ISSN 1693-3168

Seminar Nasional - XII
Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri
Kampus ITENAS - Bandung, 17-18 Desember 2013

Eksperimentasi Metoda Laminasi dan Metoda Pengujian Kekuatan Pelapisan pada Bambu Laminasi untuk Dijadikan Konstruksi Furnitur

Yusril Irwan[1)], Mohamad Arif W[2)]
[1)]Jurusan TeknikMesin, [2)]Jurusan Desain Produk
Institut Teknologi Nasional Jl. PKH Mustopha 23 Bandung
yusrilirwan1@gmail.com , mawaskito@yahoo.com

Abstrak

Bambu terbentuk dari susunan serat dan matrik, yang saling mengikat satu sama lainnya sehingga memiliki karakteristik mekanik yang tinggi. Namun dalam pemanfaatannya, karakteristik mekanik ini menjadi halangan. Bambu sangat sulit untuk ditekuk membentuk sudut lengkung sesuai keinginan, akibatnya disain produk berbahan bambu menjadi terbatas. Alternatifnya menggunakan metoda lapisan dengan perekatan arah sejajar serat. Belahan bambu direkat hingga membentuk lapisan-lapisan, kemudian dipres sesuai sudut dan bentuk yang diinginkan, dipanaskan hingga perekat kering. Konstruksi furniture memiliki titik-titik kritis yang menerima beban ekstrim dan kekuatan kontruksi ini tergantung kepada metoda pelapisan, besar sudut tekuk dan bentuk sambungan serta alat penyambung. Maka diperlukan eksperimentasi mengenai metoda laminasi dan metoda pengujian mekanis, agar kontruksi furnitur dari bambu lapis ini dapat menahan beban sesuai dengan fungsinya. Hasil, metoda lapis dengan cetakan logam dan permukaan bambu yang rata serta dengan metoda pemanas menghasilkan perekatan bambu lapis dengan capaian lengkungan yang baik dan kekuatan perekatan yang tinggi. Metoda pengujian tekan adalah aplikatif terhadap beban nyata dari beban pada furnitur. Bambu lapis dinilai memiliki keunggulan dapat membentuk lengkungan yang kuat dan tidak dimiliki oleh batang bambu konvensional. Diharapkan produk furnitur metoda bambu lapis ini dapat membuka peluang para pelaku industri dibidang pengolahan bambu dan furnitur.

Kata kunci: Bambu, metoda laminasi, pengujian mekanis.

1. Pendahuluan

Bambu adalah tanaman yang termasuk ke dalam suku rumput -rumputan (*graminae*), atau sering di sebut dengan rumput raksasa "*The Giant Grass*". Tumbuh dengan cepat dan memiliki daur hidup antara 4 hingga 100 tahun lamanya. Batangnya berbentuk pipa yang terbagi atas ruas-ruas dan buku yang di dinding dalamnya tersusun atas serat-serat memanjang yang di balut matrik (*parenkim)* dengan ketebalan tertentu dan dibagian luarnya dilapisi dengan kulit yang lebih keras (*curticula*)

Kurang lebih 1.000 species bambu dalam 80 negara, sekitar 200 species dari 20 negara ditemukan di Asia Tenggara (Dransfield dan Widjaja, 1995), sedangkan di Indonesia ditemukan sekitar 60 jenis. Secara umum semua jenis bambu memiliki kesamaan struktur, hanya saja diantaranya memiliki perbedaan-perbedaan tertentu yang membuatnya khas, seperti proporsi ruas, warna dan cara penyebaran ketika berkembang biak (simpodial dan monopodial) [(2)].

Kolom bambu terdiri sekitar 50% *parenkim*, 40% serat dan 10% sel penghubung (Dransfield dan Widjaja (1995). *Parenkim* dan sel penghubung lebih banyak ditemukan pada bagian dalam dari kolom, sedangkan serat lebih banyak ditemukan pada bagian luar. Susunan serat pada ruas penghubung antar buku memiliki kecenderungan bertambah besar dari bawah ke atas sementara parenkimnya berkurang. Hal ini layaknya bambu seperti material komposit yang terdiri dari serat dan matrik yang saling mengikat. Dengan serat yang kuat, mengakibatkan bambu memiliki ketangguhan yang cukup tinggi.

