

ARTIKEL ILMIAH

**KAPASITAS SAMBUNGAN KAYU TAMPANG DUA DENGAN
VARIASI SUDUT MEMAKAI ALAT SAMBUNG PASAK BAMBU
DILAPISI PEREKAT**

***Capacity of Double Shear Timber Connection Using Bamboo
Dowel Fastener with Adhesive Coated***

Tugas Akhir

Untuk memenuhi persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

Ardian Ismayadi

F1A 014 014

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MATARAM

2018

Artikel Ilmiah

**KAPASITAS SAMBUNGAN KAYU TAMPANG DUA DENGAN VARIASI
SUDUT MEMAKAI ALAT SAMBUNG PASAK BAMBU DILAPISI PEREKAT**

Oleh:

**Ardian Ismayadi
(F1A 014 014)**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

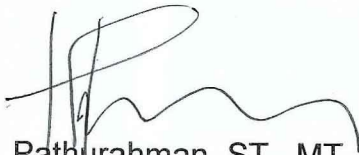
1. Pembimbing Utama



Buan Anshari, ST., M.Sc(Eng)., Ph.D.
NIP: 19710703 199802 1 001

Tanggal : 13 November 2018

2. Pembimbing Pendamping



Pathurahman, ST., MT.
NIP: 19661231 199403 1 018

Tanggal : 13 November 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram

Jauhar Fajri, ST., M.Sc(Eng)., Ph.D.
NIP: 19740607 199802 1 001



Artikel Ilmiah

**KAPASITAS SAMBUNGAN KAYU TAMPANG DUA DENGAN VARIASI
SUDUT MEMAKAI ALAT SAMBUNG PASAK BAMBU DILAPISI PEREKAT**

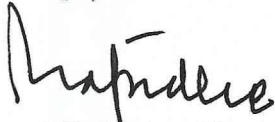
Oleh:

**Ardian Ismayadi
F1A 014 014**

Telah dipertahankan di depan Dewan
Penguji Pada tanggal 8 November 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat
Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil

Susunan Tim Penguji:

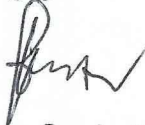
1. Penguji I



Aryani Rofaida, ST., MT.
NIP: 19660729 199403 2 001

Tanggal : 13 November 2018

2. Penguji II



I Wayan Sugiarta, ST., MT.
NIP: 19690620 199702 1 001

Tanggal : 12 November 2018

3. Penguji III



Hariyadi, ST., MSc(Eng)., Dr.(Eng).
NIP: 19731027 199802 1 001

Tanggal : 13 November 2018

Mataram, 15 November 2018
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Akmaluddin, ST., MSc(Eng)., Ph.D.
NIP: 19681231 199412 1 001

KAPASITAS SAMBUNGAN KAYU TAMPANG DUA DENGAN VARIASI SUDUT MEMAKAI ALAT SAMBUNG PASAK BAMBU DILAPISI PEREKAT

Ardian Ismayadi¹, Buan Anshari², Pathurahman³

¹Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Mataram

²Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil , Fakultas Teknik, Universitas Mataram

ABSTRAK

Sambungan tumpang dua merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kekakuan batang kayu khususnya pada struktur kuda-kuda, pada umumnya sambungan menggunakan baut atau paku sebagai alat sambung. Namun demikian, penggunaan bahan logam memiliki dampak yang kurang baik seperti dalam proses pembuatan menghasilkan polusi, serta merupakan bahan yang tidak dapat diperbaharui. Dengan kondisi ini, maka penggunaan alat sambung dari bahan alami seperti bambu dilapisi perekat menjadi pilihan yang menarik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan sambungan tumpang dua menggunakan alat sambung pasak bambu yang dilapisi perekat dengan variasi sudut. dan mengetahui pola kegagalan terhadap sambungan tumpang dua dengan variasi sudut menggunakan alat sambung pasak bambu dilapisi perekat.

Sebelum melakukan pengujian sambungan, terlebih dahulu dilakukan pengujian sifat fisik maupun mekanik untuk mengetahui karakteristik kayu, sementara itu untuk sifat mekanik bambu Petung sebagai alat sambung berupa uji kuat cabut pasak dan uji lentur alat sambung pasak. Selanjutnya membuat benda uji dan melakukan pengujian kapasitas sambungan dengan variasi sudut diantaranya 0°, 30°, 45°, 60° dan 90° dengan alat sambung pasak bambu diameter 14 mm dan diameter lubang 16 mm, celah antara pasak dan lubang dilapisi dengan perekat. Kemudian hasil uji kapasitas sambungan akan dibandingkan dengan perhitungan berdasarkan Persamaan SNI.

Berdasarkan hasil pengujian kapasitas sambungan dari kelima sudut tersebut didapatkan berturut-turut berkisar sebesar 33 kN, 25 kN, 24 kN, 22kN dan 21 kN.. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin besar sudut maka kapasitas sambungan semakin rendah, penurunan terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 36,44%. Pola kegagalan sambungan yaitu terjadi keruntuhan alat sambung berupa pasak dan perekat. Hasil perbandingan antara rumus teoritis dengan pengujian eksperimen menunjukkan hasil yang sama-sama menurun jika sudut sambungan semakin besar.

Kata kunci : Kapasitas sambungan, sudut sambungan, sambungan tumpang dua, Pasak bambu, Perekat

PENDAHULUAN

Kayu merupakan bahan konstruksi yang masih banyak digunakan secara luas oleh masyarakat pedesaan dan masyarakat perkotaan umumnya. Hal ini dikarenakan kayu memiliki keuntungan dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya seperti baja, beton dan lain sebagainya. Pada bidang struktur kayu banyak digunakan sebagai rangka kuda-kuda, rangka jembatan, kolom dan balok bangunan serta struktur perancah. Akan tetapi kayu juga memiliki kekurangan, diantaranya adalah sifatnya yang non homogen, adanya cacat kayu, dan keterbatasan dalam ukuran yang dibutuhkan untuk keperluan struktur bangunan. Maka untuk mengatasi terbatasnya ukuran kayu, penyambungan

kayu merupakan salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan ukuran kayu.

