

**STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TUMPU BAMBU TALI
(*Gigantochloa apus*) DENGAN MENGGUNAKAN ALAT
SAMBUNG BAUT**

*Experimental Study on Embedment Strength
Of Tali Bamboo (*Gigantochloa apus*) By Using Bolt as Fastener*

Artikel Ilmiah
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh :
TRI UTAMI INSAN WAHYUNI
F1A 019 180

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023

Artikel Ilmiah

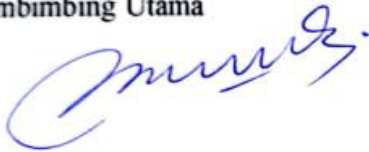
**STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TUMPU BAMBU TALI
(*Gigantochloa apus*) DENGAN MENGGUNAKAN ALAT
SAMBUNG BAUT**

Oleh:

**TRI UTAMI INSAN WAHYUNI
F1A019180**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

1. Pembimbing Utama



Prof. Buan Anshari, ST., MSc (Eng)., Ph.D.
NIP.19710703 199802 1 001

Tanggal: Juli 2023

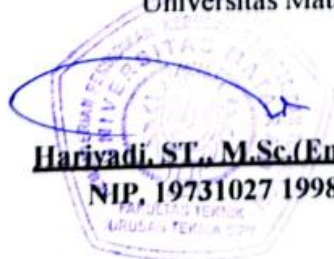
2. Pembimbing Pendamping



Dr. Ngudivono, ST., MT.
NIP.19740505 199903 1 003

Tanggal: Juli 2023

Mataram, Juli 2023
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Hariyadi, ST., M.Sc.(Eng), Dr.(Eng).
NIP. 19731027 199802 1 001

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TUMPU BAMBU TALI (*Gigantochloa apus*) DENGAN MENGGUNAKAN ALAT SAMBUNG BAUT

Tri Utami Insan Wahyuni¹, Buan Anshari², Ngudiyono²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

ABSTRAK

Sambungan merupakan bagian terlemah dalam desain konstruksi atau struktur dimana kekuatan konstruksi pada umumnya ditentukan oleh kekuatan sambungan. Kegagalan sambungan dapat membahayakan kinerja keselamatan seluruh struktur dan dapat menyebabkan keruntuhan. Oleh karena itu desain sambungan merupakan salah satu inti dari desain struktur. Kekuatan sambungan baut dapat ditentukan dengan kekuatan tumpu baut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai kekuatan tumpu (F_e) pada bambu tali menggunakan alat sambung baut dan untuk mengetahui perbedaan kekuatan tumpu bambu tali pada bagian pangkal, tengah, ujung.

Pada penelitian ini metode pengujian kuat tumpu yang dilakukan adalah metode pengujian setengah lubang, metode lubang penuh, dan metode setengah lubang ganda. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian sifat fisik, sifat mekanik (tekan, kuat tumpu) dan kait leleh lentur baut. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *loading frame* dan *hydraulic jack* untuk menekan dan menahan benda uji dan *data logger* yang digunakan untuk membaca beban yang telah diberikan. Hasil uji kuat tumpu dianalisis kemudia dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bambu tali memiliki nilai kuat tumpu tertinggi pada bagian bawah untuk setiap metode yang digunakan, dan nilai kuat tumpu maksimum terbesar terdapat pada metode setengah lubang ganda, nilai kuat tumpu semakin meningkat dari bagian ujung hingga ke pangkal bambu dengan menggunakan ketiga metode yang dilakukan. Ukuran diameter baut yang lebih besar maka terdapat kecendrungan nilai kuat tumpu yang semakin rendah.

Kata kunci : bambu tali, sambungan, kuat tumpu

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan dalam bidang pertanian dan kehutanan, salah satunya yaitu bambu. Tumbuhan bambu adalah salah satu jenis tumbuhan yang banyak tumbuh di Indonesia dengan berbagai jenis. Salah satunya adalah bambu tali, jenis bambu ini adalah salah satu jenis bambu yang banyak tumbuh di Indonesia dan banyak dimanfaatkan untuk membuat kerajinan, dan konstruksi. Kegagalan sambungan dapat membahayakan kinerja keselamatan seluruh struktur dan dapat menyebabkan keruntuhan. Oleh karena itu desain sambungan merupakan salah satu inti dari desain struktur.

Sambungan merupakan bagian terlemah dalam desain konstruksi atau struktur dimana kekuatan konstruksi pada umumnya ditentukan oleh kekuatan sambungan. Baut merupakan alat sambung yang relatif mudah didapatkan dan mudah dalam pengerjaannya sehingga banyak digunakan dalam konstruksi bangunan di Indonesia.

Kekuatan sambungan baut dapat ditentukan dengan kekuatan tumpu baut. Kekuatan tumpu baut merupakan salah satu parameter penting yang memengaruhi nilai desain pada sambungan. Saat ini sudah banyak penelitian mengenai sambungan struktur kayu modern, tetapi masih sedikit penelitian mengenai sambungan bambu terutama jenis bambu tali.

Berdasarkan Uraian diatas, maka penulis akan mengkaji mengenai "Studi Eksperimental Kuat Tumpu Bambu Tali (*Gigantochloa apus*) Dengan Menggunakan Alat Sambung Baut". Dimana akan

digunakan tiga metode pengujian kuat tumpu yaitu metode setengah lubang, metode lubang penuh, dan metode setengah lubang ganda dengan menggunakan bambu tali pada setiap bagian atas, tengah, dan bawahnya. Baut akan digunakan sebagai alat sambung, dimana diameter baut yang digunakan adalah diameter 10 mm dan 6 mm.

Tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah :

- 1) Untuk menentukan nilai kekuatan tumpu (F_e) pada bambu tali menggunakan alat sambung baut.
- 2) Untuk menentukan perbedaan kekuatan tumpu bambu tali pada bagian ujung, tengah dan pangkal.
- 3) Untuk mendapatkan pola kegagalan yang terjadi pada kuat tumpu bambu tali pada bagian ujung, tengah dan pangkal.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Bambu Tali

Bambu tali merupakan salah satu jenis bambu yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat, khususnya masyarakat di daerah pedesaan. Menurut, Morisco (1999), bambu tali dapat tumbuh di dataran rendah maupun pegunungan, dengan tinggi batang 8 – 11 m, jarak ruas 45 – 65 cm, diameter 5 -8 cm dan tebal 3 – 15 mm. Warna kulit batang bambu tali hijau tua sampai hitam. Jenis bambu ini kuat, liat, lurus sehingga baik untuk bahan bangunan.

2.2 Sifat Fisik Bambu

2.2.1 Kadar Air

Kadar air merupakan perbandingan antara banyaknya air yang terkandung dalam bambu dengan berat kering tanurnya yang dinyatakan dalam persentase.

