

Effect of Bamboo Node for Construction Application

Akhmad Basuki Widodo¹, Eko Panunggal, Sjarief Widjaja³, Daniel M. Rasyid⁴, Soegiono³

Abstract— In use of material for structure application, the most critical shares is jointed area, where this area is accumulation of stress accepted from existing burden. In structure laminate, joints represent part of drawback from the construction. And so do that happened at node in bamboo. Every part of bamboo there are node and internode. strength of bamboo with the internode will be downhill 25 % compared to bamboo without internode. In this research aim to know effect of bamboo node in construction laminate. Examination of test made with lamination without node and by node. Examination covering test of static bending and tensile strength. Standard used ASTM D-143. From result of examination and analyse, indicating that there difference between strength of wood laminate with internode and wood laminate without internode. But degradation of strength not equal to difference of strength of bamboo solid. At bamboo composite of degradation of strength only equal to 4.88 %, while wood and bamboo composites, where part of bamboo one-third from composite, degradation of strength reach 18.33 %. But degradation of the strength still fulfill conditions for structural used.

Keywords— Joint, Node, Internode, Laminated.

I. PENDAHULUAN

Hasil penelitian dan pengujian terhadap sifat fisis dan sifat mekanis yang telah dilakukan sebelumnya [1], menunjukkan bahwa komposit bambu mempunyai sifat fisis dan sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan komposit kayu maupun kayu jati (solid) yang selama ini telah terbukti baik untuk bahan pembangunan kapal kayu. Perlu diketahui bahwa kayu jati dengan spesifikasi seperti yang dipersyaratkan untuk bahan pembangunan kapal kayu sulit untuk didapatkan dan kalau pun ada harganya sangat mahal. Sehingga dilihat dari sifat fisis dan sifat mekanis yang dipunyai oleh komposit bambu diharapkan material alternatif tersebut dapat digunakan sebagai pengganti kayu jati. Tetapi penelitian dan pengujian pendahuluan tersebut, kondisi bambu yang digunakan dalam keadaan bebas atau tidak mengandung ruas atau buku (*node*) bambu. Hal ini dilakukan karena sesuai dengan standar pengujian Japan Industrial Standard (JIS), bahwa untuk mengetahui sifat mekanis material dari kayu atau material organik lainnya, spesimen uji harus benar-benar bebas cacat seperti mata kayu atau sambungan serta berserat lurus. Kenyataannya, bambu selalu terdapat ruas pada setiap batangnya dan panjang

antar ruas (*internode*) yang untuk setiap jenis bambu mempunyai panjang dan jumlah ruas yang berbeda.

Bambu merupakan batang yang berbentuk silindris (*hollow*) dan terdiri dari beberapa ruas atau buku bambu (*node*). Setiap batang bambu mempunyai jumlah ruas dan panjang antar ruas yang berbeda [2]. Seperti pada bambu jenis *lingnania* mempunyai panjang antar ruas dapat mencapai satu meter, sedangkan bambu jenis *phyllostchys* mempunyai panjang antar ruas hanya beberapa senti meter saja. Ruas bambu mempunyai efek pada sifat mekanis bambu. Kekuatan tarik (*tensile strength*) dari pada bambu yang mengandung ruas akan turun sekitar 25 persen dibandingkan dengan kekuatan tarik bambu yang tidak mengandung ruas. Ruas merupakan bagian yang terlemah dari bagian bambu. Karena struktur dan arah serat yang membentuk ruas menjadikan bagian ini mempunyai sifat mekanis yang rendah. Sifat dan karakter daripada ruas bambu ini sama dengan sambungan (*joint*) pada konstruksi laminasi. Tetapi dengan pengaturan penempatannya, maka pengaruh sambungan atau node pada konstruksi laminasi dapat dihindari.

Didalam konstruksi laminasi, sambungan (*joint*) selalu terdapat pada setiap bagian laminasi tersebut. Hal ini disebabkan, bahwa material laminasi dibuat dengan bahan yang mempunyai dimensi yang terbatas, walaupun hasil dari proses pembuatan lamiansi mempunyai dimensi/ukuran yang tidak terbatas (*unlimited*). Sehingga untuk membentuk laminasi yang dimensi tidak terbatas dari bahan yang dimensinya terbatas tersebut di gabungkan menjadi bahan yang dimensi lebih besar. Dan hal ini akan menyebabkan adanya sambungan dalam konstruksi laminasi. Sambungan dalam konstruksi laminasi ini merupakan kekurangan kelemahan dari sifat laminasi tersebut [3].

