

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Bambu Petung**

Bambu dengan nama ilmiah botani *Dendrocalamus asper* di Indonesia dapat juga dikenal dengan nama bambu petung. Bambu petung sendiri dapat tumbuh di dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 2000 meter di atas dari permukaan laut. Pada daerah yang tidak terlalu kering, bambu akan tumbuh dengan cukup baik. Warna kulit batang hijau kekuningan, batang dapat mencapai panjang hingga 14 m, memiliki ruas yang berkisar antara 50-70 cm, dengan diameter bambu 6 – 17 cm, dan tebal lapisan dinding bambu 10-15 mm (Morisci, 1999).

Manfaat bambu petung umumnya digunakan sebagai bahan bangunan dan kayu structural untuk bahan konstruksi tiang dan konstruksi rumah, perancah, atau juga jembatan. Kekuatan dari bambu laminasi sendiri dianggap bagus karena memiliki kerapatan kayu antara 0,7 – 0,8 g/cm<sup>3</sup> pada kadar air 7%, kekakuan patahan bambu 105 N/mm<sup>2</sup> pada kadar air 14%, kekakuan sejajar dengan seratnya adalah 32 N/mm<sup>2</sup>, dan kekakuan gesernya 6,9 N/mm<sup>2</sup> (Brink, 2008).

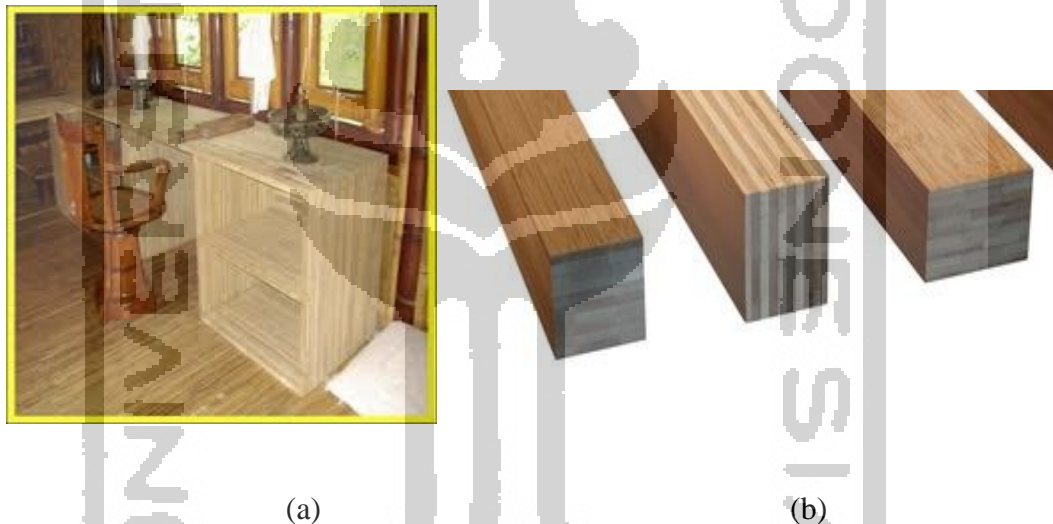
#### **3.2 Bambu Laminasi**

Bambu laminasi adalah berupa balok kayu yang dibuat dari lapisan bambu yang diberi perekat, pada arah serat yang sama lalu di *press*. Teknologi bambu laminasi sendiri pada awalnya berasal dari pemikiran balok *glue laminated beam* (gluelam). Glulam sendiri dibuat dari lapisan kayu yang tipis lalu digabungkan dan direkatkan sehingga membentuk balok – balok kayu dengan berbagai dimensi (Breyer, 1988:112-116).

Bambu laminasi dari bambu petung memiliki beberapa kelebihan diantaranya yaitu tahan terhadap rayap, tahan terhadap jamur, dan tidak mudah membusuk. Menurut Adinata dan supomo (2013) bambu laminasi memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan secara teknis yaitu kuat Tarik dan kuat tekan

bila dibandingkan dengan kayu jati. Dari penelitian yang dilakukan laminasi bambu dengan umur panen 5 tahun memiliki kuat Tarik 43,44% 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 berguna sebagai non-struktural atau sebagai estetika, seperti, dinding, lantai, dan perabot rumah tangga seperti pada Gambar 3.1 (a). bambu laminasi juga di produksi dengan bentuk profil dan dimensi yang bervariasi sesuai dengan pesanan yang ada seperti pada Gambar 3.1 (b).



