

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Bambu

Bambu adalah nama kumpulan rerumputan berbentuk pohon kayu atau perdu yang melurus dengan batang yang biasanya tegak, kadang-kadang memanjat, mengayu, dan bercabang-cabang. Batangnya timbul dari buku-buku rimpang yang menjulur. Tanaman ini termasuk *Bamboidae*, salah satu anggota sub famili rumput (Sastrapraja,dkk., 1977 dalam Wijaya, 2003).

Widjaja et al. (1994) menyatakan bahwa jenis bambu di Indonesia yang semula tercatat hanya 65 jenis, saat ini telah bertambah menjadi lebih dari 120 jenis di mana 56 jenis memiliki potensi ekonomi. Sebanyak 13 jenis di antaranya telah banyak ditanam oleh masyarakat pedesaan, terutama di Pulau Jawa untuk jenis-jenis yang termasuk dalam marga *Gigantochloa*, *Bambusa*, dan *Dendrocalamus*.

Janssen, JAA (1988) dalam Morisco (1999) menyatakan bahwa bambu memiliki keunggulan sebagai berikut.

1. Bambu dapat tumbuh sangat cepat dan dapat dibudidayakan dengan mudah,
2. Bambu mempunyai sifat-sifat mekanis yang baik,
3. Pengerjaan bambu hanya membutuhkan peralatan yang sederhana,
4. Kulit luar bambu mengandung banyak silika yang membuat bambu terlindungi.

Liese (1980) menyatakan bambu memiliki anatomi dan kimiawi yang hampir sama dengan kayu, faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sifat-sifat kayu juga berpengaruh terhadap bambu. Sehingga pengujian sifat fisik dan mekanik yang berlaku pada kayu juga berlaku kepada bambu.

Bambu umumnya dapat dipanen pada umur 3-4 tahun. Kekuatan bambu seringkali meningkat seiring kenaikan umur, dan mencapai maksimum pada umur 3 tahun (Liese, 1985).

Kadar air pada batang bambu yang dewasa berkisar di antara 50-90%, pada batang bambu yang belum dewasa sekitar 80-150%, dan kadar air pada batang bambu yang telah dikeringkan berkisar di antara 12-18%. Kadar air pada batang

meningkat dari usia 1-3 tahun; batang mengalami penurunan kadar air setelah usianya tiga tahun. Kadar air pada batang bambu pada musim penghujan dapat lebih tinggi dibandingkan pada musim kemarau (Dransfield dan Widjaja 1995).

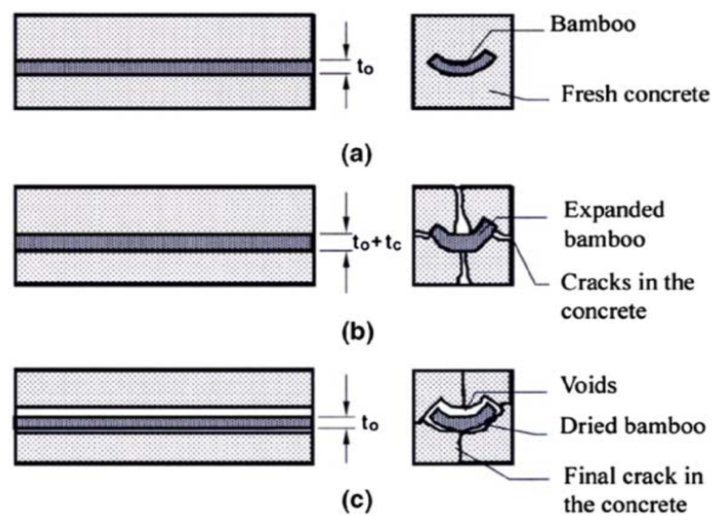
3.2 Teori Kekuatan Lekat Tulangan Bambu terhadap Beton

Kuat lekat merupakan kombinasi kemampuan antara tulangan dan beton yang menyelimutinya dalam menahan gaya-gaya yang dapat menyebabkan lepasnya lekatan antara tulangan dan beton (Winter, 1993).