Memahami sifat-sifat fisis dan mekanis dari material bambu akan sangat berguna dalam pengembangan eksplorasi karakter material tersebut ketika dilakukan eksperimentasieksperimentasinya. Hal yang perlu diketahui dalam memahami sifat -sifat bambu tersebut antara lain struktur batang, sifat elastisitas, kekuatan terhadap beban, bentuk dan ukuran.

Berlainan dengan kayu, bambu mulai menyusut pada permulaan pengeringan. Bambu yang lebih muda akan kehilangan kelembaban lebih cepat daripada bambu yang sudah dewasa, tetapi akan membutuhkan lebih banyak waktu untuk menjadi kering sepenuhnya karena kadar kelembaban permulaan yang lebih tinggi. Oleh karenanya didalam proses pengeringan, bambu-bambu muda lebih cepat retak. Bagian dalam bambu lebih lembab daripada bagian luar. Buku-bukunya (*nodes*) mengandung lebih sedikit air daripada bagian ruasnya (*internodes*). Pada bagian batang yang lebih bawah perbedaan kadar air ini biasanya lebih besar dibandingkan dengan bagian pucuknya.

Dari pemahaman yang berkaitan dengan karakteristik fisis dan mekanis ini nantinya dapat digunakan dalam hal mempertimbangkan jenis-jenis belahan terhadap ruas bambu baik yang berupa belahan *longitudinal*, belahan *tangensial* dan belahan potongan *radial*-nya. Belahan dan potongan terhadap bambu tersebut akan berpengaruh pada bentuk potongan dan pemanfaatan elastisitas potongan yang dihasilkannya.

Dengan pertimbangan beberapa hal di atas dan tabel 1, sangatlah lumrah apabila bambu sudah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sejak dahulu. Mulai digunakan sebagai bahan konstruksi seperti jembatan, bahan struktur dan dinding rumah, dan tiang-tiang penyangga lainnya. Bambu juga digunakan sebagai bahan pembuat produk-produk rumah tangga hingga perlengkapan alat-alat musik tradisional karena selain bambu memiliki karakteristik bentuk yang khas (berbuku dan berongga), bambu pun mudah didapat dan berharga relatif murah.

Berikut ini adalah tabel karakteristik beberapa jenis bambu yang umum digunakan sebagai bahan baku produk-produk furnitur dan kerajinan.

Tabel.1. sifat mekanis dari beberapa jenis bambu

(Sumber : Hadjib dan Karnasudirdja (1986) dan Ginoga (1977)

No.	Sifat fisis dan mekanis	Bambu hitam kg/cm2	Bambu apus kg/cm2	Bambu ater kg/cm2	Bambu bitung kg/cm2	Bambu andong kg/cm2
1.	Keteguhan lentur maksimum	663	546	533,05	342,47	128,31
2.	Modulus elastisitas	99000	101000	89152,5	53173,0	23775,0
3.	Keteguhan tekan sejajar serat	489	504	584,31	416,57	293,25
4.	Berat jenis	0,83	0,69	0,71	0,68	0,55

Pada umumnya bahan bambu dimanfaatkan dalam bentuk yang masih natural yaitu berupa potongan-potongan konvensional yang berwujud silinder dan berbuku-buku. Kemudian disambung dengan alat pengikat paku dan tali rotan. Dan disisi lain karakteristik bambu seperti halnya bahan komposit yang terdiri dari serat dan matrik. Serat dan matrik bambu ini memiliki kekuatan ikatan yang sangat tinggi dan kaku, sehingga untuk bentuk-bentuk melengkung dengan sudut tertentu sangat sulit dicapai, terutama pada bagian buku-buku bambu tersebut. Hal ini yang menyebabkan desain produk-produk barbahan bambu, khususnya produk furnitur sangat sulit berkembang dan minim variasi.

