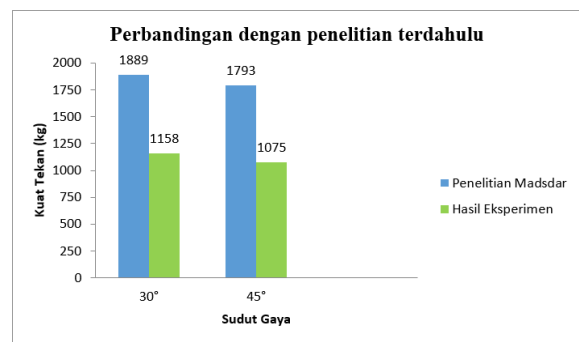
Berdasarkan hasil perhitungan seperti pada Tabel 4.4 terlihat perbedaan hasil antara pengujian kekuatan sambungan bambu dengan hasil perhitungan secara teoritis. Adapun persentase perbandingan antara hasil perhitungan teoritis dengan hasil pengujian untuk variasi sudut gaya 30° sebesar 37.25%, sudut 45° sebesar 15.43%, dan 90° sebesar 1.32%. Diagram perbandingan hasil eksperimen dan perhitungan teoritis disajikan pada grafik



Gambar 4. 3 Diagram perbandingan hasil pengujian dengan hasil teoritis

### 4.3.4 Perbandingan Hasil Pengujian dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai kinerja sambungan bambu pernah dilakukan oleh Masdar, dkk (2020). Pada penelitian tersebut mengembangkan sistem sambungan bambu dengan penambahan penjepit kayu yang dilakukan dengan variasi sudut batang pada sambungan. Pada penelitian tersebut didapatkan penurunan terjadi pada kekuatan sambungan sudut 30° dan 45° masing - masing sebesar 16,80% dan 12,21% dibandingkan dengan kekuatan sudut batang 0°. Untuk hasil perbandingan kuat tekan sambungan bambu dan dapat dilihat dalam tampilan grafik pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 4 Diagram perbandingan hasil pengujian dengan penelitian terdahulu

### 4.3.5 Pola Kegagalan Sambungan Bambu dengan Variasi Sudut Gaya

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada ketiga variasi sudut sambungan didapatkan pola kegagalan yang sama, yaitu pola kegagalan tipe I. Kegagalan tipe I terjadi apabila kekuatan dukung yang berlebihan pada bambu dan baut, dimana pada penelitian ini tiap variasi mengalami kegagalan berupa bambu rusak dan baut yang mengalami bengkok. Hal tersebut juga sudah sesuai dengan hasil perhitungan kegagalan tipe I dengan selisih yang tidak terlalu besar dan masih bisa diterima.

Tabel 4.8 Pola kegagalan benda uji tiap variasi

Variasi Sudut Gaya	Tipe kegagalan	Pola kegagalan
30°	Kegagalan tipe I	Bambu pecah dan baut bengkok
45°	Kegagalan tipe I	Bambu pecah dan baut bengkok
90°	Kegagalan tipe I	Bambu pecah dan baut bengkok



Gambar 4. 2 Pola kegagalan pada variasi sudut  $45^\circ$

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan analisis yang telah dilakukan, sehingga dapat diambil beberapa kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Besaran sudut yang digunakan pada sambungan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan sambungan. Terjadi penurunan kekuatan sambungan seiring dengan pertambahan sudut yang lebih besar, penurunan terjadi pada sudut batang dari  $45^\circ$  dan  $90^\circ$  masing-masing 9.99 MPa dan 8.70 MPa dibandingkan dengan sudut gaya  $30^\circ$  dengan hasil 13.47 MPa.
2. Pola kegagalan yang terjadi pada tiap variasi sambungan bambu adalah pola kegagalan tipe I, hal tersebut dapat diketahui dengan melihat perubahan benda uji ataupun perhitungan teoritis dimana sambungan mengalami bengkok pada baut dan kerusakan pada bambu yang termasuk pada kegagalan tipe I serta hasil pengujian lebih mendekati hasil perhitungan kegagalan tipe I.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian dan perhitungan analisis yang dilakukan dapat diberikan saran berdasarkan penelitian yang telah dilakukan untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya antara lain:

