



JURNAL FORUM MEKANIKA

Volume 5 - Nomor 2

November 2016

ISSN : 2356-1491

TINJAUAN KEKUATAN RANTING BAMBU ORI SEBAGAI KONEKTOR PADA SAMBUNGAN STRUKTUR KUDA-KUDA BAMBU
DESI PUTRI; ASTUTI MASDAR

PERBAIKAN TANAH PADA TANAH *GRANULAR* DENGAN *VIBROCOMPACTION*
DYAH PRATIWI KUSUMASTUTI

PERENCANAAN PENGELOLAAN DAS TERPADU DALAM MENGATASI KETIDAKSEIMBANGAN KEBUTUHAN AIR BERSIH DAN PERMASALAHAN BANJIR (KAJIAN DAERAH ALIRAN SUNGAI CISADANE)
ENDAH LESTARI, RANTI HIDAYAWANTI

PENGUNAAN LIMBAH KERAMIK DAN SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH RAWA
IRMA SEPRIYANNA; FITRI KHAIRANI

STUDI ALTERNATIF BAHAN KONSTRUKSI RAMAH LINGKUNGAN DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK KEMASAN AIR MINERAL PADA CAMPURAN BETON
INDAH HANDAYASARI; SYARIF HIDAYAT

ANALISA PENGARUH LAMPU JALAN TERHADAP INDEKS TINGKAT PELAYANAN JALAN DENGAN PERBANDINGAN METODE *GREENSHIELD* DAN METODE *GREENBERG*
MUKHLIS; REVIANTY NURMEYLIANDARI

PEMANFAATAN SUMBER DAYA ALAM DENGAN MENGGUNAKAN BATANG ROTAN SEBAGAI PENGGANTI TULANGAN BETON
IRMA WIRANTINA K.

ANALISA FAKTOR PENYEBAB KECELAKAAN LALU LINTAS SEBAGAI ACUAN PERENCANAAN JALAN UNTUK MENINGKATKAN KESELAMATAN
GITA PUSPA ARTIANI



SEKOLAH TINGGI TEKNIK – PLN (STT-PLN)

JURNAL FORUM MEKANIKA

VOL. 5 NO. 2

HAL. 1 - 72

JAKARTA, NOV.2016

ISSN : 2356-1491

TINJAUAN KEKUATAN RANTING BAMBU ORI SEBAGAI KONEKTOR PADA SAMBUNGAN STRUKTUR KUDA-KUDA BAMBU

DESI PUTRI

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Email : desi_putri08@yahoo.com

ASTUTI MASDAR

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik Payakumbuh

Email : astuti_masdar@yahoo.com

Abstrak

Bambu sebagai bahan konstruksi dapat digunakan pada bangunan rumah termasuk tiang, balok, partisi, kuda-kuda, jembatan maupun sebagai penyangga. Kekuatan sebuah konstruksi bambu sangat dipengaruhi oleh kekuatan sambungannya. Pada perakitan konstruksi bambu seperti konstruksi kuda-kuda, sambungan dengan konektor baut dan plat menjadikan konstruksi kuda-kuda dari bahan bambu kurang ekonomis karena biaya sebuah konstruksi bambu akan mahal pada sambungannya. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan dua tahap pengujian. Pada tahap awal penelitian dilakukan pengujian pendahuluan yang meliputi pengujian sifat fisik dan mekanik bambu. Tahap kedua pada sambungan dilakukan pengujian kuat tekan dengan berbagai variasi sudut yaitu 0° , 45° , dan 90° . Hasil pengujian spesimen bambu Wulung kadar air dan kerapatan rata-rata masing-masing 12,9% dan $0,58 \text{ gr/cm}^3$. Nilai kekuatan sambungan secara teoritis diperoleh nilai kekuatan terendah terdapat pada arah gaya sudut 90° sebesar 769 kg dan tertinggi terdapat pada arah gaya dengan sudut 0° sebesar 1732 kg, sedangkan nilai kekuatan sambungan pada arah gaya sudut 45° sebesar 889 kg. Semakin besar sudut arah gaya maka semakin memperkecil kekuatan sambungan.

Kata Kunci : *Bambu Wulung, bambu Ori, konstruksi kuda-kuda, konektor, sambungan*

Abstract

Bamboo as construction materials can be used in house building, including columns, beams, partitions, horses, bridges as well as a buffer. The strength of a bamboo construction is influenced by the strength of the connections. At the assembly the construction of bamboo as construction of the horses, the connection with the bolt connector and plate make the horses construction of bamboo less economical because the cost of a bamboo construction will be expensive on the connection.

The research is conducted experimentally in two phases of testing. In the early phase of research it is conducted preliminary testing which includes physical and mechanical properties testing of bamboo. The second phase at connection do testing compressive strength with a variety of angles namely 0° , 45° , and 90° . The test results show the value of bamboo moisture content and density of each amount of 12.90% and 0.58 g/cm^3 . The Connection strength of obtained values theoretically are the lowest strength at 90° angle direction of the strength of 769 kg and the highest on the strength direction with angle of 0° amounting to 1732 kg while the value of the connection strength on the direction angle of 45° amounted to 889 kg. The greater the angle of direction of the force then minimize the connection strength.

Keywords: *Gigantochloa atroviolacea, Bambusa arundinacea, contruction truss structure, connectors, joints*

I. Latar Belakang

Bambu merupakan material konstruksi yang besar potensinya untuk dikembangkan. Dilihat dari segi ekonomi bambu sangat menguntungkan karena harganya yang murah dan mudah didapat sedangkan dari segi konstruksi bambu mempunyai kekuatan yang cukup baik (Masdar, 2006).