Menurut Nawy (1998) kuat lekat antara tulangan dan beton merupakan hasil dari berbagai parameter, seperti lekatan antara beton dengan permukaan tulangan dan tekanan beton terhadap tulangan akibat adanya susut pengeringan pada beton. Gesekan antara tulangan dan beton juga meningkatkan tahanan terhadap penggelinciran. Efek total ini disebut sebagai lekatan (*bond*). Kuat lekat tulangan dan beton tergantung pada faktor-faktor utama sebagai berikut:

1. lekatan antara beton dan tulangan;
2. efek *gripping* (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton di sekeliling tulangan;
3. tahanan gesekan terhadap penggelinciran dan saling mengunci pada saat tulangan mengalami tegangan tarik;
4. efek kualitas beton (kekuatan tarik dan tekannya);
5. efek penjangkaran ujung tulangan, diameter, bentuk dan jarak tulangan.

Perubahan dimensi dari tulangan bambu akibat dari perubahan kelembaban dan temperatur mengakibatkan kuat lekat bambu menurun secara signifikan. Selama masa pengerjaan dan pengeringan beton, tulangan bambu menyerap air dan membesar. Tulangan yang membesar akan menekan beton. Kemudian ketika beton mengering, tulangan bambu kehilangan kelembaban dan menyusut kembali seperti ukuran awalnya sehingga meninggalkan ruang antara beton dan tulangan (Ghavami, 2005). Berikut merupakan gambar perubahan dimensi tulangan bambu selama pengerjaan beton bertulang pada gambar 3.1.

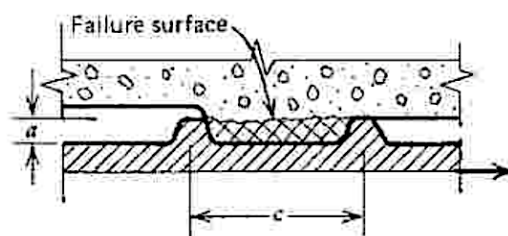


Gambar 3.1 Perubahan Dimensi Tulangan Bambu

(Sumber: Ghavami, 2005)

Menurut Azadeh (2013), dikarenakan mekanisme tegangan yang terjadi antara tulangan dan beton pada tulangan baja dan tulangan bambu adalah sama, maka teori *interlocking* pada tulangan baja dapat digunakan pada tulangan bambu. Sehingga pemberian takikan pada tulangan bambu memiliki fungsi yang sama dengan ulir pada tulangan baja.

Teori *interlocking* pada tulangan baja berulir menahan tegangan tarik (*pull-out*) yang terjadi untuk menghindari penggelinciran. Pada mekanisme tersebut, ulir pada tulangan akan mengunci bagian beton yang berada pada cekungan antar ulir. Sehingga kuat geser beton akan menahan gaya tarik yang terjadi. Berikut merupakan gambaran mekanisme *interlocking* yang terjadi antara tulangan baja berulir dan beton pada gambar 3.2.

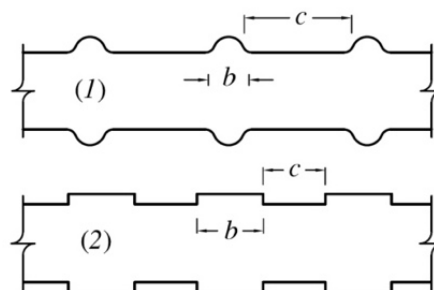


Gambar 3.2 Mekanisme *Interlocking* antara Tulangan Berulir dan Beton

(Sumber: Azadeh, 2013)

Kekuatan geser tulangan baja memiliki perbedaan dengan kekuatan geser bambu, sehingga harus menggunakan asumsi dan perhitungan yang berbeda. Pada

tulangan baja berulir, dimensi ulir dapat berukuran kecil. Hal tersebut dikarenakan kekuatan geser baja jauh lebih besar daripada kekuatan geser beton. Sedangkan pada tulangan bambu dengan takikan, kuat geser bambu akan menahan tegangan tarik (*pull-out*) yang terjadi, maka ukuran takikan harus disesuaikan dengan jarak antar takikan. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 3.3.