Sambungan kayu adalah sambungan yang mengikat dua atau lebih papan kayu secara bersamaan menggunakan alat sambung mekanik seperti baut, paku pasak, konektor, atau menggunakan alat sambung berupa perekat struktural. Tipe sambungan dengan alat sambung mekanik dikenal dengan istilah *mechanical joint* dan tipe sambungan dengan alat sambung perekat disebut *glued joint*.

Sambungan merupakan titik kritis atau titik terlemah dalam suatu konstruksi. Titik-titik kritis tersebut harus mampu menerima atau menahan beban yang terjadi. Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan sambungan adalah alat sambung yang digunakan. Pada umumnya sambungan

pada konstruksi kayu menggunakan alat sambung paku dan baut. Bahan paku dan baut merupakan bahan logam, dimana termasuk bahan yang tidak dapat diperbaharui, sehingga ketersediaannya terbatas. Alat sambung yang dapat digunakan dalam suatu penyambung adalah pasak. Pasak merupakan jenis alat sambung mekanik yang dapat digunakan dalam membuat sambungan kayu. Bentuk pasak yang dapat digunakan adalah yang terbuat dari bambu yang relatif murah, mudah dikerjakan dan ketersediaannya tidak terbatas.

Dinata (2011) dalam Zulqaidi (2015) menganalisis tiga jenis alat sambung tipe dowel, yaitu paku, pasak bambu dan pasak kayu dengan diameter 0,52 cm; 0,5 cm dan 0,5 cm. Kayu yang digunakan adalah kayu *Acacia mangium* dengan variasi ketebalan mulai dari ketebalan batang 3 cm; 3,5 cm; 4 cm; 4,5 cm; 5 cm dan 5,5 cm. Teknik sambungan menggunakan pelat baja sebagai pelat sambungan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban tekan pada sambungan. Beban yang diberikan adalah pembebanan aksial tekan sejajar serat. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan jenis alat sambung paku memiliki beban ijin sambungan paling tinggi, kemudian diikuti oleh alat sambung pasak bambu dan yang paling rendah adalah pasak kayu.

Penelitian ini menggunakan alat sambung mekanik yaitu pasak bambu yang dikombinasikan dengan perekat. Perekat berfungsi untuk mengatasi keluarnya pasak atau tercabutnya pasak dari sambungan. Pembebanan yang diberikan pada sambungan adalah gaya aksial yang arahnya searah dengan panjang balok kayu dan tegak lurus dengan panjang alat sambung pada beberapa variasi sudut, diantaranya sudut 0° , 30° , 45° , 60° , 90°

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kekuatan sambungan tampang dua menggunakan alat sambung pasak bambu yang dilapisi perekat pada beberapa variasi sudut dan pola kegagalan atau keruntuhan yang terjadi

TINJAUAN PUSTAKA

Hariadi (2013) dalam penelitiannya mengenai tahanan lateral sambungan kayu Sengon LVL (*Laminated Veneer Lumber*) dengan pasak bambu Petung didapat hasil pengujian sambungan sejajar serat menunjukkan semakin besar diameter

maka kekuatannya semakin tinggi, yaitu diameter 10, 12 dan 16 mm nilai maksimumnya sebesar 12,74 kN; 15,61 kN dan 24,44 kN.

Jafri (2000) dalam penelitiannya untuk sambungan dengan perekat pada struktur rangka bambu didapatkan kuat tarik sejajar sumbu 1747 kg dengan perekat epoksi dengan luas rekatan 178 cm^2 . Sambungan dengan perekat resin sebesar 948 kg dengan luas bidang rekatan 160 cm^2 . Kuat maksimum yang dapat ditahan oleh sambungan dengan perekat epoksi adalah 85,66 %.

Yospiandy (2014), dalam penelitiannya tentang tinjauan kuat tarik model sambungan penampang ganda dari bambu berpengisi bambu dengan variasi sudut joint memakai alat sambung baut dengan variasi sudut joint 0° , 30° , 60° , dan 90° . Didapatkan hasil rata-rata yaitu 816,47 Kg, 1248,89 Kg, 1097,69 Kg, dan 837,63 Kg.

Sambungan kayu

Berdasarkan jumlah dan susunan kayu yang disambung, jenis sambungan kayu dapat dibedakan atas, sambungan satu irisan (menyambungkan dua batang), sambungan dua irisan (menyambungkan tiga batang kayu) dan sambungan empat irisan (menyambungkan lima batang kayu).

Jens-jenis alat sambung

Alat sambung kayu yang digunakan, yaitu:

a. Alat sambung Lem / perekat

Lem termasuk alat sambung yang bersifat getas. Keruntuhan alat sambung lem terjadi tanpa adanya peristiwa pelelehan. Alat sambung lem umumnya digunakan pada struktur balok susun, atau produk kayu laminasi.

b. Alat sambung pasak

Pasak adalah alat sambung yang dimasukkan ke dalam takikan-takikan dalam kayu serta dibebani dengan tekanan dan geseran. Selain dibuat dari kayu pasak juga dapat dibuat dari bambu. Terdapat tiga jenis bambu yang dapat diproses untuk bahan pasak yaitu bambu Petung, bambu Tali dan bambu Gombang. Selain karena sudah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat, ketiga jenis bambu ini memiliki kekuatan yang cukup tinggi.

Persyaratan jarak sambungan

Jarak antara alat sambung pasak harus direncanakan agar masing-masing alat sambung dapat mencapai tahanan lateral ultimitnya. Jarak antar alat sambung mengacu pada SK SNI 03-2000.