Penggunaan tanaman bambu sangat tepat sebagai material konstruksi yang ramah lingkungan karena bambu memiliki keunggulan diantaranya mudah ditanam, dapat tumbuh di lahan basah maupun kering, bambu bersifat tidak mudah habis (*renewable material*) yaitu setelah ditebang akan tumbuh tunas baru lagi, dapat ditebang setiap tahun, tahan terhadap gangguan termasuk

kebakaran dan menghasilkan banyak oksigen. Sebagai material konstruksi penggunaan tanaman bambu mempunyai keunggulan antara lain mempunyai sifat mekanik yang bagus, kuat tariknya dapat dipersaingkan dengan baja, berongga menjadikan momen kelembaman bambu tinggi, kulit bambu licin, bersih dan kuat, mudah dikeringkan dengan alat sederhana, dapat diawetkan agar dapat dipakai dalam waktu yang lama, mudah dipecah dengan alat sederhana sehingga baik untuk teknologi laminasi, dapat berfungsi sebagai peredam suara yang baik, masa konstruksi sangat singkat, biaya konstruksi murah dan tidak memerlukan peralatan yang modern.

Keunggulan lain dari penggunaan bambu sebagai material konstruksi yaitu ringan dan mempunyai kelenturan yang cukup tinggi sehingga bambu sangat baik digunakan untuk bangunan tahan gempa. Bambu sebagai bahan konstruksi dapat digunakan sebagai bangunan rumah termasuk tiang, balok, partisi, kuda-kuda, jembatan maupun sebagai penyangga. Kekuatan sebuah konstruksi bambu sangat dipengaruhi oleh kekuatan sambungannya.

Penggunaan konektor yang mempunyai keunggulan dari segi kekuatan, harga yang ekonomis, mudah dalam pelaksanaan dan ramah terhadap lingkungan perlu dipertimbangkan. Oleh karena itu digunakan bambu yang berdiameter lebih kecil ataupun ranting dari bambu yang berukuran cukup besar yang mempunyai keunggulan sifat mekaniknya. Dalam hal ini Bambu Ori (*bambusa arundinacea*) merupakan salah satu pilihan konektor yang digunakan pada sambungan konstruksi kuda-kuda bambu.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik Bambu Wulung (*Gigantochloa atroviolace*) yang digunakan pada struktur kuda-kuda.
2. Mendapatkan jenis sambungan bambu yang baik, kuat dan ekonomis pada struktur kuda-kuda bambu.
3. Untuk mengetahui besarnya kekuatan sambungan yang menggunakan bambu ori (*Bambusa Arundinacea*) sebagai konektor.
4. Untuk mengetahui pengaruh variasi sudut pada kekuatan sambungan yang menggunakan konektor dari bahan ranting bambu ori (*Bambusa Arundinacea*).

Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bambu yang digunakan untuk struktur utama adalah Bambu Wulung (*Gigantochloa atroviolace*).
2. Bambu yang digunakan sebagai konektor adalah Bambu Ori (*bambusa arundinacea*)

3. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, kuat geser bambu.
4. Pada sambungan dilakukan pengujian kuat tekan dengan berbagai variasi sudut yaitu 0° , 45° , dan 90° .
5. Semen yang dipakai adalah semen tipe I

II. Landasan Teori

Bambu

Bambu merupakan tanaman rumput-rumputan dengan nama *famili gramineae* dan tersusun atas ruas-ruas sepanjang batangnya. Diseluruh dunia sekarang telah tercatat lebih dari 75 generasi dan 1250 spesies bambu (Widjaya dkk, 2004), sekitar 80% terdapat di Asia Selatan dan Asia Tenggara. Genus *Bambusa* mempunyai jenis spesies yang paling banyak terutama pada daerah tropis termasuk Indonesia.

Bambu Wulung (*Gigantochloa atroviolacea*) berbagai daerah di Indonesia dikenal dengan nama bambu hitam pring wulung (Jawa), awi hideung (Sunda). Bambu Wulung dikenal juga dengan nama *Tropical Black Bamboo* karena mempunyai ciri khas berwarna hitam. Pertumbuhannya cukup baik khususnya daerah yang tidak terlalu kering. Panjang batang batang dapat mencapai panjang 15m.

Tanaman Bambu Ori (*bambusa arundinacea*) mempunyai bentuk fisik tegak, padat, dan berduri rapat. Ciri khas bambu ini yang membedakan dengan bambu gesing adalah pelepah buluh bercuping keriput. Batang Bambu Ori bisa mencapai tinggi 25 m. Buluh muda diselimuti bulu hitam sampai coklat gundul setelah tua buluh warna hijau tidak mengkilat. Jarak antar nodia sekitar 20-30 cm dengan diameter 5 – 15 cm dan tebal buluh sekitar 10-20 mm (Muniappan, 2003). Bambu Ori ini mempunyai banyak cabang yang ukurannya masing-masingnya berbeda tapi salah satu ukuran cabangnya akan dominan dari cabang lainnya seperti terlihat pada Gambar 1. berikut ini.