Secara umum untuk menentukan besarnya kadar air bambu dapat menggunakan Persamaan (1) :

$$KA = \frac{B_0 - B_1}{B_1} \times 100\% \quad (1)$$

dengan,

KA = Kadar air (%)

B_0 = Berat awal bambu (gr)

B_1 = Berat bambu kering tanur (gr)

2.2.2 Berat Jenis

Berat jenis dinyatakan sebagai perbandingan antara berat kering tanur suatu benda terhadap berat suatu volume air yang sama dengan volume benda itu. Untuk menentukan besarnya berat jenis bambu digunakan Persamaan (2) :

$$B_j = \frac{B_{kt}/V_0}{\rho_{air}} \quad (2)$$

dengan,

B_j = Berat Jenis

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

V_0 = Volume Benda uji (cm^3)

ρ_{air} = Berat volume air (gr/cm^3)

2.2.3 Kerapatan

Kerapatan kayu dinyatakan sebagai nilai berat jenis kering tanur yang dikalikan dengan berat volume air. Untuk menentukan besarnya nilai kerapatan digunakan Persamaan (3)

$$\text{Kerapatan} = B_j \times \rho_{air} \quad (3)$$

dengan,

B_j = Berat Jenis

ρ_{air} = Berat volume air (kg/m^3)

2.3 Alat Sambung Baut

Alat sambung baut umumnya terbuat dari baja lunak (mild steel) dengan kepala berbentuk hexagonal, square, dome, atau flat. Berdasarkan Surat Edaran Menteri PU dan Perumahan Rakyat No. 14/SE/M/2015 tentang *Pedoman Pemasangan Baut Jembatan* ditampilkan sifat mekanik baut berupa tegangan leleh dan tegangan tarik putus yang merujuk pada standar ASTM, standar ISO, dan standar JIS yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Mekanik Baut

Keterangan	A325	Grade 8.8	A490	Grade 10.9	F10T
Tegangan Leleh (MPa)	660	640 ⁽¹⁾ 660 ⁽²⁾	940	940	900
Tegangan Tarik Putus (MPa)	830	800 ⁽¹⁾ 830 ⁽²⁾	1040-1210	1040	1000-1200
Tegangan <i>Proofload</i> (MPa)	600	580 ⁽¹⁾ 600 ⁽²⁾	830	830	-

(sumber : Tabel A.3 “Pedoman Pemasangan Baut Jembatan”(2015))

2.3.1 Kuat Lentur Baut

Pengujian kuat lentur baut mengacu pada standar ASTM F1575-03 yang bertujuan untuk mengetahui nilai kuat lentur baut (f_{yb}). Penentuan nilai kuat lentur baut (f_{yb}) dihitung berdasarkan Persamaan (4) dibawah ini :

$$f_{yb} = \frac{3 \cdot P \cdot S_{bp}}{2 \cdot D^3} \quad (4)$$

Dengan,

f_{yb} = Kuat lentur baut (Mpa)

P = Beban leleh baut (N)

S_{bp} = Jarak antar tumpuan (mm)

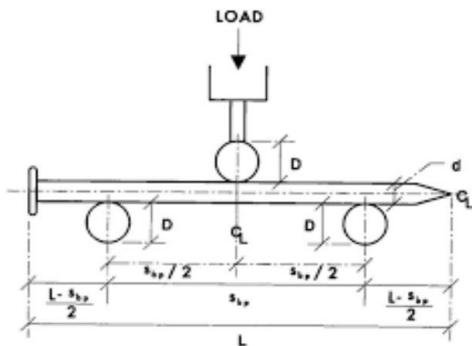
D = Diameter polos pada baut (mm)

Penentuan jarak antar tumpuan uji leleh lentur baut berdasarkan ASTM F1575-03 dapat dilihat pada Tabel 2. dibawah ini :

Tabel 2. Jarak antar tumpuan uji lentur baut berdasarkan ASTM F1575-03

Nail Nominal Diameter (in.), tolerance per Specification F 1667	Length 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, rounded to the nearest tenth of an inch

Skema pengujian uji lentur baut berdasarkan ASTM F1575-03 dapat dilihat pada Gambar 1. dibawah ini :



Gambar 1. Skema pengujian berdasarkan ASTM F1575-03

2.4 Kekuatan Tumpu

Kekuatan tumpu adalah kekuatan maksimum kayu pada sekeliling lubang yang dibebani baut, parameter ini perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi terhadap kekuatan sambungan kayu. Pengujian kuat lentur baut mengacu pada standar ASTM D5764-97a (2018)

Berdasarkan ASTM D5764-97a (2018) mengenai pengujian kuat tumpu baut yang didalamnya menyediakan prosedur dasar untuk mengevaluasi kuat tumpu baut kayu maupun produk berbasis kayu lainnya, pengujian dilakukan dengan kecepatan 1 mm/menit. Hasil pengujian dilakukan untuk menentukan ketahanan beban dan deformasi karakteristik dari sambungan pada kayu maupun produk berbasis kayu

yang dihasilkan dari penerapan beban yang disalurkan oleh alat pengencang yang dimasukkan kedalam lubang. Berdasarkan ASTM D5764-97a (2018) dalam melakukan pengujian kuat tumpu terdapat dua metode yaitu metode setengah lubang dan metode lubang penuh.

2.4.1 Metode Setengah Lubang

Pada metode setengah lubang, benda uji diberi setengah lubang di bagian atas dengan kedalaman setengah diameter baut. Pada saat pengujian baut diletakkan di bagian lubang di ditekan hingga baut rata dengan permukaan badan uji. Penentuan kuat tumpu metode setengah lubang menurut ASTM D5764-97a (2018) dapat dihitung dengan persamaan (5) dan Persamaan (6).

$$F_e = \frac{P_{5\%}}{(D \times t)} \quad (5)$$

$$F_e = \frac{P_{maksimum}}{(D \times t)} \quad (6)$$

dengan,

F_e = Tegangan tumpu baut (Mpa)

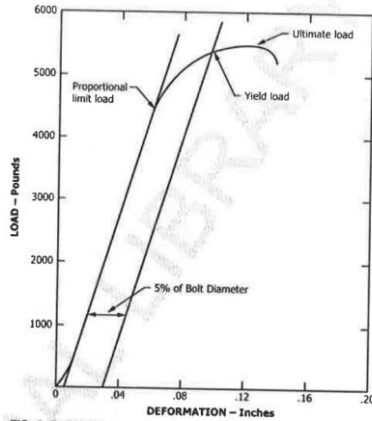
$P_{5\%}$ = kuat tumpu pada saat 5% offset(N)

D = Diameter alat pengencang (mm)

t = Tebal Benda uji (mm)

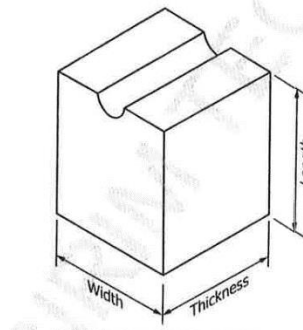
P_{max} = kuat tumpu Maksimum (N)

Nilai $P_{5\%}$ merupakan titik potong antara grafik hasil pengujian dengan garis offset 5% diameter terukut baut, yang dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Grafik beban dan deformasi

Bentuk benda uji dan pengujian metode setengah lubang berdasarkan ASTM D5764 dapat dilihat pada Gambar 3.