Kekuatan sambungan

Persamaan yang digunakan pada penelitian / pengujian tekan sambungan ini menggunakan rumus lateral ijin sambungan pasak kayu (SK SNI 03-xxxx-2000). Kekuatan sambungan ditentukan berdasarkan tahanan lateral acuan (Z) satu pasak pada sambungan satu atau dua irisan dapat dilihat pada Persamaan 1 berikut :

$$Z_u \leq \phi_z nf \lambda Z' \quad (1)$$

dengan ;

Z_u : Tahanan perlu sambungan (Newton)

ϕ_z : 0.65 faktor tahanan sambungan

nf : Jumlah pasak

λ : Faktor waktu 1

Z' : Tahanan terkoreksi sambungan (Newton)

Tahanan terkoreksi merupakan nilai tahanan lateral (Z) pada setiap mode kelehan untuk satu pasak dikalikan dengan faktor koreksi. Untuk sambungan tampang dua dengan menggunakan alat sambung baut atau pasak memiliki 4 (empat) mode kelehan diantaranya yaitu kelelehan pada struktur kayu utama (I_m), kelehan pada struktur kayu sekunder/samping (I_s), kelehan pada alat sambung dan kayu sekunder (III_s) dan kelelehan pada alat sambung (IV). untuk menghitung tahanan lateral (Z) tiap mode kelelehan dapat menggunakan rumus-rumus seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tahanan lateral acuan untuk baut atau pasak (Z) untuk satu alat pengancangdengan dua irisan yang menyambung tiga komponen

Moda kelelehan	Tahanan lateral (Z)
I_m	$Z = \frac{0,83 D t_m F_{em}}{K_e}$
I_s	$Z = \frac{1,66 D t_s F_{es}}{K_e}$
III_s	$Z = \frac{2,08 k_3 D t_s F_{em}}{(2 + Re) K_e}$
IV	$Z = \frac{2,08 D^2}{K\theta} + \sqrt{\frac{2 F_{em} F_{yp}}{3 (1 + Re)}}$

Catatan :

Re : F_{em} / F_{es}

K_θ : $1 + 0.25 (\theta/90^\circ)$

$K3$: $(-1) + \sqrt{\frac{2(1+Re)}{Re} + \frac{2F_{yp}(2+Re)D^2}{3F_{em}t_s^2}}$

$F_{es} //$: 77.25 G

$F_{e\perp}$: $212 G^{1.45} D^{-0.5}$

$F_{em} \theta^0$: $(F_{es} // F_{e\perp}) / (F_{es} // \sin^2 \theta^0 + F_{e\perp} \cdot \cos^2 \theta^0)$

dengan ;

D : Diameter pasak (mm)

θ : sudut sambungan (derajat)

t_m : tebal kayu utama (mm)

t_s : tebal kayu sekunder (mm)

F_{yp} : Tahanan lentur pasak (MPa)

$F_{es} //$: Kuat tumpu sekunder sejajar serat (MPa)

$F_{e\perp}$: Kuat tumpu tegak lurus serat (MPa)

$F_{em} \theta^0$: kuat tumpu dengan sudut (MPa)

G : Berat jenis

Bahan perekat dan teori perekatan

Bahan perekat adalah substansi yang memiliki kemampuan untuk menyatukan bahan sejenis maupun tidak sejenis melalui ikatan permukaan. Prayitno (1997) membagi teori perekatan menjadi dua yaitu:

a. Mechanical adhesion

Perekatan mekanik berarti bahwa dapat terjadi karena gaya perekatan yang disebabkan oleh suatu mekanisme meresapnya perekat ke dalam tubuh substrat mengeras dan mengakibatkan suatu kondisi *interlocking* atau pencengkraman perekat ke dalam tubuh bahan yang direkat.

b. Specific adhesion

Perekat spesifik terjadi karena kekuatan tarik menarik atau kekuatan adhesi antara molekul-molekul perekat dengan molekul-molekul substrat. Kekuatan perekat spesifik (*specific adhesion*) yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sifat perekatnya sendiri (*inherent adhesive characteristic*) dan kompatibilitas atau tingkat penyesuaian atau kecocokan antara bahan yang direkat dengan bahan perekat.

Kayu sebagai bahan konstruksi

1. Kayu Bujur

Kayu Bujur atau nama ilmiah *Pterospermum javanicum* adalah jenis kayu khas dari daerah tropis, salah satunya

seperti di Indonesia. Di Indonesia kayu baji terdapat di berbagai daerah seperti Jawa, Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, Maluku dan Nusa Tenggara. Warna kayu pada bagian teras biasanya berwarna merah pucat tapi ada juga yang berwarna merah coklat muda. Sedangkan bagian gubal berwarna putih. Tekstur umumnya bertekstur kasar dengan serat yang lurus. Berat jenis rata-rata adalah 0,52. Daya retak umumnya tidak gampang retak dan jika dibandingkan dengan jenis kayu pertukangan lainnya tingkat kekerasan tergolong sedang.

Sifa fisik kayu

a. Kadar air

Kadar air adalah kandungan air yang terdapat dalam kayu yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering kayu oven. Kadar air kayu dihitung dengan Persamaan 2 berikut.

$$w = \frac{W_0 - W_{kt}}{W_{kt}} \times 100\% \quad (2)$$

b. Berat jenis

Berat jenis (BJ) kayu adalah berat kayu dibagi dengan volumenya pada keadaan kering udara, Dumanauw (1990). Berat jenis kayu dihitung dengan Persamaan 3.

$$BJ = \frac{B_{kt}/V_0}{\gamma_{air}} \quad (3)$$

Sifat mekanik kayu

1. Kuat tarik

Kuat tarik kayu adalah kekuatan kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha untuk menarik kayu tersebut.. Dihitung dengan persamaan 4.

$$f_t // = \frac{p}{bxh} \quad (4)$$

2. Kuat geser kayu

Kuat geser kayu adalah suatu ukuran kekuatan kayu dalam menahan gaya-gaya yang membuat suatu bagian lekatan kayu tersebut bergeser atau bergelincir dari bagian lekatan yang lain (Dumanauw, 1990). Untuk menentukan besar kuat geser digunakan Persamaan 5.

$$f_v // = \frac{p}{bxh} \quad (5)$$

3. Kuat lentur kayu

Kuat lentur kayu adalah kekuatan kayu dalam keadaan lentur akibat momen (Dumanauw, 1990). Modulus elastisitas

kayu adalah nilai yang mengukur hubungan antara tegangan dengan regangan pada batas sebanding dan menggambarkan istilah fleksibilitas dan kekakuan. Untuk menghitung kuat lentur kayu dan modulus elastisitas kayu digunakan Persamaan 6 dan Persamaan 7 sebagai berikut.

$$f_b = \frac{3xPxL}{2xbxh^2} \quad (6)$$

$$Eb = \frac{3pL^3}{4\Delta ybh^3} \quad (7)$$

Bambu petung

Bambu dengan nama ilmiah *Dendrocalamus asper* di Indonesia dikenal dengan nama bambu Petung. Batang bamboo ini dapat mencapai panjang 10-14 m, panjang ruas berkisar antara 40-60 cm, dengan diameter 6-15 cm, tebal dinding 10-15 mm. Bambu Petung banyak dipakai sebagai bahan bangunan. Dari hasil penelitian sifat mekaniknya diketahui bahwa kuat tarik bambu Petung diperoleh sebesar 2.278 kg/cm² pada bagian pangkal, 1.770 kg/cm² pada bagian tengah dan pada bagian ujung sebesar 2.080 kg/cm². Bambu petung memiliki kuat tarik dengan buku sebesar 1.160 kg/cm², sedangkan kuat tarik tanpa buku sebesar 1.900 kg/cm² (Morisco, 1999).