**Gambar 3.1** (a). penggunaan bambu laminasi sebagai lantai dan meja, (b). jenis profil dan dimensi bambu laminasi

(Sumber: Internet 03-01 dan 03-02)

### 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 syarat sebagai berikut:

1. Nilai kuat lentur sekrup berdasarkan jenisnya dapat diketahui dengan melakukan pengujian kuat lentur sekrup

2. Panjang dari sekrup memiliki keterbatasan, dengan 3 macam panjang yang berbeda. Untuk itu digunakan jarak antar tumpuan untuk uji lentur sebesar 40 mm berdasarkan ASTM F1575.
3. Penentuan nilai kuat lentur ( $F_{yb}$ ) sekrup dapat dihitung dengan persamaan (3.1)

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

Dengan:

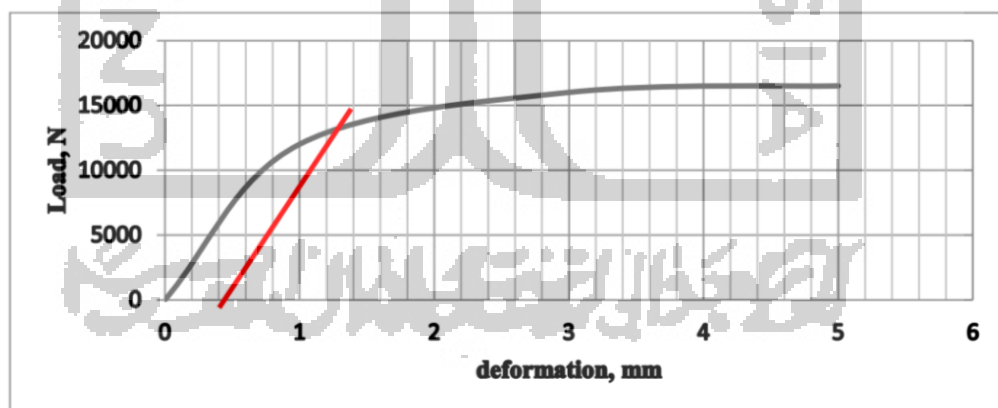
$F_{yb}$  = kuat lentur, MPa

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

$S_{bp}$  = Jarak silinder tumpuan, mm

$D$  = diameter sekrup, mm

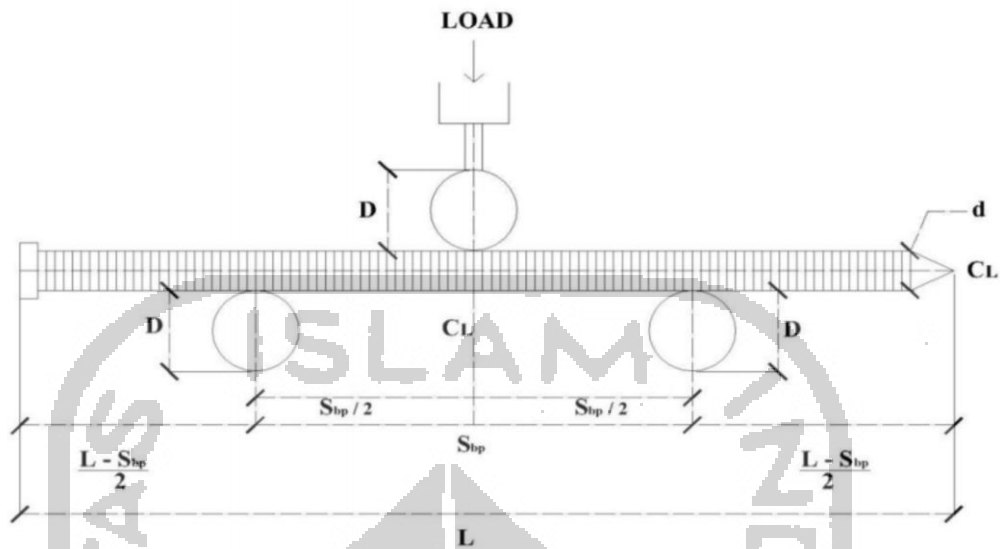
Cara penentuan beban yang akan digunakan untuk menghitung kuat lentur sekrup yaitu diambil  $P_{5\%}$  dari *offset* diameter sekrup. Kemudian 5% dari *offset* diameter ditarik sampai memotong grafik dan titik perpotongan tersebut adalah nilai  $P_{5\%}$ . Ilustrasi penentuan  $P_{5\%}$  dapat dilihat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