Ada beberapa tipe sambungan yang mana setiap sambungan mempunyai karakter yang berbeda. Di dalam konstruksi laminasi, sambungan yang biasa digunakan adalah tipe butt joint. Tipe ini sangat sederhana dalam proses produksinya, tetapi mempunyai kekuatan yang tidak buruk. Proses pembuatan tidak memerlukan keterampilan, tidak membutuhkan waktu dan tidak memerlukan peralatan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh ruas bambu pada komposit bambu terhadap kelenturan atau kekuatan bending statis (*bending static strength*) dan kekuatan tarik (*tensile strength*). Sedangkan sasaran dari penelitian adalah di dapatkannya suatu tatanan ruas bambu atau joint dalam struktur laminasi, sehingga akan didapatkan korelasi atau standar jarak antara sambungan atau ruas bambu dan hubungannya dengan ketebalan laminasi penyusunnya.

Penelitian pendahuluan yang dilakukan Morisco (1999) bahwa dalam praktek pada batang struktur dari

Naskah diterima 1 Februari 2007; selesai revisi pada 16 Mei 2008

¹A.B. Widodo adalah mahasiswa S3 Kelautan, FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, INDONESIA

²Syarief W. adalah dosen jurusan Teknik Perkapalan, FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, INDONESIA

⁴Daniel M. Rasyid dan Soegiono adalah dosen jurusan Teknik Kelautan, FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, INDONESIA

bambu selalu terdapat buku (ruas). Masing-masing struktur harus dirancang berdasarkan bagian yang terlemah, maka perlu diadakan pengujian untuk mengetahui letak bagian terlemah dari komposit bambu.

Dari hasil penelitian yang disajikan bab terdahulu, menunjukkan bahwa komposit bambu mempunyai sifat mekanis yang meliputi kelenturan statis, kekuatan tarik kekuatan pukul yang lebih baik dibandingkan dengan komposit kayu maupun kayu solid yang dalam penelitian ini kayu menggunakan kayu jati. Kayu jati merupakan jenis kayu yang secara turun menurun telah digunakan oleh para nenek moyang nelayan sebagai bahan pembangunan kapal kayu. Dan sampai saat ini, kayu jati tersebut masih terbukti baik untuk bahan pembangunan kapal kayu tersebut.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti terdahulu [2], [4] menunjukkan bahwa sifat kekuatan tarik sumbu batang yang sejajar pada bambu tanpa ruas lebih kuat dibandingkan dengan kekuatan tarik bambu yang mengandung ruas. Hal ini karena pada ruas bambu sebagian serat bambu lurus dan ada sebagian lainnya belok tegak lurus membentuk ruas. Kemudian dari serat membelok yang membentuk buku akan kembali lurus pada sumbu batang. Sehingga ada sebagian serat bambu yang tidak searah atau sejajar dengan sumbu bambu. Ruas pada bambu merupakan bagian terlemah terhadap gaya tarik sejajar sumbu batang bambu. Oleh karena itu penentuan perancangan struktur yang menggunakan bambu harus didasarkan pada bagian ruas bambu ini.

TABEL 1
KUAT TARIK RATA-2 BAMBUNYU DENGAN RUAS DAN TANPA RUAS (KG/CM²)

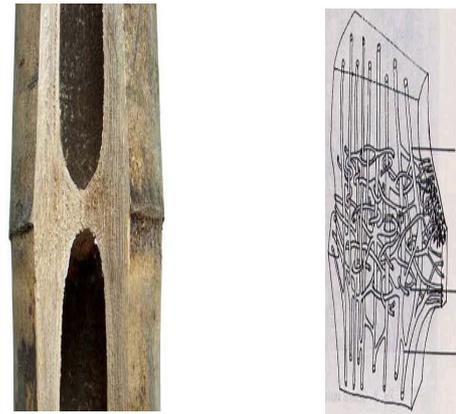
Jenis Bambu	Tanpa Ruas	Dengan Ruas
Ori	2.910	1.280
Petung	1.900	1.160
Hitam	1.660	1.470
Legi	2.880	1.260
Tutul	2.160	740
Galah	2.530	1.240
Tali	1.515	552

Ruas bambu mempunyai pengaruh terhadap sifat dan kekuatan mekanis dari pada bambu. Bambu dengan ruas mempunyai kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan tarik bambu tanpa ruas. Besaran penurunan kekuatan tarik tersebut kurang lebih 25 persen. Pada Tabel 2 digambarkan perbedaan tensile strength dan modulus of elasticity (MOE) antara yang mengandung ruas dan tanpa ruas serta posisi ruas dalam batang bambu.