Sifa fisik bambu

a. Kadar air

Kadar air merupakan perbandingan antara banyaknya air yang terkandung dalam bambu dengan berat kering tanurnya dinyatakan dalam prosentase. kadar air dihitung dengan Persamaan 8.

$$KA = \frac{B_0 - B_1}{B_1} \quad (8)$$

b. Berat jenis

Berat jenis dinyatakan sebagai perbandingan antara berat kering tanur suatu benda terhadap berat suatu volume air yang sama dengan volume benda itu. Besarnya berat jenis dapat dihitung dengan Persamaan 9.

$$Bj = \frac{B_{kt}/V_0}{\gamma_{air}} \quad (9)$$

Sifat mekanik bambu

a. Kuat tarik

Kuat tarik bambu yaitu suatu ukuran kekuatan bambu dalam hal kemampuannya

untuk menahan gaya-gaya yang cenderung menyebabkan bambu itu terlepas satu sama lain. Untuk menentukan besarnya kuat tarik bambu digunakan Persamaan 10 sebagai berikut.

$$F = \frac{P}{A} \quad (10)$$

b. Kuat cabut pasak

Kuat cabut adalah kemampuan maksimal suatu pasak untuk menahan beban cabut yang diterima. Kuat cabut dapat dihitung dengan Persamaan 11.

$$Z_w = \frac{P}{(2 \times \pi \times r) \times L} \quad (11)$$

c. Kuat lentur pasak

Kuat lentur pasak adalah kemampuan maksimal suatu pasak dalam menahan gaya-gaya yang membuat pasak lentur atau patah. Kuat lentur dapat dihitung dengan Persamaan 12.

$$F_{yp} = \frac{3 P L}{2 (\pi r^2) D} \quad (12)$$

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Kayu Bujur dengan mutu E18 sampai E22
- b. Resin (Epoxy) dengan merek dagang *union 200 cc*. Perak epoksi terdiri dari perekat dan pengeras yang harus dicampur dengan perbandingan 1:1 (gr) sebelum digunakan
- c. Bambu petung bagian pangkal

Perlitan Penelitian

Alat yang digunakan untuk pengujian benda uji

- a. Uji kuat cabut (*cement Flexural and Compression*)
- b. Dongkrak hidrolik (*Hydraulic jack*) digunakan untuk menahan beban awal sebelum beban diberikan secara berangsur-angsur pada benda uji.
- c. *Load cell* dan *Transducer Indicator*, alat ini digunakan untuk mengetahui

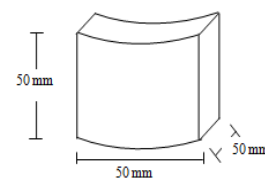
besarnya beban yang bekerja pada benda uji dengan kapasitas 25 ton.

- d. Dudukan benda uji, alat ini digunakan sebagai pemegang benda uji sehingga pembebanan yang dilakukan benar-benar ditahan oleh sambungan.
- e. Alat Uji Tarik dan Geser (*Electromechanical Universal Testing Machine*), merupakan alat pengujian tarik secara *computerize*. Dengan merk *Control*.
- f. *Dial guage*, digunakan untuk mengukur perubahan panjang pada saat pengujian kapasitas 1 inchi, ketelitian 0,01 inchi.
- g. *Loading frame* Alat ini digunakan sebagai alat pembantu untuk meletakkan dudukan benda uji, *hydraulic jack* dan *dial guage* agar bekerja maksimal.

Model Benda Uji

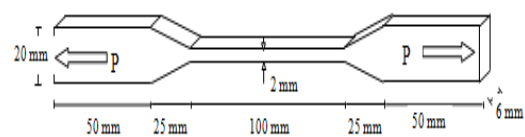
Benda uji pendahuluan bambu

- a. Pengujian kadar air dan berat jenis bamboo. Bentuk dan dimensi benda uji dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut.



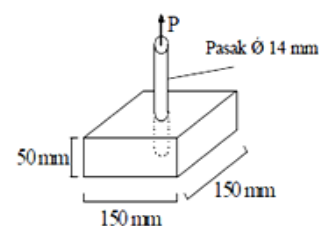
Gambar 1. Benda uji kadar air dan berat jenis

- a. Pengujian kuat tarik bamboo. Bentuk dan dimensi benda uji disajikan pada Gambar 2.



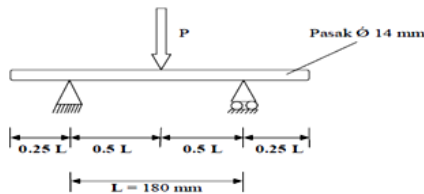
Gambar 2. Benda uji kuat tarik bamboo

- b. Pengujian kuat cabut pasak. Bentuk dan dimensi benda uji disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Benda uji kuat cabut pasak

- c. Pengujian kuat lentur pasak.
Bentuk dan dimensi benda uji disajikan pada Gambar 4.

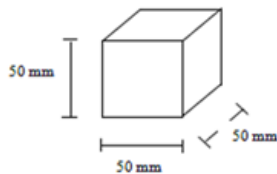


Gambar 4. Benda uji kuat cabut pasak

Benda uji sifat fisik dan mekanik bambu dibuat masing-masing sebanyak 3 (tiga) buah yang diambil dari bambu bagian pangkal tanpa nodia.