**Gambar 3.2** Cara Pencarian Beban Waktu Leleh (*Yield*)

(Sumber: ASTM F1575, 2003)

Skema pengujian dari kuat lentur sekrup dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



**Gambar 3.3** Sketsa Pengujian Kuat Lentur Sekrup

(Sumber: ASTM F1575,2003)

Dengan:

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

L = panjang sekrup, mm

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

d = diameter sekrup, mm

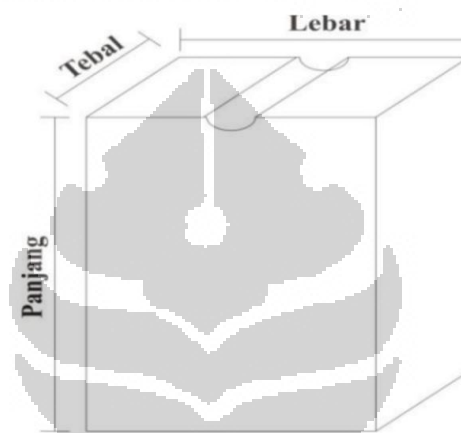
Hasil pengujian kekuatan lentur sekrup maka selanjutnya digunakan untuk perhitungan kekuatan sambungan bambu petung laminasi dengan metode geser satu irisan.

### 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 dapat ditahan dan karakteristik dari deformasi yang ditimbulkan akibat pembebanan.
2. Pengujian kuat tumpu mempunyai dua metode yang 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, penentuan dimensi benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.4. Dengan ketentuan sebagai berikut:
- Tebal  $\geq$  nilai terkecil dari 1,5 inci (38 mm) atau 2 kali diameter sekrup
  - Lebar  $\geq$  nilai terbesar dari 2 inci (50 mm) atau 4 kali diameter sekrup
  - Panjang  $\geq$  nilai terbesar dari 2 inci (50 mm) atau 4 kali diameter sekrup



**Gambar 3.4** Penentuan Dimensi Benda Uji Kuat Tumpu

(Sumber: ASTM D5764, 2007)

4. Mekanisme dalam melakukan pengujian kuat tumpu pada balok bambu laminasi dengan metode setengah lubang sebagai berikut:
- Meletakana sekrup pada lubang benda uji (*Half Hole*)
  - Meletakana benda uji pada alat uji *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)

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:

$F_e$  = Kekuatan Tumpuan, MPa

$P_{5\%}$  = Beban yang ingin diketahui pada Gambar 3.2 (5% *offset* grafik), N

$t$  = Tebal benda uji bambu, mm

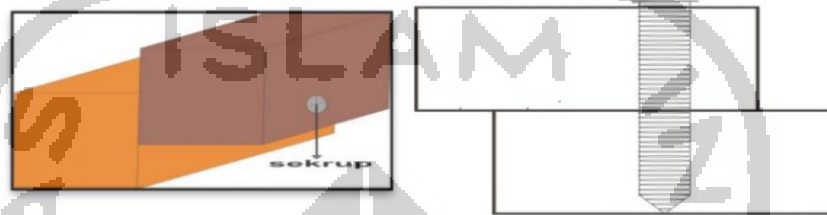
$D$  = diameter sekrup, mm

Pengujian kekuatan dari tumpuan bambu laminasi yang telah dilakukan didapatkan hasil yang nantinya hasil pembebanan tersebut digunakan untuk perhitungan terhadap kekuatan dari sambungan bambu laminasi tersebut dengan metode pengujian geser satu irisan.

### 3.5 Pengujian Kuat Sambungan dengan Metode Geser Satu Irisan

Pengujian kekuatan terhadap sambungan bambu laminasi memiliki dua metode, yaitu metode geser dua irisan dan metode satu irisan. Dalam metode satu

irisan sendiri digunakan penyambung dua komponen batang dengan alat sambung. Pada pengujian ini digunakan alat sambung berupa sekrup. Pengujian dari sambungan dengan metode satu irisan dapat dilihat pada Gambar 3.6 (a) dan Gambar 3.6 (b).



