

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Bambu Petung

Bambu dengan nama botani *Dendrocalamus asper* di Indonesia dikenal dengan nama bambu petung. Bambu petung dapat tumbuh di dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 2000 m di atas permukaan laut. Pada daerah yang tidak terlalu kering, bambu akan tumbuh cukup baik. Rumpun bambu jenis ini lebih rapat dibandingkan bambu jenis lainnya dengan usia panen bambu 3-5 tahun. Warna kulit batang hijau kekuning-kuningan, batang dapat mencapai panjang maksimum 14 m, panjang ruas bambu berkisar antara 40–60 cm, dengan diameter bambu 6–15 cm, dan tebal dinding 10-15 mm (Morisco, 1999).

Manfaat bambu petung umumnya digunakan sebagai bahan bangunan dan kayu struktural untuk konstruksi tiang rumah, jembatan, dan perancah atau *scaffolding*. Buluhnya yang tebal umumnya dianggap kuat dan awet, kerapatan kayunya antara 0,7 – 0,8 g/cm³ pada kadar air 8%, keteguhan patah bambu 103 N/mm² pada kadar air 15%, keteguhan sejajar arah serat 31 N/mm², dan keteguhan gesernya 7,3 N/mm² (Brink, 2008).

3.2 Bambu Laminasi

Balok laminasi merupakan balok yang dibuat dari lapis – lapis papan yang diberi perekat secara bersama – sama pada arah serat yang sama. Teknologi bambu laminasi pada awalnya didasari oleh pemikiran dari balok *glue laminated beam* (glulam). Balok glulam dibuat dari lapisan – lapisan kayu yang relatif tipis yang dapat digabungkan dan direkatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan balok kayu dalam berbagai ukuran dan panjang (Breyer, 1988:112-116).

Bambu petung laminasi memiliki beberapa kelebihan diantaranya yaitu tahan terhadap rayap, tahan terhadap jamur, dan tidak mudah busuk. Menurut Adinata dan supomo (2013) laminasi bambu memiliki keunggulan dan kelemahan secara teknis (Kuat Tarik dan Kuat Tekan) jika dibandingkan dengan kayu jati.

Dari penelitian yang dilakukan laminasi bambu 5 tahun memiliki kuat tarik 42,42% lebih kuat dari kayu jati. Sedangkan laminasi bambu 5 tahun memiliki nilai 45,54 MPa atau berselisih 25,18% tidak lebih kuat dari kayu jati. Jadi bambu laminasi dengan umur panen 5 tahun dapat dikelaskan pada kayu dengan kelas kuat II.

Bambu laminasi banyak digunakan sebagai material interior dan eksterior yang berfungsi sebagai non-struktural, misalnya dinding, lantai, dan peralatan rumah tangga yang memiliki nilai arsitektur tinggi seperti pada Gambar 3.1 (a). Bambu laminasi diproduksi dengan bentuk profil yang bervariasi, tergantung dari pesanan konsumen karena belum banyak masyarakat yang menggunakan jenis ini, pada umumnya berbentuk profil H, balok, dan papan. Berikut beberapa profil dari bambu laminasi dapat dilihat pada Gambar 3.1(b).



Gambar 3.1 (a). Penggunaan Bambu Laminasi Sebagai Dinding. (b). Jenis Profil Bambu Laminasi

(Sumber : laminasibambu.wordpress.com, 15 Februari 2018)

3.3 Pengujian Kuat Lentur Sekrup

Pengujian kuat lentur sekrup dilakukan di laboratorium, mengacu pada ASTM F1575 (*Standart Test Method for Determining Bending Yield Moment of Nails*) dengan ketentuan sebagai berikut.

1. Nilai kuat lentur sekrup berdasarkan jenisnya dapat diketahui dengan melakukan pengujian kuat lentur sekrup.
2. Panjang sekrup memiliki keterbatasan, maka dimensi sekrup yang digunakan untuk uji lentur yaitu sekrup dengan panjang nominal 50 mm dengan diameter

3,5 mm. Untuk itu digunakan jarak antar tumpuan untuk uji lentur sebesar 40 mm berdasarkan ASTM F1575.