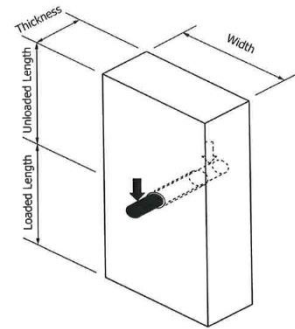


Gambar 3. benda uji metode setengah lubang

2.4.2 Metode Lubang Penuh

Metode lubang penuh bisa digunakan apabila benda uji cenderung untuk membelah sebelum pengujian selesai. Tes ini tepat untuk mempelajari efek dari beberapa faktor seperti diameter baut, ukuran lubang, kadar air dan serat pada benda uji. Serat yang digunakan pada pengujian ini adalah hanya memakai sejajar serat kayu. Penentuan kuat tumpu metode lubang penuh menurut ASTM D5764-97a (2018) juga dapat dihitung dengan

persamaan (5) dan Persamaan (6). Bentuk benda uji dan pengujian metode setengah lubang berdasarkan ASTM D5764 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ukuran benda uji metode lubang penuh

2.4.3 Metode Setengah Lubang Ganda

Berdasarkan penelitian kuat tumpu menggunakan bambu yang dilakukan oleh D.J.A Trujillo, dkk (2018) terdapat metode setengah lubang ganda, metode ini adalah salah satu metode yang dikembangkan pada penelitiannya yang berdasarkan ASTM D5764. Penentuan kuat tumpu metode setengah lubang ganda dapat dihitung dengan persamaan (7) dan Persamaan (8).

$$F_e = \frac{P_{5\%}}{(D \times 2t)} \quad (7)$$

$$F_e = \frac{P_{maksimum}}{(D \times 2t)} \quad (8)$$

dengan,

F_e = Tegangan tumpu baut (Mpa)

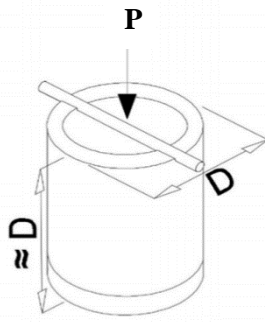
$P_{5\%}$ = kuat tumpu pada saat 5% offset (N)

D = Diameter alat pengencang (mm)

t = Tebal Benda uji (mm)

P_{max} = kuat tumpu Maksimum (N)

bentuk benda uji dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Ukuran benda uji metode setengah lubang ganda (sumber:D.J.A Trujillo, D. (2018))

2.5 Pola kegagalan pada kuat tumpu

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh D.J.A Trujillo, dkk (2018) mengenai kekuatan tumpu pada bambu Guadua, terdapat dua keruntuhan atau kegagalan yang terjadi, yaitu *bearing failure* (keruntuhan pada tumpuan) dan *Dowel failure* (keruntuhan pada alat sambung).

4.3.1 *Bearing failure* (keruntuhan pada tumpuan)

Bearing failure (keruntuhan pada tumpuan) terjadi karena tumpuan tidak dapat menahan beban yang diberikan dimana ini merupakan beban maksimum yang dapat diberikan pada tumpuan. Keruntuhan yang terjadi ditandai dengan munculnya retak, pecah atau ketika alat sambung sudah masuk sedalam setengah dari diameter ukuran alat sambung.

4.3.2 *Dowel Failure* (keruntuhan pada alat sambung)

Dowel failure (keruntuhan pada alat sambung) adalah keruntuhan yang terjadi karena alat sambung yang digunakan sudah leleh atau tidak mampu lagi menyalurkan beban kepada tumpuan. Keruntuhan ini terjadi dengan ditandainya alat sambung yang sudah tidak lurus lagi.

4.3.3 Mode kegagalan yang terjadi pada sambungan kayu

Mode kelelahan yang terjadi pada sambungan kayu dibagi menjadi empat jenis oleh *National Design Specification* (NDS). Bentuk mode kelelahan yang terjadi pada sambungan kayu dengan tinjauan geser satu irisan mode I_s , I_m , II, III_s , III_m dan IV.

Deskripsi mengenai mode kelelahan yang terjadi pada sambungan kayu sebagai berikut :

Mode I_m : Kegagalan tumpu komponen kayu utama dan alat sambung belum mengalami kegagalan masih berperilaku elastis.

Mode I_s : Kegagalan tumpu komponen kayu samping dan alat sambung belum mengalami kegagalan masih berperilaku elastis.

Mode II : Kegagalan tumpu komponen kayu utama dan kayu samping, sedangkan alat sambung belum mengalami kegagalan/masih berperilaku elastis.

Mode III_m : Kegagalan tumpu kayu utama disertai dengan satu sendi plastis pada alat sambung dalam satu bidang geser.

Mode III_s : Kegagalan tumpu kayu samping disertai dengan satu sendi plastis pada alat sambung dalam satu bidang geser.

Mode IV : Terbentuknya dua sendi plastis pada alat sambung dalam satu bidang geser.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen.

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu, baut dengan mutu 8.8, gergaji kayu, meteran atau alat ukur, Dongkrak hidrolis (*Hydraulic jack*), *load cell*, *Dial guage*, *Loading frame*, Data logger and monitor, Mesin bor dan mata bor, oven, timbangan dan alat tulis.

3.2 3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Persiapan

Persiapan ini merupakan tahap awal yang dilakukan sebelum melangkah ketahap selanjutnya. Kegiatan yang termasuk dalam tahap ini seperti Pengumpulan berbagai bahan pustaka sebagai pedoman dalam pembuatan, dan pengujian benda uji, Penyediaan alat-alat yang akan digunakan, Persiapan pembuatan benda uji yang diawali dengan menghitung kebutuhan bambu yang diperlukan, dan mengawetkan bambu yang akan digunakan.

3.2.2 Pengujian pendahuluan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui spesifikasi bahan yang akan digunakan. Adapaun uji pendahuluan yang dilakukan adalah pengujian sifat fisik bambu (kadar air, berat jenis, dan kerapatan) dan uji kuat leleh lentur baut.

3.2.3 Kebutuhan Benda Uji

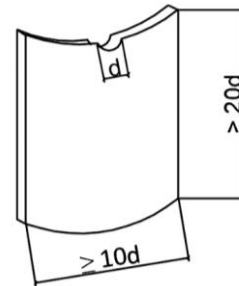
Benda uji yang dibutuhkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan benda uji

Metode	6 mm			10 mm			Jumlah
	Ujung	Tengah	Pangkal	Ujung	Tengah	Pangkal	
Setengah Lubang	20	20	20	20	20	20	120
Setengah Lubang Ganda	20	20	20	20	20	20	120
Lubang Penuh	20	20	20	20	20	20	120
Total							360

3.2.3 Pembuatan Benda Uji Kuat Tumpu

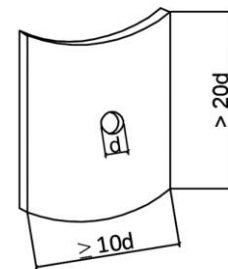
- Menyiapkan bambu yang telah diawetkan.
- Menentukan bagian atas, tengah dan bawah bambu.
- Memotong bambu sesuai dengan ukuran dan jumlah yang telah ditentukan untuk setiap bagian, Ukuran bambu untuk setiap metode dapat dilihat pada Gambar 6 (a) sampai (c)
- Melubangi bagian bambu sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan pada Gambar (a) sampai (c)



(a) Benda uji kuat tumpu metode setengah lubang

Keterangan :

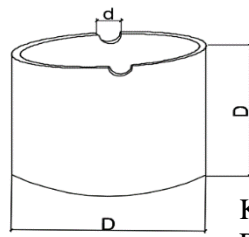
d = Diameter



(b) Benda uji kuat tumpu metode lubang penuh

Keterangan :

d = Diameter



Keterangan :
 D = diameter bambu
 d = diameter baut

(c) Benda uji kuat tumpu metode setengah lubang ganda

Gambar 6. Benda uji metode kuat tumpu

3.2.4 Pelaksanaan Pengujian

Dalam pelaksanaannya pengujian dalam penelitian ini menggunakan tiga metode, yaitu metode setengah lubang, metode lubang penuh, dan setengah lubang ganda. Gambaran pelaksanaan pengujian kuat tumpu dapat dilihat pada set-up pengujian Gambar 7 (a) sampai (c)