Gambar 1 menunjukkan struktur serat pembentuk ruas (*node*) bambu, dimana terlihat dengan jelas bahwa arah serat yang terdapat pada ruas bambu sangat kompleks dan arahnyapun sangat tidak beraturan. Kondisi ini menyebabkan kekuatan tarik dan kelenturan statik daripada ruas ini menjadi lemah.

TABEL 2
TENSILE STRENGTH DAN MODULUS OF ELASTICITY ANTARA BAMBUNYU DENGAN RUAS DAN TANPA RUAS SERTA POSISI PADA BATANG BAMBUNYU

Wall Position		1/10	3/10	5/10	7/10	9/10
Tensile Str. (MPa)	With nodes	233.6	161.2	111.2	100.0	81.6
	without nodes	461.0	319.3	227.4	198.9	17.95
Modulus of Elas. (MPa)	With nodes	26928	18564	132600	11628	10506
	without nodes	44778	31008	219305	18156	16320



Gambar 1. Struktur serat ruas bambu

Perilaku ruas dalam konstruksi laminasi sama dengan perilaku sambungan (*joint*). Sambungan dalam konstruksi laminasi merupakan kelemahan dan menurunkan sifat mekanis daripada laminasi tersebut [5]. Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Byeon HS [6] bahwa pengaruh sambungan dalam konstruksi laminasi dipengaruhi ketebalan papan sebagai pembentuk konstruksi laminasi dan jarak antar sambungan. Dari hasil penelitiannya menunjukkan bahwa korelasi antara sambungan dengan ketebalan bahan pembentuknya terhadap lapisan yang berdekatan adalah 20 kali ketebalan (*t*) pembentuk konstruksi laminasi atau yang disebut dengan 20(*t*). Artinya bahwa jarak sambungan antara lapisan pembentuknya adalah 20 kali ketebalan, sehingga apabila ketebalan lapisan pembentuk konstruksi laminasi adalah 10 mm, maka jarak antar sambungan yang diperkenankan adalah 200 mm. Apabila jarak antara sambungan lebih dari 20 (*t*), maka perbedaan perubahan tersebut terhadap kekuatan konstruksi laminasi tidak signifikan. Seperti persyaratan yang dikeluarkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia [7] perihal sambungan papan pembentuk lambung kapal adalah harus melewati jarak 3 frame, artinya bahwa sambungan diperkenankan untuk dilaksanakan apabila sambungan tersebut telah melampaui tiga frame pembentuk kapal.

II. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

A. Material Pengujian

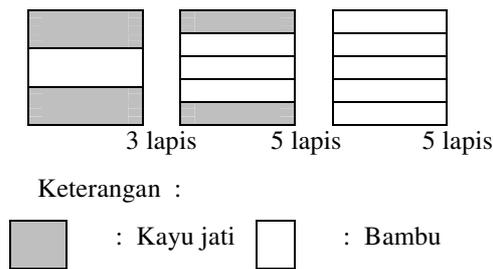
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Kayu Jati (*Tectona grandis* Lf), Bambu Betung *Dendrocalamus asper* (Schult. F) Backer ex Heyne dengan ruas (DP) dan tanpa ruas (TP), dan Perekat dengan bahan dasar phenol formaldehyde.

B. Metoda Penelitian.

1. Pembuatan Contoh Uji.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ruas bambu terhadap sifat mekanis saja, maka variasi contoh uji dibuat dengan adanya ruas bambu. Dari hasil penelitian pendahuluan, yaitu penelitian mengenai sifat fisis dan sifat mekanis dari komposit bambu bahwa secara umum komposit bambu mempunyai sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan kayu solid maupun laminasi kayu.



Gambar 2. Variasi pembuatan contoh uji.