3. Alat uji lentur yang digunakan diperkecil diameter untuk tumpuan dan penekannya yaitu dengan diameter 4,5 mm.
4. Penentuan nilai kuat lentur (F_{yb}) sekrup dapat dihitung dengan persamaan 3.1.

$$F_{yb} = \frac{P \frac{S_{bp}}{4}}{\frac{D^3}{6}} \quad (3.1)$$

dengan:

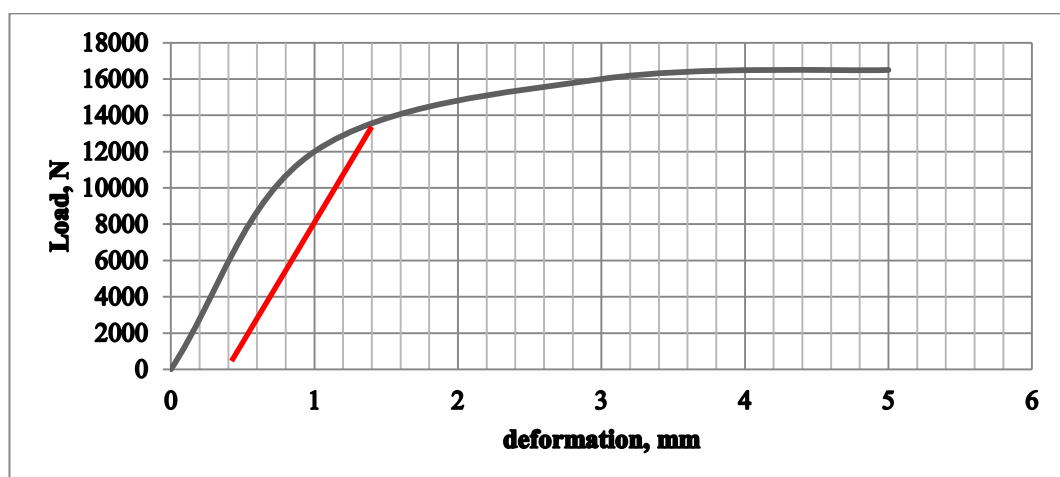
F_{yb} = kuat lentur, MPa

P = beban yang didapat dari pengujian yang ditentukan berdasarkan EYM (5% *offset* grafik), N

S_{bp} = jarak silinder tumpuan, mm

D = diameter sekrup, mm

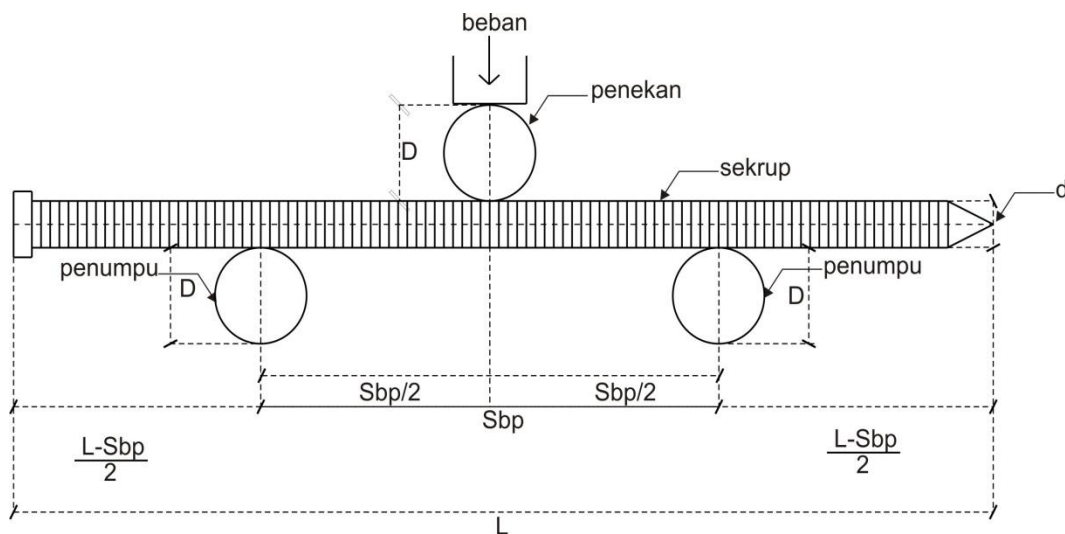
Cara penentuan beban yang akan digunakan untuk menghitung kuat lentur sekrup yaitu diambil $P_{5\%}$ dari *offset* diameter akar sekrup. Kemudian garis 5% dari *offset* diameter ditarik sampai memotong grafik dan titik perpotongan tersebut adalah nilai $P_{5\%}$. Ilustrasi penentuan $P_{5\%}$ dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Cara Pencarian Beban Waktu Leleh (Yield)