(a) Set-up pengujian metode setengah lubang



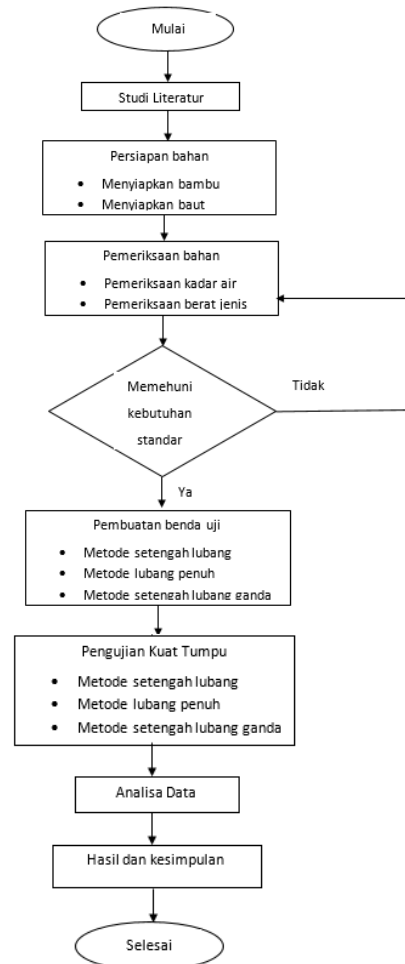
(b) Set-up pengujian metode lubang penuh



(c) Set-up pengujian metode setengah lubang ganda

Gambar 7. Set-up pengujian kuat tumpu

3.3 Bagan Alir Penelitian



4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.2 Hasil Uji Pendahuluan

Pengujian-pengujian yang dilakukan pada uji pendahuluan adalah pengujian, kadar air, berat jenis dan kerapatan yang masing masing menggunakan tiga sampel bambu untuk bagian atas, tengah dan bawah bambu.

Tabel 3. Hasil Uji Kadar Air

Nama	Berat sebelum Oven (gr)	Berat Setelah Oven (gr)	Kadar air (%)	Kadar Air Rata-Rata (%)
U 1	25.58	22.97	11.36	10.82
U 2	21.28	19.32	10.14	
U 3	23.53	21.21	10.94	
T 1	28.85	25.16	14.67	13.58
T 2	26.6	23.19	14.70	
T 3	24.88	22.34	11.37	
P 1	39.91	34.67	15.11	15.40
P 2	36.43	31.57	15.39	
P 3	38.49	33.27	15.69	

Tabel 4. Berat Jenis Bambu Tali

Nama	Berat (gr)	V (cm ³)	pair (gr/cm ³)	Berat Jenis	Berat Jenis Rata-Rata
U 1	22.97	27.5	1.00	0.84	0.79
U 2	19.32	28.75	1.00	0.67	
U 3	21.21	25	1.00	0.85	
T 1	25.16	27.5	1.00	0.91	0.88
T 2	23.19	25	1.00	0.93	
T 3	22.34	27.5	1.00	0.81	
P 1	34.67	37.5	1.00	0.92	0.89
P 2	31.57	37.5	1.00	0.84	
P 3	33.27	36.25	1.00	0.92	

Tabel 5. Kerapatan

Nama	Berat jenis	pair (kg/m ³)	Kerapatan (kg/m ³)	Rata-Rata (kg/m ³)
U 1	0.84	1000	835.27	785.22
U 2	0.67	1000	672.00	
U 3	0.85	1000	848.40	
T 1	0.91	1000	914.91	884.96
T 2	0.93	1000	927.60	
T 3	0.81	1000	812.36	
P 1	0.92	1000	924.53	894.73
P 2	0.84	1000	841.87	
P 3	0.92	1000	917.79	

4.2 Hasil Uji Kuat Leleh Lentur Baut

Pengujian dilakukan terhadap 3 (tiga) benda uji untuk tiap diameter baut, yaitu diameter 6 mm dan 10 mm dengan jarak antar tumpuan sesuai dengan ASTM F1575. Hasil dari kuat leleh lentur baut dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Kuat leleh lentur baut

No	Nama	P (N)	Sbp (mm)	D (mm)	Fyb (MPa)	Rata - Rata (MPa)
1	B1	1280	70	6	622.2	620.6
2	B2	1550	70		753.5	
3	B3	1000	70		486.1	
4	B1	4700	117	10	824.9	814.9
5	B2	4550	117		798.5	
6	B3	4680	117		821.3	

Dari hasil pengujian kuat lentur baut berdasarkan ASTM F1575 rata-rata untuk diameter 6 mm adalah 620,6 MPa dan untuk diameter 10 mm adalah 814,9 MPa. Hasil ini sudah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wiryanto,dkk (2016) mengenai karakteristik baut mutu tinggi Grade 8.8 dengan nilai kuat leleh lentur 640-660 MPa.

4.4 Hasil Uji Kuat Tumpu

Pada penelitian ini kekuatan yang diambil untuk mengetahui nilai kuat tumpu bambu adalah kekuatan pada saat bambu mengalami kegagalan baik bambu yang diuji retak, pecah atau alat sambung sudah menekan benda uji sedalam diameter alat sambung. Pengujian dilakukan pada keseluruhan benda uji yang telah dibuat, namun dalam pelaporannya hanya diambil tiga data sebagai perwakilan pada setiap metode dan setiap bagian untuk melihat bagaimana pembebanan dan deformasi yang terjadi, serta dapat menentukan nilai offset 5% diameter terukur baut. Adapun hasil pengujian kuat tumpu bambu untuk metode setengah lubang, lubang penuh, dan setengah lubang ganda dengan baut berdiameter 10 mm dan 6 mm dapat dilihat dibawah ini

4.4.1 Metode setengah Lubang

a. Diameter 10 mm

Hasil Perhitungan nilai kuat tumpu metode setengah lubang dengan baut berdiameter 10 mm pada bagian ujung, tengah dan pangkal bambu dapat dilihat pada Tabel 7.

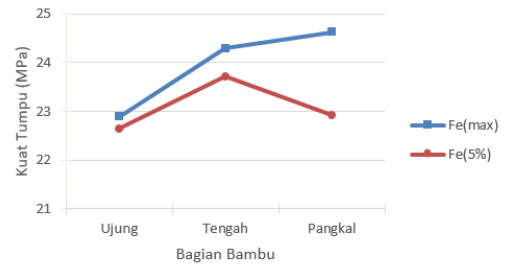
Tabel 7. Kuat tumpu bagian ujung, tengah, pangkal metode setengah lubang dengan diameter baut 10 mm

No	Nama Sampel	Pmax N	P(5%) N	D mm	t mm	Fe(max) MPa	Rata-rata MPa	Fe(5%) MPa	Rata-rata MPa
UJUNG									
1	U 1	1190	1180	10	6	19.83	22.89	19.67	22.64
2	U 2*								
3	U 3	1450	1445	10	6	24.17		24.08	
4	U 4*								
5	U 5	1480	1450	10	6	24.67		24.17	
TENGAH									
1	T 16	1630	1630	10	7	23.29	24.29	23.29	23.71
2	T 17*								
3	T 18	1730	1650	10	7	24.71		23.57	
4	T 19*								
5	T 20	1740	1680	10	7	24.86		24.29	
PANGKAL									
1	P 16	1800	1650	10	8	22.50	24.63	20.63	22.92
2	P 17	2220	2000	10	8	27.75		25.00	
3	P 18*								
4	P 19*								
5	P 20	1890	1850	10	8	23.63		23.13	