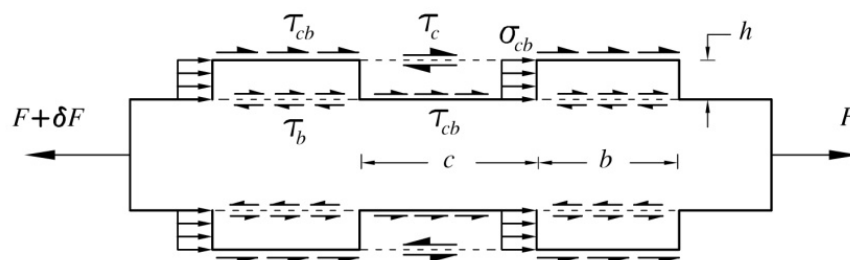


Gambar 3.3 (1) Tulangan Baja Ulir dan (2) Tulangan Bambu Takikan
(Sumber: Azadeh, 2013)

Faktor utama yang dapat membenarkan penggunaan tulangan bambu dengan takikan adalah:

1. kuat tekan bambu yang besar,
2. kuat geser bambu dan gesekan permukaan bambu yang memadai,
3. kuat geser beton yang layak.

Pada tulangan bambu dengan takikan, jarak, lebar, dan tinggi takikan (b , c , dan h) harus diperhitungkan. Menggunakan dua persamaan yang terpisah dapat menghubungkan ketiga parameter dimensi tersebut. Kemudian, dengan menetapkan salah satu parameter, dua parameter lainnya dapat ditemukan. Persamaan-persamaan yang digunakan dapat diambil dari mekanisme tegangan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Mekanisme Tegangan pada Tulangan Bambu dengan Takikan
(Sumber: Azadeh, 2013)

dengan :

τ_{cb} : tegangan geser antara bambu dan beton

τ_b : tegangan geser bambu

τ_c : tegangan geser beton

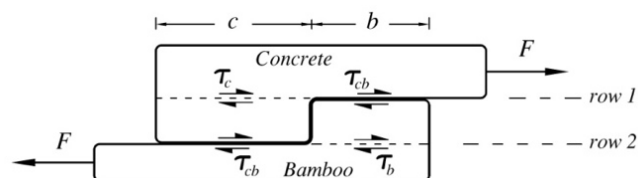
σ_{cb} : kuat tekan bambu atau beton

F : tegangan tarik (pull-out)

b : jarak antar takikan

c : lebar takikan

h : tinggi takikan



Gambar 3.5 Tegangan Geser pada Permukaan Tulangan dan Beton

(Sumber: Azadeh, 2013)

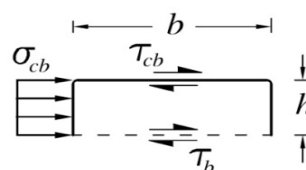
Tegangan geser permukaan ditambah tegangan geser setiap material pada *row 1* dan *row 2* pada gambar 3.5 seharusnya sama (hanya berlaku ketika $\tau_{cb} < \tau_b$ dan $\tau_{cb} < \tau_c$) :

$$\tau_b \times b + \tau_{cb} \times c = \tau_c \times c + \tau_{cb} \times b \quad (3.1)$$

maka:

$$\frac{b}{c} = \frac{\tau_c - \tau_{cb}}{\tau_b - \tau_{cb}} \quad (3.2)$$

Hubungan antara h dan b (atau c): untuk takikan bambu pada *row 1* dan *row 2* pada gambar 3.5, dapat menggunakan persamaan (3.3) (diagram dan persamaan yang sama dapat digunakan untuk beton pada takikan).