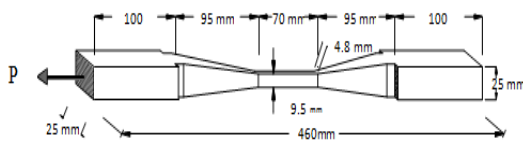
Benda uji pendahuluan kayu

- a. Pengujian kadar air dan berat jenis kayu
Uji kadar air dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis dari kayu, sehingga benda uji kadar air sekaligus digunakan sebagai benda uji berat jenis kayu yang diuji. Untuk lebih jelasnya bentuk spesimen benda uji dapat dilihat pada Gambar 5.



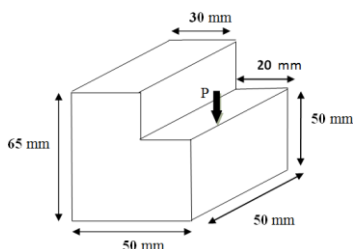
Gambar 5. Benda uji kadar air dan berat jenis

- b. Pengujian kuat tarik kayu
Pengujian tarik berdasarkan SNI 03-3399-1994. Ukuran benda uji dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Benda uji kuat tarik kayu

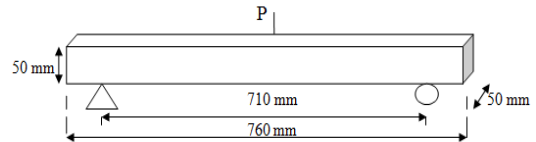
- c. Kuat geser kayu
Pengujian kuat geser kayu ini didasarkan SNI 03-3400-1994. Bentuk dan ukuran benda uji dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Benda uji kuat geser kayu

- d. Kuat lentur kayu dan modulus elastisitas

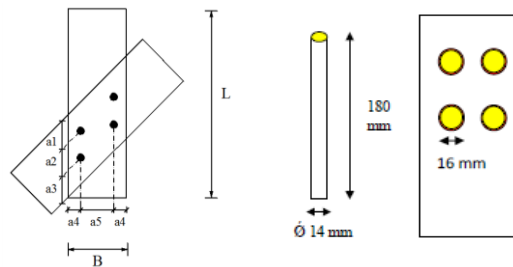
Pengujian lentur kayu dan modulus elastisitas dilaksanakan berdasarkan SNI 03-3959-1995 dan SNI 03-3960-1995 ukuran dan bentuk benda uji dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Benda uji kuat lentur kayu

Benda uji sambungan

Pengujian kuat sambungan balok tampang dua dilakukan dengan mesin *Hydraulic Jack*, jumlah benda uji yang dibuat yaitu 3 (tiga) buah setiap variasi sudut. Untuk bentuk benda uji dapat dilihat pada gambar 9 berikut.

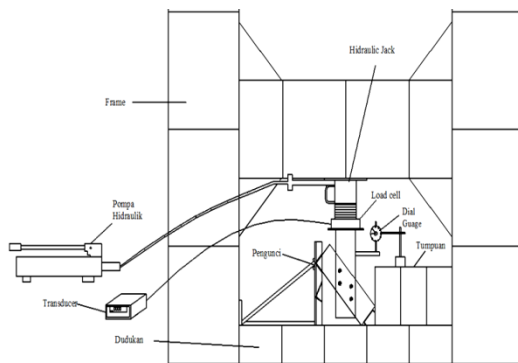


(a) Detail sambungan (b) Detail diameter lubang dan pasak

Gambar 9. Benda uji sambungan

Pengujian Kapasitas Sambungan

Pengujian kuat sambungan dilakukan dengan alat *Hydraulic Jack*. Tahapan yang pertama yaitu menempatkan benda uji padaudukannya yang ditempatkan pada *loading frame*. Untuk mengetahui beban yang diberikan digunakan *load cell* yang dilengkapi dengan *Transducer indicator*. Deformasi benda uji dicek dengan menggunakan *dial gauge*. Pengujian kuat sambungan dilakukan dengan memberikan beban tekan sampai sambungan mengalami kegagalan, baik balok yang retak, pasak patah maupun rangkaian lepas. Pembacaan dan pencatatan pada *dial gauge* dilakukan setiap kenaikan 10 lbs (44.4822 N). Adapun bentuk *set up* pengujian model sambungan dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10 Set up pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sifat Fisik Kayu Dan Bambu

Sifat fisik kayu

Dari hasil pengujian didapatkan rata-rata kadar air kayu sebesar 17,67 % seperti pada. hasil ini menunjukkan bahwa kayu Bujur yang akan digunakan sebagai benda uji sambungan memiliki kadar air yang sudah memenuhi syarat yaitu kurang dari 20%. Adapun dari pengujian kadar air dapat dihitung berat jenis kayu bujur dengan persamaan 9. hasil perhitungan berat jenis kayu bujur didapatkan rata-rata sebesar 0,42. Jika diklasifikasikan menurut Iswanto (2008) kayu Bujur termasuk ke dalam golongan kayu dengan berat sedang, karena nilai berat jenis kayu berkisar antara 0,36-0,56.

Hasil berat jenis ini akan digunakan pada perhitungan kuat tumpu kayu pada sambungan tampang dua dengan rumus teoritis

Sifat fisik bambu

hasil pengujian kadar air bambu petung bagian pangkal dengan kondisi kering udara sebesar 18,87 %. Hasil ini dapat memberikan kesimpulan bahwa kadar air bambu Petung memenuhi syarat untuk dijadikan sebagai alat sambung pasak. Berat jenis bambu petung dapat diketahui setelah dilakukan perhitungan kadar air bambu karena benda uji berat jenis sama dengan kadar air adapun hasil berat jenis bambu didapatkan sebesar 076. Dari hasil penelitian sifat fisik kayu dan bambu, menunjukkan bahwa kadar air dan

berat jenis kayu Bujur lebih rendah dibandingkan dengan bambu Petung.