Dapat dilihat pada Tabel 7 masing-masing nilai maksimum untuk metode setengah lubang pada bagian ujung, tengah, dan pangkal dengan menggunakan baut berdiameter 10 mm adalah 1480 N, 1740 N, dan 2220 N, Sedangkan untuk nilai maksimum yang diukur dengan garis offset 5% diameter terukut baut untuk bagian ujung, tengah, dan pangkal secara berurutan adalah 1450 N, 1680 N, dan 2000 N. Dan untuk nilai kuat tumpu rata-rata maksimum adalah 22,89 MPa pada bagian ujung, 24,29 MPa pada bagian tengah dan 24,63 MPa pada bagian pangkal, sedangkan nilai kuat tumpu rata-rata yang diukur dengan garis offset 5% diameter terukut baut pada masing-masing bagian ujung, tengah, dan pangkal adalah 22,64 MPa, 23,71 MPa, dan 22,92 MPa.

Dari hasil pengujian metode setengah lubang dengan menggunakan baut berdiameter 10 mm didapatkan hasil untuk bagian ujung, tengah, dan pangkal bambu adalah hasil nilai maksimum terdapat pada bagian pangkal bambu, hal ini disebabkan oleh tebal serat yang lebih besar dibandingkan pada bagian tengah dan ujung, ketebalan atau kerapatan serat bambu dapat dipengaruhi oleh kadar air, kadar air dari bambu dapat dipengaruhi oleh lokasi tempat

tumbuhnya bambu. Hasil kuat tumpu bambu maksimum dan pada saat offset 5% diameter terukut baut pada bagian ujung, tengah, dan pangkal terlihat tidak signifikan, Grafik perbandingan nilai Fe(max) dan Fe(5%) dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik nilai perbandingan kuat tumpu rata-rata Fe(max) dan Fe(5%) diameter baut 10 mm metode setengah lubang

b. Diameter 6 mm

Pengujian kuat tumpu bambu tali juga dilakukan dengan diameter baut 6 mm pada bagian ujung, tengah dan pangkal bambu tali, hasil dari pengujian kuat tumpu metode setengah lubang dengan diameter baut 6 mm dapat dilihat pada Tabel 8.

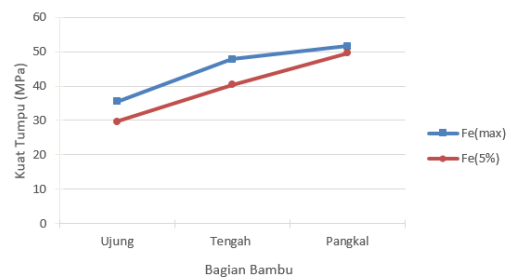
Tabel 8. Kuat tumpu bagian ujung, tengah, pangkal metode setengah lubang dengan diameter baut 6 mm

No	Nama Sampel	Pmax N	P(5%) N	D mm	t mm	Fe(max) MPa	Rata-rata MPa	Fe(5%) MPa	Rata-rata MPa
UJUNG									
1	U 16	1220	1250	6	6	33.89	35.46	34.72	29.72
2	U 17	1190	560	6	6	33.06		15.56	
3	U 18*								
4	U 19	1420	1400	6	6	39.44		38.89	
5	U 20*								
TENGAH									
1	T 16	1850	1800	6	7	44.05	47.71	42.86	40.37
2	T 17	2260	2210	6	8	47.08		46.04	
3	T 18	2340	1300	6	7.5	52.00		32.22	
4	T 19*								
5	T 20*								
PANGKAL									
1	P 16*						51.51		49.56
2	P 17*								
3	P 18	1670	1650	6	7	39.76		39.29	
4	P 19	2320	2295	6	7	55.24		54.64	
5	P 20	2500	2300	6	7	59.52		54.76	

Pada Tabel 8 masing-masing nilai maksimum untuk metode setengah lubang pada bagian ujung, tengah, dan pangkal dengan menggunakan baut

berdiameter 6 mm adalah 1420 N, 2340 N, dan 2500 N, Sedangkan untuk nilai maksimum yang diukur dengan garis offset 5% diameter terukut baut untuk bagian ujung, tengah, dan pangkal secara berurutan adalah 1400 N, 2210 N, dan 2300 N. Dan untuk nilai kuat tumpu maksimum pada masing-masing bagian adalah 35,46 MPa, 47,71 MPa dan 51,51 MPa, sedangkan nilai kuat tumpu yang diukur dengan garis offset 5% diameter terukut baut pada masing-masing bagian ujung, tengah, dan pangkal adalah 29,72 MPa, 40,37 MPa, dan 49,56 MPa.

Hasil pengujian metode setengah lubang dengan menggunakan baut berdiameter 6 mm untuk bagian ujung, tengah, dan pangkal bambu menunjuk hasil nilai maksimum juga terdapat pada bagian pangkal bambu, hal ini disebabkan oleh tebal serat yang lebih besar dibandingkan pada bagian tengah dan ujung. Perbedaan kerapatan pada bagian ujung, tengah dan pangkal bambu juga dapat mempengaruhi hasil dari pengujian, karena kerapatan sendiri dipengaruhi oleh kadar air dari bambu. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa nilai kuat tumpu metode setengah lubang dengan baut berdiameter 6 mm memiliki nilai lebih besar jika dibandingkan dengan menggunakan baut berdiameter 10 mm, hal ini sesuai dengan Persamaan 2.6 dan Persamaan 2.7 yang digunakan dalam perhitungan dimana kuat tumpu bambu dipengaruhi oleh ketebalan bambu dan diameter baut yang digunakan. Grafik perbandingan nilai Fe(max) dan Fe(5%) dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik nilai perbandingan kuat tumpu rata-rata Fe(max) dan Fe(5%) diameter baut 6 mm metode setengah lubang

4.4.2 Metode Lubang Penuh

a. Diameter 10 mm

Hasil Pengujian kuat tumpu bambu tali metode lubang penuh yang dilakukan dengan menggunakan baut 10 mm dapat dilihat pada Tabel 9.