Maka dalam penelitian ini hanya dilakukan pada komposit bambu. Sedangkan penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh ruas bambu terhadap kekuatan bending dan tarik. Spesimen contoh uji dibuat seperti pada gambar diatas.

2. Pembuatan Specimen Uji

Setiap pembuatan contoh uji dibuat sebanyak 3 (tiga) buah yang digunakan sebagai ulangan dengan ukuran 5 x 15 x 100 cm.

Pembuatan dan pembagian untuk pembuatan masing-masing specimen uji dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Pembagian dalam pembuatan specimen uji.

3. Pengujian.

Pengujian dilakukan berdasarkan American Standard for Testing and Materials (ASTM) D 143-83 (Standard methods of Testing, Small Clear Specimens of Timber), yaitu pengujian bending statik (*static bending test*) dan kekuatan tarik (*tensile strength test*) dengan ukuran seperti pada gambar berikut ini

a. Uji Kekuatan Lentur Statik (Bending Static Test).

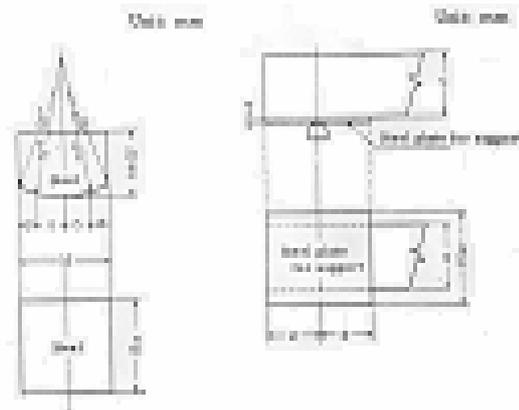
Pelaksanaan pengujian bending ini dengan menggunakan standar ASTM (*American Standard for Testing and Materials*) D 143 dan untuk lebih jelasnya di uraikan pada gambar 4.

Ukuran contoh uji menurut ASTM tersebut penampang melintang dari contoh uji adalah bujur sangkar

dengan lebar sisinya adalah $a = 50$ mm, maka panjang dari contoh uji tersebut adalah :

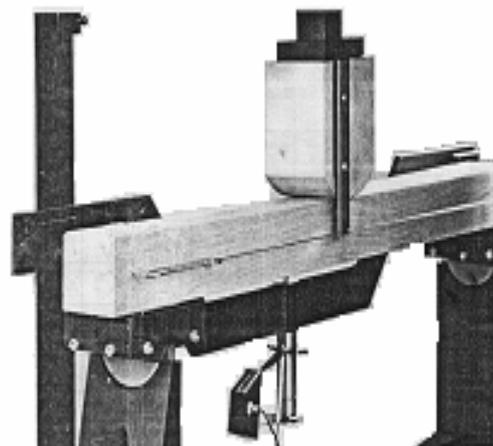
$$L = \text{span} + 2a, \text{ dimana span adalah jarak antar dudukan.}$$

Dalam penelitian ini menggunakan lebar sisi = 50 mm, hal ini untuk mendapatkan panjang contoh uji yang bebas dari ruas dari bambu yang ada, sehingga panjang keseluruhan dari panjang contoh uji untuk bending ststik adalah $(14 \times 50) + (2 \times 50) = 800$ mm.



Gambar 4. Dimensi contoh uji untuk Uji Bending Statis

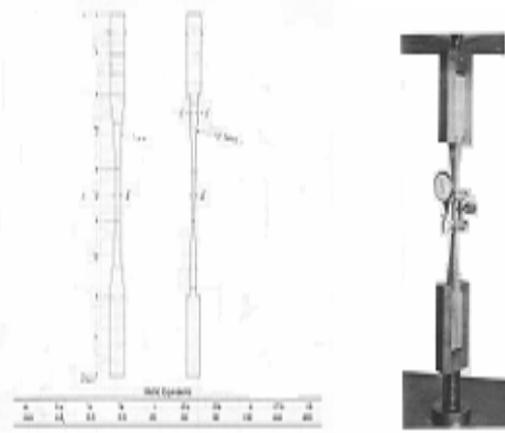
Gambar 5 adalah proses pengujian static bending untuk komposit bambu. Dari gambar tersebut terlihat adanya alat ukur defleksi yang dapat menunjukkan defleksi contoh uji dengan beban yang diberikan.