(Sumber : ASTM F1575, 2003)

Skema pengujian kuat lentur sekrup dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sketsa Pengujian Kuat Lentur Sekrup

(Sumber : ASTM F1575, 2003)

Dengan:

D = diameter silinder tumpuan dan penekan pada saat uji lentur sekrup, mm

L = panjang sekrup, mm

s_{bp} = jarak antar silinder tumpuan uji lentur sekrup, mm

d = diameter sekrup, mm

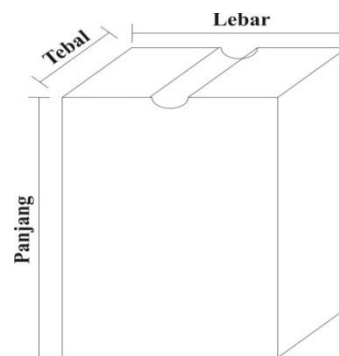
Pada Gambar 3.3 dapat dilihat untuk memposisikan kedua penumpu tepat diantara penekan, selanjutnya meletakkan sekrup diatas 2 penumpu dimana jarak antar tumpuan ditentukan oleh panjang sekrup, setelah itu memposisikan penekan tepat ditengah – tengah antara kedua tumpuan.

Hasil pengujian kekuatan lentur dari sekrup selanjutnya akan digunakan untuk perhitungan kekuatan sambungan bambu petung laminasi dengan metode geser satu irisan.

3.4 Pengujian Kuat Tumpu Bambu Laminasi dan Sekrup

Pengujian kuat tumpu pada bambu laminasi mengacu pada ASTM D5764 (*Standart Test Method for Evaluating Dowel-Bearing Strength of Wood Based Products*) dengan ketentuan sebagai berikut.

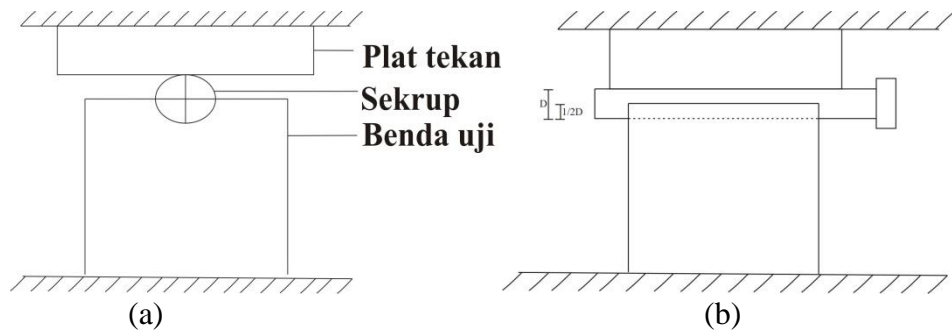
1. Untuk mengetahui beban statis yang mampu ditahan dan karakteristik deformasi yang ditimbulkan akibat beban yang bekerja.
2. Pengujian kuat tumpu mempunyai dua metode yaitu menggunakan metode setengah lubang (*Half Hole Method*) atau metode lubang penuh (*full hole method*).
3. Benda uji pada pengujian kuat tumpu bambu ditentukan untuk menghindari belah (*splitting*), penentuan dimensi benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.4. Dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. Tebal \geq nilai terkecil dari 1,5 inchi (38 mm) atau 2 kali diameter sekrup,
 - b. Lebar \geq nilai terbesar dari 2 inchi (50 mm) atau 4 kali diameter sekrup, dan
 - c. Panjang \geq nilai terbesar dari 2 inchi (50 mm) atau 4 kali diameter sekrup.