Sifat Mekanik Kayu dan Bambu

Sifat mekanik kayu

Hasil sifat mekanik kayu ditampilkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian sifat mekanik kayu

Jenis kayu	Kode benda uji	Kuat Tarik ($f_{t//}$)	Kuat Geser ($f_{v//}$)	Kuat Lentur ($f_{b\perp}$)	Modulus elastisitas (E_b)
		MPa			
Bujur	BUM 1	45,03	7,51	43,71	6910,07
	BUM 2	42,86	6,59	47,30	6871,90
	BUM 3	32,52	4,83	45,19	6522,84
Rata-rata		40,14	6,31	45,40	6768,27

Pada Tabel 1 sifat mekanik kayu Bujur menunjukkan bahwa kayu yang digunakan merupakan kayu dengan kisaran mutu antara E18 sampai E23 sesuai dengan SK SNI-03-2000

Sifat mekanik bambu

Sifat mekanik bambu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan bambu untuk menerima gaya atau beban yang berasal dari luar bambu itu. bambu yang digunakan yaitu bambu Petung bagian pangkal. Adapun sifat mekanik bambu yang diteliti diantaranya kuat tarik bambu, kuat cabut pasak bambu dan kuat lentur pasak bambu. Adapun hasil dari sifat mekanik bambu didapatkan rata-rata diantaranya kuat tarik, kuat cabut pasak, dan kuat lentur pasak bambu didapatkan 229.08 MPa, 4,04 Mpa dan 70,13 MPa. Untuk hasil kuat lentur pasak bambu diambil hasil rata-rata terbesar yakni pada variasi kulit bagian samping dimana hasil ini akan digunakan untuk perhitungan teoritis pada sambungan tampang dua.

Kapasitas Sambungan

Hasil pengujian kapasitas sambungan

Pada penelitian ini kekuatan yang diambil untuk mengetahui kinerja alat sambung pasak bambu kombinasi perekat adalah kekuatan pada saat sambungan mengalami kegagalan baik kayu yang

disambung pecah, perekat runtuh (rekatan lepas, pasak patah, maupun sambungan lepas), alat yang digunakan adalah hidraulic jack yang dilengkapi dengan transducer. Pada Tabel 2 merupakan hasil pengujian kapasitas sambungan kayu dengan variasi sudut sambungan yaitu sudut 0°, 30°, 45°, 60° dan 90°.

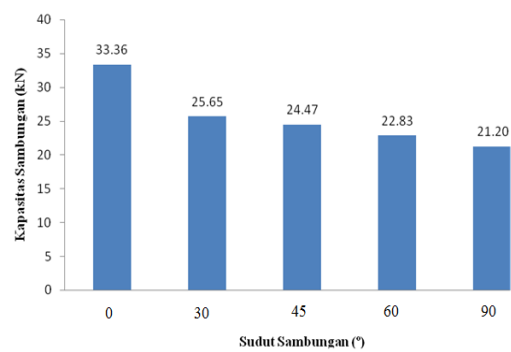
Tabel 2. Hasil pengujian kapasitas sambungan dengan variasi sudut

Variasi Sudut sambungan	Kapasitas Sambungan (kN)	Rata-rata (kN)	Penurunan (%)
0°	32,47	33,36	-
	42,26		
	25,35		
30°	26,24	25,65	23,11
	21,80		
	28,91		
45°	24,46	24,46	26,67
	24,02		
	24,91		
60°	20,91	22,83	31,56
	24,91		
	22,69		
90°	21,80	21,20	36,44
	23,13		
	18,68		

Hasil pengujian kapasitas sambungan pada tabel 4.3 terlihat bahwa kapasitas sambungan dengan sudut 0° adalah 33,36 kN dan dijadikan sebagai pembandingan dengan kapasitas sambungan lainnya dari variasi sudut 30°, 45°, 60° dan 90° yang menghasilkan kapasitas berturut-turut yakni 25,65 kN, 24,46 kN, 22,83 kN dan 21,20 kN. Penurunan yang terjadi dihitung dalam presentasi terhadap benda uji kontrol (sudut 0°) dari variasi sudut 30°, 45°, 60° dan 90° sebesar 23,11%, 26,67%, 31,56%, dan 36,44 %

Dari Tabel 4.7 di atas terlihat bahwa sudut 0° memiliki kapasitas sambungan yang paling besar dengan 33,36 kN dan sudut 90° memiliki kapasitas sambungan yang paling kecil dengan 21,20 kN, jika dilihat dari hasil yang didapatkan semakin besar sudut maka kapasitas sambungan semakin kecil, akan tetapi besar kapasitas dari masing-masing sambungan tidak berbeda terlalu jauh hal ini mengindikasikan jika kapasitas sambungan tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh sudut akan tetapi bisa juga disebabkan oleh diameter pasak yang tidak seragam sehingga menyebabkan rasio perbandingan antara panjang dan

diameter pasak menjadi berbeda-beda. Hal-hal tersebut sesuai dengan teori sambungan yaitu semakin besar sudut semakin rendah kekuatan sambungan hal ini dikarenakan kekuatan kayu untuk menerima gaya terhadap yang tidak sejajar serasat lebih kecil dari yang sejajar serasat, serta semakin besar rasio perbandingan panjang dengan diameter pasak maka kuat lentur semakin menurun dan akan mengurangi kapasitas sambungan (Awaludin, 2002). Untuk lebih jelasnya hasil uji kapasitas sambungan di Laboratorium dalam bentuk diagram dapat dilihat pada Gambar 12 berikut.



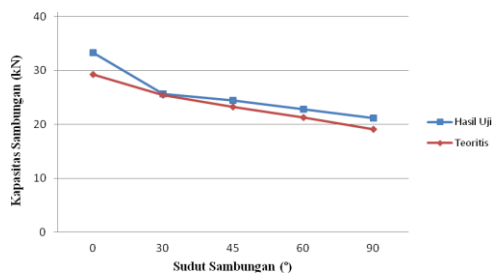
Gambar 12. Diagram hasil pengujian kapasitas sambungan

Perbandingan hasil pengujian dengan perhitungan teoritis

Kapasitas sambungan dua irisan dari hasil pengujian kemudian akan dibandingkan dengan rumus teoritis. Kapasitas yang diambil adalah kekuatan saat sambungan dinyatakan gagal yaitu baik dalam keadaan kayu yang disambung pecah, perekat runtuh, pasak patah, maupun rekatan lepas (perekat lepas) dan sambungan lepas. Rumus teoritis yang digunakan berdasarkan SK SNI 03-2000 yaitu pada Persamaan 1. Hasil perhitungan teoritis untuk sambungan dengan sudut 0°, 30°, 45°, 60° dan 90° dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 13.

