

# PENGUJIAN KUAT SAMBUNGAN BAMBU LAMINASI DENGAN METODE SATU IRISAN MENGGUNAKAN ALAT SAMBUNG BAUT

Denny Fajar Sulisty<sup>1</sup>, Sarwidi.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

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

<sup>2</sup> Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: [sarwidi@uii.ac.id](mailto:sarwidi@uii.ac.id)

**Abstract :** *Wood is one of the many materials used in buildings in Indonesia for the needs of construction, decoration, and furniture. Along with the rapid development in Indonesia, the need for wood is also increasing. Uncontrolled massive exploitation of forests will cause damage to existing forests. Bamboo Petung can be used as an alternative material of wood substitute. In wood construction there will be connections. The purpose of this research is to know the strength that can be produced by laminated bamboo with 8 mm, 10 mm, and 12 mm diameters of bolt connectors. To determine the effect of bolt diameter to the strength of laminated bamboo, hypothesis were tested by Anova (Analysis of Variance). The whole test was done by a UTM (Universal Testing Machine). The optimum bolt diameters depending on various parameters such as elasticity, ductility, and maximum load, were obtained the diameter of 7,07 mm for the bearing test and 10,2 mm for laminated bamboo connection. While from the testing of bending strength was known that the above parameters tend to always increase with the increasing of bolt diameter. The test results showed that average value of bending strength bolt diameters were 8 mm, 10 mm, and 12 mm with the strength of 347,54 MPa, 349,96 MPa, and 521,78 MPa, correspondingly. The average value of laminated bamboo strength were 8 mm, 10 mm, and 12 mm bolt was 33,5 MPa, 28,13 MPa and 17,18 MPa, accordingly. The average value of the laminated bamboo connections with bolt connectors were 8 mm, 10 mm, and 12 mm of 10980,66 N, 12605,85 N, 11559,86 N, consequently.*

**Keywords:** *Laminated Bamboo, Single Shear Connections*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kayu merupakan salah satu bahan yang banyak dipakai pada bangunan di Indonesia untuk kebutuhan konstruksi, dekorasi, maupun furnitur. Seiring dengan pesatnya pembangunan yang ada di Indonesia, kebutuhan akan kayu juga semakin meningkat. Eksploitasi hutan secara besar-besaran yang tidak terkontrol akan menyebabkan kerusakan pada hutan yang ada. Berbagai alternatif bahan dicari untuk mengurangi ketergantungan terhadap kayu, salah satunya dengan pemanfaatan bambu sebagai pengganti kayu. Untuk memperbaiki sifat bambu agar menjadi bahan yang memiliki kekuatan seragam dan mudah dibentuk dalam berbagai ukuran, dilakukan

modifikasi terhadap batang bambu dengan teknik laminasi. Laminasi merupakan proses penyatuan satu bagian bahan dengan bahan lain, baik itu bahan sejenis maupun berbeda menjadi satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Proses penyatuan bahan atau laminasi, dilakukan dengan resin khusus kemudian dilakukan penekanan sehingga menjadi satu kesatuan. Meskipun bambu laminasi lebih mudah dibentuk dalam berbagai ukuran, namun panjangnya tetap terbatas sehingga diperlukan suatu sambungan agar diperoleh panjang yang sesuai dengan kebutuhan. Pada konstruksi kayu terdapat macam-macam alat sambung, salah satunya adalah baut. Penggunaan baut pada sambungan telah banyak diaplikasikan tidak hanya pada konstruksi baja, namun juga pada konstruksi kayu. Baut merupakan alat

sambung yang terbuat dari besi/baja yang memiliki kekuatan relatif lebih tinggi dibanding alat sambung lain, selain itu baut juga relatif lebih mudah dibongkar pasang sehingga memudahkan saat pemasangan. Berdasarkan pada uraian diatas, penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk mengetahui besar kekuatan yang dapat dihasilkan oleh bambu laminasi dengan alat sambung baut diameter 8 mm, 10 mm, dan 12 mm. Pengujian dilakukan dengan mesin *Universal Testing Machine (UTM)*. Hasil penelitian ini antara lain dapat diketahui pengaruh ukuran baut dari segi kekuatan yang dihasilkan, dan mode kegagalan sambungan yang berpedoman pada *European Yield Model (EYM)*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi besar diameter baut terhadap nilai-nilai penting uji kuat tumpu dan kuat sambungan bambu laminasi?
2. Bagaimana perbandingan nilai tahanan lateral prediksi dan hasil pengujian pada bambu laminasi dengan alat sambung baut berbagai variasi diameter?
3. Berapakah besar diameter baut optimum pada pengujian yang dilakukan?
4. Bagaimana kesesuaian prediksi bentuk kegagalan yang terjadi pada sambungan bambu laminasi akibat pembebanan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. pengaruh variasi diameter baut terhadap nilai-nilai pengujian kuat tumpu dan kuat sambungan bambu laminasi,
2. perbandingan dari nilai tahanan lateral prediksi dan hasil pengujian,
3. besar diameter optimum baut pada pengujian yang dilakukan, dan
4. bentuk kegagalan sambungan hasil prediksi dan hasil pengujian sesuai dengan yang ditetapkan *European Yield Model (EYM)*.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Bambu Laminasi

Bambu laminasi merupakan material yang terbuat dari lapisan-lapisan bambu yang direkatkan dengan perekat kimia pada arah serat yang seragam. Ketebalan bambu laminasi yang diizinkan dalam satu layernya adalah sebesar 50 mm. Proses pembuatan bambu laminasi diawali dari pemotongan bambu menjadi lembaran-lembaran dan dihaluskan, kemudian dilakukan perekatan dan pengempaan hingga diperoleh bentuk lamina dengan ketebalan yang diinginkan. Sifat akhir bambu laminasi dipengaruhi oleh banyaknya ruas yang ada dan perekat yang digunakan.