Gambar 3.6 Diagram Tegangan untuk Menentukan Dimensi Takikan

(Sumber: Azadeh, 2013)

$$\frac{h}{b} = \frac{\tau_b - \tau_{cb}}{\sigma_{cb}} \text{ atau } \frac{h}{c} = \frac{\tau_c - \tau_{cb}}{\sigma_{cb}} \quad (3.3)$$

Kedua persamaan tersebut bisa menentukan hubungan antara b , c , dan h , dengan mengasumsikan salah satu dari parameter tersebut. Sedangkan untuk σ_{cb} , adalah nilai terkecil antara kuat tekan bambu (σ_b) dan kuat tekan beton (σ_c).

$$\sigma_{cb} = \min(\sigma_c, \sigma_b) \quad (3.4)$$

Kemudian proporsi hubungan antara b , c , dan h bisa ditentukan seperti persamaan (3.5).

$$h:b:c = h : \frac{\sigma_{cb}}{\tau_b - \tau_{cb}} \times h : \frac{\sigma_{cb}}{\tau_c - \tau_{cb}} \times h \quad (3.5)$$

dengan :

τ_{cb} : tegangan geser antara bambu dan beton

τ_b : tegangan geser bambu

τ_c : tegangan geser beton

σ_{cb} : kuat tekan bambu atau beton

b : jarak antar takikan

c : lebar takikan

h : tinggi takikan

3.3 Pengujian Kuat Geser Bambu

Pengujian kuat geser bambu sejajar serat menggunakan standar acuan SNI 03-3400-1994 Metode Pengujian Kuat Geser Kayu di Laboratorium. Kuat geser bambu sejajar serat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.6).

$$\tau = \frac{V}{A} \quad (3.6)$$

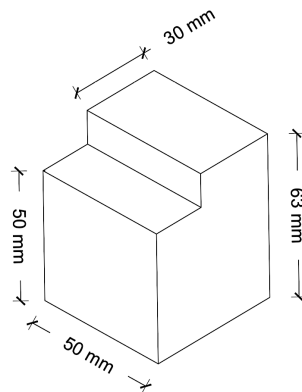
dengan:

τ = kuat geser (N/mm^2)

V = gaya geser maksimum (N)

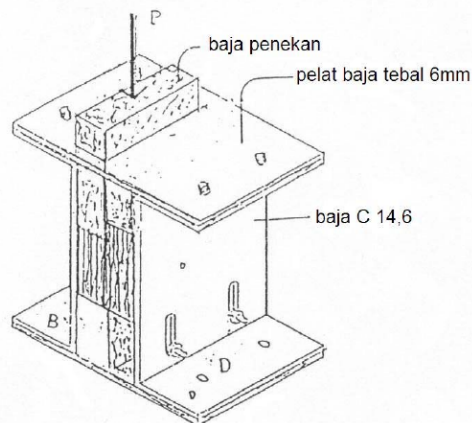
A = luas penampang benda uji (mm^2)

Berikut merupakan ketentuan bentuk benda uji dan skema pengujian menurut SNI 03-3400-1994 Metode Pengujian Kuat Geser Kayu di Laboratorium pada gambar 3.7 dan gambar 3.8.



Gambar 3.7 Benda Uji SNI 03-3400-1994

(Sumber: Badan Standardisasi Nasional)



Gambar 3.8 Skema Pengujian SNI 03-3400-1994

(Sumber: Badan Standardisasi Nasional)

3.4 Pengujian Kuat Tekan Bambu

Pengujian kuat tekan bambu sejajar serat menggunakan standar acuan ISO TR 22157 *Bamboo – Determination of Physical and Mechanical Properties*. Kuat tekan bambu sejajar serat dapat dihitung menggunakan persamaan (3.7).