Beberapa usaha pengembangan pemanfaatan bambu yang dijadikan sebagai bahan baku produk telah sering dilakukan yang betujuan untuk mendapatkan karakter fisik baru dari bahan bambu tersebut. Diantaranya adalah pembentukan material bambu dengan metoda pelapisan atau laminasi agar dapat memiliki kemampuan bentuk yang tinggi untuk mencapai keinginan disain dari suatu kontruksi yang selama ini terbatas. Diharapkan metoda laminasi ini dapat menahan beban yang tinggi, ekonomis dan efektif untuk di jadikan sebuah produk furnitur.

Teknik pelapisan/laminasi yang diterapkan pada material bambu mirip dengan yang dilakukan terhadap bahan baku kayu di bahan *plywood*, namun karena bentuk struktur fisik dan serat bambu memiliki karakteristik yang berbeda, maka perlu ada pengkajian yang lebih spesifik untuk mendapatkan nilai kualitas kekuatannya jika akan dipakai sebagai bahan konstruksi produk-produk yang mengalami pembebanan.

Oleh karena itu penelitian ini akan menganalisis peluang kemungkinan pembentukan bahan baku furnitur berupa bambu laminasi dan pengukuran kualitas kekuatan material tersebut jika diperuntukkan sebagai bahan konstruksinya.

Dari proses eksperimentasi kemampuan bentuk dan kekuatan mekanis material bambu laminasi tersebut nantinya diharapkan akan menghasilkan sebuah *prototype* dari salah satu perangkat yang dapat dijadikan percontohan untuk dapat digunakan atau diaplikasikan sebagai konsep dasar desain dari produk-produk lainnya.

2. Metode penelitian

Penelaahan sifat mekanis produk-produk bambu laminasi untuk furnitur ini adalah dengan cara pendekatan kuantitatif dan kualitatif, belajar dari apa yang dilakukan terhadap beberapa sampel konstruksi bambu laminasi. Pendekatan kuantitatif dilakukan melalui pengujian dan pengukuran kekuatan secara mekanis terhadap bentuk-bentuk konstruksi bambu laminasi, berupa kuat tarik dan kuat tekan hingga didapatkan karakteristik mekanik dari masing-masing bentuk konstruksi tersebut. Kemudian dari data-data hasil pengujian dan pengukuran kekuatan tersebut akan dilakukan analisis kualitatif sebagai usaha untuk menyimpulkan karakter spesifik hingga ditemukan peluang pemanfaatannya sebagai bahan atau konstruksi dasar dari produk furnitur. Eksperimentasi yang akan dilakukan antara lain pembentukan konstruksi dengan menggunakan teknik pelapisan (laminasi), pengujian pengaruh arah pembebanan terhadap bentuk konstruksi, pengujian kekuatan jenis sambungan dan pengikat serta eksplorasi desain yang berkaitan dengan desain produk tertentu.

Dalam ekperimentasi ini disusun kerangka berpikir yang tujuannya untuk mempermudah mengidentifikasi dan memetakan aspek pendukung penilaian agar kegiatan ini dapat dilakukan lebih efektif sesuai dengan target dan harapan. Target dan harapan utama penelitian ini adalah mengkaji metoda pelapisan material bambu yang dapat diimplementasikan pada produk furnitur hingga didapat sebuah data konkrit mengenai kekuatan mekanis yang dimiliki modul-modul bambu laminasi tersebut. Kerangka berfikir tersebut antara lain:

1. Identifikasi karakteristik Material Bambu
   Mempelajari karakteristik material bambu secara fisik, mekanis dan kimiawi melalui studi literatur untuk memahami mampu bentuk, mampu beban, mampu awet material tersebut
   Indikator yang di peroleh:
   a. Diketahuinya karakteristik dasar material bambu secara teoritis
   b. Ditemukannya peluang pengembangan teknik laminasi pada pembentukan material tersebut .
2. Metoda pembentukan kontruksi laminasi
   Melakukan eksperimen fisik, untuk mencari peluang pembentukan kontruksi laminasi. Indikator yang di peroleh:
   a. Didapatkannya sebuah teknik dasar pembentukan bambu yang menggunakan proses laminasi
   b. Didapatkannya peluang bentuk-bentuk dasar sambungan hasil proses laminasi pada material bambu
3. Pengujian kekuatan Pelapisan, Sambungan, dan Konstruksi
   Melakukan pengujian terhadap kekuatan perekat dan pembebanan pada konstruksi lapisan dan sambungan.
   a. Didapatkannya data kekuatan perekat terbaik.
   b. Didapatkannya data kekuatan struktur pengikat terbaik.