### 2.2. Sambungan Geser Satu Irisan

Sambungan geser satu irisan pada kayu yaitu sambungan pada dua batang kayu yang hanya menggunakan satu sisi kayu sebagai tempat alat sambung yang terbuat dari kayu ataupun material lain yang menjadikan sambungan lebih kuat.

### 2.3. *European Yield Model (EYM)*

*European Yield Model (EYM)* adalah teori yang menjadi acuan perhitungan kekuatan sambungan kayu yang kemudian diadopsi oleh *American Forest & Paper Association (AF & PA)* sebagai dasar *National Design Specification (NDS) for Wood Construction* untuk analisis perhitungan tahanan lateral sambungan kayu.

### 2.4. *National Design Specification (NDS) For Wood Construction*

Menurut *National Design Specification* terdapat empat mode kelelahan yang terjadi pada sambungan kayu dengan tinjauan geser satu irisan. Keempat mode kelelahan tersebut antara lain sebagai berikut.

1. Mode  $I_m$  = Komponen kayu utama dan alat penyambung belum mengalami kegagalan / masih berperilaku elastis.
2. Mode  $I_s$  = Komponen kayu samping dan alat sambung belum mengalami kegagalan / masih berperilaku elastis.

3. Mode II = Kegagalan tumpu pada kayu utama dan kayu samping, sedangkan alat penyambung belum mengalami kegagalan namun hanya berotasi.
4. Mode III<sub>m</sub> = Kegagalan tumpu kayu utama disertai dengan satu sendi plastis pada alat sambung dalam satu bidang geser.
5. Mode III<sub>s</sub> = Kegagalan tumpu kayu samping disertai dengan satu sendi plastis pada alat sambung dalam satu bidang geser.
6. Mode IV = Terbentuknya dua sendi plastis pada alat penyambung dalam satu bidang geser.

### 2.5. Pengujian Kuat Tumpu

Pengujian kuat tumpu pada benda uji bambu laminasi dengan penumpu berupa baut, didasarkan pada standar ASTM D5764 (*Standart Test Method for Evaluating Dowel-Bearing Strenght of Wood Based Products*) dengan ketentuan sebagai berikut.

1. Terdapat 2 metode yang dapat dilakukan pada pengujian kuat tumpu, yaitu metode setengah lubang (*half hole method*) dan metode lubang penuh (*full hole method*).
2. Untuk menghindari terjadinya belah (*splitting*) pada benda uji, maka dimensi benda uji pada metode setengah lubang (*half hole method*) ditentukan sebagai berikut.
  - a. Tebal  $\geq$  nilai terkecil dari 1,5 inci atau 2 kali diameter baut.
  - b. Lebar  $\geq$  nilai terbesar dari 2 inci atau 4 kali diameter baut.
  - c. Panjang  $\geq$  nilai terbesar dari 2 inci atau 4 kali diameter baut.
3. Penentuan nilai kuat tumpu ( $F_e$ ) bambu laminasi dengan penumpu berupa baut, dihitung dengan Persamaan 1 dan 2.

$$F_{e maks} = \frac{P_{maks}}{D_t} \quad (1)$$

$$F_{e P5\%} = \frac{P_{5\%}}{D_t} \quad (2)$$

Keterangan :

$F_e$  = kuat tumpu, MPa

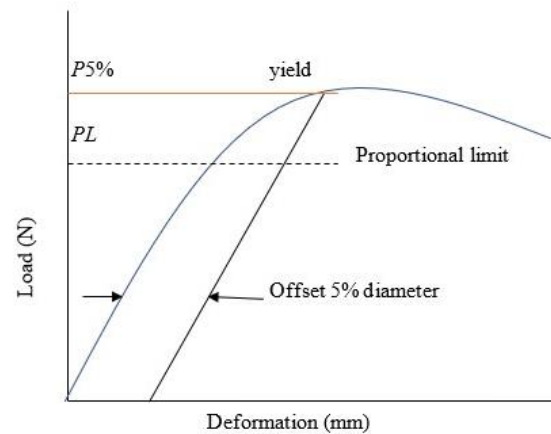
$P_{maks}$  = beban maksimum, N

$P_{5\%}$  = beban offset 5% diameter baut, N

$D$  = diameter baut, mm

$t$  = tebal benda uji, mm

4. Penentuan nilai  $P_{5\%}$  diambil dari grafik pengujian hasil koreksi linieritas, dan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Penentuan Beban  $P_{5\%}$

### 2.6. Pengujian Kuat Lentur Baut

Pengujian kuat lentur baut mengacu pada standar ASTM F1575-03 (*Standart Test Method for Determining Bending Yield Moment of Nails*) dengan ketentuan sebagai berikut.

1. Jarak tumpuan ditetapkan berdasar jarak tumpuan uji lentur paku ASTM F1575-03 nilai diameter diambil pada sisi polos baut, ketentuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jarak Tumpuan Uji Lentur Baut

Nail nominal diameter (in)	Lenght between bearing points (in)
0,099	1,1
0,113	1,3
0,12	1,4
0,131	1,5
0,148	1,7
0,162	1,9
0,19	2,2
Longer than 0,190	11,5 times the nail diameter

2. Penentuan nilai kuat lentur baut ( $f_{yb}$ ) dihitung dengan Persamaan 3 berikut ini.

$$f_{yb} = \frac{3 \cdot P \cdot S_{bp}}{2 \cdot D^3} \quad (3)$$

Keterangan :

$f_{yb}$  = kuat lentur baut, MPa

$P$  = beban offset 5% diameter baut, N

$S_{bp}$  = jarak antar tumpuan, mm

$D$  = diameter polos baut, mm

## 2.7. Pengujian Kuat Sambungan

Pengujian kuat sambungan bertujuan untuk mengetahui kapasitas sambungan bambu laminasi dengan alat sambung baut. Kapasitas sambungan bambu laminasi merupakan nilai beban maksimum pada pengujian kuat sambungan. Pengujian yang dilakukan berpedoman pada ASTM D5764 (*Standart Test Method for Evaluating Dowel-Bearing Strenght of Wood Based Products*), dengan ketentuan sebagai berikut.