(a) Tampak 3 dimensi

(b) Tampak 2 dimensi

**Gambar 3.6** (a) Gambar pengujian dengan tampak 3 dimensi (b) Gambar pengujian dengan tampak 2 dimensi)

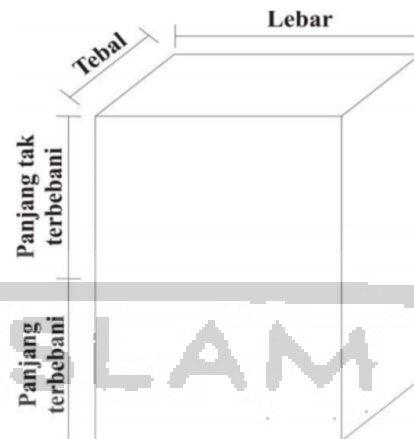
(Sumbe: ASTM D5764, 2007)

Ukuran dan dimensi dari benda uji ditentukan oleh ASTM, maka pada penelitian ini digunakan dimensi dari benda uji berdasarkan dari ASTM D5764 (*Bearing Strength of Wood and Wood-Based Product*) seperti 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

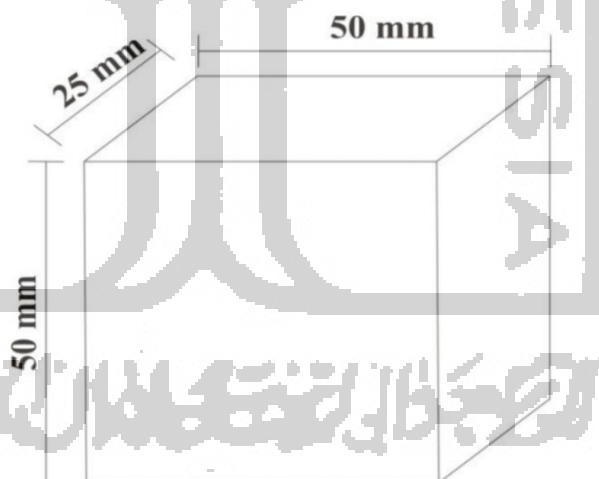


**Gambar 3.7** Menentukan Dimensi Dari Benda Uji Kuat Sambung

(Sumber: ASTM D5764, 2007)

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

1. Ukuran dari benda uji bambu laminasi untuk kekuatan dari sambungan dapat dilihat pada Gambar 3.8



**Gambar 3.8** Benda Uji Kuat Sambungan

(Sumber: ASTM D5764, 2007)

2. Pengujian dilakukan dengan laju kekuatan pembebanan yang seragam yaitu 1,270 mm/min hingga sambungan pada benda uji bambu mengalami kegagalan.



3. Dikarenakan ukuran dari diameter *pilot hole* mempengaruhi kekuatan sambungan yang berbeda, maka digunakan diameter 3mm dan 4mm dibuat dengan menggunakan bor listrik (*cordless screwdriver*).
4. Pencatatan dari ukuran diameter, kedalaman penetrasi, dan jenis sekrup dilakukan setelah dilakukannya pengujian.
5. Saat dilakukan pengujian pada sambungan bambu laminasi, pemberian beban harus tepat pada sumbu bambu laminasi tersebut, tidak boleh terjadi eksentrisitas yang dapat menyebabkan terjadinya momen.
6. Pemasangan sekrup untuk sambungan harus kencang, dan terhindar dari kerusakan maupun cacat, dan harus menggunakan bor listrik (*cordless screwdriver*).
7. Berikut adalah persamaan untuk kuat sambungan (Tuckerdd,2000)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dengan:

$$\begin{aligned} K_D &= 2,2 && : \text{ untuk } D \leq 4,3 \text{ mm} \\ &= 0,38D + 0,56 && : \text{ untuk } 4,3 \text{ mm} \leq D \leq 6,4 \text{ mm} \\ &= 3,0 && : \text{ untuk } D \geq 6,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