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A} \quad (3.7)$$

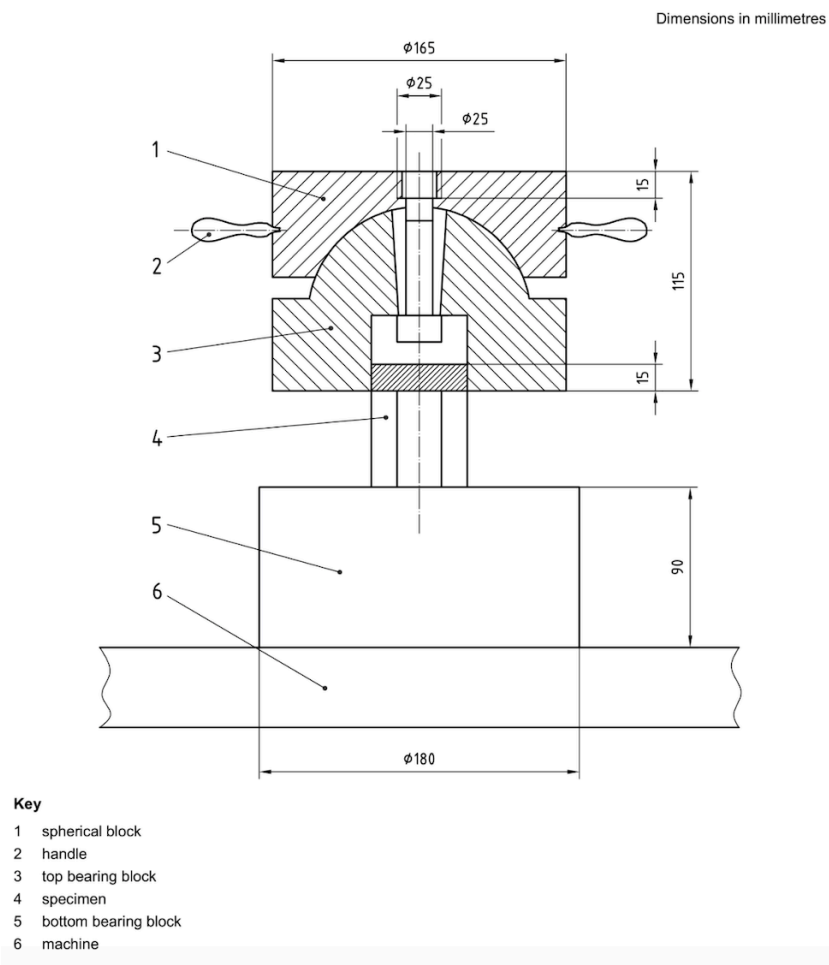
dengan:

σ_{ult} = kuat tekan (N/mm²)

F_{ult} = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

Berikut merupakan skema pengujian menurut ISO TR 22157 *Bamboo - Determination of Physical and Mechanical Properties* pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Skema Pengujian ISO TR 22157
(Sumber: *International Organization of Standardization*)

3.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton menggunakan standar acuan SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.8).

$$f'_c = \frac{P_{maks}}{A} \quad (3.8)$$

dengan:

f_c = kuat tekan beton (N/mm^2)

P_{maks} = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

Berikut merupakan angka konversi bentuk dan umur benda uji kuat tekan beton pada tabel 3.1 dan tabel 3.2.

Tabel 3.1 Angka Konversi Bentuk Benda Uji

Bentuk Benda Uji	Angka Konversi
Silinder 150 x 300 mm	0,83
Kubus 150 x 150 x 150 mm	1,0
Kubus 200 x 200 x 200 mm	0,95

(Sumber: Badan Standardisasi Nasional)

Tabel 3.2 Angka Konversi Umur Benda Uji

Umur Benda Uji	Angka Konversi
3 hari	0,40
7 hari	0,65
28 hari	1,00

(Sumber: Badan Standardisasi Nasional)

3.6 Pengujian Kuat Lekat antara Tulangan dan Beton

Pengujian kuat lekat antara tulangan dan beton menggunakan standar acuan SNI 03-4809-1998 Metode Pengujian untuk Membandingkan Berbagai Beton Berdasarkan Kuat Lekat yang Timbul terhadap Tulangan. Kuat lekat antara tulangan dan beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.9).