Gambar 3.4 Penentuan Dimensi Benda Uji Kuat Tumpu
(Sumber : ASTM D5764, 2007)

Pada Gambar 3.4 dapat dilihat ada cekungan yang akan digunakan sebagai peletakan sekrup, ukuran dari cekungan ini adalah setengah diameter

4. Mekanisme dalam pengujian kuat tumpu bambu laminasi dengan metode setengah lubang sebagai berikut:
 - a. Meletakkan sekrup pada lubang benda uji (*half hole*).
 - b. Meletakkan benda uji pada *Universal Testing Machine* sehingga beban tekan diberikan merata sepanjang sekrup. Sketsa tampak depan dan tampak samping pengujian dengan metode setengah lubang pada Gambar 3.5 (a) dan Gambar 3.5 (b).



Gambar 3.5 (a).Tampak Depan Pengujian dengan *Half Hole Method*. (b).
Tampak Samping Pengujian dengan *Half Hole Method*
(Sumber : ASTM D5764, 2007)

Pada Gambar 3.5 (a) dapat dilihat untuk memposisikan benda uji yang sudah terpasang sekrup, dimana posisi beban harus tepat ditengah-tengah benda uji. Gambar 3.5 (b) tampak dari samping bahwa plat tekan harus dipastikan sudah menempel pada sekrup, dan sudah rata diatas seluruh badan sekrup.

5. Nilai kuat tumpu dihitung dengan metode beban *offset* 5% diameter ($P_{5\%}$).
Nilai $P_{5\%}$ merupakan titik potong antara grafik hasil pengujian dengan garis *offset* 5% diameter terukur sekrup, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.2.
6. Perhitungan nilai kuat tumpu bambu laminasi menggunakan persamaan 3.2.

$$F_e = \frac{P_{5\%}}{D_t} \quad (3.2)$$

dengan:

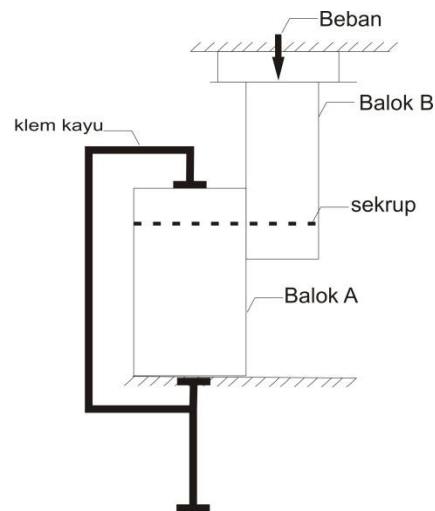
- F_e = kuat tumpu, MPa
- $P_{5\%}$ = beban yang dicari pada Gambar 3.2 (5% *offset* grafik), N
- t = Tebal Bambu Laminasi, mm
- D = diameter sekrup, mm

Hasil pengujian kekuatan tumpu dari bambu laminasi selanjutnya akan digunakan untuk perhitungan kekuatan sambungan bambu petung laminasi dengan metode geser satu irisan.

3.5 Pengujian Kuat Sambungan dengan Metode Geser Satu Irisan

Dalam pengujian kuat sambungan bambu petung laminasi terdapat dua metode yaitu metode geser satu irisan dan metode geser dua irisan. Metode geser

satu irisan merupakan penyambungan dua batang komponen dengan alat sambung. Pada pengujian ini menggunakan alat sambung sekrup. Sketsa sambungan metode geser satu irisan 3 dimensi dapat dilihat pada Gambar 3.6 (a) dan 2 dimensi pada Gambar 3.6 (b).