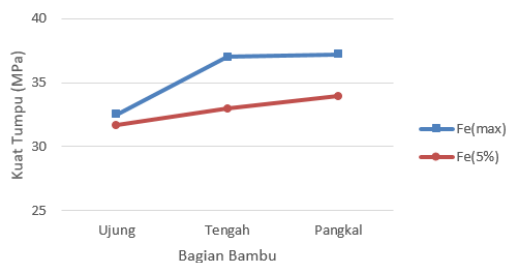
Tabel 9. Kuat tumpu bagian ujung, tengah, pangkal metode lubang penuh dengan diameter baut 10 mm

No	Nama Sampel	Pmax N	P(5%) N	D mm	t mm	Fe(max) MPa	Rata-rata MPa	Fe(5%) MPa	Rata-rata MPa		
UJUNG											
1	U 16*										
2	U 17*										
3	U 18	1850	1850	10	5	37.00	32.52	37.00	31.68		
4	U 19	1850	1700	10	6	30.83		28.33			
5	U 20	2080	2080	10	7	29.71		29.71			
TENGAH											
1	T 16*										
2	T 17	2820	2200	10	6	47.00	37.00	36.67	32.97		
3	T 18	2530	2530	10	8	31.63		31.63			
4	T 19	2590	2450	10	8	32.38		30.63			
5	T 20*										
PANGKAL											
1	P 16*										
2	P 17	2500	2500	10	7	35.71	37.18	35.71	33.94		
3	P 18*										
4	P 19	3340	2490	10	9	37.11		27.67			
5	P 20	2710	2690	10	7	38.71		38.43			

Tabel 9 menunjukkan masing-masing nilai maksimum untuk metode lubang penuh pada bagian ujung, tengah, dan pangkal dengan menggunakan baut berdiameter 10 mm adalah 2080 N, 2590 N, dan 3340 N, Sedangkan untuk nilai maksimum yang diukur dengan garis offset 5% diameter terukut baut untuk bagian ujung, tengah, dan pangkal secara berurutan adalah 2080 N, 2530N, dan 2690 N. Dan untuk nilai kuat tumpu rata-rata maksimum pada masing-masing bagian ujung, tengah, dan pangkal

adalah 32.52 MPa, 37,00 MPa dan 37,18 MPa, sedangkan nilai kuat tumpu rata-rata yang diukur dengan garis offset 5% diameter terukut baut pada masing-masing bagian ujung, tengah, dan pangkal adalah 31,68 MPa, 32,97 MPa, dan 33,94 MPa.

Pada pengujian metode lubang penuh dengan menggunakan baut berdiameter 10 mm didapatkan hasil untuk bagian ujung, tengah, dan pangkal bambu adalah nilai maksimum terdapat pada bagian pangkal bambu. Selain dikarenakan tebal serat bambu, hasil nilai maksimum pengujian juga dapat dipengaruhi oleh umur bambu, menurut Fransiskus (2013) kuat tekan bambu akan semakin meningkat sesuai dengan umur bambu tersebut. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian kuat tumpu pada bambu wulung yang dilakukan oleh Awaludin (2012) dimana hasil nilai rata-rata yang didapat untuk kuat tumpu maksimum adalah 34,83 MPa sampai 45,88 MPa, maka nilai yang didapat dalam penelitian ini tidak menunjukkan perbedaan signifikan dengan penelitian sebelumnya. Grafik perbandingan nilai Fe(max) dan Fe(5%) dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10. Grafik nilai perbandingan kuat tumpu rata-rata Fe(max) dan Fe(5%) diameter baut 10 mm metode lubang penuh

b. Diameter 6 mm

Pengujian kuat tumpu bambu tali metode lubang penuh dengan diameter baut 6 mm pada bagian ujung, tengah dan pangkal bambu tali, dapat dilihat pada Tabel 10.

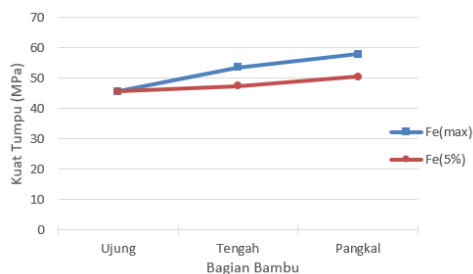
Tabel 10. Kuat tumpu bagian ujung, tengah, pangkal metode lubang tengah dengan diameter baut 6 mm

No	Nama Sampel	Pmax N	P(5%) N	D mm	t mm	Fe(max) MPa	Rata-rata MPa	Fe(5%) MPa	Rata-rata MPa
UJUNG									
1	U 16	1590	1590	6	6	44.17	45.60	44.17	45.74
2	U 17	1480	1250	6	6	35.24		34.72	
3	U 18	2410	2100	6	6	57.38		58.33	
4	U 19*	2260*							
5	U 20*	2260*							
TENGAH									
1	T 16*	1850*					53.54		47.43
2	T 17	2520	2200	6	8	52.50		45.83	
3	T 18	2560	2000	6	8	53.33		41.67	
4	T 19	2630	2630	6	8	54.79		54.79	
5	T 20*	2630*							
PANGKAL									
1	P 16	2450	2440	6	7	58.33	57.86	58.10	50.49
2	P 17*	2370*							
3	P 18*	2590*							
4	P 19	2850	2850	6	8.5	55.88		55.88	
5	P 20	2850	1800	6	8	59.38		37.50	

Pada Tabel 10 menunjukkan bahwa masing-masing nilai maksimum untuk metode lubang penuh pada bagian ujung, tengah, dan pangkal dengan menggunakan baut berdiameter 6 mm adalah 2410 N, 2630N, dan 2850 N, Sedangkan untuk nilai maksimum yang diukur dengan garis offset 5% diameter terukut baut (dapat dilihat pada lampiran II) untuk bagian ujung, tengah, dan pangkal secara berurutan adalah 2100 N, 2630 N, dan 2850 N. Dan untuk nilai kuat tumpu rata-rata maksimum pada masing-masing bagian ujung, tengah, dan pangkal adalah 45,60 MPa, 53,54 MPa dan 57,86 MPa, sedangkan nilai kuat tumpu rata-rata yang diukur dengan garis offset 5% diameter terukut baut pada masing-masing bagian ujung, tengah, dan pangkal adalah 45,74 MPa, 47,43 MPa, dan 50,49 MPa.

Hasil pengujian metode lubang penuh dengan menggunakan baut berdiameter 6 mm didapatkan nilai maksimum terdapat pada bagian pangkal

bambu, perbedaan ketebalan serat berpengaruh pada hasil pengujian, bagian ujung dan tengah bambu memiliki ketebalan dan kerapatan yang lebih kecil dibandingkan dengan bagian pangkal bambu. Hasil kuat tumpu bambu maksimum dan pada saat offset 5% diameter terukur baut pada bagian ujung, tengah, dan pangkal metode lubang penuh dengan baut berdiameter 6 mm terlihat tidak signifikan, Grafik perbandingan nilai Fe(max) dan Fe(5%) dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik nilai

perbandingan kuat tumpu rata-rata Fe(max) dan Fe(5%) diameter baut 6 mm metode lubang penuh

4.4.3 Metode Setengah Lubang Ganda

a. Diameter 10 mm

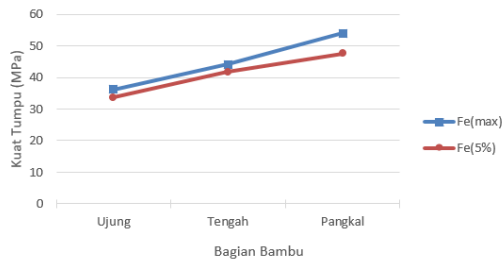
Hasil Pengujian kuat tumpu bambu tali metode setengah lubang ganda yang dilakukan dengan menggunakan baut 10 mm dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kuat tumpu bagian ujung, tengah, pangkal metode lubang ganda dengan diameter baut 10 mm