1. Penentuan dimensi benda uji sesuai ASTM D5764 adalah sebagai berikut.
  - a. Tebal  $\geq$  nilai terkecil dari 1,5 inchi atau 2 kali diameter baut.
  - b. Lebar  $\geq$  nilai terbesar dari 2 inchi atau 4 kali diameter baut.
  - c. Panjang terbebani  $\geq$  nilai terbesar dari 2 inchi atau 4 diameter baut.
  - d. Panjang tidak terbebani  $\geq$  nilai terbesar dari 1 inchi atau 2 kali diameter baut.
2. Rumus pendekatan untuk prediksi nilai kuat sambungan dan prediksi mode kegagalan yang terjadi sesuai EYM dan NDS.

$$\text{Mode } I_m \quad Z = \frac{D I_m F_{em}}{R_d} \quad (4)$$

$$\text{Mode } I_s \quad Z = \frac{D I_s F_{es}}{R_d} \quad (5)$$

$$\text{Mode II} \quad Z = \frac{k_1 D I_s F_{es}}{R_d} \quad (6)$$

$$\text{Mode III}_m \quad Z = \frac{k_2 D I_m F_{em}}{(1+2R_e)R_d} \quad (7)$$

$$\text{Mode III}_s \quad Z = \frac{k_3 D I_s F_{es}}{(2+R_e)R_d} \quad (8)$$

$$\text{Mode IV} \quad Z = \frac{D^2}{R_d} \sqrt{\frac{2F_{em} F_{yb}}{3(1+R_e)}} \quad (9)$$

Keterangan:

$D$  = diameter, mm

$F_{yb}$  = kuat lentur pasak, MPa

$R_d$  = syarat reduksi

$l_m$  = panjang tumpu pasak pada komponen struktur utama, mm

$l_s$  = panjang tumpu pasak pada komponen struktur samping, mm

$F_{em}$  = kekuatan tumpu pasak pada komponen struktur utama, MPa

$F_{es}$  = kekuatan tumpu pasak pada komponen struktur samping, MPa

## 2.8. Koreksi Data dan Prediksi Nilai Optimum

Koreksi linieritas data diperlukan karena pada pengujian terjadi ketidakmampuan benda uji di awal pembebanan, sedangkan nilai optimum/ minimum digunakan untuk menentukan rata-rata kekuatan dari material yang diuji, 3 ketentuan perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Koreksi dilakukan dengan pendekatan regresi linier dari nilai-nilai pada kurva/grafik hasil pengujian.

$$y = ax + b$$

$$d = \frac{-b}{a} \quad (10)$$

$$X_1 = X_0 - d$$

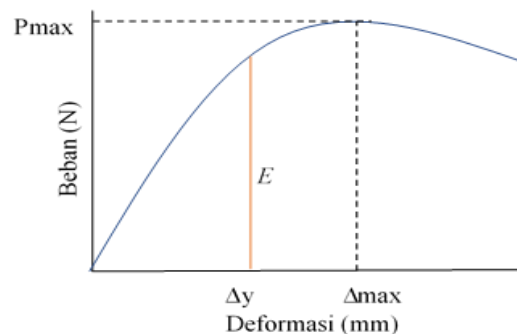
Keterangan :

$d$  = besar nilai koreksi, mm

$X_0$  = variabel bebas sebelum koreksi, mm

$X_1$  = variabel bebas setelah koreksi, mm

2. Nilai-nilai penting seperti elastisitas ( $E$ ), daktilitas ( $\mu$ ), dan beban maksimum ( $P_{max}$ ) diperlukan untuk menentukan kualitas dari material yang diuji. Penentuan nilai-nilai tersebut dengan melihat grafik dan persamaan berikut ini.



Gambar 2 Penentuan Nilai  $E$  dan  $\Delta y$

$$\mu = \frac{\Delta_{max}}{\Delta y} \quad (11)$$

Keterangan :

$\mu$  = daktilitas benda uji

$\Delta_{max}$  = deformasi maksimum, mm

$\Delta y$  = batas elastis benda uji, mm

3. Nilai optimum didapat dari penurunan persamaan regresi polinomial berikut.

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$\frac{dy}{dx} = 2ax + b$$

$$\begin{aligned} \Delta_{opt} \rightarrow 0 &= 2ax + b \\ x &= \frac{-b}{2a} \end{aligned} \quad (12)$$

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Bahan Pengujian

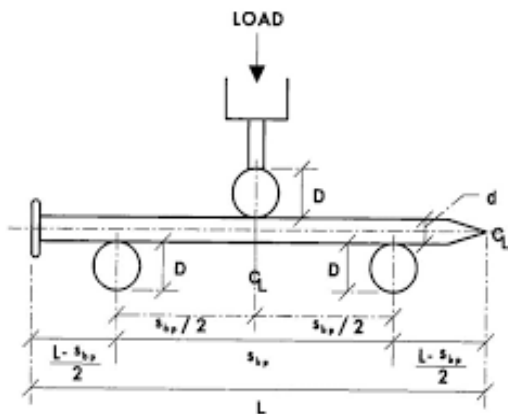
Terdapat 4 bahan yang dibutuhkan dalam penelitian yang dilakukan, yaitu bambu laminasi, ring, baut, dan mur.