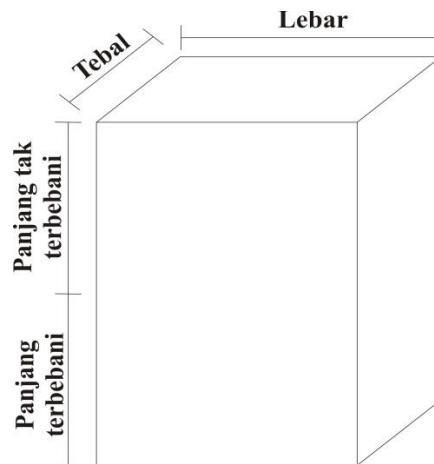
Gambar 3.6 Sketsa Uji Kuat Sambungan

(Sumber : ASTM D5764, 2007)

Pada Gambar 3.6 dapat dilihat untuk memposisikan balok B tepat ditengah penekan dimana untuk mempertahankan kemantapannya dengan menjepit balok A dengan klem kayu. Bagian atas dari klem kayu menekan pada kepala balok A sedangkan untuk bagian bawah klem menekan dasar dari alas mesin. Hal ini dilakukan untuk menghindari momen.

Ukuran dimensi benda uji pengujian kuat sambung pada bambu petung laminasi ditentukan oleh ASTM, maka pada penelitian ini digunakan dimensi benda uji berdasarkan ASTM D5764 (*Standart Test Method for Evaluating Dowel Bearing Strength of Wood and Wood-Based Product*) seperti pada Gambar 3.7 dengan persyaratan sebagai berikut:

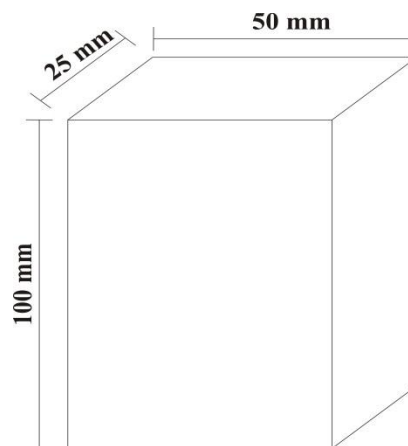
1. Tebal \geq terkecil dari 1,5" atau 2 kali diameter alat sambung
2. Lebar \geq terbesar dari 2" atau 4 kali diameter alat sambung
3. Panjang
 - Tepi terbebani \geq terbesar dari 2" atau 4 kali diameter alat sambung
 - Tepi tak terbebani \geq terbesar dari 1" atau 2 kali diameter alat sambung



Gambar 3.7 Penentuan Dimensi Benda Uji Kuat Sambungan
(Sumber : ASTM D5764, 2007)

Mekanisme pengujian kuat sambungan bambu laminasi dengan alat sambung sekrup pada penelitian dilakukan dengan 7 ketentuan sebagai berikut.

1. Ukuran benda uji bambu laminasi kuat sambungan ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Benda Uji Kuat Sambungan
(Sumber : ASTM D5764, 2007)

2. Pengujian dilakukan dengan laju pembebanan seragam 1,270 mm/min hingga sambungan mengalami kegagalan.
3. Karena ukuran diameter *pilot hole* mempengaruhi kekuatan sambungan yang berbeda, maka digunakan diameter 3 mm dan 4 mm dibuat dengan menggunakan bor listrik (*cordless screwdriver*).

4. Pelaporan ukuran diameter, jenis sekrup, dan kedalaman penetrasi dilakukan setelah pengujian.
5. Pada saat pengujian, pemberian beban harus tepat pada sumbu bambu laminasi, tidak boleh ada eksentrisitas supaya tidak terjadi momen.
6. Pemasangan sekrup harus kencang, terhindar dari kerusakan, dan menggunakan bor listrik (*cordless screwdriver*).
7. Pendekatan *EYM* (*European Yield Model*) dengan persamaan untuk kuat sambungan (Tucker dkk, 2000).