Gambar 1. Cabang Bambu Ori (*bambusa arundinacea*)
Tanaman Bambu Ori (*bambusa arundinacea*) berasal dari Asia Tenggara. Tunas muda Bambu

Ori (*bambusa arundinacea*) biasanya dikonsumsi sebagai makanan/sayur. Kayunya digunakan untuk perabotan rumah tangga, mebel, kotak, vas hias, perancah dll. Daunnya digunakan untuk makanan ternak. Batangnya dapat dijadikan bahan baku pembuatan pulp kertas yang berkualitas baik.

Kekuatan bambu sebagai bahan konstruksi dipengaruhi oleh sifat fisik dan mekaniknya. Sifat fisik dan mekanik ini merupakan informasi penting dalam rangka memberi petunjuk tentang cara pengerjaan maupun sifat bahan yang dihasilkan. Berdasarkan sifat fisik dan mekanik bambu, pemakaian bambu sebagai bahan konstruksi dapat dioptimumkan karena kita dapat mengetahui keunggulan dari bahan tersebut disamping kelemahannya. Dengan mengetahui keunggulan bambu kita dapat merencanakan kegunaannya berdasarkan kebutuhan dalam pendayagunaan bambu sebagai bahan konstruksi. Sedangkan dengan mengetahui kelemahan dari bambu kita bisa mencari solusi cara mengatasi dengan melakukan penelitian dan tindakan lebih lanjut.

Sifat Fisik Bambu

Sifat fisik bambu adalah perilaku fisik bambu sebagai tanggapan terhadap perubahan kondisi udara di sekitar tempat tumbuh bambu. Bambu sangat sensitif terhadap perubahan kadar air udara atau kelembaban. Beberapa sifat fisik bambu adalah *wettability*, kadar air, berat jenis, penyusutan dan pengembangan. *Wettability* menunjukkan kemampuan cairan untuk menempel pada permukaan benda padat. Kadar air dan berat jenis merupakan sifat fisika bambu yang dapat mempengaruhi sifat mekanika bambu. Pada batang bambu yang baru dipotong kadar air berkisar antara 50-99% dan pada bambu kering sekitar 12-18%. Berat jenis bambu berkisar antara 600-900 kg/cm³ (Taurista, A.Y et al, 2006). Sifat kembang susut serta kadar air bambu cukup penting pada aplikasi bambu petung sebagai tulangan beton, Morisco dkk. (2000) telah melakukan pengukuran kadar air bambu Apus, bambu Ori, bambu Petung dan bambu Wulung. Spesimen diambil dari pangkal, tengah, dan ujung.

Sifat Mekanik Bambu

Sifat mekanik bambu adalah perilaku bambu terhadap beban luar yang mengenainya (Prayitno, T. A., 1991). Beberapa sifat mekanika bambu seperti kuat tarik sejajar serat (*tensile strenght*), kuat tekan sejajar dan tegak lurus serat (*compressive strenght*), kuat lentur (*bending strenght*), kuat geser (*shearing strenght*) serta modulus elastisitas (*modulus of elasticity*). Sifat mekanika dari suatu bahan sangat penting diketahui agar kita mengetahui kelemahan dan keunggulannya sehingga dalam pemakaian bahan dapat diusahakan lebih optimum.

Sifat mekanik dapat diketahui dengan melakukan penelitian di laboratorium. Dalam hal ini pengujian dilakukan untuk mengetahui kekuatan bambu terhadap tarik, tekan, lentur dan geser. (Masdar, 2004) melakukan penelitian terhadap sifat mekanik Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*). Nilai sifat mekanik Bambu Petung dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Rata-rata hasil uji mekanik Bambu Petung (Masdar;2004)

No	Jenis Pengujian	Nilai rata-rata
1	Kekuatan lentur	128,80 MPa
2	Kuat tekan tegak lurus serat	51,06 MPa
3	Kuat tekan sejajar serat	50,29 MPa
4	Kekuatan geser	7,62 MPa
5	Kekuatan tarik	402,18 MPa
6	MOE	13746,33 MPa

Sambungan

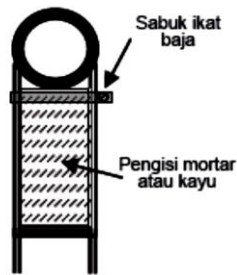
Kekuatan bambu yang tinggi belum dapat dimanfaatkan dengan maksimal karena kendala dalam sistem sambungan antar batangnya. Penyambungan atau perangkaian pada bambu utuh biasanya dilakukan secara *konvensional* dengan memakai ijuk, paku dan pasak. Sambungan dengan paku atau pasak menyebabkan terjadinya sobekan serat yang sejajar batang dimana kekuatan gesernya rendah yang menjadikan bambu mudah pecah. Pada sambungan dengan tali ataupun ijuk kekuatan sambungan hanya didasarkan pada kekuatan gesek antara tali, ijuk dengan bambu atau antara bambu satu dengan bambu yang lainnya (Morisco, 1999).

Sambungan-sambungan batang bambu utuh yang telah dilakukan peneliti-peneliti lebih lanjut telah menghasilkan sistem penyambungan baru yang memiliki kekuatan sambungan yang lebih baik, diantaranya:

1. Sambungan bambu memakai sabuk ikat baja dengan bahan pengisi kayu atau mortar

Pengujian skala penuh rumah tinggal bambu sementara yang menggunakan sambungan ijuk terhadap beban horizontal simulasi gempa bumi menunjukkan kerusakan pada sambungan ijuk terjadi karena gaya tarik yang cukup besar (Sulistyo, 2009).

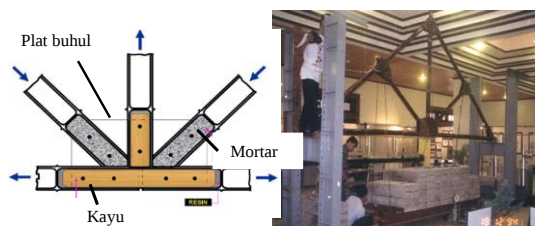
Untuk mencegah pecahnya ujung-ujung batang di daerah sambungan akibat gaya desak digunakan sabuk ikat baja untuk mengikat ujung batang pada sambungan dan mengisi ujung batang dengan seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sambungan menggunakan sabuk ikat baja dan bahan pengisi kayu atau mortar (Sulistyo, 2009)

2. Sambungan bambu memakai baut dan plat buhul dengan bahan pengisi kayu atau mortar

Upaya peningkatan sambungan pada struktur rangka atap bambu telah dilakukan oleh Morisco dan Mardjono (1996). Metoda penyambungan ini diaplikasikan pada struktur rangka atap dengan panjang bentang 6 m. Pengujian di laboratorium menunjukkan kekuatan sambungan pada struktur rangka atap ini dapat mencapai 4 ton. Aplikasi sistem sambungan ini telah dilakukan pada struktur jembatan rangka bambu dengan panjang bentang 12 m menggunakan Bambu wulung (*Gigantochloa atrovioleacea*) berdiameter sekitar 7 cm.



Gambar 3. Sambungan bambu dengan pelat buhul (a) Detail sambungan (b) Pengujian model sambungan pada struktur rangka batang (Morisco, 1996)

Kekuatan sambungan yang diperoleh dengan model sambungan seperti Gambar 2.3. cukup tinggi dan dapat dihitung (Morisco, 1999). Meskipun demikian sambungan antar rangka yang menggunakan pelat baja dan material yang berat kurang diminati karena dapat menambah berat sendiri struktur dan berdampak pada biaya konstruksi yang tinggi sehingga kurang ekonomis.

Struktur Kuda-kuda dari Bambu

Kuda-kuda berfungsi sebagai kerangka atau penyangga beban atap yang terdiri dari batang-batang yang disusun sedemikian rupa sehingga semua beban dan reaksi terjadi berada pada titik hubungannya. Titik hubung pada kuda-kuda merupakan penggabungan beberapa batang bambu pada satu buhul atau joint. Sambungan-sambungan batang bambu yang telah dilakukan peneliti-peneliti lebih lanjut telah menghasilkan sistem penyambungan baru yang memiliki kekuatan

sambungan yang lebih baik. Kuda-kuda bambu yang menggunakan sistem sambungan bambu memakai baut tanpa plat buhul dengan bahan pengisi dapat dilihat pada konstruksi bangunan TK Aba Semoya di Sleman Yogyakarta dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kuda-kuda bambu pada bangunan TK ABA Semoya, Berbah, Sleman

Sambungan tanpa plat baja lebih disukai dan lebih ekonomis meskipun kekuatan konstruksinya lebih rendah dibandingkan menggunakan plat baja. Meskipun demikian dengan metode yang baik dan pengembangan lebih lanjut melalui penelitian-penelitian yang terus dilakukan konstruksi dengan sistem ini dapat dilaksanakan dan diaplikasikan.

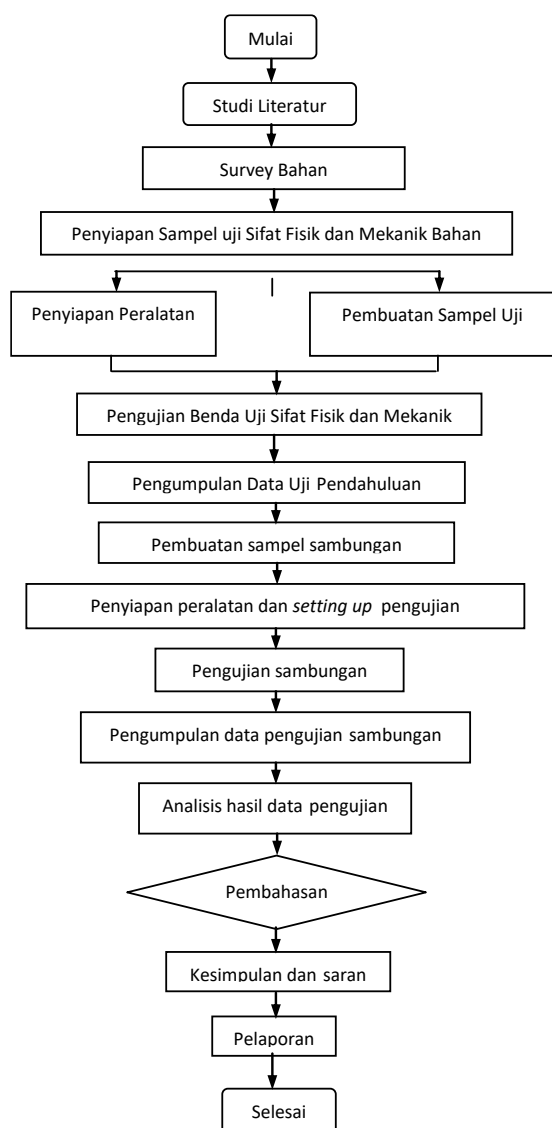
III. Metode Penelitian

Penelitian direncanakan secara eksperimental yang dilakukan di laboratorium dengan skala 1:1. Pada penelitian ini akan dilakukan uji pendahuluan yang terkait dengan sifat-sifat fisik dan sifat-sifat mekanik (*mechanical properties*) dari bahan bambu yang digunakan dan pada sambungan dilakukan pengujian kuat tekan dengan berbagai variasi sudut. Benda uji sifat fisik dan mekanik seperti (kadar air, kerapatan, kuat tekan, kuat geser, kuat tarik, kuat lentur dan modulus elastisitas) berdasarkan standar ISO N22157 2004.

Pembuatan benda uji sambungan dengan tiap variasi terdiri dari 3 benda uji. Benda uji dibuat dengan variasi model bermacam arah gaya dengan sudut 0°, 45°, dan 90° terhadap arah serat bambu. Spesimen benda uji tarik baut dibuat sesuai standar ASTM E 8. Pada model sambungan dilakukan pengujian secara pembebanan statik. Pembebanan statik dilakukan sampai mencapai beban ultimit atau batang bambu mengalami lendutan yang besar. Setiap pembebanan dilakukan pengamatan terhadap perubahan yang terjadi.

Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagan Alir Rencana Pelaksanaan Penelitian

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengujian sifat fisik bambu Wulung

Pengujian sifat fisik bambu yang dilakukan pada penelitian ini mencakup pengujian kadar air dan pengujian kerapatan bambu. Sampel uji diambil pada bagian tengah dari 1 batang bambu masing-masing 5 buah benda uji. Hasil pemeriksaan kadar air dan kerapatan bambu ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 2. Hasil pengujian kadar air bambu dan kerapatan bamboo

No.	Pengujian	Sifat Fisik
1.	Kadar Air	12,9%
2.	Kerapatan	0,58 gr/cm ³

Pengujian kuat tekan bambu

Pengujian kuat tekan bambu dalam penelitian ini mengambil sampel pada bagian tengah dari 1 batang bambu masing-masing 5 buah benda uji. Hasil pengujian kuat tekan bambu ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan bambu

Benda Uji	Kekuatan maksimum (kg)	Rata-rata kekuatan (MPa)
1	39,20	40
2	36,70	
3	42,15	
4	38,78	
5	42,96	

Berdasarkan Tabel 3 hasil pengujian kuat tekan bambu diketahui bahwa nilai kuat tekan bambu rata-rata pada bagian tengah bambu adalah 40 MPa.

Pengujian kuat tarik bambu

Pengujian kuat tarik bambu dilakukan dengan mengambil bagian tengah pada internodia dari 1 batang bambu. Sampel uji dibuat masing-masing 5 buah benda uji dengan pengambilan secara acak. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengujian kuat tarik bambu

Benda Uji	Kekuatan maksimum (kg)	Rata-rata kekuatan (MPa)
1	139,36	140
2	141,52	
3	150,25	
4	130,32	
5	138,85	

Berdasarkan Tabel 4 hasil pengujian kuat tarik bambu diketahui bahwa nilai kuat tekan bambu rata-rata pada bagian tengah bambu adalah 140 MPa.

Pengujian kuat geser sejajar serat

Sampel uji untuk pengujian kuat geser dibuat 5 buah benda uji yang diambil pada bagian tengah internodia dari satu batang bambu. Hasil pengujian kuat geser rata-rata dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5. Hasil pengujian kuat geser sejajar serat bambu

Benda Uji	Kekuatan maksimum (kg)	Rata-rata kekuatan (MPa)
1	7,59	7,9
2	7,74	
3	8,10	
4	7,99	
5	7,88	

Berdasarkan Tabel 5 hasil pengujian kuat geser sejajar serat bambu diketahui bahwa nilai kuat tekan bambu rata-rata pada bagian tengah bambu adalah 7,9 MPa.

Pengujian tarik baut

Baut yang digunakan dalam penelitian ini adalah diameter $\frac{1}{2}$ inc. Spesimen uji dibuat sesuai standar ASTM E 8 dengan mengambil sampel uji sebanyak 3 buah baut. Data hasil pengujian tarik baut ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tarik baut

Benda uji	Kode benda uji	Kuat tarik baut (MPa)	
		Tegangan leleh	Kuat tarik
benda uji 1	B-1	581	613
benda uji 2	B-2	595	619
benda uji 2	B-3	588	630
Rata-rata		588	621

Berdasarkan Tabel 6 data hasil pengujian 3 spesimen uji tarik baut diperoleh nilai tegangan leleh dan kuat tarik yang hampir sama. Tegangan leleh rata-rata diperoleh sebesar 588 MPa dan nilai kuat tarik sebesar 621 MPa.

Pengujian Tekan Sambungan

Pengujian tekan sambungan dilakukan untuk mengetahui berapa besar kekuatan model sambungan dalam menerima beban dengan arah gaya membentuk sudut yang bervariasi terhadap arah serat (arah 0° , 45° , dan 90°) dan bagaimana hubungan antara perubahan arah gaya terhadap arah serat pada kekuatan sambungan.

1. Pengujian Tekan Dengan Arah Gaya 0° Terhadap Arah Serat Bambu

Hasil pengujian tekan sambungan bambu dengan arah gaya 0° terhadap arah serat bambu dapat diketahui besar kekuatan maksimum yang ditampilkan Tabel 7.

Tabel 7. Kekuatan maksimum pengujian tekan arah gaya 0° terhadap arah serat bambu.

Benda Uji	Kekuatan maksimum (kg)	Lendutan rata-rata (mm)	Rata-rata kekuatan (kg)
1	1.975	13,79	1.732
2	1.346	15,27	
3	1.875	14,20	

Berdasarkan Tabel 7 hasil pengujian tekan arah gaya 0° terhadap arah serat bambu diketahui bahwa nilai kekuatan rata-rata sambungan adalah 1732 kg.

2. Pengujian Tekan Dengan Arah Gaya 45° Terhadap Arah Serat Bambu

Hasil pengujian tekan sambungan bambu dengan arah gaya 45° terhadap arah serat bambu dapat diketahui besar kekuatan maksimum yang ditampilkan Tabel 8.

Tabel 8. Kekuatan maksimum pengujian tekan arah gaya 45° terhadap arah serat bambu.

Benda Uji	Kekuatan maksimum (kg)	Lendutan rata-rata (mm)	Rata-rata kekuatan (kg)
1	875	19,98	889
2	967	26,58	
3	824	14,90	

Berdasarkan Tabel 8 hasil pengujian tekan arah gaya 45° terhadap arah serat bambu diketahui bahwa nilai kekuatan rata-rata sambungan adalah 889 kg.

3. Pengujian Tekan Dengan Arah Gaya 90° Terhadap Arah Serat Bambu

Hasil pengujian tekan sambungan bambu dengan arah gaya 90° terhadap arah serat bambu dapat diketahui besar kekuatan maksimum yang ditampilkan Tabel 9.

Tabel 9. Kekuatan maksimum pengujian tekan arah gaya 90° terhadap arah serat bambu.

Benda Uji	Kekuatan maksimum (kg)	Lendutan rata-rata (mm)	Rata-rata kekuatan (kg)
1	827	12,55	769
2	816	7,04	
3	664	14,83	

Berdasarkan Tabel 9 hasil pengujian tekan arah gaya 90° terhadap arah serat bambu diketahui bahwa nilai kekuatan rata-rata sambungan adalah 769 kg.

Perbandingan Hasil Pengujian alat sambung atau konektor bambu ori sebagai sambungan dengan hasil pengujian sambungan baut

Hasil dari pengujian sambungan bambu menggunakan konektor bambu ori dibandingkan dengan penelitian sambungan bambu dengan menggunakan baut. Adapun perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 10 sebagai berikut.

Tabel 10. Perbandingan kekuatan maksimum pengujian tekan sambungan menggunakan konektor bambu ori dan baut

Arah gaya terhadap serat bambu	Kekuatan maksimum sambungan (kg)		Perbandingan (b/a)x100%
	Baut (a)	Bambu ori (b)	
0°	2073	1732	84%
45°	1185	889	75%
90°	1180	769	65%

Berdasarkan Tabel 10 dapat diketahui bahwa pola kekuatan maksimum pada sambungan dipengaruhi oleh sudut yang terjadi pada suatu sambungan bambu. Semakin besar sudut terhadap arah serat bambu pada suatu sambungan maka kekuatan sambungan semakin kecil. Perbandingan kekuatan maksimum pengujian tekan sambungan yang menggunakan bambu ori dan baut sebagai alat sambung berdasarkan Tabel 10 untuk arah gaya 0° , 45° dan 90° terhadap arah serat bambu berturut-turut adalah 84%, 75% dan 65%.

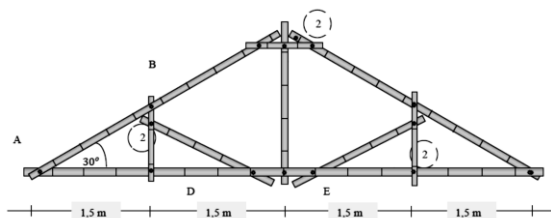
Analisis Benda Uji Sambungan Struktur Kuda-kuda (Truss) Bambu

Analisis struktur kuda-kuda diperlukan untuk memprediksi besarnya beban yang mampu ditahan oleh struktur kuda-kuda. Analisis ini dapat dilakukan dalam rangka mengetahui besarnya beban yang mampu ditahan oleh struktur kuda-kuda dalam kondisi di lapangan atau untuk penelitian lanjutan yaitu untuk memprediksi beban yang harus diberikan pada waktu pengujian (*setting up* pengujian) sehingga kapasitas alat yang digunakan sesuai dengan benda uji yang akan diuji.

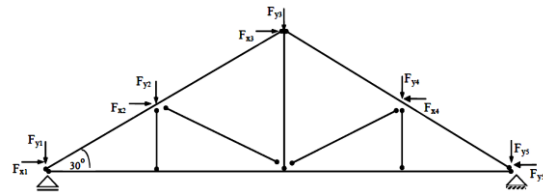
Pada analisis struktur kuda-kuda ini, ditinjau struktur kuda-kuda yang mempunyai bentang 6m, dengan sudut kemiringan atap 30° seperti terlihat pada Gambar 6. Atap menggunakan bahan penutup atap seng gelombang Sedangkan struktur kuda-kudanya menggunakan bahan dari Bambu Wulung. Perhitungan pembebanan berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987. Analisis numerik dilakukan menggunakan Program SAP 2000 v.14.2.4. Pembebanan struktur rangka atap dapat dilihat pada Gambar 6. Besarnya gaya-gaya pada masing-masing pembebanan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Beban dalam (kg) untuk masing-masing kondisi

Beban	F_{x1}	F_{y1}	F_{x2}	F_{y2}	F_{x3}	F_{y3}	F_{x4}	F_{y4}	F_{x5}	F_{y5}
Mati	-	31,77	-	57,75	-	63,54	-	31,77	-	57,75
Hidup	-	100	-	100	-	100	-	100	-	100
Hujan	-	41,57	-	83,14	-	83,14	-	41,57	-	83,14
Angin	6,495	13,5	13	22,5	-6,5	-9	-26	13,5	-45	22,5

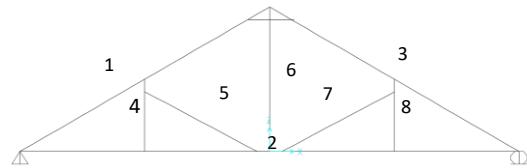


Gambar 11. Struktur Kuda-kuda bentang 6 m

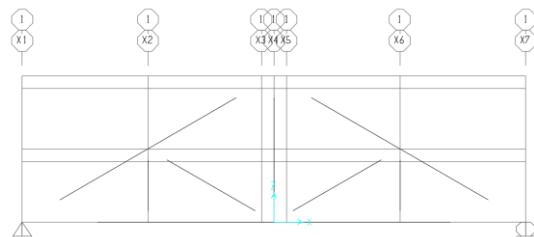


Gambar 12. Struktur Kuda-kuda bentang 6 m dengan beban terkonsentrasi

Konfigurasi batang pada struktur kuda-kuda dapat dilihat pada Gambar 13. Hubungan antar batang pada struktur kuda-kuda merupakan sendi-sendi, hal ini didefinisikan dengan melakukan *releases* pada elemen struktur seperti pada Gambar 13.

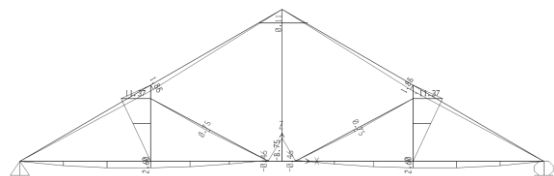


Gambar 13. Konfigurasi batang pada struktur kuda-kuda

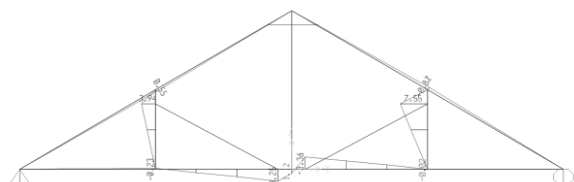


Gambar 14. Struktur rangka batang dengan batang menerus dan *joint* yang di *releases*

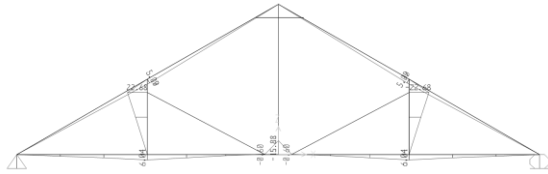
Masing-masing batang pada struktur kuda-kuda akan menghasilkan gaya batang yang berbeda, seperti terlihat pada Gambar 15, 16 dan 17. Besarnya nilai gaya batang pada struktur kuda-kuda dapat dilihat pada Tabel 12. Berdasarkan Tabel 12. diketahui perbandingan nilai maksimum masing-masing gaya dalam dan tegangan aksial (σ) yang terjadi pada struktur rangka atap.



Gambar 15. Diagram momen untuk beban mati



Gambar 16. Diagram momen untuk beban hidup



Gambar 17. Diagram momen untuk beban angin

Pada batang yang dibebani secara aksial akan timbul tegangan. Apabila tegangan terdistribusi merata maka besarnya tegangan dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.1)$$

dengan σ = tegangan (intensitas gaya) per satuan luas;

F = gaya aksial dan

A = luas penampang melintang.

Tabel. 12. Nilai maksimum gaya batang struktur kuda-kuda bambu

Jenis Beban	Batang	Besarnya gaya dan tegangan pada batang			
		Nsd (kg)	Vsd (kg)	Msd (kgm)	σ aksial (MPa)
Mati	1	-279,4	31,21	1,33	1,87
	2	252,14	39,63	-6,25	1,69
	3	-279,4	31,21	1,33	1,87
	4	-31,54	-54,12	8,12	0,21
	5	-74,84	1,4	0,54	0,52
	6	82,86	-	-	0,56
	7	-74,84	1,4	0,54	0,52
	8	-31,54	54,12	-8,12	0,21
Hidup	1	-686,87	89,55	5,10	4,61
	2	625,05	-101,91	-15,88	4,20
	3	-686,87	89,55	5,10	4,61
	4	-105,94	-151,20	22,68	0,71
	5	-207,01	-	-	1,34
	6	203,82	-	-	1,37
	7	-207,01	-	-	1,34
	8	-105,94	151,20	-22,68	0,71
Angin	1	37,3	15,26	0,55	0,25
	2	67,74	39,83	-3,36	0,45
	3	41,91	-25,45	-0,82	0,28
	4	-14,10	-26,25	3,94	0,10
	5	-35,94	-	-	0,24
	6	-15,57	-	-	0,104
	7	68,94	-	-	0,46
	8	29,84	-50,36	7,55	0,2

Komb. Pembebanan 1 = 1, 4 D (4.2)

Komb. Pembebanan 2 = 1,2 D + 0,5 La (4.3)

Komb. Pembebanan 3 = 1,2 D + 0,5 H (4.4)

Komb. Pembebanan 4 = 1,2 D + 1,6 La + 0,8 W (4.5)

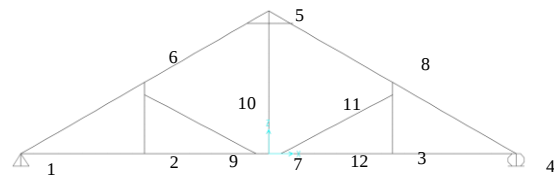
Komb. Pembebanan 5 = 1,2 D + 1,6 H + 0,8 W (4.6)

Komb. Pembebanan 6 = 1,2 D + 1,3W + 0,5 La (4.7)

Komb. Pembebanan 7 = 1,2 D + 1, 3 W+ 0,5 H (4.8)

dengan D = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen; La = beban hidup yang diakibatkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan dan material atau penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak; H = beban hujan tidak termasuk diakibatkan oleh genangan air dan W = beban angin dengan memperhitungkan aerodinamika bangunan dan peninjauan terhadap

pengaruh angin topan, puyuh dan tornado bila diperlukan. Besarnya lendutan maksimum yang terjadi dan nomor *joint* pada rangka batang dapat dilihat pada Tabel 13 dan Gambar 18.

Gambar 18. Nomor *joint* pada struktur kuda-kuda

Tabel 13. Besarnya lendutan maksimum yang terjadi pada struktur kuda-kuda

Tipe Rangka	Joint	U ₁ (m)	U ₃ (m)
Tipe B	1	0	0
	2	0,000455	-0,004001
	3	0,00136	-0,00378
	4	0,001793	0
	5	0,000897	-0,003558
	6	0,001649	-0,004011
	7	0,000919	-0,003726
	8	0,000264	-0,003789
	9	0,000885	-0,003864
	10	0,000994	-0,004003
	11	0,000953	-0,003756
	12	0,000819	-0,003782

Berdasarkan analisis struktur kuda-kuda dapat diketahui lendutan maksimum terjadi pada masing-masing rangka batang akibat kombinasi pembebanan 4. Pada posisi batang dimana terjadi eksentrisitas yang disebabkan oleh batang-batang yang tidak bertemu disatu terjadi peningkatan *displasemen*.

Hasil analisis struktur kuda-kuda bambu ini diperlukan untuk mengetahui besarnya beban dan lendutan yang terjadi pada tipe sambungan struktur kuda-kuda yang akan dimodelkan pada Penelitian selanjutnya.

Kesimpulan

- 1 Pengujian spesimen bambu Wulung kadar air dan kerapatan rata-rata masing-masing 12,9% dan 0,58 gr/cm³.
- 2 Pengujian spesimen bambu Wulung menghasilkan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat geser rata-rata masing-masing 40 MPa, 140 MPa dan 7,9 MPa.
- 3 Nilai kekuatan sambungan secara teoritis diperoleh nilai kekuatan terendah terdapat pada arah gaya sudut 90° sebesar 769 kg dan tertinggi terdapat pada arah gaya dengan sudut 0° sebesar 1732 kg, sedangkan nilai kekuatan sambungan pada arah gaya sudut 45° sebesar 889 kg.

- 4 Bahwa semakin besar sudut arah gaya maka semakin memperkecil kekuatan sambungan. Hal ini dialami oleh kondisi kerusakan pelenturan pada bagian tengah.

Daftar Pustaka

Albermania. F., 2007. Light Weight Bamboo Double Layer Grid System, *Journal of Engineering Structures*, pp : 1499–1506

ISO 22157-1:2004 Bamboo-Determination of physical and mechanical properties-part:requirement, ISO 2004.

Jayanetti D.L dan Follet PR, 1998, *Bamboo in Contruction*, Trapa Technologi Limited Publishers, New Delhi India

Korde, C.A., Agrawal, S., Gupta dan Sudhakar, P., 2008. *Experimental Verification of Bamboo-Concrete Composite Bow Beam with Ferro-Cement Bond*, Proceeding Bamboo Modern Structures, CRC Press, London.

Marjono, F., 2006, *Bangunan Tahan Gempa dari Bambu*, Jogja Revives, Yogyakarta

Masdar. A, 2006, *The influence of End-joint Position to The Bending Failure in Horizontal Glue-Laminated Beam*, Proceeding International Confrence Contruction on Industry, UTM, Malaysia

Masdar, A., 2009, *Pengaruh Lingkungan Tempat Tumbuh Bambu Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik bamboo Petung*, Procceeding Seminar Nasional Rekayasa Bambu sebagai Bahan Bangunan Ramah Lingkungan ISBN:978-979-19525-0-7, UGM, Yogyakarta

Morisco, 1999, *Rekayasa Bambu*, Nafiri Offset, Yogyakarta

Morisco, 2006, *Rangkuman Penelitian Bambu di Pusat Studi Ilmu Teknik UGM (1994-2004)*, Prosiding Perkembangan Bambu Indonesia, Yogyakarta

P. Van der Lugt, A.A.J.F van den Dobbelsteen, J.J.A. Janssen, 2006, *An environmental, economic and practical assessment of bambu of bamboo as a building material for supporting structures*, Contruction and Materials 20 (2006)

Sulistyo, J, 2009, *Pengujian Skala Penuh Bamboo Temporary Shelter terhadap Beban Horizontal Akibat Gempa Bumi*, Procceeding Seminar Nasional Rekayasa Bambu sebagai Bahan Bangunan Ramah Lingkungan ISBN:978-979-19525-0-7, UGM, Yogyakarta

Widjaya, E., N. W. Utami dan Saefudin, 2004, *Panduan Pembudidayaan Bambu*, Puslitbang Biologi LIPI, Bogor