#### 3.2. Alat Pengujian

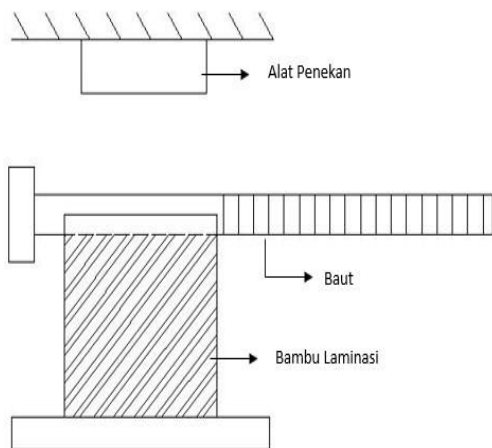
Terdapat 6 alat dalam penelitian yang dilakukan, yaitu *UTM*, *stainometer*, mesin bor, jangka sorong, klem, dan gerinda.

#### 3.3. Mekanisme Pengujian

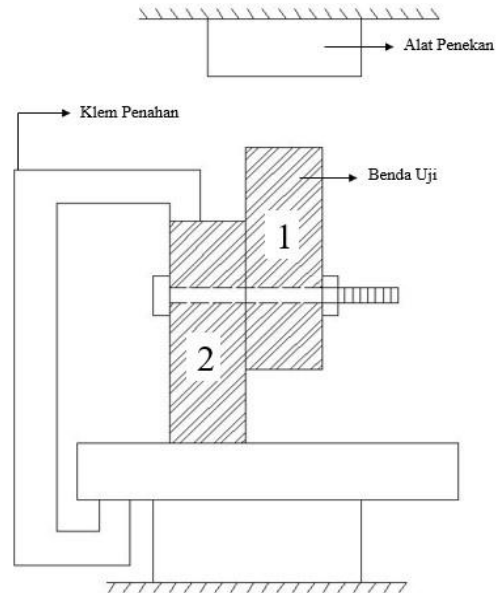
Setting alat dan benda uji pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 sampai Gambar 5 berikut.



Gambar 3 Setting Pengujian Kuat Lentur Baut



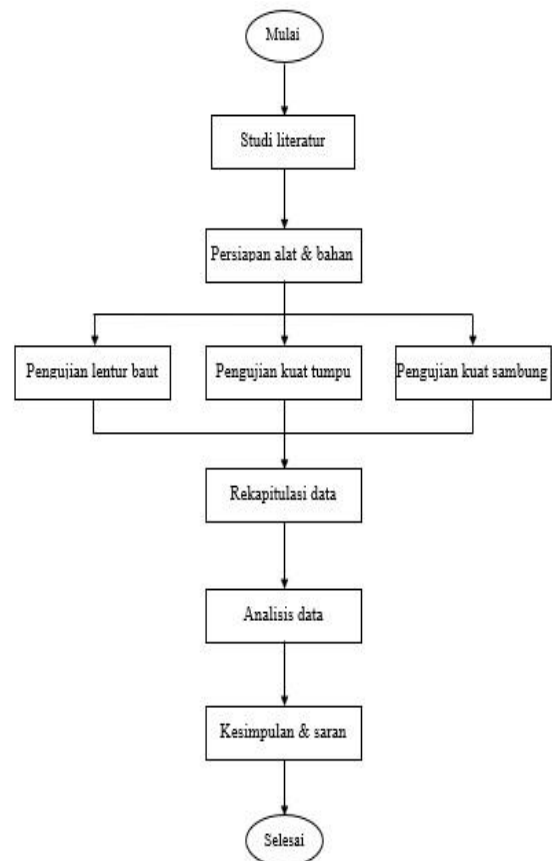
Gambar 4 Setting Pengujian Kuat Tumpu



Gambar 5 Setting Pengujian Kuat Sambungan

#### 3.4. Tahapan Penelitian

Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Bagan Alir Penelitian

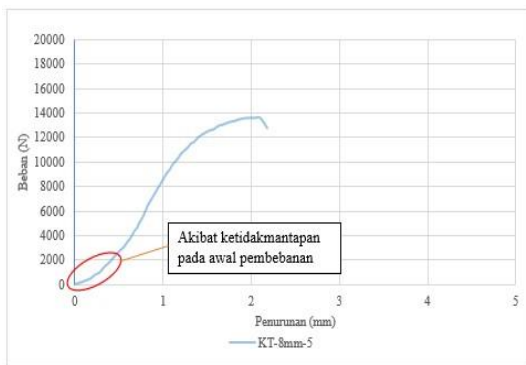
## 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Data

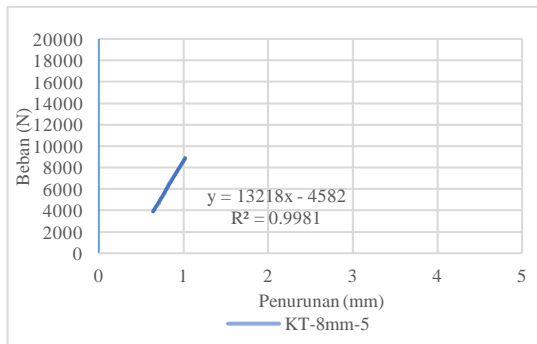
Analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 4.1.1 Perhitungan Koreksi Linieritas Kurva Hasil Pengujian

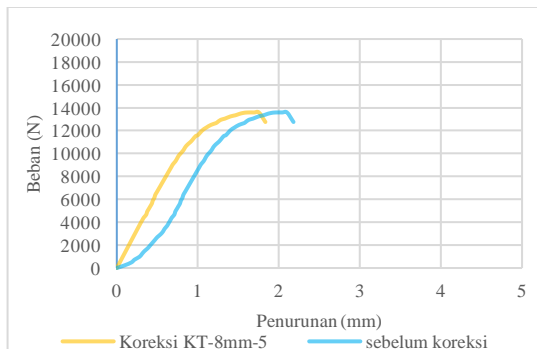
Koreksi linieritas pada kurva hasil pengujian dilakukan karena pada awal pembebanan terjadi ketidakmampuan benda uji, sehingga sulit untuk mencari nilai  $P_{5\%}$ . Grafik sebelum dan sesudah perhitungan koreksi linieritas pada benda uji KT-8mm-5 dapat dilihat pada Gambar 7 sampai Gambar 9.