$$\text{Mode I}_m \quad Z = \frac{Dt_m F_{em}}{K_D} \quad (3.3)$$

$$\text{Mode I}_s \quad Z = \frac{Dt_s F_{es}}{K_D} \quad (3.4)$$

$$\text{Mode II} \quad Z = \frac{k_1 Dt_s F_{es}}{K_D} \quad (3.5)$$

$$\text{Mode III}_m \quad Z = \frac{k_2 Dt_m F_{em}}{(1+2R_c)K_D} \quad (3.6)$$

$$\text{Mode III}_s \quad Z = \frac{k_3 Dt_s F_{em}}{(2+R_c)K_D} \quad (3.7)$$

$$\text{Mode IV} \quad Z = \frac{D^2}{K_D} \sqrt{\frac{2F_{em}F_{yb}}{3(1+R_c)}} \quad (3.8)$$

$$k_1 = \frac{\sqrt{R_c + 2R_c^2(1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 R_t^3 - R_c(1 + R_c)}}{(1 + R_c)}$$

$$k_2 = -1 + \sqrt{2(1 + R_c) + \frac{2F_{yb}(1 + 2R_c)D^2}{3F_{em}t_m^2}}$$

$$k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2(1 + R_c)}{R_c} + \frac{2F_{yb}(2 + 2R_c)D^2}{3F_{em}t_s^2}}$$

dengan:

$$K_D = 2,2 \quad : \text{ untuk } D \leq 4,3 \text{ mm}$$

$$= 0,38D + 0,56 \quad : \text{ untuk } 4,3 \text{ mm} \leq D \leq 6,4 \text{ mm}$$

$$= 3,0 \quad : \text{ untuk } D \geq 6,4 \text{ mm}$$

$$R_c = \frac{F_{em}}{F_{es}}$$

$$R_t = \frac{t_m}{t_s}$$

Z = kuat sambungan nominal, N

D = diameter sekrup, mm

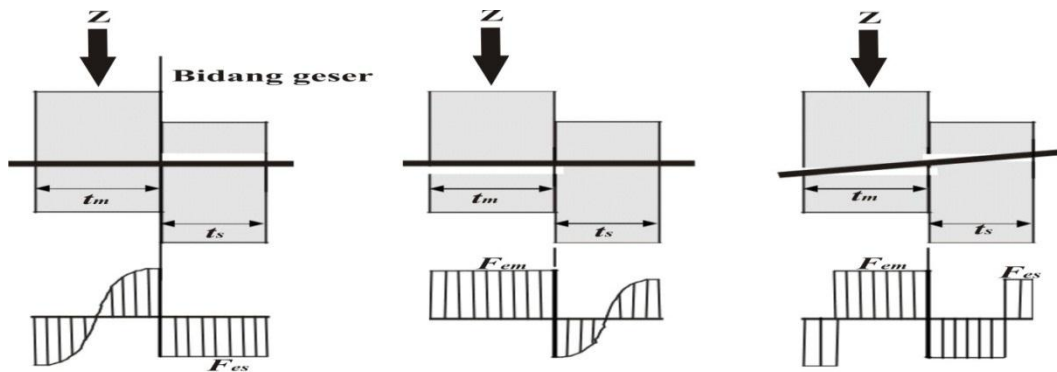
t_s = tebal bambu laminasi samping (*side*), mm