Penentuan Jenis Bambu

Penentuan jenis bambu ini di rekomendasikan berdasarkan sifat fisik dan mekanis dari bambu yang akan di jadikan bahan dasar. Selain itu untuk menentukan spesifikasi bahan dasar bambu yang akan digunakan sebagai bahan dasar eksperimentasi bambu laminasi ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan terkait dengan peranan bambu untuk digunakan pada bagian-bagian produk furnitur yang akan dibuat. Karakter fisik yang memungkinkan dibelah, memungkinkan dibentuk lengkung, struktur berbuku memiliki lapisan kurtikula yang keras dan licin, bentuk dasar silinder, akan menjadi pertimbangan pada proses pelapisan dan pembentukannya.

ISSN 1693-3168

Seminar Nasional - XII
Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri
Kampus ITENAS - Bandung, 17-18 Desember 2013

Pembentukan kontruksi laminasi

Untuk proses pembentukan modul bambu laminasi, **tahap awal** bambu di potong-potong dengan ukuran 1 ruas buku dan kemudian di belah-belah. Rata-rata dalam satu diameter bambu dapat di belah menjadi 5-6 bagian dengan lebar rata-rata 2.5 cm. Belahan bambu tadi di kupas membentuk bilah-bilah (gambar 1.a) dan bagian kulit terluar yang bersifat keras (*cuticula*) tidak di pakai, dengan alasan bagian cuticula bersifat keras dan getas (mudah retak jika di tekuk). Tebal bilah setelah di kupas berkisar antara 2-3 mm, sehingga untuk bambu yang tebal, bisa didapat 2-4 lembar bilahan.

Untuk menghindari pengaruh serangga, kutu busuk dan jamur, bilah-bilah bambu di rendam dengan menggunakan obat anti serangga yang selama 1-2 hari hingga larutan tersebut meresap merata pada bambu.

Gambar 1. (a) Pembelahan bambu, (b) perendaman, *(Dokumen penulis)*

Setelah proses perendaman, kemudian dilakukan proses pengeringan untuk mengurangi kelembaban yang memungkinkan jamur tumbuh dan merusak permukaan bambu tersebut. Penelitian ini masih mengandalkan pengeringan dengan memanfaatkan energi matahari sehingga waktu yang dibutuhkan untuk proses ini sangat bergantung pada cuaca.

Tahap kedua, Komponen konstruksi harus didesain sesuai fungsi teknisnya pada produk furnitur yang akan dirancang. Jika dikelompokkan, bentuk-bentuk komponen yang menjadi bagian konstruksi furnitur dapat dibagi dalam tiga macam konstruksi, yaitu :

1.Komponen berfungsi sebagai penopang beban tekan, yaitu komponen yang mengalami pembebanan sejajar serat atau melintang serat pada komponen berwujud batang. Bagian yang mengalami beban ini antara lain bagian penyangga jok (b) dan kaki kursi (a). Selain itu pembebanan tekan juga akan dialami oleh bagian-bagian furnitur yang sengaja dibentuk lengkung (c), khususnya pada desain komponen struktur kaki-kaki yang berfungsi sebagai penyangga.

Gbr. 2. Pengaruh gaya akibat pembebanan pada konstruksi bambu laminasi (Dokumen penulis)

2. Pembebanan akan dialami pula pada komponen yang berfungsi sebagai pengunci struktur lengkung yang umumnya berupa tegangan tarik. Komponen ini berupa bahan perekat dan komponen pengunci (*dowel*) yang digunakan pada struktur penerima beban yang memiliki

titik-titik lengkungan. Secara mekanis, bilah-bilah bambu yang dilaminasi dengan bentuk lengkungan, akan menghasilkan tegangan balik akibat sifat elastisitas serat bambu, juga akibat adanya tekanan yang ditimbulkan ketika dibebani (Gambar 3a). Oleh karena itu perlu adanya komponen pengunci struktur agar bentuk tetap utuh (gambar 3b), tidak berubah akibat gaya-gaya tekan tersebut.