1. Dalam memilih bambu diusahakan memiliki ketebalan dan diameter yang sama sehingga hasil yang didapatkan lebih seragam dan dalam penggunaan batang bawah diusahakan dengan memilih bambu dengan ketebalan yang lebih besar dibandingkan dengan batang tekannya.

2. Pada saat mencetak klem diusahakan menggunakan alat yang memadai sehingga tidak terjadi hal yang tidak diinginkan seperti adonan plastik dan klem yang terlalu cepat mengeras karena terhambat alat yang kurang sehingga proses penuangan kedalam cetakan menjadi lama. Pencetakan klem juga diusahakan ditekan dengan baik agar menghasilkan permukaan yang rata pada klem dan dengan kepadatan yang baik.
3. Untuk perakitan benda uji diusahakan lubang bor nya sesuai dengan pelat buhul agar tidak kesulitan dalam merakit benda uji tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anang, S., Sujana, W., Sibut, & Widi, K. A. (2017). Peran Abu Sekam Padi Pada Komposit Polimer Jenis Pet. *Jurnal "FLYWHEEL"*, 8(1), 15–24.
- 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.
- Arrohmatin. (2022). Pengaruh Kekencangan Baut Terhadap Kuat Tarik Sambungan Bambu yang Diperkuat Klem dari Limbah Plastik. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 12–26.
- Halim. (2018). *Artikel ilmiah kapasitas tekan sambungan takikan bambu galah berpengisi dengan berbagai variasi sudut*.
- Lestari, A. T., & Wulandari, F. T. (2020). *Sifat Fisika Bambu Galah (Gigantochloa Atter) Berdasarkan Arah Aksial Di Kecamatan Gunung Sari Kabupaten Lombok Barat: Effects of Axial Directions to the Physical Properties of Galah Bamboo (Gigantochloa atter) in Gunung Sari Region, Western Lombok Regent*. PERENNIAL, 16(2), 47-52
- Masdar, A., Siswosukarto, S., Noviarti, & Suryani, D. (2020). Implementation of Connection System of Wooden Plate and Wooden Clamp on Joint Model of Bamboo Truss Structures. *International Journal of GEOMATE*, 17(59), 15–20.
- Masdar, A., Suhendro, B., Siswosukarto, S., & Sulisty, D. (2015). The study of wooden clamps for strengthening of connection on bamboo truss structure. *Jurnal Teknologi*, 72(5), 97–103.
- Morisco. (1999). *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta. Nafiri Offset.
- Nevintya. (2022). Pengaruh Variasi Ukuran Klem Plastik Serat Terhadap Kuat Tarik Bambu Menggunakan Alat Sambung Baut. *Universitas Mataram*.

- Sherrard, D. J., Hercz, G., Pei, Y., Maloney, N. A., Greenwood, C., Manuel, A., Saiphoo, C., Fenton, S. S., & Segre, G. V. (1993). The spectrum of bone disease in end-stage renal failure - An evolving disorder. In *Kidney International* (Vol. 43, Issue 2).
- SNI 03-1729-2020. *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-2105-2006. *Papan Partikel*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 7973:2013. *Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu*. Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiartha, I. W., Rofaida, A., Rawiana, S., Pathuraman, & Suparjo. (2022). Pemanfaatan Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate (Pet) Dan Serbuk Bambu Sebagai Bahan Pengisi Papan Partikel. *Spektrum Sipil*, 9(2), 160–166.
- Widnyana, K. (2018). *BAMBU DENGAN BERBAGAI MANFAATNYA*. K.Widnyana Fakultas Pertanian Universitas Mahasaraswati Denpasar. 1–10.