Gambar 5. Prosedur Uji Bending Static

b. Uji Kekuatan Tarik (Tensile Strength Test).

Pengujian ini dengan menggunakan standar ASTM D 143-83 mengenai: Method of Tension Test for Perpendicular to Grain. Secara jelas dijelaskan pada Gambar 6.



Gambar 6. Dimensi contoh uji tarik (tensile test)

4. Analisa Data.

a. Persamaan Tegangan dan Regangan (Stress-Strain).

Menurut Hooke hubungan tegangan dan regangan dapat dituliskan dengan rumus umum sebagai berikut :

$$\sigma_i = C_{ij}\epsilon_j ; i,j = 1 \dots\dots 6$$

dimana : σ_i = komponen tegangan

C_{ij} = modulus kekakuan

ϵ_j = komponen regangan

b. Analisa Beda Nyata.

Untuk mengetahui perbedaan yang nyata diantara material komposit bambu yang didalamnya terdapat beberapa faktor yang berpengaruh seperti ketebalan antar lapisan dan jumlah lapisan dilakukan uji Rancangan Acak Berblok (*Block Randomized Design*). Dimana hasil analisa ini akan diketahui bahwa perlakuan atau faktor-faktor yang ada di dalamnya mempengaruhi pengaruh yang nyata atau tidak mempunyai pengaruh.

Kemudian untuk mengetahui faktor mana yang paling berpengaruh terhadap sifat/karakter fatigue dilakukan analisis/uji lanjutan dengan memakai uji Least Significant Difference (LSD test). Dari hasil ini akan diketahui jenis komposit bambu yang mempunyai sifat paling baik yang selanjutnya akan ditentukan standar kekuatan dan standar ukuran berdasarkan hasil analisa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti halnya pada penelitian dan pengujian sifat fisis dan sifat mekanis komposit bambu terdahulu, bahwa sebelum dilakukan pelaksanaan pengujian pengaruh ruas bambu (*node*) terhadap sifat mekanis komposit bambu, maka pertama kali yang harus dilakukan adalah pengukuran kadar air (KA) spesimen contoh uji. Pengukuran kadar air perlu dilakukan karena perbedaan kadar air (KA) spesimen uji mempunyai pengaruh terhadap kekuatan sifat mekanis, sehingga dalam setiap pengujian

KA harus tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar spesimen uji.

Dari hasil pengukuran kadar air spesimen, maka setelah dilakukan analisa uji beda nyata, maka kadar air yang dikandung spesimen kayu tidak mempunyai perbedaan yang nyata pada tingkat kepercayaan 95 % dan 99%. Artinya, walaupun setiap spesimen mempunyai kadar air yang berbeda, tetapi perbedaan kadar air tersebut tidak mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan komposit bambu. Hal ini dapat dilihat pada analisa Co Varian yang menunjukkan F-hitung (analisa) lebih kecil dari F-Tabel. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengujian atau pengukuran kadar air tidak mempunyai pengaruh yang nyata. Untuk lebih jelasnya, hasil pengukuran dan analisa dapat dilihat pada lampiran.

Selanjutnya dari hasil pengujian komposit bambu terhadap kekuatan lentur statik (*bending static strength test*) yang mempunyai ruas dan tanpa ruas didalamnya dapat dilihat pada Tabel 3.

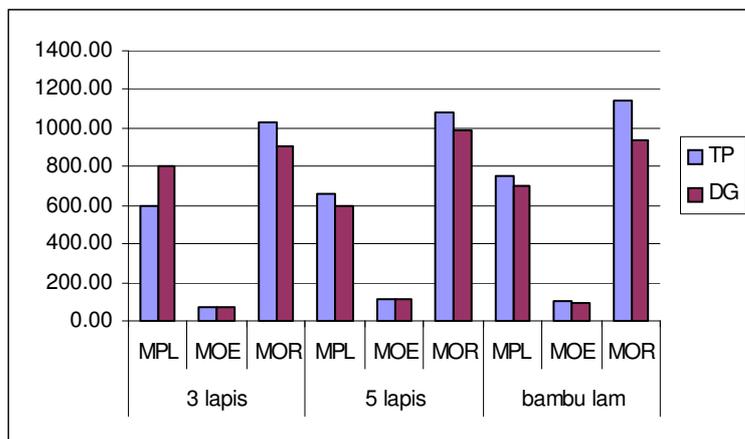
Tabel 3 menunjukkan bahwa ruas bambu ternyata mempunyai pengaruh yang nyata terhadap keteguhan lentur statik, baik keteguhan lentur sampai batas patah (Modulus of Rupture, MOR) maupun keteguhan lentur sampai batas keelastisitasan (*Modulus of Elasticity*, MOE). Penurunan kekuatan ini disebabkan adanya struktur serat pada ruas bambu yang sebagian lurus membentuk batang bambu pada bagian berikutnya dan yang sebagian lainnya berbelok membentuk ruas dan kembali lurus bersama-sama membentuk batang bambu lagi dan demikian seterusnya setiap membentuk ruas bambu [2]. Serat yang berbelok membentuk ruas inilah yang mempunyai sifat lemah terhadap kekuatan mekanis bambu.

Penurunan kekuatan lentur (*bending static*) komposit bambu akibat adanya ruas berkisar antara 6.90 persen hingga 9.86 persen. Penurunan terbesar terjadi pada komposit kayu-bambu dengan jumlah lapisan tiga lapis. Sedang penurunan terkecil terjadi pada komposit bambu. Hal ini sesuai pendapat Morisco (1989) bahwa penurunan kekuatan bambu akibat adanya ruas terhadap kekuatan lenturnya sekitar 25 persen. Percobaan yang dilakukan Morisco tersebut dilakukan pada bambu solid, sedangkan pada percobaan ini spesimen uji dalam bentuk komposit atau laminasi, yaitu terdiri dari beberapa lapisan sehingga penurunannya lebih kecil dibandingkan dengan penurunan kekuatan pada bambu solid. Pengaruh ruas bambu pada konstruksi laminasi terjadi peningkatan kekuatan lentur mencapai 9.5 persen pada laminasi bambu tanpa ruas, sedangkan peningkatan kekuatan lentur pada konstruksi laminasi mencapai 6.1 persen. Untuk lebih jelasnya pengaruh ruas bambu dalam konstruksi laminasi pada beberapa lapisan komposit bambu dapat dilihat pada Gambar 7.

TABEL 3
PERBANDINGAN KETEGUHAN LENTUR STATIK KOMPOSIT BAMBU DENGAN DAN TANPA RUAS (KG/CM²)

	Tanpa Ruas			Dengan Ruas		
	MPL	MOE	MOR	MPL	MOE	MOR
3 LAPIS	599.77	72.65	1034.50	557.88	69.48	908.75
5 LAPIS	656.78	117.11	1084.79	592.00	110.85	987.05
BAMBU LAM.	754.50	102.87	1147.36	702.41	91.02	937.07

Keterangan : data tersebut diatas merupakan rata2 dari ulangan pengujian



Gambar 7. Hasil pengujian bending komposit bambu tanpa ruas dan dengan ruas

Analisa yang digunakan dalam penelitian ini adalah Analisa Covarian Rancangan Percobaan Faktorial (*Factorial Experiment Design*) 2 x 3, dimana 2 adalah pengaruh ruas (tanpa dan dengan ruas) sedangkan 3 adalah variasi dari jumlah lapisan komposit. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa F-hitung yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan F-Tabel. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh ruas bambu terhadap kekuatan bending, baik untuk MPL, MOE dan MOR mempunyai pengaruh yang sangat nyata, baik pada tingkat kepercayaan 95 persen maupun 99 persen. Demikian juga pengaruh ruas bambu dalam konstruksi laminasi dengan jumlah lapisan (*number of layer*) berbeda mempunyai pengaruh terhadap kekuatan bending (MPL, MOR, MOE) walaupun tidak sebesar pada pengaruh komposit bambu tanpa ruas.

Sedangkan hasil pengujian pengaruh ruas bambu terhadap kekuatan tarik (*tension*) pada struktur laminasi dapat dilihat pada Tabel 4.

TABEL 4
PERBANDINGAN KETEGUHAN TARIK KOMPOSIT BAMBU DENGAN DAN TANPA RUAS (KG/CM²)

	Tanpa Ruas	Dengan Ruas
Kombinasi 3	933.20	805.71
Kombinasi 5	1284.63	1179.05
Laminasi	2531.30	2311.74
Bambu		
Bambu Solid	1900.00	1160.00

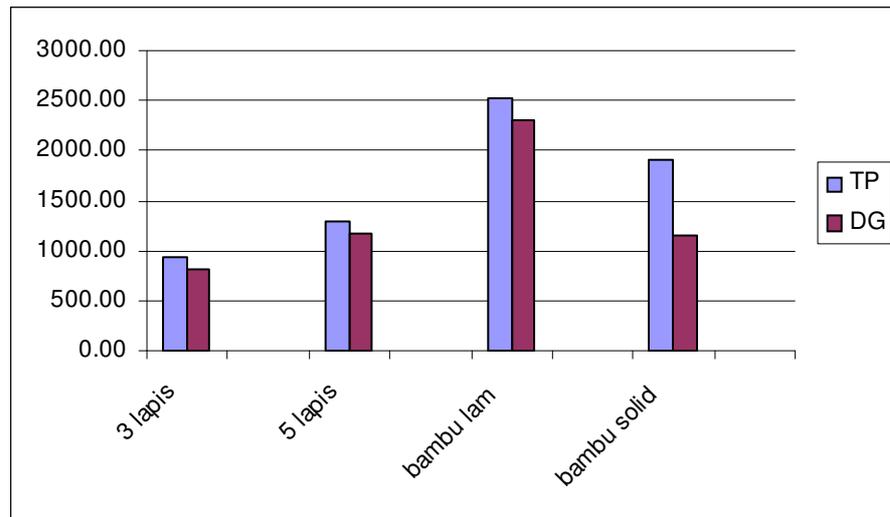
Keterangan: data tersebut diatas merupakan rata2 dari ulangan pengujian

Tabel 4 menunjukkan bahwa kekuatan tarik (*tensile strength stress*) komposit bambu yang mengandung ruas lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan tarik kom-

posit bambu tidak mengandung ruas. Penurunan kekuatan tarik pada konstruksi laminasi berkisar antara 8.67 persen hingga 13.66 persen. Sedangkan penurunan kekuatan tarik pada bambu solid akibat pengaruh ruas mencapai 38.95 persen. Penurunan terbesar terjadi pada komposit kayu-bambu dengan jumlah lapisan tiga. Penurunan kekuatan tarik akibat ruas pada komposit bambu hanya sekitar 8.67 persen. Seperti yang telah dilakukan peneliti pendahulu [2], [4] bahwa ruas bambu mempunyai pengaruh yang besar terhadap kekuatan tarik, rata-rata mencapai 40 persen.

Pengaruh ganda yaitu ruas bambu dan jumlah lapisan pada komposit bambu, bahwa jumlah lapisan dapat menaikkan kekuatan tarik berkisar antara 37.66 hingga 46.34 persen. Sedangkan kenaikan kekuatan tarik pada komposit bambu dibandingkan dengan bambu solid mencapai dua kali lipat (99 persen). Hal ini telah dijelaskan didepan bahwa laminasi kayu mampu menaikkan kekuatan hingga 40 persen. Karena bambu mempunyai kekuatan tarik yang jauh lebih dibandingkan dengan bambu, maka dengan konstruksi laminasi kekuatan tarik bambu mampu menaikkan kekuatan tarik hampir dua kali lipat.

Dari hasil analisa dengan menggunakan Analisa Covarian Rancangan Percobaan Faktorial (*Factorial Experiment Design*) 2 x 3 menunjukkan dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa F-hitung lebih besar dibandingkan dengan F-Tabel. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh ruas bambu terhadap kekuatan tarik mempunyai pengaruh yang sangat nyata, baik pada tingkat kepercayaan 95 persen maupun 99 persen. Tetapi untuk pengaruh ruas bambu terhadap jumlah lapisan (*number of layer*) mempunyai pengaruh terhadap kekuatan tarik (*tension*), tetapi sangat kecil dan tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah laminasi dan penempatan ruas pada struktur laminasi mempunyai pengaruh yang nyata.



Gambar 8. Grafik hasil pengujian tarik (Tension) komposit bambu tanpa ruas dan dengan ruas

Kerusakan (*failure*) yang terjadi dari kedua pengujian (kelenturan dan tarik) pada ruas bambu yang berupa renggangnya ikatan antar serat dan terjadinya penambahan panjang pada serat yang lurus menuju internode berikutnya. Dalam struktur serat yang membentuk node terdiri dari dua jenis, yaitu serat yang lurus dan serat yang membelok membentuk node. Pada Gambar berikut ini kerusakan yang terjadi pada uji tarik (*tensile test*) terlihat dengan jelas, bahwa kerusakan berawal (*initial crack*) dari bagian ruas bambu. Atau kerusakan terjadi pada melekasnya ikatan antar serta bambu. Tetapi pada kayu kerusakan terjadi dengan terputusnya serta, bukan terurainya antar serat. Hal tersebut yang membedakan sifat bambu dengan kayu.



Gambar 9. Kerusakan (*failure*) yang terjadi pada bambu

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian dan analisa data yang telah dilakukan terhadap pengaruh ruas pada komposit bambu untuk kekuatan lentur (*bending static*) dan kekuatan tarik (*tensile strength*), maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Ruas bambu (*bamboo node*) mempunyai pengaruh terhadap kekuatan bending (*bending strength*), baik untuk tegangan sampai proporsional limit, modulus of elasticity maupun pada *modulus of rupture*. Tetapi penurunan kekuatan tidak sebesar pada bambu tanpa laminasi (*non laminated*). Sehingga pengaruh ruas bambu dalam konstruksi laminasi sebagai bahan pembangunan kapal masih

lebih kecil dibandingkan dengan kayu solid maupun kayu laminasi bahkan terhadap bambu solid pun.

2. Sedangkan pengaruh ruas bambu terhadap kekuatan tarik, sama seperti halnya pada kekuatan lentur. Penurunan kekuatan tarik akibat ruas bambu pada konstruksi laminasi masih lebih kecil dibandingkan dengan kayu laminasi atau kayu solid ataupun pada bambu solid.

3. Jumlah lapisan dalam konstruksi laminasi mampu menaikkan kekuatan baik kekuatan lentur maupun kekuatan tarik hingga 46.34 persen. Bahkan konstruksi laminasi pada bambu (bambu komposit) peningkatan kekuatan tariknya hingga mencapai 99 persen pada laminasi yang mengandung ruas. Sehingga dapat dikatakan bahwa ruas bambu dalam kondisi berdiri sendiri mempunyai pengaruh yang sangat besar. Tetapi pengaruh ruas bambu menjadi lebih kecil apabila ada dalam konstruksi laminasi atau komposit bambu.

Sehingga bambu laminasi atau bambu komposit yang digunakan sebagai material alternatif bahan pembangunan kapal untuk menggantikan kayu jati yang selama ini masih digunakan para galangan kapal kayu masih mempunyai sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan kayu solid maupun kayu laminasi maupun bambu solid.

Tetapi untuk dapat digunakan sebagai bahan pembangunan kapal, masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Penelitian tersebut yaitu untuk mengetahui seberapa jauh komposit bambu tersebut mampu menahan beban dinamis. Karena pada kenyataannya bahwa kapal yang sedang berlayar beban yang diterima adalah beban dinamis seperti hampasan ombak pada lambung kapal maupun benturan-benturan pada saat kapal berlabuh di dermaga.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widodo, AB., "Analisa Sifat Fisis dan Sifat Mekanis Komposit Bambu Sebagai Material Alternatif Pembangunan Kapal Kayu," *Journal Teknologi Kelautan (JTK)*. Januari 2006. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya. 2006.

- [2] Fangchun, Z., "Selected Works of Bamboo Research," *The Bamboo Research Editorial Committee*, Nanjing Forestry University, Nanjing, China. 2000.
- [3] Larson. DS, Sandberg. LB, Laufenberg, TL, Krueger. GP and Rowland. RE., *Wood and Fiber Science*. 19(4). pp.414-429. 1987.
- [4] China National Bamboo Research Centre, *Cultivation and Integrated Utilization on Bamboo in China.*, Hangzhou. China. 2001.
- [5] Chugg, WA., *The Manufacture of Glue Laminated Structures*. Ernest Benn Limited, London. 1964.
- [6] Byeon. HE, Fushitani. M dan Sato. K, *Bending Strength Properties and Acoustic Emissions of Laminated Wood Having Butt Joint*. Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology. Tokyo-Japan. 1990.
- [7] *Biro Klasifikasi Indonesia*, Peraturan Konstruksi dan Pembangunan Kapal Kapal Kayu. 1996.