Gambar 7 Kurva Sebelum Koreksi



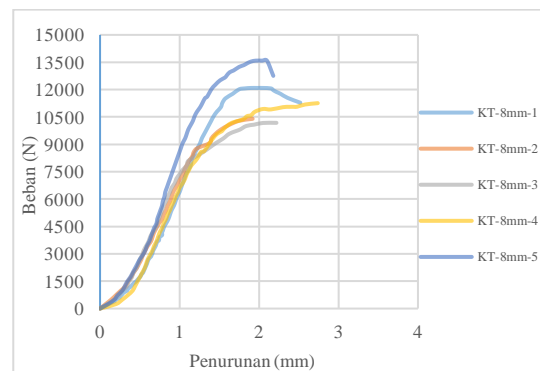
Gambar 8 Garis Bantu dan  $R^2$



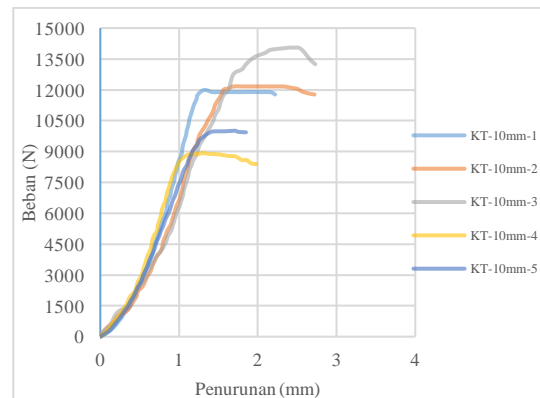
Gambar 9 Kurva Sesudah Koreksi

#### 4.1.2 Kuat Tumpu Bambu Laminasi

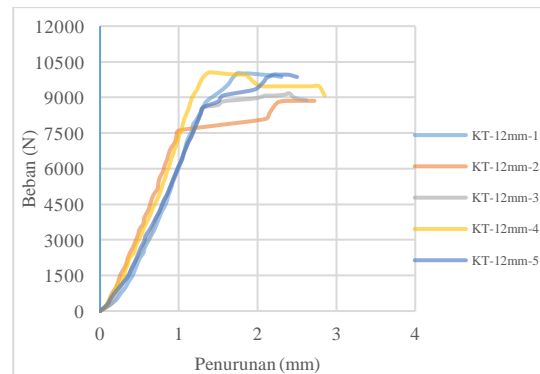
Pengujian kuat tumpu yang dilakukan menghasilkan data berupa penurunan (mm) dan beban (kg). Penurunan/*displacement* yang terjadi pada bambu laminasi diakibatkan oleh beban yang diberikan pada baut penekan. Rata-rata nilai kuat tumpu yang dihasilkan berturut-turut untuk benda uji dengan baut penekan 8 mm, 10 mm, dan 12 mm sebesar 33,50 MPa, 25,22 MPa, dan 17,18 MPa. Grafik hasil pengujian kuat tumpu dapat dilihat pada Gambar 10 sampai Gambar 12.



Gambar 10 Grafik Pengujian KT-8mm



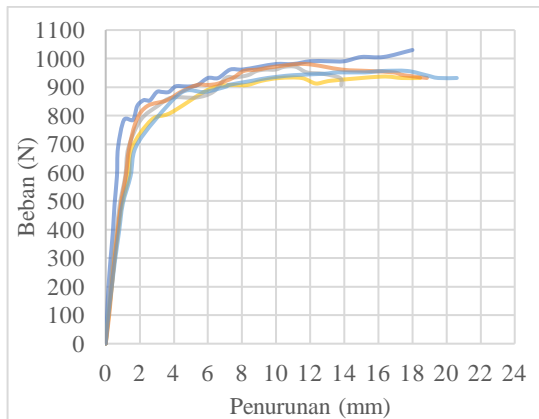
Gambar 11 Grafik Pengujian KT-10mm



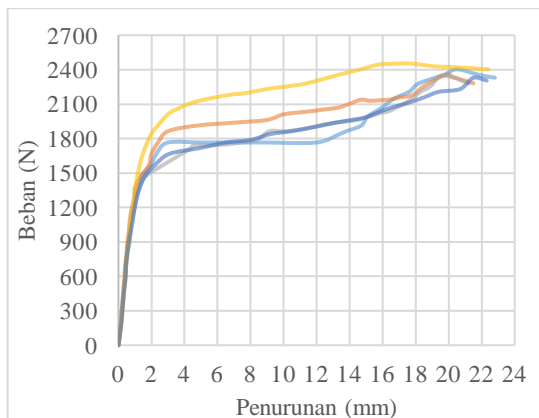
Gambar 12 Grafik Pengujian KT-12mm

#### 4.1.3 Kuat Lentur Baut

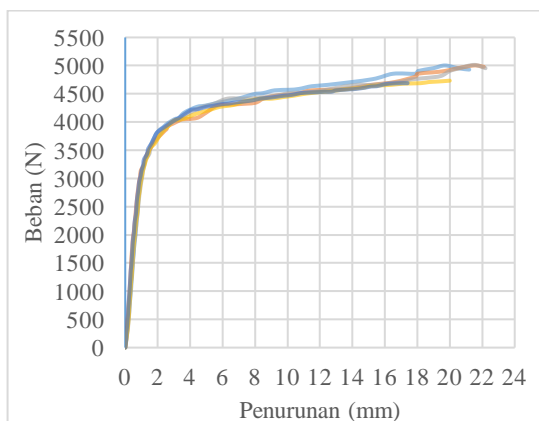
Hasil dari perhitungan kuat lentur baut berturut-turut untuk benda uji diameter 8 mm, 10 mm, dan 12 mm sebesar 347,54 MPa, 349,97 MPa, dan 521,78 MPa. Grafik hasil pengujian kuat lentur baut dapat dilihat pada Gambar 13 sampai Gambar 15.



Gambar 13 Grafik Pengujian KL-8mm



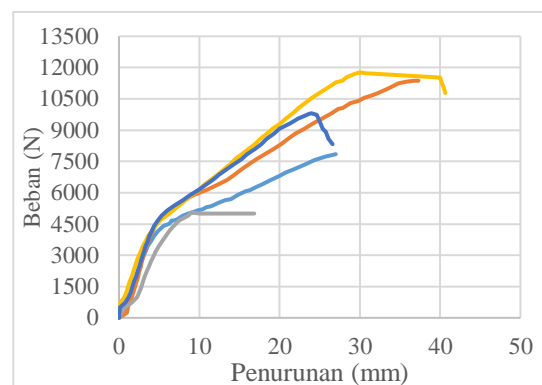
Gambar 14 Grafik Pengujian KL-10mm



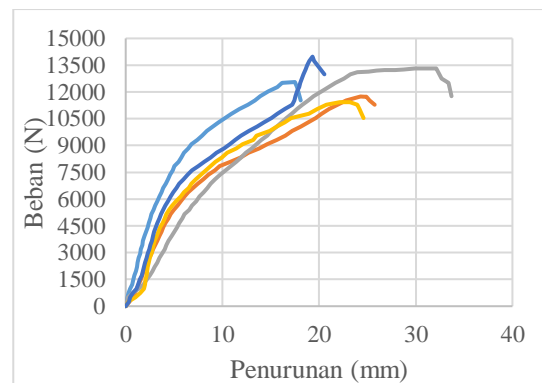
Gambar 15 Grafik Pengujian KL-12mm

#### 4.1.4 Kuat Sambung Bambu Laminasi

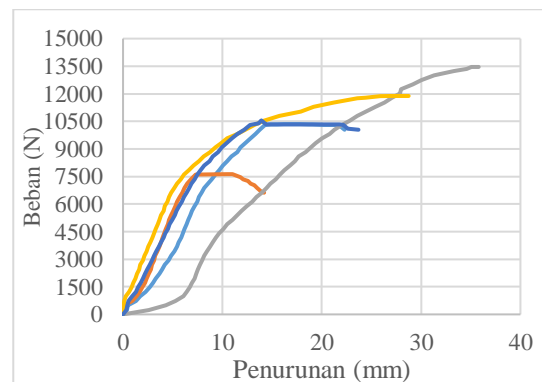
Rata-rata hasil dari perhitungan kuat sambungan prediksi untuk benda uji dengan alat sambung baut diameter 8 mm, 10 mm, dan 12 mm berturut-turut sebesar 919,894 N, 1392,004 N, 2138,276 N, sedangkan rerata nilai kuat sambung hasil pengujian berturut-turut sebesar 10980,66 N, 12605,85 N, dan 11559,86 N. Grafik hasil pengujian kuat sambungan dapat dilihat pada Gambar 16 sampai Gambar 18.



Gambar 16 Grafik Pengujian KS-8mm



Gambar 17 Grafik Pengujian KS-10mm



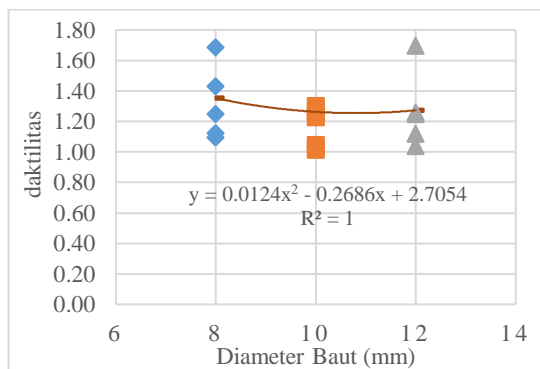
Gambar 18 Grafik Pengujian KS-12mm

## 4.2 Pembahasan

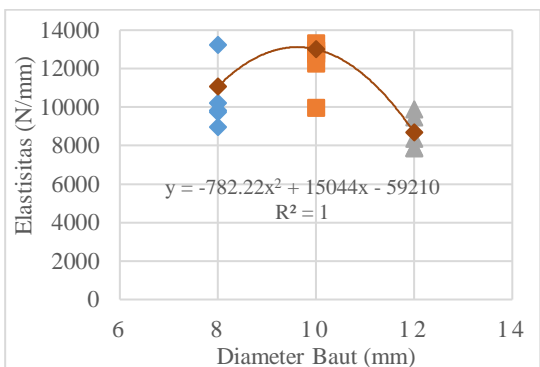
Pembahasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

### 4.2.1 Perbandingan Nilai Penting Pengujian Kuat Tumpu

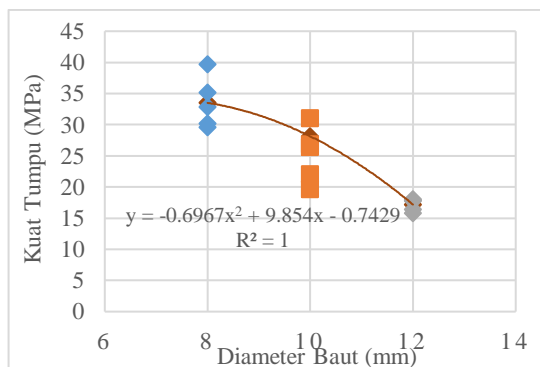
Perbandingan dimensi baut optimum dalam pengujian, berdasar nilai elastisitas ( $E$ ) dan kuat tumpu ( $F_c$ ) berturut-turut sebesar 9,62 mm dan 7,07 mm. Sedangkan dari parameter daktilitas ( $\mu$ ) didapat nilai minimum sebesar 10,83 mm. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 19 sampai Gambar 21 berikut.