No	Nama Sampel	Pmax N	P(5%) N	D mm	t mm	Fe(max) MPa	Rata-rata MPa	Fe(5%) MPa	Rata-rata MPa
UJUNG									
1	U 16*								
2	U 17	3630	3630	10	10	36.30	36.21	36.30	33.66
3	U 18	3560	3560	10	12	29.67		29.67	
4	U 19	5120	4000	10	12	42.67		35.00	
5	U 20*								
TENGAH									
1	T 16*								
2	T 17	6600	6600	10	15	44.00	44.08	39.38	41.65
3	T 18	5820	5820	10	14	41.57		44.00	
4	T 19	5600	5590	10	12	46.67		41.57	
5	T 20*								
PANGKAL									
1	P 16*								
2	P 17	9120	9120	10	18	50.67	53.89	50.67	47.56
3	P 18	10560	10560	10	18	58.67		58.67	
4	P 19	9420	6000	10	18	52.33		33.33	
5	P 20*								

Masing-masing nilai maksimum untuk metode setengah lubang ganda pada bagian ujung, tengah, dan pangkal yang ditunjukkan oleh Tabel 4.11 dengan menggunakan baut berdiameter 10 mm adalah 5120 N, 6600 N, dan 10560 N, Sedangkan untuk nilai maksimum yang diukur dengan garis offset 5% diameter terukur baut untuk bagian ujung, tengah, dan pangkal secara berurutan adalah 4000 N, 6600 N, dan 10560 N. Dan untuk nilai kuat tumpu rata-rata maksimum adalah 36,21 MPa pada bagian ujung, 44,08 MPa pada bagian tengah dan 53,89 MPa pada bagian pangkal, sedangkan nilai kuat tumpu rata-rata yang diukur dengan garis offset 5% diameter terukur baut pada masing-masing bagian ujung, tengah, dan pangkal adalah 33,66 MPa, 41,65 MPa, dan 47,56 MPa.

Pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tumpu tertinggi terdapat pada bagian ujung bambu baik pada nilai maksimumnya maupun pada saat 5% offset diameter terukur baut. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan ketebalan serta kerapatan serat pada setiap bagian ujung, tengah, dan pangkal bambu. Hasil nilai kuat tumpu bambu maksimum dan pada saat offset 5% diameter terukur baut pada bagian ujung, tengah, dan pangkal metode lubang penuh dengan baut berdiameter 6 mm terlihat tidak signifikan, Grafik perbandingan nilai Fe(max) dan Fe(5%) dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik nilai perbandingan kuat tumpu rata-rata Fe(max) dan Fe(5%) diameter baut 10 mm metode setengah lubang ganda

b. Diameter 6 mm

Hasil Pengujian kuat tumpu bambu tali metode setengah lubang ganda yang dilakukan dengan menggunakan baut 6 mm dapat dilihat pada Tabel 12.

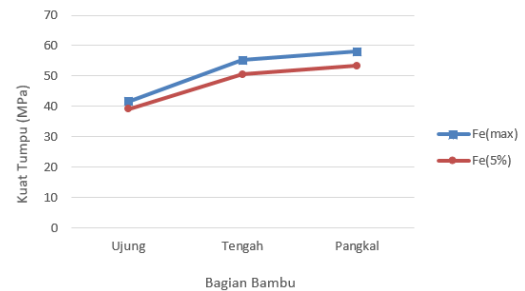
Tabel 12. Kuat tumpu bagian ujung, tengah, pangkal metode lubang ganda dengan diameter baut 6 mm

No	Nama Sampel	Pmax N	P(5%) N	D mm	t mm	Fe(max) MPa	Rata-rata MPa	Fe(5%) MPa	Rata-rata MPa
UJUNG									
1	U 16	2560	2250	6	12	35.56	41.57	31.25	39.12
2	U 17	3230	3200	6	12	44.86		44.44	
3	U 18*								
4	U 19	3190	3000	6	12	44.31		41.67	
5	U 20*								
TENGAH									
1	T 16	5380	5300	6	16	56.04	55.19	55.21	50.55
2	T 17*								
3	T 18	3970	2900	6	14	47.26		34.52	
4	T 19*								
5	T 20	5230	5200	6	14	62.26		61.90	
PANGKAL									
1	P 16	6000	6000	6	17	58.82	58.10	58.82	53.35
2	P 17	5450	5450	6	16	56.77		56.77	
3	P 18	6340	4800	6	18	58.70		44.44	
4	P 19*								
5	P 20*								

Dapat dilihat pada Tabel 12 masing-masing nilai maksimum untuk metode setengah lubang ganda pada bagian ujung, tengah, dan pangkal dengan menggunakan baut berdiameter 6 mm adalah 3230 N, 5380 N, dan 6360 N, Sedangkan untuk nilai maksimum yang diukur dengan garis offset 5% diameter terukur baut untuk bagian ujung, tengah, dan pangkal secara berurutan adalah 3200 N, 5300 N, dan 6000 N. . Dan untuk nilai kuat tumpu rata-rata maksimum adalah 41,57 MPa pada bagian ujung, 55,19 MPa pada

bagian tengah dan 58,10 MPa pada bagian pangkal, sedangkan nilai kuat tumpu rata-rata yang diukur dengan garis offset 5% diameter terukur baut pada masing-masing bagian ujung, tengah, dan pangkal adalah 39,12 MPa, 50,55 MPa, dan 53,35 MPa.

Hasil pengujian metode setengah lubang ganda menunjukkan bahwa nilai kuat tumpu tertinggi terdapat pada bagian pangkal bambu baik pada saat nilai maksimum maupun pada saat 5% offset diameter terukur baut. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan ketebalan pada setiap bagian ujung, tengah, dan pangkal bambu. Hasil nilai kuat tumpu bambu maksimum dan pada saat offset 5% diameter terukur baut pada bagian ujung, tengah, dan pangkal metode lubang penuh dengan baut berdiameter 6 mm terlihat tidak signifikan, Grafik perbandingan nilai Fe(max) dan Fe(5%) dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik nilai perbandingan kuat tumpu rata-rata Fe(max) dan Fe(5%) diameter baut 6 mm metode setengah lubang ganda

4.5 Pola Kegagalan

Pola kegagalan adalah perilaku kegagalan yang ditunjukkan oleh benda uji saat menerima pembebanan maksimum yang mampu ditahan. Adapun pola kegagalan atau keruntuhan yang terjadi pada benda uji adalah kegagalan I_m yang dapat dilihat dibawah ini

4.5.1 Kegagalan pada metode setengah lubang

kegagalan yang terjadi pada metode setengah lubang baik pada bagian pangkal, tengah dan ujung adalah kegalalan pada tumpuan, dimana benda uji sudah tidak mampu lagi untuk menahan beban yang diberikan. Keruntuhan terjadi pada saat deformasi mencapai 2 mm sampai 3,5 mm, dapat dilihat pada Gambar 14 terdapat benda uji yang hanya mengalami keretakan hal ini terjadi karena benda uji memiliki tebal yang lebih besar dibandingkan benda uji yang mengalami pecah. Retak yang terjadi memiliki panjang yang berkisar antara 3 cm sampai 5 cm. untuk lebih jelasnya kegagalan yang terjadi pada metode setengah lubang dapat dilihat pada Gambar 14



Gambar 14. Kegagalan pada metode setengah lubang bagian ujung, tengah dan pangkal

4.5.2 Kegagalan pada metode lubang penuh

Kegagalan yang terjadi pada metode lubang penuh sama seperti kegagalan yang terjadi pada metode setengah lubang, yaitu kegagalan pada tumpuan. Namun, pada metode lubang penuh banyak benda uji yang tidak mengalami pecah, benda uji hanya mengalami retak saja. Retak yang terjadi memiliki panjang sekitar 2 cm smpai 5 cm pada saat deformasi mencapai 2,5 mm sampai 3,5 mm. Kegagalan yang terjadi pada metode setengah lubang dapat dilihat pada Gambar 15