F_{em} = kuat tumpu bambu laminasi utama (*main*), N/mm²

F_{es} = kuat tumpu bambu laminasi samping (*side*), N/mm²

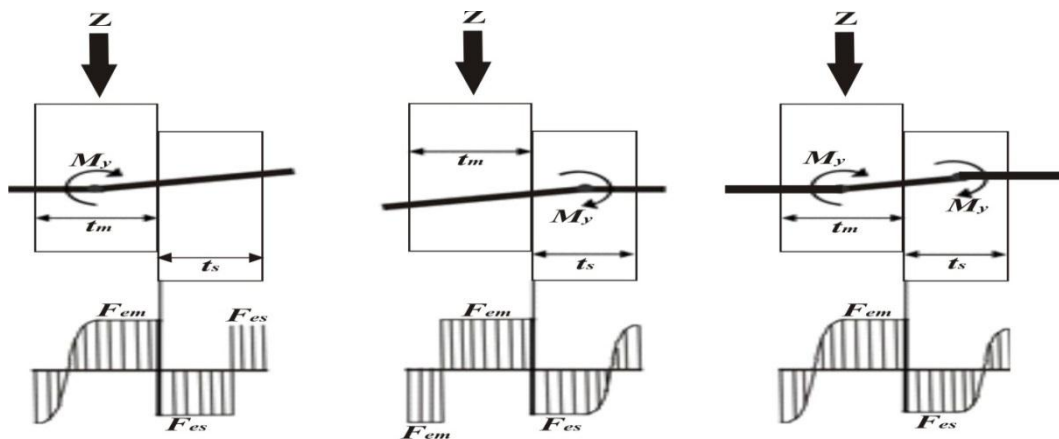
F_{yb} = kuat lentur sekrup, N/mm²

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 , dan II dapat dilihat pada Gambar 3.9 dan mode III_s , III_m , dan IV pada Gambar 3.10. Menurut Haftkhani, dkk (2011) mode kegagalan sambungan yang mungkin terjadi pada alat sambung sekrup hanya 3 jenis mode yaitu mode I_s , III_s , dan IV.



Gambar 3.9 Mode Kelelahan Sambungan I_s , I_m , dan II

(Sumber : ASTM D5764, 2007)



Gambar 3.10 Mode Kelelahan Sambungan III_s, III_m, dan IV

(Sumber : ASTM D5764, 2007)

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

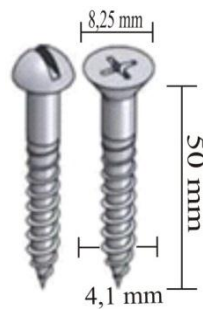
- Mode I_m : Kegagalan tumpu komponen kayu utama dan alat sambung belum mengalami kegagalan/masih berperilaku elastis.
- Mode I_s : Kegagalan tumpu komponen kayu samping dan alat sambung belum mengalami kegagalan/masih berperilaku elastis.
- Mode II : Kegagalan tumpu komponen kayu utama dan kayu samping,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

Jenis sekrup yang digunakan dalam penelitian ada tiga jenis yaitu *fine thread drywall*, *cut thread wood*, dan *sheet metal*. Gambar 3.11 sampai Gambar 3.13 merupakan gambar bagian – bagian sekrup.



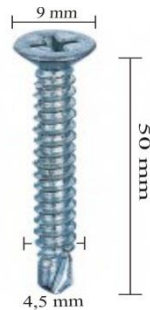
Gambar 3.11 Sekrup *Fine Thread Drywall*

(Sumber : alibaba.com, 18 Februari 2018)



Gambar 3.12 Sekrup *Cut Thread Wood*

(Sumber : kaskus.co.id, 18 Februari 2018)



Gambar 3.13 Sekrup *Sheet Metal*

(Sumber : montaro.id, 18 Februari 2018)

Setiap sekrup yang digunakan memiliki karakteristik yang berbeda untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.1 detail karakteristik masing-masing sekrup.

Tabel 3.1 Karakteristik Sekrup

Nama Sekrup	Karakteristik
<i>Fine Thread Drywall</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ujung sekrup lancip 2. Ulir sekrup dari ujung hingga pangkal sekrup
<i>Cut Thread Wood</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ujung sekrup lancip 2. Ulir sekrup dari ujung namun tidak sampai pangkal
<i>Sheet Metal</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ujung sekrup seperti mata bor 2. Ulir sekrup tidak dari ujung sekrup namun sampai pangkal

3.6 Metode Normalisasi

Metode normalisasi adalah metode yang digunakan untuk menyetarakan data yang memiliki variabel yang berbeda, sehingga memudahkan untuk menganalisis data. Metode ini menggunakan data asumsi dengan mengunci salah satu data yang menjadi acuan. Persamaan yang digunakan pada metode ini adalah.

$$\text{Hasil pengujian asumsi} = \frac{\text{Hasil hitungan asumsi}}{\text{Hasil hitungan}} \times \text{Hasil pengujian} \quad (3.9)$$