Gambar 19 Perbandingan Nilai  $\mu$  Kuat Tumpu



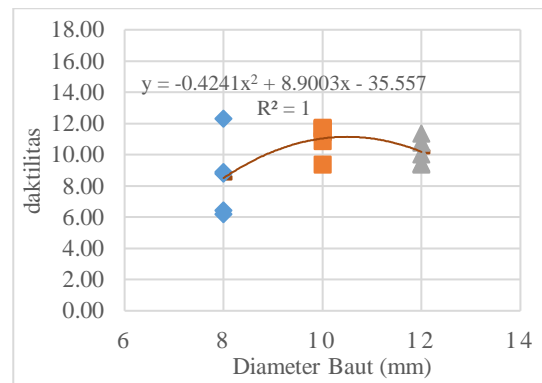
Gambar 20 Perbandingan Nilai  $E$  Kuat Tumpu



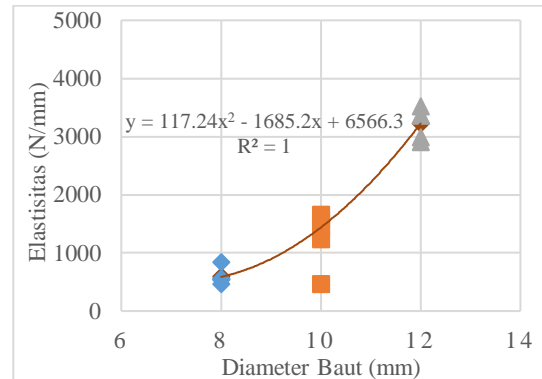
Gambar 21 Perbandingan Nilai Kuat Tumpu

### 4.2.2 Perbandingan Nilai Penting Pengujian Kuat Lentur

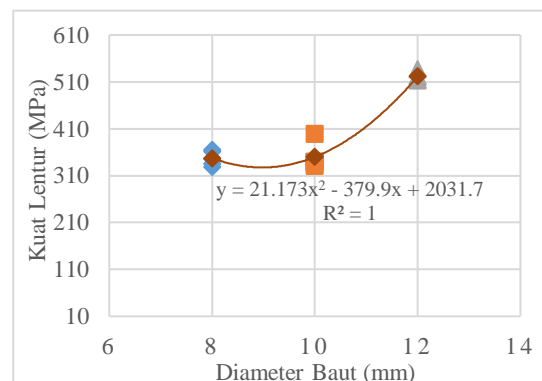
Perbandingan dimensi baut optimum dalam pengujian, berdasar nilai daktilitas ( $\mu$ ) sebesar 10,42 mm. Sedangkan dari parameter elastisitas ( $E$ ) dan kuat lentur ( $f_{yb}$ ) didapat grafik nilai minimumnya, berturut-turut sebesar 7,19 mm dan 8,97 mm. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 22 sampai Gambar 24 berikut.



Gambar 22 Perbandingan Nilai  $\mu$  Kuat Lentur



Gambar 23 Perbandingan Nilai  $E$  Kuat Lentur

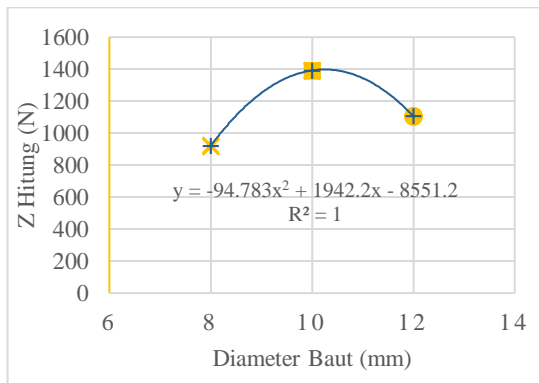


Gambar 24 Perbandingan Nilai Kuat Lentur

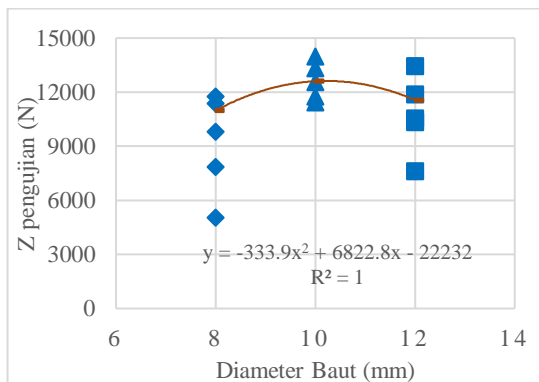


#### 4.2.3 Perbandingan Nilai Kuat Sambungan Prediksi dan Hasil Pengujian

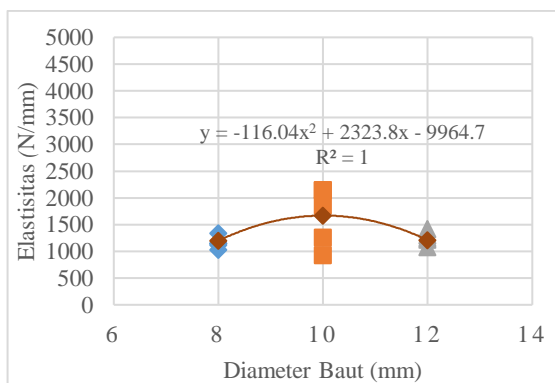
Perbandingan dimensi baut optimum dalam pengujian, berdasar nilai elastisitas ( $E$ ) dan tahanan lateral ( $Z$ ) berturut-turut sebesar 10,01 mm dan 10,2 mm. Sedangkan nilai daktilitas ( $\mu$ ) menghasilkan nilai minimum sebesar 13,09 mm. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 25 sampai Gambar 29 berikut.