Tabel 3. Perbandingan hasil pengujian dengan rumus teoritis

Variasi Sudut	Kapasitas sambungan (kN)	Teoritis (kN)	Selisih (%)
0°	33,36	29,24	12,36
30°	25,65	25,43	0,86
45°	24,46	23,22	5,09
60°	22,83	21,34	6,55
90°	21,20	19,06	10,10



Gambar 13. Grafik perbandingan hasil pengujian dengan hasil teoritis

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.4 terlihat perbedaan antara hasil teoritis dengan hasil pengujian yang dilakukan. Adapun perbandingan antara hasil teoritis dengan hasil pengujian kapasitas sambungan dengan sudut 0°, 30°, 45°, 60° dan 90° berturut-turut yaitu 12,36 %, 0,86 %, 5,09 %, 6,55 % dan 10,10 %. Perbandingan antara hasil teoritis dengan hasil pengujian kapasitas sambungan terlihat berbeda, kemungkinan hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain material pengujian yang memiliki dimensi dan kekuatan yang tidak seragam pada setiap bagiannya, kinerja mesin atau pengujian seperti alat yang digunakan masih manual pada saat pengujian, pemompaan transducer pada pembebanannya tidak merata atau tetap, letak pasak tidak berada di tengah-tengah lubang, diameter pasak yang tidak benar-benar seragam sehingga pada saat pengujian dilakukan hasil kapasitas sambungannya berbeda dengan perhitungan teoritis, atau bisa juga disebabkan oleh faktor-faktor dalam proses peleburan perekat seperti pengerasan perekat yang membentuk garis perekat yang kuat dan pejal.

Pola Kegagalan Sambungan

Pola kegagalan yang terjadi dari sambungan dengan memvariasikan sudut sambungan dengan alat sambung berupa pasak bambu kombinasi perekat pada penelitian ini sama untuk semua variasi, yaitu kegagalan tipe IV, dimana alat sambung yang digunakan tercabut, patah dan runtuh sementara kayu utama dan samping tetap kuat. Hal ini dipengaruhi oleh kuat lentur alat sambung berupa bambu Petung terlalu rendah, untuk pola kegagalan yang terjadi pada masing-masing sambungan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Pola kegagalan pada masing-masing benda uji

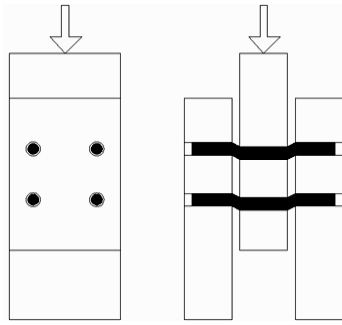
No	Variasi sudut sambungan	Pola keruntuhan
1	0°	Keruntuhan perekat dan sambungan lepas
2	30°	Keruntuhan perekat dan sambungan lepas
3	45°	Keruntuhan perekat dan sambungan lepas
4	60°	Keruntuhan perekat dan sambungan lepas
5	90°	Keruntuhan perekat dan sambungan lepas

Kegagalan sambungan terlebih dahulu diawali dengan sesaran /*displacement*, dimana hal ini terjadi akibat adanya gaya yang diberikan terhadap sambungan, dalam hal ini diberikan gaya aksial tekan. Pemberian gaya yang terus menerus mengakibatkan sambungan mengalami sesaran, dimana sesaran ini terjadi akibat alat sambung berupa pasak bambu yang leleh dan mengakibatkan kegagalan pada sambungan. Sesaran yang terjadi pada sambungan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Panjang sesaran sambungan tiap-tiap sudut

Sudut sambungan	Sesaran (mm)	Rata-rata (mm)
0°	14.97	15.92
	16.72	
	16.07	
30°	14.16	13.74
	15.85	
	11.21	
45°	18.33	12.66
	18.05	
	1.604	
60°	18.78	18.41
	18.42	
	18.03	
90°	14.91	16.29
	17.05	
	16.9	

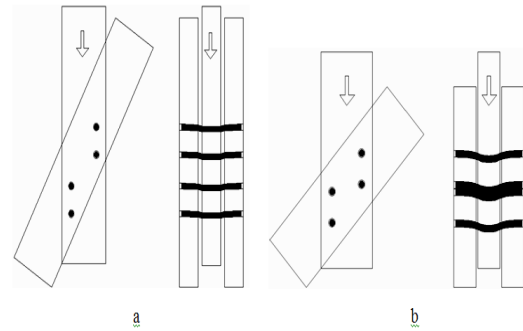
Dari Tabel 5 terlihat bahwa panjang sesaran masing-masing sambungan dengan variasi sudut berbeda-beda, hal ini dikarenakan perbedaan sudut komponen kayu sekunder terhadap kayu utama yang dibebani pada sambungan. Sementara untuk memperjelas pola kegagalan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 14 sampai Gambar 16 berikut.



Gambar 14. Sketsa Kegagalan pada sudut 0°

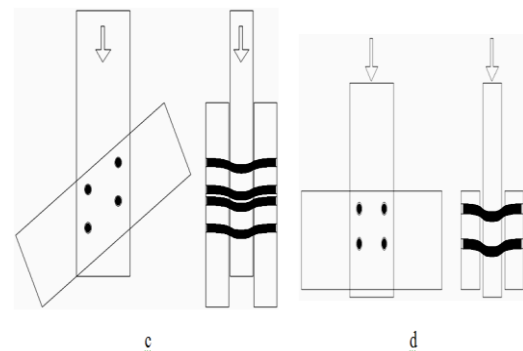
Gambar 14 menunjukkan sketsa pada sudut 0° . Gaya yang membebani sambungan menjadikan kayu dan alat sambung mengalami tegangan. Komponen kayu utama dan sekunder pada awalnya ikut tertekan, pada kondisi ini mulai terjadi sesaran namun dalam batas yang masih elastis serta alat sambung masih dalam keadaan melekat pada kayu. Seiring dengan penambahan beban sesaran semakin bertambah, alat sambung mulai lepas dari perekat yang mengikatnya. Pada kondisi ini alat sambung sudah melewati batas elastis dan memasuki batas plastis akibatnya pergerakan sesaran semakin cepat dan panjang. Kegagalan sambungan pun terjadi ketika alat sambung patah karena sudah melewati batas plastis akibat beban yang diberikan dan untuk sudut 0° sesaran yang terjadi rata-rata sebesar 15,92 mm. Ini menunjukkan bahwa kekuatan alat sambung untuk menahan beban maksimum sampai alat sambung patah yaitu 15,92 mm seperti pada Tabel 5. pada kegagalan ini sambungan memiliki pola kegagalan tipe IV yaitu kegagalan pada alat sambung.