$$\tau = \frac{V}{A} \quad (3.9)$$

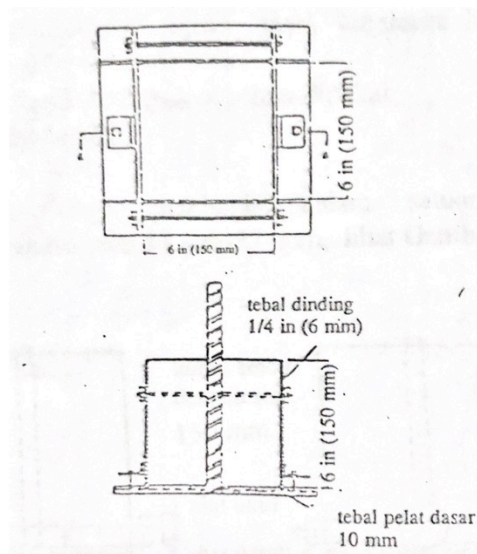
dengan:

τ = kuat lekat (N/mm^2)

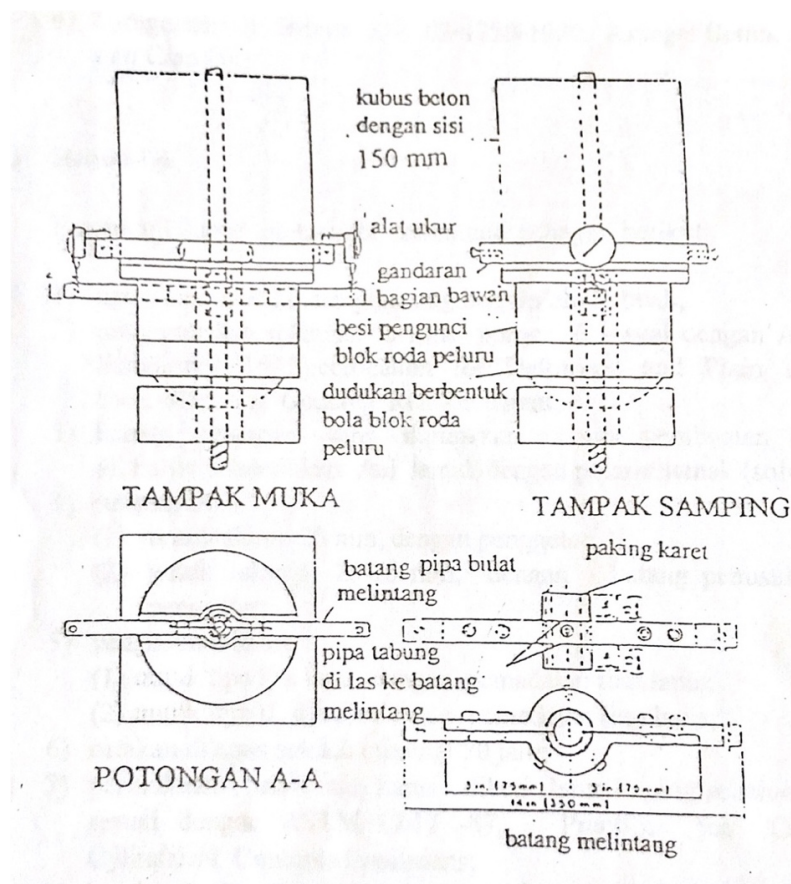
V = gaya geser maksimum (N)

A = luas permukaan batang tulangan yang tertanam dalam beton (mm^2)

Berikut merupakan benda uji dan skema pengujian SNI 03-4809-1998 Metode Pengujian untuk Membandingkan Berbagai Beton Berdasarkan Kuat Lekat yang Timbul terhadap Tulangan pada gambar 3.10 dan 3.11.



Gambar 3.10 Benda Uji SNI 03-4809-1998
(Sumber: Badan Standardisasi Nasional)



Gambar 3.11 Skema Pengujian SNI 03-4809-1998
(Sumber: Badan Standardisasi Nasional)