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

$Z$  = kuat sambungan nominal, N

$D$  = diameter sekrup, mm

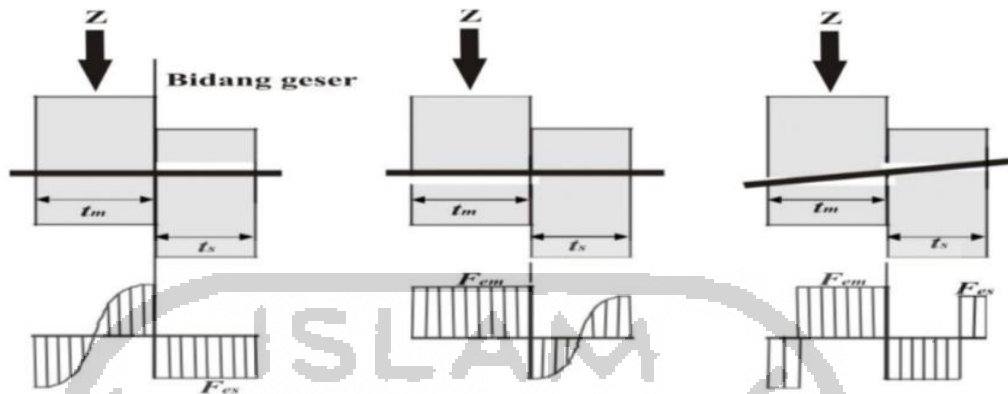
$t_s$  = tebal bambu laminasi samping, mm

$F_{em}$  = kuat tumpu bambu laminasi utama, N/mm<sup>2</sup>

$F_{es}$  = kuat tumpu bambu laminasi samping, N/mm<sup>2</sup>

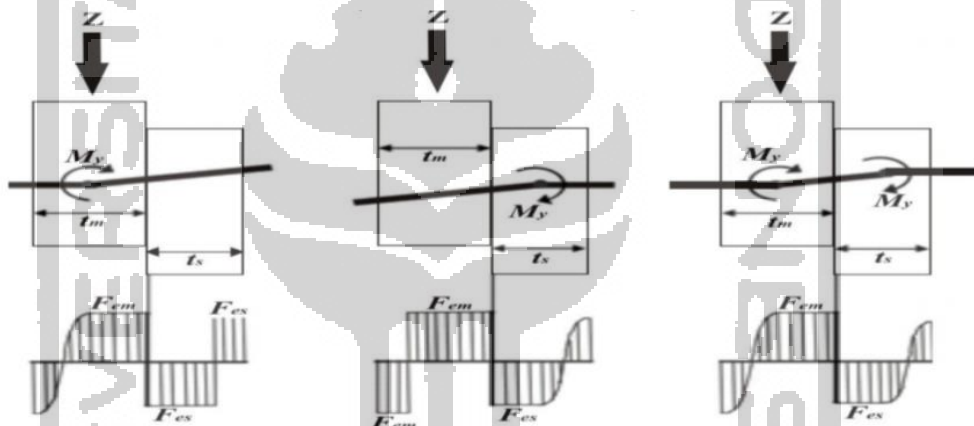
$F_{yb}$  = kuat lentur sekrup, N/mm<sup>2</sup>

Keadaan kelelahan yang terjadi pada sambungan bambu laminasi memiliki empat macam mode kelelahan menurut *National Design Specification* (NDS). Bentuk dari kelelahan pada sambungan kayu dengan tinjauan satu irisan mode I<sub>s</sub>, I<sub>m</sub>, dan II dapat dilihat pada Gambar 3.9 dan mode III<sub>s</sub>, III<sub>m</sub>, dan IV pada Gambar 3.10. Kegagalan yang terjadi pada sambungan dengan alat sambung sekrup yang mungkin terjadi hanya pada 3 jenis mode yaitu mode I<sub>s</sub>, III<sub>s</sub>, dan IV.



**Gambar 3.9** Kelelahan Pada Sambungan Mode  $I_s$ ,  $I_m$ , dan II

(Sumber: ASTM D5764, 2007)



**Gambar 3.10** Kelelahan Pada Sambungan Mode  $III_s$ ,  $III_m$ , dan IV

(Sumber: ASTM D5764, 2007)

Untuk keterangan mode kelelahan yang terjadi pada sambungan bambu

laminasi adalah sebagai berikut:

Mode  $I_m$  : Tumpuan pada komponen kayu sisi samping dan alat sambung belum mengalami kegagalan dan masih bersifat elastis.

Mode  $I_s$  : Tumpuan pada komponen kayu utama dan alat sambung belum mengalami kegagalan dan masih bersifat elastis.

Mode II : Tumpuan kayu utama dan kayu samping mengalami kegagalan tetapi alat sambung belum mengalami kegagalan

dan masih bersifat elastis.

Mode III<sub>m</sub> : Tumpuan kayu utama dengan satu sendi plastis dari alat sambung mengalami kegagalan dalam satu bidang geser.

Mode III<sub>s</sub> : Tumpuan kayu samping disertai satu sendi plastis pada alat sambung mengalami kegagalan dalam satu bidang geser.

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