Gambar 15. Kegagalan pada metode lubang penuh bagian ujung, tengah dan pangka

4.5.3 Kegagalan pada metode setengah lubang ganda

Kegagalan metode setengah lubang ganda, adalah kegagalan pada tumpuan seperti yang terlihat dalam Gambar 16 bambu pada bagian pangkal, tengah dan ujung mengalami pecah, hal ini diterjadi dikarenakan benda uji sudah tidak mampu menahan beban yang diberikan. Ketebalan serta ukuran diameter baut yang digunakan juga berpengaruh pada kegagalan yang terjadi, kegagalan pada metode setengah

lubang ganda ini terjadi pada saat deformasi mencapai 2 mm sampai 8 mm. Kegagalan yang terjadi pada metode setengah lubang ganda dapat dilihat pada Gambar 16



Gambar 16 Kegagalan pada metode lubang penuh bagian ujung, tengah dan pangkal

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.2 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa data diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Hasil nilai kuat tumpu tertinggi diantara tiga metode yang dilakukan untuk baut berdiameter 10 mm terdapat pada metode setengah lubang ganda dengan nilai rata-rata sebesar 53,89 MPa, dan untuk ukuran baut berdiameter 6 mm nilai rata-rata tertinggi juga terdapat pada metode setengah lubang ganda dengan nilai sebesar 58,10 MPa. Semakin tinggi diameter baut maka nilai kuat tumpu baut semakin rendah.
- 2) Kuat tumpu bambu dengan metode setengah lubang, lubang penuh dan setengah lubang ganda yang dilakukan pada bagian ujung, tengah, dan pangkal bambu menunjukkan bahwa nilai kuat tumpu maksimum untuk setiap metode terdapat pada bagian

pangkal bambu. Nilai kuat tumpu meningkat dari bagian ujung hingga ke pangkal bambu dengan ketiga metode yang dilakukan.

- 3) Pola kegagalan yang terjadi pada bambu dengan metode setengah lubang, lubang penuh maupun setengah lubang baik pada bagian ujung, tengah dan pangkal adalah kegagalan retak serta pecah.

5.3 Saran

Adapun saran dari penelitian ini sebagai berikut ;

- 1) Disarankan bagi penelitian selanjutnya menggunakan jenis bambu dan diameter baut yang berbeda untuk mengetahui nilai kekuatan maksimum kuat tumpu bambu.
- 2) Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengujian menggunakan metode lubang penuh ganda.
- 3) Pengujian kadar air sebaiknya dilakukan pada dua atau tiga pohon bambu.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D5764-97a. 2018. Standard Test Method for Evaluating Dowel-Bearing Strength of Wood and Wood Based Product. West Conshohocken: ASTM International
- ASTM F1575-03. 2003. Standard Test Method for Detmining Bending Yield Moment of Nails. West conshohocken, PA, USA.
- Awaludin, A. 2012. "Dasar-dasar Perencanaan Sambungan Kayu". Biro Penerbit KMTS Jurusan Teknik Sipil FT UGM, Yogyakarta.

- Bachtiar, G., 2008. "Pemanfaatan Buluh Bambu Tali Sebagai Komponen Pada Konstruksi Rangka Batang Ruang" Disertasi Fakultas Kehutanan, IPB.
- D.J.A Trujilo., D. Malkowska. 2018. "Empirically derived connection design properties for Guadua bamboo". *Construction and Building Materials* 163.
- ECN (European Committee for Standardization) EN 383:2007 Timber Structures – Test methods Determination of embedment strength and foundation values for dowel type fasteners. Brussels
- Erma, Desmaliana., Nessa, Diredja., Oki Bernadi. 2021. "Studi Eksperimental Kuat Tumpu Baut Sejajar Serat Metode Lubang Penuh dan Setengah Lubang". *RekaRencana : Jurnal Teknik Sipil*.
- Fardhani, A. 2016 "Pengujian Kuat Tumpu Wood Plastic Composite (WPC) Sengon dengan Half Hole Method". Tugas Akhir. Universitas Gadjah Mada.
- F.Wulandari.,2020." Karakteristik Sifat Fisika Bambu Tali (*Gigantolochloa Apus* Kurz), Sebagai Bahan Baku Bambu Kerajinan" *Jurnal Belantara* Vol. 3, No. 1
- Ghavami, K., 1990., *Application of Bamboo as a Low-cost Constraction Material*. In Rao, I.V.R, Gnanaharan, R & Shastry, C.B., *Bamboos Current Research*, The Kerala Forest Research Institute - India, and IDRC Canada.
- Herawati E., Sadiyo S., Nugroho N., Karlinasari L., Yoresta F S., 2017. "Karakteristik Kekuatan Leleh Lentur Baut Besi dengan Beberapa Variasi Diameter Baut" *Jurnal Teknil Sipil* Vol.24 No.3
- Kuncoro B, Budi H, Eng M. 2014. Studi E ksperimental Sambungan Bambu Sejajar Serat Dengan Fibre-Reinforced Polymer (Frp). *Jurnal. Fakultas Teknik UGM*
- Morissco. 1999."Rekayasa Bambu". Andi Offset. Yogyakarta.
- Muhsin, A., Febriany, L., Hidayati, H. 2015. "Material Bambu Sebagai Konstruksi pada Great Hall Eco Campus Outward Bound Indonesia". *Jurnal Reka Karsa. Institut Teknologi Nasional*
- Praptoyo, Harry., dan Yogasara, Aditya. 2012.Sifat Anatomi Bambu Ampel (*Bambusa Vulgaris Schard*) Pada Arah Aksial dan Radial" . *Jurnal. Fakultas Kehutanan UGM*
- Rahmawati., Baharuddin., dan Purtranto, Beta. 2019. "Potensi Dan Pemanfaatan Bambu Tali (*Gigantochloa apus*) Di Desa Leu Kecamatan Bolo Kabupaten Bima". *Jurnal. Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin*
- Sucahyi, Sadiyo., Susanto, Dwi., dan Pratiwi, Nanda. 2017. "Nilai Kekuatan Tumpu Baut pada Empat Jenis Kayu Rakyat Indonesia." *Jurnal Teknik Sipil*. Vol 24
- Sujarwo, wawan., I. Bagus, K. Arinasa., I. Nyoman, Peneng. 2010. "Potensi Bambu Tali (*Gigantochloa apus* J.A. & J.H. Schult. Kurz) Sebagai Obat Di Bali". UPT Balai Konversi Tumbuhan Kebun Raya "Eka Karya" Bali. LIPI
- Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. 2015. "Pedoman Pemasangan Baut Jembatan, Nomor 14/SE/M/2015".

Kementerian PUPR

- Widjaja, Elizabeth A., dan Karsono. 2004. "Keanekaragaman Bambu di Pulau Sumba." Pusat Penelitian Biologi, LIPI. Bogor
- Widjaja, Elizabeth A. 2001. "Identikit Jenis-jenis Bambu di Kepulauan Sunda Kecil". Bogor: Herbarium Bogoriense, Balitbang Botani, Puslitbang Biologi-LIPI
- Zulqaidi., I. 2015. "Pengaruh Perekat Terhadap Kinerja Pasak Bambu Pada Sambuungan Kayu Dua Irisan. Tugas Akhir. Universitas Mataram.