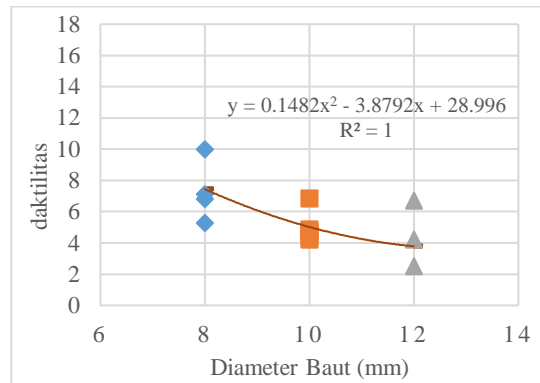
Gambar 25 Perbandingan Nilai Z hitungan



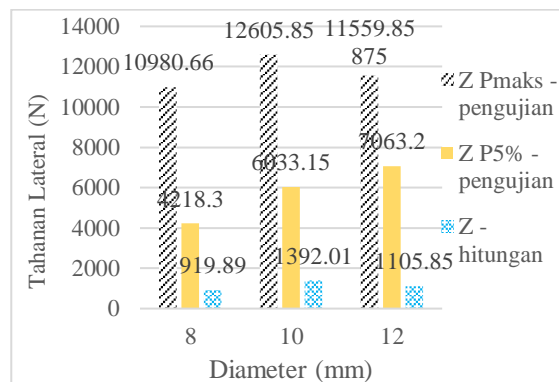
Gambar 26 Perbandingan Nilai Z Pengujian



Gambar 27 Perbandingan Nilai  $E$  Kuat Sambung



Gambar 28 Perbandingan Nilai  $\mu$  Kuat Sambung



Gambar 29 Perbandingan Nilai Kuat Sambung Prediksi dan Hasil hitungan

Berdasarkan Gambar 29 diketahui bahwa nilai tahanan lateral pengujian selalu lebih besar daripada tahanan lateral prediksi. Hal ini dapat disebabkan karena adanya pengencangan baut dengan menggunakan mur pada sambungan bambu laminasi dan pemberian cincin *ring* pada sambungan memberikan kontribusi pada kenaikan beban yang dapat ditahan.

#### 4.2.4 Kerusakan Bambu Laminasi Akibat Uji Kuat Tumpu

Rata-rata kerusakan yang dialami sampel pengujian kuat tumpu bambu laminasi berupa benda uji terbelah pada bagian sambungan lem, dikarenakan tidak kuat menahan beban saat pengujian.

#### 4.2.5 Mode Kegagalan pada Sambungan Bambu Laminasi

Berdasarkan hasil pengujian kuat sambungan, mode kegagalan II terjadi pada sambungan bambu laminasi dengan baut berdiameter 12 mm dan mode kegagalan IV terjadi pada

sambungan bambu laminasi dengan baut berdiameter 8 mm dan 10 mm. mode kegagalan II diakibatkan oleh kegagalan tumpu pada komponen kayu utama dan kayu samping, Sedangkan alat penyambung belum mengalami kegagalan namun hanya berotasi. mode kegagalan IV diakibatkan oleh terbentuknya dua sendi plastis pada alat penyambung dalam satu bidang geser. Mode kegagalan hasil pengujian sesuai dengan hasil prediksi yang dilakukan, untuk contoh mode kegagalan dapat dilihat pada Gambar 30 dan Gambar 31 berikut.



Gambar 30 Mode Kegagalan II



Gambar 31 Mode Kegagalan IV

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Rata-rata dari parameter penting hasil pengujian, seperti elastisitas ( $E$ ), daktilitas ( $\mu$ ), kuat tumpu ( $F_e$ ) dan tahanan lateral ( $Z$ ) sangat dipengaruhi oleh variasi rasio diameter baut yang digunakan terhadap besar benda uji.
2. Perbandingan nilai tahanan lateral ( $Z$ ) sambungan bambu laminasi hasil prediksi dengan  $Z$  hasil pengujian, didapat nilai  $Z$  hasil pengujian selalu lebih besar dari

tahanan lateral hasil prediksi. Hal ini dikarenakan dalam teori EYM maupun NDS tidak menghitung pengaruh penggunaan *ring* dan juga pengencangan pada baut yang digunakan dalam sambungan.

3. Besar diameter baut optimum pada pengujian kuat tumpu dan kuat sambungan yang dilakukan, jika dilihat dari kapasitas beban maksimumnya didapat diameter optimum 7,07 mm untuk kuat tumpu dan 10,2 mm untuk kuat sambung bambu laminasi.
4. Kerusakan yang terjadi pada pengujian kuat sambung sesuai dengan hasil prediksi yang dilakukan, untuk benda uji dengan baut 8 mm dan 10 mm mengalami mode kegagalan IV, sedangkan baut 12 mm mengalami mode kegagalan II.

### 5.2. Saran

Saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut ini.

1. Perlu dilakukan penelitian mengenai perbandingan kuat sambungan material bambu laminasi dengan material kayu.
2. Perlu dilakukan penelitian terhadap variasi jumlah baut, dan penggunaan baut dengan diameter lain dalam penelitian selanjutnya.
3. Perlu dilakukan penelitian mengenai desain layer pengeleman laminasi bambu.

### DAFTAR PUSTAKA

- Fardhani, A., 2016, Pengujian Kuat Tumpu Wood Plastic Composite (wpc) Sengon Dengan Half Hole Method, *Tugas Akhir*, (Tidak Diterbitkan), Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Mahdinur., 2016, Studi Penggunaan Alat Sambung Sekrup Pada Wood Plastic Composite (wpc) Dengan Metode Geser Satu Irisan, *Tugas Akhir*, (Tidak Diterbitkan), Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Robi, A., 2017, Uji Kekuatan Bambu Laminasi Sebagai Pengganti Kayu, *Tugas Akhir*, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.