Pola kegagalan yang sama juga ditunjukkan pada sambungan dengan sudut 30° dan 45° pada kedua sambungan ini kegagalan yang terjadi yaitu kegagalan tipe IV. tetapi yang membedakannya adalah panjang sesaran seperti yang disajikan pada Tabel 5 yaitu 13,74 mm dan 12,66 mm masing-masing untuk sudut 30° dan 45° . Untuk memperjelas pola kegagalan dari kedua sudut dapat dilihat pada Gambar 15 berikut.



Gambar 15 Sketsa kegagalan pada (a) sudut 30° dan (b) sudut 45°

Pada sudut 60° dan 90° , kegagalan yang terjadi pada kedua sambungan ini sama dengan kegagalan yang terjadi pada sambungan-sambungan sebelumnya, panjang sesaran merupakan hal pembeda dimana pada kedua sambungan ini panjang sesaran untuk masing-masing sambungan yaitu 18,41 mm untuk sudut 60° dan 16,29 mm pada sudut 90° seperti pada Tabel 5. Kedua sambungan ini memiliki panjang sesaran yang lebih besar jika dibandingkan dengan yang lainnya kemungkinan hal ini dikarenakan diameter alat sambung yang tidak seragam serta bisa juga disebabkan oleh arah dari serat-serat kayu pada kayu sambungan yang tidak sejajar, sehingga menyebabkan panjang sesaran yang berbeda. Untuk lebih jelasnya sketsa kegagalan pada sudut 60° dan 90° dapat dilihat pada Gambar 16



Gambar 16. Sketsa kegagalan pada (a) sudut 60° dan (b) sudut 90°

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan seperti, 1). Kapasitas sambungan tampang dua dengan variasi

sudut memakai alat sambung kombinasi pasak bambu dan perekat untuk beban maksimum yang mampu diterima oleh sambungan dengan sudut 0°, 30°, 45°, 60° dan 90° berturut-turut sebesar 33.36 kN, 25.65 kN, 24.47 kN, 22.83 kN dan 21.20 kN. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar sudut sambungan semakin kecil kapasitas sambungan dan semakin besar perbandingan antara panjang dengan diameter pasak maka kuat lentur pasak menurun dan menurunkan kapasitas sambungan.. 2). Pola kegagalan yang terjadi pada semua sambungan dengan variasi sudut yakni adalah pola kegagalan tipe IV. Pola kegagalan tipe IV merupakan kegagalan yang terjadi pada alat sambung yaitu pasak dan perekat mengalami keruntuhan.

Saran

Sebelum proses perekatan antara sambungan dengan pasak bambu kombinasi perekat, terlebih dahulu harus dipastikan lubang pasak benar-benar bersih dari debu supaya proses perekatan berjalan dengan baik dan merekat dengan sempurna. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang sambungan tampang dua dengan gaya aksial yang berbeda seperti gaya tarik serta menggunakan jenis kayu yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., 1994, *Standar Pengujian Kuat Geser Kayu di Laboratorium*, Pustran-Balitbang PU, Jakarta.
- Anonim., 1994, *Standar Pengujian Kuat Tarik Kayu di Laboratorium*. Pustran-Balitbang PU, Jakarta.
- Anonim., 1995, *Standar Pengujian Kuat lentur Kayu di Laboratorium*. Pustran-Balitbang PU, Jakarta.
- Anonim., 1995, *Standar Pengujian Modulus Elastisitas Lentur Kayu di Laboratorium*. Pustran-Balitbang PU, Jakarta.
- Anonim., 2000, *Tata Cara Perencanaan Struktur Kayu untuk Bangunan Gedung*, Beta Version, Bandung.
- Anonim., 2002, *Metode Pengujian Pengukuran Kadar Air, Kayu dan Bahan Berkayu*, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Anonim., 2002, *Metode Pengujian Berat Jenis Batang Kayu dan Kayu struktur Bangunan*, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Awaludin, A., 2012, *Dasar-dasar Perencanaan Sambungan Kayu*, Biro Penerbit KMTS Jurusan Teknik Sipil FT UGM, Yogyakarta.
- Djoemadie, 2010, *Kuat Tarik Bambu dan Kuat Geser Bambu*. <http://djoemadie-tok.blogspot.com/2010/05/kuat-tarik-bambu-dan-kuat-geser-bambu.html>. Diakses tanggal 28 April 2014.
- Dumanauw, J.F., 1990, *Mengenal Kayu*, Kanisius, Semarang.
- Hariadi, S., 2013, *Tahanan Lateral Sambungan Kayu Sengon LVL (Laminated Veneer Lumber) dengan Pasak Bambu Petung*. Tesis, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada.
- Iswanto, AH, 2008, *Sifat Fisis Kayu: Berat Jenis dan Kadar air Pada Beberapa Jenis Kayu*, Universitas Sumatera, Sumatera Utara.
- Jafri, A., 2000, *Tinjauan Kekuatan Sambungan Dengan Perekat Pada Struktur Rangka Bambu*, Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram.
- Munoz, W., Mohammad, M., Salenikovich, A., Quenneville, P., 2010, *Determination of Yield Point and Ductility of Timber Assemblies: In Search for a Harmonized Approach*, Engineered Wood Products Association.
- Sucahyo. 2010, *Perilaku kekuatan sambungan geser ganda batang kayu dengan paku majemuk berpelat sisi baja akibat beban uni-aksial tekan [disertasi]*, Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sumarni, S., 2010, *Struktur Kayu*, Yuma Pustaka, Surakarta
- Yospian, H., 2014, *Tinjauan Kuat Tarik Model Sambungan Penampang Ganda Dari Bambu Berpengisi Bambu Dengan Variasi Sudut Joint Memakai alat Sambung Baut*, Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram.
- Zulqaidi, I., 2015, *Pengaruh Perekat Terhadap Kinerja Pasak Bambu Pada Sambungan Kayu Dua Irisan*, Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram.