

PERILAKU TEKUK (*BUCKLING*) PADA BAMBUN PETUNGG BENTUK BILAH

AGUSTIN GUNAWAN

Staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Bengkulu
Jl. Raya Kandang limun, Bengkulu, Telp (0736)344087
e-mail: goenawan782004@yahoo.com

ABSTRACT

The Compressed bar at the frame, columns, and other structures is always probably happened buckling. The experiment is conducted to investigate the behavior of buckling at the bar of lath shaped bamboo petung and the buckling strength of the experiment result with the theory result (the equation of tetmayer and euler, proposal of morisco, and atrops (D/T=0)). In the research, it is conducted testing of the mechanic character of bamboo and wood specimens, testing of resin, and buckling testing with the compressed testing principle. The testing result showed that buckling happened at the lath shaped bamboo petung is influenced by the length of bar, the resin strength, and the quality of work. The buckling stress of the experiment result was higher than the result of morisco proposal, but it's less than the result of tetmayer and atrops (D/T=0), so that the equation of morisco proposal is safe to used at the compressed bar design.

Keywords : buckling, behavior, compress, strength

1. PENDAHULUAN

Bambu sebagai salah satu material bangunan yang tertua, khususnya di daerah pedesaan, sangat bagus menggantikan kayu yang harganya sekarang cukup mahal. Beberapa kendala pemakaian bambu sebagai pengganti kayu diantaranya adalah sambungan yang sering dilakukan secara konvensional dengan kekuatan rendah, perlu disetel secara berkala, dan kekuatan ini tidak dapat dihitung secara eksak, sehingga sambungan sulit untuk dipertanggungjawabkan. Selain itu untuk bambu-bambu unggul dengan diameter dan berat jenisnya yang besar akan menyebabkan struktur dari bambu menjadi lebih berat.

Bambu petung (*dendrocalamus asper*) merupakan satu dari beberapa bambu unggul yang sudah banyak dikenal oleh masyarakat Indonesia dikarenakan kekuatan dan keawetannya. Bambu jenis ini mempunyai rumpun agak rapat, dapat tumbuh di dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 2000 m di atas permukaan air laut. Pertumbuhan cukup baik khususnya untuk daerah yang tidak terlalu kering. Warna kulit batang hijau kekuning-kuningan, batang dapat mencapai panjang 20 – 30 m, jarak antar ruas/nodia berkisar antara 40 – 60 cm dengan

diameter batang 8 – 20 cm, tebal dinding 11 – 35 mm.

Pemanfaatan bambu unggul khususnya bambu petung, menjadi suatu struktur yang hemat dan ringan dapat dilakukan dengan cara merangkainya dalam bentuk bilah-bilah bambu yang lebih ringan dengan menggunakan perekat resin. Selama ini penelitian bambu sering dilakukan hanya terbatas pada sambungan untuk tarik dan tekan dengan model dua dimensi, tampang bambu utuh, dengan alat sambung baut dan pelat buhul dari baja. Struktur bambu bentuk bilah lebih rawan terhadap tekuk (*buckling*) dibandingkan dengan struktur bambu dengan penampang utuh (bentuk pipa). Bambu yang berbentuk pipa (berpenampang utuh) mempunyai momen lembam besar dan dengan adanya ruas-ruas maka bahaya tekuk lokal cukup rendah (Morisco dan Mardjono, F, 1995).

2. TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku tekuk (*buckling*) pada bambu petung bentuk bilah dan untuk mengetahui kekuatan tekuk (*buckling*) hasil eksperimen dengan hasil teori (menggunakan persamaan tetmayer, euler, usulan morisco, dan atrops (D/T=10)).

3. LANDASAN TEORI

Batang desak pada struktur rangka, kolom maupun struktur bangunan yang lain, selalu terjadi kemungkinan tertekuk. Pada batang desak akan dijumpai angka kelangsingan (λ) yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$= \frac{L_k}{i_{\min}} \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan:

L_k = panjang tekuk (tergantung pada macam tumpuan desak)

i_{\min} = jari-jari kelembaman minimum

$$= \sqrt{\frac{I_{\min}}{A_{br}}}$$

Pada batang desak dengan kelangsingan $\lambda > 10$ akan sangat terpengaruh oleh tekuk. Menurut Euler, pada batang desak dengan tegangan tekuk yang berada pada tegangan elastik (di bawah batas sebanding, pada kondisi elastik di bawah tegangan elastik) terdapat hubungan:

$$P_{tk} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_k^2} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$P_{tk} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A \cdot i^2}{L_k^2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\lambda^2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Rumus Euler ini hanya berlaku jika λ_{tk} lebih kecil dari λ_e . Jadi:

$$\lambda_{tk} < \lambda_e \text{ atau } P_{tk} < A \cdot \sigma_e \dots\dots(3.4)$$

$$\frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\lambda^2} < A \cdot \sigma_e \dots\dots(3.5)$$

sehingga:

$$\lambda > \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_e}} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dari rumus di atas, untuk $\lambda > \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_e}}$ dapat dipakai rumus Euler. Jika sebaliknya rumus Euler tidak dapat digunakan karena tegangan tekuk yang terjadi telah melampaui tegangan batas elastik.

Secara umum untuk angka kelangsingan $\lambda < 100$ dipakai rumus empiris dari Tetmayer yang diperoleh dari penelitian dan percobaan. Menurut Tetmayer terdapat hubungan:

$$\sigma_{tk} = \sigma_{ds.maks} \cdot \left(1 - a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 \right) \dots\dots\dots(3.7)$$

Rumus tersebut jika dipakai untuk kayu menjadi persamaan garis lurus dengan nilai $a = 0,00662$ dan $b = 0$, sehingga persamaan batang tekuk untuk kayu menurut Tetmayer menjadi:

$$\sigma_{tk} = \sigma_{ds.maks} \cdot \left(1 - 0,00662 \cdot \lambda \right) \dots\dots\dots(3.8)$$

Morisco (1989) mengemukakan rumus usulan pedoman perencanaan batang kayu tekan, dimana untuk batang langsing, tetap dipakai rumus Euler, karena pada batang langsing rumus Euler cukup dekat dengan hasil analisis, dan bentuk rumus ini cukup sederhana, sedangkan untuk batang gemuk diatur dengan rumus baru. Pada rumus usulan, modulus elastisitas (E) yang digunakan adalah hasil uji bahan di laboratorium. Adapun rumus usulan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\lambda_b = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,6 \cdot \sigma_d}} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$\lambda_r = \frac{\lambda}{\lambda_b} \dots\dots\dots(3.10)$$

Untuk $\lambda < \lambda_b$,
maka:

$$\sigma_{tk} = \sigma_d \cdot \left(1 - 0,4 \cdot \lambda_r^2 \right) \dots\dots\dots(3.11)$$

$\lambda > \lambda_b$, maka:

$$\sigma_{tk} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} \dots\dots\dots(3.12)$$

dengan:

λ = angka kelangsingan

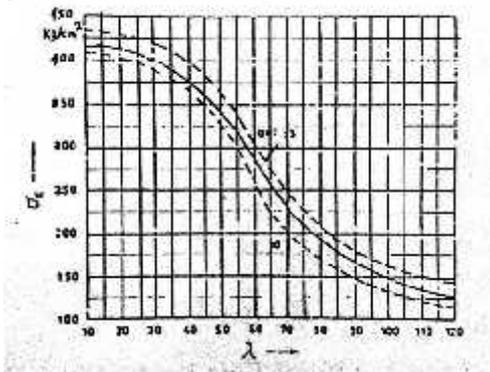
λ_b = angka kelangsingan minimal berlakunya rumus euler

λ_r = angka kelangsingan relatif terhadap 1

σ_d = tegangan tekan batas

σ_{tk} = tegangan tekuk

Atrops, J.L (Jansen, J.J.A, 1991) melakukan tes *buckling* pada bambu (1969, Trinidad). Dia tidak memberikan laporan penuh cara pelaksanaan, tetapi hanya memberikan hasilnya dalam bentuk grafik. Atrops menggunakan sumbu horizontal untuk λ dan sumbu vertikal untuk σ_{tk} . Kurva bagian atas untuk (diameter/tebal) = 6, sedangkan bagian bawah (diameter/tebal) = 10. Grafik hubungan antara kelangsingan dan tegangan tekuk dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Grafik hubungan antara kelangsingan dan tegangan

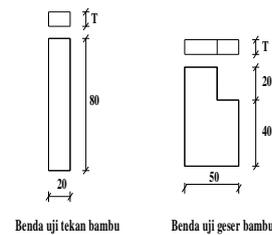
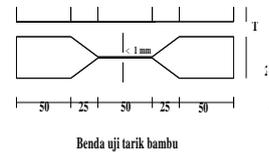
4. METODE PENELITIAN

4.1. Bahan dan benda uji

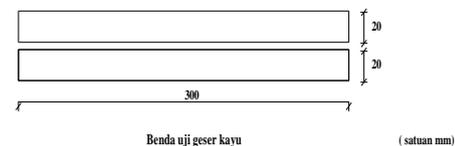
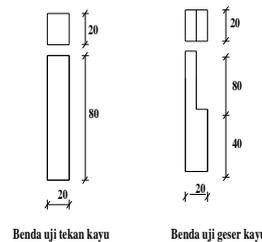
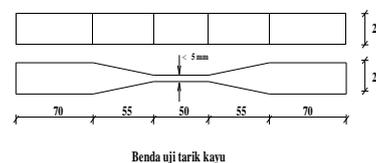
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bambu, bahan pengisi bambu bilah, pelat sambung, resin, baut. Peralatan yang digunakan untuk membuat benda uji, yaitu bor listrik, gergaji, tang, obeng, dan pasak. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk pengujian benda uji meliputi Mesin uji (*Universal Testing Machine*), *Load cell*, Alat pembebanan (*Hydraulic Jack merk Maruto*), *Electrical dial gauge*, *Loading frame*.

Benda uji pelat dibuat dengan skala 1 : 1. Benda uji dibagi dalam 2 kelompok, yaitu benda uji untuk pengujian sifat mekanik dan benda uji untuk pengujian tekuk (*buckling*). Benda uji bambu bagian tengah batang (nodia dan internodia) dan kayu (sebagai pengisi) untuk pengujian sifat mekanik (kuat tarik, tekan, lentur, dan geser), masing-masing berjumlah 16 benda uji, sehingga total adalah 32 benda uji, Benda uji untuk pengujian kekuatan perekat

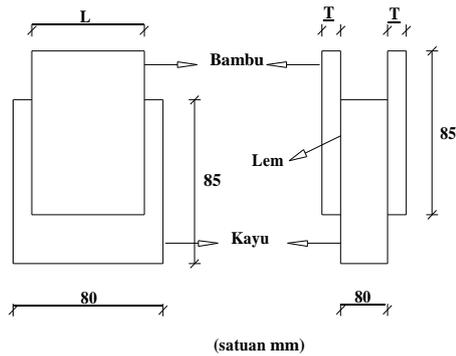
dengan prinsip uji tekan sebanyak 4 benda uji. Benda uji batang bambu bentuk bilah untuk pengujian tekuk (*buckling*) dengan prinsip uji tekan berjumlah 4 benda uji dengan panjang bambu 1 m, 1,5 m, 2 m, 2,5 m.



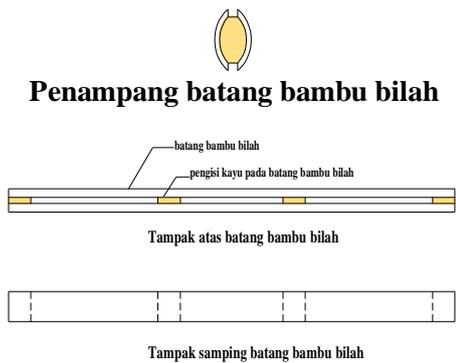
Gambar 4.1. Benda uji bamboo



Gambar 4.2. Benda uji kayu



Gambar 4.3. Benda uji kekuatan perekat



Gambar 4.4. Benda uji tekuk (*buckling*)

4.2. Pelaksanaan pengujian

a. Pengujian sifat mekanik

1) Pengujian Kuat Tarik Bambu Dilaksanakan dengan Tahap-Tahap Sebagai Berikut:

- Bagian tengah benda uji diukur dimensinya dengan menggunakan jangka sorong.
- Pada mesin dipasang *load cell* dengan kapasitas 133440 N (30 kips) beserta kelengkapan uji tarik dan semua peralatan disiapkan seperti komputer, plotter, dan printer.
- Benda uji dipasang pada kedua tumpuan jepit (*grip body*).
- Data-data yang diperlukan dimasukkan dalam komputer seperti panjang awal benda uji serta dimensi atau ukuran tampang tarik benda uji, satuan yang digunakan, kecepatan pembebanan 1,27 mm/menit, *preload* 5 N, dan skala tegangan-regangan yang diinginkan.

- Mesin uji dijalankan dengan memberi *preload* terlebih dahulu, mesin uji akan berhenti secara otomatis jika spesimen sudah putus yang berarti kekuatan maksimum dari benda uji sudah tercapai, diagram tegangan-regangan dapat dipantau melalui layar monitor.
- Grafik hasil pengujian dapat dicetak dengan printer dan plotter.

Untuk menghitung besar tegangan tarik dari bambu sejajar serat dapat dipergunakan rumus:

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{P_{\text{maks}}}{A} \dots\dots\dots (4.1)$$

dengan:

σ_{maks} = tegangan tarik pada batas maksimum (MPa)

P_{maks} = beban tarik maksimum (N)

A = luas penampang melintang pada bagian paling kecil ditengah-tengah batang benda uji (mm^2)

2) Pengujian Kuat Lentur Bambu.

Prinsipnya tidak jauh berbeda dengan uji kuat tarik, hanya saja peralatan tumpuan jepit diganti dengan peralatan uji lentur. Kecepatan pembebanan 2,54 mm/menit, *preload* 5 N dan *load cell* dengan kapasitas 133440 N (kips). Benda uji diletakkan pada dua tumpuan dengan panjang bentang 28 cm, benda uji dibebani dengan beban terpusat di tengah bentang sampai benda uji rusak atau patah pada beban maksimum. Untuk menghitung besar kuat lentur atau tegangan lentur bambu dapat digunakan rumus:

$$\sigma_{\text{lt}} = 3 \cdot \frac{P_{\text{maks}} \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} \dots\dots\dots (4.2)$$

dengan:

- σ_{lt} = tegangan lentur pada batas maksimum (MPa)
- P_{maks} = beban tarik maksimum (N)
- l = bentang bebas (mm)
- b = lebar benda uji (mm)
- h = tebal benda uji (mm)

3) Pengujian Kuat Tekan Bambu.

Pengujiannya tidak jauh berbeda dengan pengujian kuat tarik, hanya saja peralatan tumpuan jepit diganti dengan pelat tumpuan tekan. Kecepatan pembebanan 1,27 mm/menit, *preload* 5 N, dan *load cell* dengan kapasitas 133440 N (kips). Untuk menghitung besar kuat tekan/tegangan tekan bambu dapat digunakan rumus:

$$\sigma_{maks} = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(4.3)$$

dengan:

- P_{maks} = beban tekan maksimum (N)
- A = luas penampang tertekan pada benda uji (mm²)
- σ_{maks} = tegangan tekan pada batas maksimum (MPa)

4) Pengujian Kuat Geser Bambu.

Prinsipnya hampir sama dengan pengujian tekan, hanya saja peralatan pelat penekan diganti dengan peralatan uji geser. Kecepatan pembebanan 1,27 mm/menit, *preload* 5 N, dan *load cell* dengan kapasitas 133440 N (30 kips). Untuk menghitung besar kuat geser/tegangan geser bambu dapat digunakan rumus:

$$\tau_{maks} \text{ // serat } = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(4.4)$$

dengan:

- τ_{maks} // serat = tegangan geser pada batas maksimum (MPa)
- P_{maks} = beban tekan maksimum (N)
- A = luas bidang geser benda uji (mm²).

5) Pengujian Mekanik Karakteristik Bahan Kayu untuk Kayu Pengisi maupun Pelat Buhul.

Prosedurnya sama dengan pengujian karakteristik bahan bambu (uji tarik, lentur, tekan, maupun geser), hanya saja kecepatan pembebanan 5 mm/menit, *preload* 5 N, dan *load cell* dengan kapasitas 133440 N (kips).

6) Pengujian Kekuatan Perak.

Prinsipnya sama dengan pengujian tekan. Kecepatan pembebanan 1,27 mm/menit, *preload* 5 N, dan *load cell* dengan kapasitas 13608 kg. Dari hasil pengujian diperoleh nilai beban P (N) dan sesaran (mm), kemudian nilai tegangan lekat () diperoleh

dengan menggunakan persamaan:

$$\tau_{maks} = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(4.5)$$

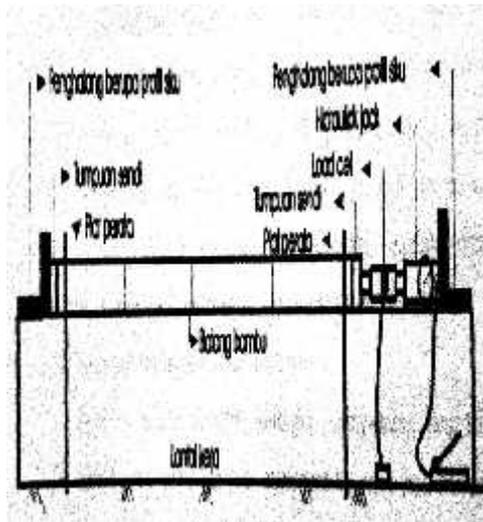
dengan:

- τ_{maks} = tegangan lekat pada batas maksimum (MPa)
- P_{maks} = beban tekan maksimum (N)
- A = luas bidang rekat benda uji (mm²).

b. Pengujian Tekuk (Buckling)

Pengujian dilakukan dengan meletakkan bambu secara horizontal di atas dua profil baja bentuk I. Ujung-ujung batang bambu diberi tumpuan sendi, kemudian salah satu ujung bambu diberi *load cell* yang dihubungkan dengan *transducer indicator* (pembacaan beban) dan *hydraulic jack* yang dihubungkan dengan pompa sebagai pemberi tekanan pada batang bambu. *Dial gauge* dipasang di tengah batang bambu untuk mengetahui lendutan yang terjadi, baik lendutan arah horizontal maupun arah vertikal. Pencatatan lendutan dilakukan setiap kenaikan 10 kg sampai terjadi perubahan pada batang bambu (tertekuk, pecah, atau rekatan lepas).

Sketsa pengujian tekuk dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Sketsa pengujian tekuk (*buckling*)

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Karakteristik Bahan

a. Bambu

Pengujian karakteristik bahan bambu diambil dari 2 buah batang bambu sebagai sampel yang mewakili keseluruhan bambu yang digunakan. Sampel diambil pada bagian tengah batang (nodia dan tanpa nodia). Hasil uji karakteristik bambu disajikan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Bambu

	Posisi sampel	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Geser // serat (MPa)
Internodia	Bambu 1	103,340	48,160	171,68	5,03
	Bambu 2	248,320	52,210	154,52	5,55
	Rata-rata	175,830	50,185	163,10	5,29
Nodia	Bambu 1	107,420	58,190	206,69	6,16
	Bambu 2	134,402	41,530	214,42	7,98
	Rata-rata	120,722	49,860	210,56	7,07

Hasil pengujian karakteristik bahan bambu untuk kuat tarik terlihat bahwa kuat tarik pada bagian internodia lebih besar dari pada bagian nodia. Ini disebabkan karena serat bambu disekitar nodia tidak lurus, sebagian membelok

menjauhi sumbu batang, sedang sebagian lagi berbelok menuju sumbu batang. Dengan demikian perancangan harus didasarkan pada kekuatan bambu dengan nodia.

Untuk kuat geser bambu terlihat bahwa bambu memiliki kuat geser yang rendah, baik pada bagian internodia maupun nodia. Kecilnya kuat geser bambu menyebabkan batang bambu yang akan digunakan sebagai bahan struktur diusahakan jangan sampai menerima gaya geser yang besar.

b. Kayu.

Bahan kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu kamper yang berfungsi sebagai bahan pengisi pada bilah-bilah bambu. Karakteristik bahan kayu ini perlu untuk diketahui sebagai prediksi awal kekuatan sambungan yang akan diberikan oleh struktur yang akan dibuat. Hasil uji karakteristik kayu disajikan pada tabel 5.2 berikut:

Tabel 5.2. Hasil pengujian karakteristik bahan kayu kamper untuk pengisi

Jenis	Kuat tarik (MPa)	Kuat tekan (MPa)	Kuat lentur (MPa)	Kuat geser (MPa)
Kayu 1	187,036	46,486	85,371	12,481
Kayu 2	147,656	44,653	77,990	7,828
Rata-rata	167,346	45,570	81,681	10,155

c. Resin

Resin yang digunakan adalah "ponal epoksi" yang terdiri dari dua komponen, yaitu perekat dan pengeras (katalis) dengan perbandingan 1:1. Hasil uji karakteristik bahan resin dapat dilihat pada tabel 5.3. Hasil pengujian kuat rekat resin rata-rata adalah sebesar 29,778 kg/cm². Hasil kuat rekat ini sebagai petunjuk awal dalam memprediksikan beban yang akan diberikan pada pengujian tekuk (*buckling*).

Tabel 5.3. Hasil pengujian karakteristik bahan resin

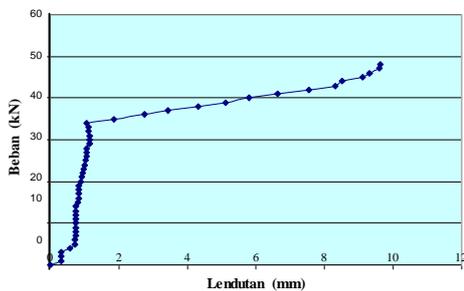
Jenis	Gaya (kg)	Luas bidang rekat (cm)	Kuat rekat (kg/cm ²)
B1	1514,077	61,595	24,581
B2	1614	46,935	34,388
B3	1972,039	57,190	34,482
B4	1470,980	57,325	25,660

5.2. Pengujian Tekuk (*buckling*)

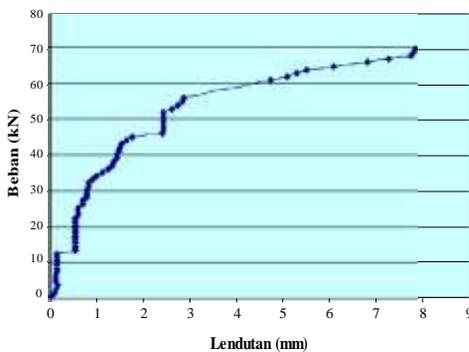
Pengujian tekuk dilakukan untuk mengetahui seberapa besar gaya yang menyebabkan tekuk pada batang bambu bentuk bilah dengan panjang batang yang berbeda-beda. Properties masing-masing tampang dapat dilihat pada tabel 5.4, sedangkan hasil uji tekuk dapat dilihat pada gambar 5.1 – 5.4.

Tabel 5.4. Properties tampang

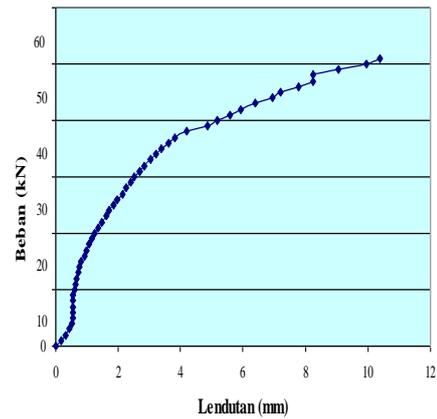
Panjang batang (m)	Luas tampang (cm ²)	i_x (cm)	i_y (cm)	
1	13,35	2,840	1,349	74,13
1,5	16,79	2,670	3,194	56,18
2	16,79	2,670	3,194	74,91
2,5	13,35	2,840	3,415	88,03



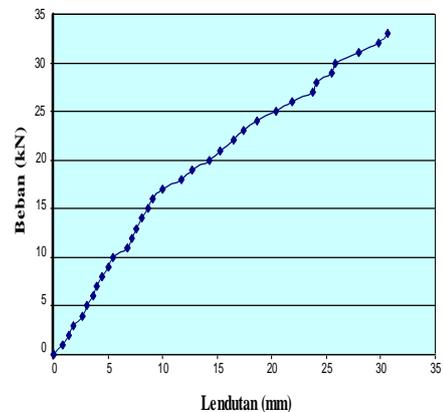
Gambar 5.1. Grafik hubungan P- untuk panjang bambu 1 m.



Gambar 5.2. Grafik hubungan P- untuk panjang bambu 1,5 m.



Gambar 5.3. Grafik hubungan P- untuk panjang bambu 2 m



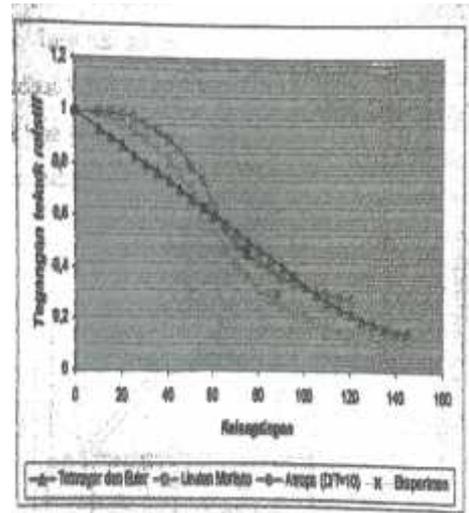
Gambar 5.4. Grafik hubungan P- untuk panjang bambu 2,5 m.

Hasil pengujian menunjukkan lendutan maksimum terjadi pada batang bambu panjang 2,5 m ($i = 88,03$) yaitu sebesar 30,61 mm, kemudian batang bambu panjang 2 m ($i = 74,91$) sebesar 10,94 mm, batang bambu panjang 1 m ($i = 74,13$) sebesar 9,63 mm, dan terakhir batang bambu panjang 1,5 m ($i = 56,18$) sebesar 7,85 mm. Dari hasil tersebut terlihat bahwa semakin langsing suatu batang, maka lendutannya semakin besar. Kelangsingan yang besar itu dipengaruhi juga oleh panjang batang yang mengalami beban desak. Dari pengujian yang dilakukan, terlihat untuk batang bambu panjang 1,5 m ($i = 56,18$) lendutan yang terjadi lebih kecil dari batang bambu panjang 1 m ($i = 74,13$). Ini disebabkan pada

batang bambu panjang 1,5 m terdapat retak-retak atau pecah (kemungkinan akibat pelaksanaan pembuatan yang tidak cermat atau teliti), sehingga pada waktu pengujian dilakukan, beban yang diberikan tidak maksimal. Selain itu untuk batang bambu panjang 1 m tidak ada pengaku di tengah bentang, sehingga batang ini di anggap sebagai batang tunggal. Tabel 5.5 menunjukkan kekuatan tekuk hasil eksperimen dengan hasil teori (menggunakan persamaan tetmayer dan euler, usulan morisco, dan Atrops(D/T=10))

Gambar 5.5 memperlihatkan hubungan antara kelangsingan dan tegangan tekuk relatif untuk berbagai rumus, yaitu tetmayer dan euler, usulan morisco, dan atrops (D/T=10). Grafik hasil rumus dan grafik Atrops (D/T=10) dibandingkan dengan grafik titik hasil eksperimen, dengan tujuan untuk mengetahui apakah rumus dan grafik atrops (D/T=10) aman di pakai dalam perancangan atau tidak. Grafik hasil rumus dan grafik atrops (D/T=10) di atas belum memperhitungkan faktor aman. Dari gambar 5.5 terlihat bahwa grafik berdasarkan rumus usulan morisco berada di bawah grafik titik hasil

eksperimen. Ini menunjukkan rumus usulan morisco lebih aman untuk dipakai dalam perancangan, sedangkan rumus tetmayer dan grafik atrops (D/T=10) tingkat keamanan lebih rendah karena melebihi hasil eksperimen. Grafik titik hasil eksperimen mempunyai kecenderungan mengikuti grafik usulan morisco dan atrops (D/T=10).



Gambar 5.5. Grafik hubungan antara kelangsingan dan tegangan tekuk relatif

Tabel 5.5. Tegangan tekuk relatif hasil eksperimen dan hasil teori/numeris

Panjang bambu (m)	P _{tk} (kg)	Eksperimen		Tetmayer	Usulan Morisco	Atrops (D/T=10)
		$\frac{\sigma_{tk}}{\sigma_{tk \text{ maks}}}$				
1	74,13	3100	0,466	0,509	0,368	0,456
1,5	56,18	5300	0,633	0,628	0,624	0,725
2	74,91	3750	0,448	0,504	0,360	0,450
2,5	88,03	2000	0,301	0,417	0,261	0,373

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengujian spesimen bambu petung bagian tengah batang, menghasilkan kuat tarik bagian internodia 175,830 MPa dan nodia 120,722 MPa, kuat tekan bagian internodia 50,185 MPa dan nodia 49,860 MPa, kuat lentur bagian internodia 163,10 MPa dan nodia 210,56 MPa, sedangkan kuat geser // serat bagian internodia 5,29 MPa dan nodia 7,07 MPa.
2. Pengujian spesimen kayu kamper untuk kayu pengisi, menghasilkan kuat tarik sebesar 167,346 MPa, kuat tekan 45,570 MPa, kuat lentur 81,681 MPa, dan kuat geser 10,155 MPa.
3. Pengujian kuat rekat resin "ponal epoksi" menghasilkan kuat rekat rata-rata sebesar 29,778 kg/cm².
4. Dari pengujian tekuk (buckling), didapat bahwa hasil eksperimen lebih besar dibandingkan dengan hasil berdasarkan rumus usulan morisco, tetapi lebih kecil dari hasil berdasarkan rumus tetmayer maupun grafik atrops ($D/T=10$), sehingga rumus usulan morisco lebih aman dan bisa digunakan dalam perancangan batang tekan.
5. Perbedaan yang terjadi antara eksperimen dengan analisis numeris (teoritis) disebabkan ketidakhomogenan tebal bambu, rekatan yang tidak merata, kekurangtepatan ukuran yang dibuat,

dan juga perlakuan pada saat pengujian yang kurang tepat.

6.2 Saran

Melihat hasil yang diperoleh dan mengamati hal yang terjadi, maka disarankan :

1. Dicoba membuat bentuk permukaan bambu bagian dalam mendekati datar (tidak lengkung), tujuannya selain untuk memperkuat sambungan antar bilah bambu maupun sambungan pada join, juga untuk mengurangi penggunaan resin yang berlebihan.
2. Untuk mendapatkan gambaran perbandingan antara rumus dengan hasil eksperimen yang lebih baik, maka hendaknya benda uji dibuat dalam jumlah banyak dengan panjang batang bambu yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Jansen, J.J.A, 1980, *The Mechanical Properties of Bamboo Used in Construction*, Bamboo Research in Asia, IDRC, Canada.
2. Jansen, J.J.A, 1991, *Mechanical Properties of Bamboo*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
3. Morisco, Triwiyono, A, dan Sulisty, D, 1989, **Laporan Penelitian Kuat Batas Batang Kayu Desak**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
4. Morisco dan Mardjono, F, 1995, *Filled Bamboo Joint Strength*, PAU Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta.
5. Morisco, 1999, **Rekayasa Bambu**, Nafiri, Yogyakarta.