3. Pembebanan juga terjadi pada konstruksi sambungan antara modul-modul yang menjadi komponen dari konstruksi furnitur. Sambungan yang akan dibuat terdiri dari sambungan yang dijepit oleh *dowel* untuk mengikat suatu modul bambu lapis dengan modul lainnya untuk membentuk sebuah komponen furnitur tertentu, dan sambungan komponen penjepit mur-baut yang berfungsi untuk mengikat sebuah komponen furnitur tertentu dengan komponen furnitur lainnya. (gambar. 3.c)

Gambar 3. (a) Pengaruh gaya pada kontruksi modul lengkung. (b) pengunci bagian lengkung (c) Pengaruh gaya pada Sambungan *(Dokumen penulis)*

Tahap ketiga. Mempersiapkan cetakan. Ada beberapa hal yang di perhatikan dalam pembuatan alat bantu cetak ini antara lain: teknik cetak yang diaplikasikan, bahan alat cetak yang akan digunakan, bentuk dan ukuran modul bambu lapis yang akan dibuat. Teknik cetak yang digunakan pada eksperimen ini masih menggunakan teknik jepit/pres dengan memanfaatkan alat klem C sebagai penjepit dan kawat beton sebagai penguncinya. Bahan yang digunakan untuk membuat alat pencetak setidaknya harus mampu menahan tegangan elastik yang dimiliki oleh material bambu, tegangan elastis akan semakin tinggi dengan jumlah lapisan bilah yang semakin banyak. Untuk itu bahan logam dalam hal ini baja konstruksi dianggap memadai dijadikan bahan dasar alat pencetak. Selain proses pembentukannya mudah, kekuatannya ideal, tidak mudah rusak, dan memiliki sifat konduktifitas panas yang baik sehingga dapat membantu mempercepat proses pengeringan bambu laminasi tersebut.

Desain dari alat cetak ini merujuk pada bentuk-bentuk yang akan diuji kekuatannya, khususnya pada bentuk-bentuk yang akan digunakan pada produk furnitur nantinya.

Maka dibuat beberapa macam desain cetakan, seperti yang dapat di lihat pada gambar 4.

1. Cetakan batang lurus, diperlukan untuk mencetak bambu laminasi berbentuk memanjang.
2. Cetakan batang lengkung dengan sudut 90^o, dibutuhkan untuk menganalisis kekuatan lapisan bambu dengan bentuk lengkungan.
3. Cetakan batang lengkung dengan sudut $> 90^o$, dibutuhkan sebagai cetakan benda uji pembanding untuk menganalisis kekuatan bambu laminasi.
4. Cetakan bentuk sambungan U.

Gbr. 4 Beberapa bentuk cetakan bambu laminasi : cetakan lengkung 90^o, cetakan lengkung $>90^o$, cetakan bentuk U, cetakan lurus. *(Dokumen penulis)*

Selain dari empat tipe disain di atas, juga dibuat cetakan pengujian untuk sambungan dengan menggunakan cetakan logam, seperti pada gambar 5.

Gambar 5. Desain alat cetak sambungan *knock down (Dokumen penulis)*

Tahap Keempat, adalah proses pembentukan atau proses pencetakkan. Pada proses pencetakan, bilah-bilah bambu yang akan dilem sebaiknya sudah dalam kondisi kering setelah proses perendaman fumigasi dan anti rayap. Hal ini diperlukan agar proses pengeringan saat pencetakan dapat dilakukan lebih efisien. Setiap modul bambu laminasi tersebut bisa terdiri dari 8 hingga 10 bilah bambu. Jenis lem yang di gunakan adalah *urea formaldehide* dengan kandungan air 20%.

Pengeleman dilakukan dengan teknik kuas (*lay up*) konvensional, yaitu pelapisan bahan perekat dengan pelarut air diaplikasikan pada setiap lembar bambu yang terdapat pada bilah-bilah yang telah dipotong-potong sebelumnya.

Hal yang perlu diperhatikan pada saat proses pengeleman dan pembuatan lapisan bambu ini diantaranya pembuangan bagian buku (*nodes*) yang lebih keras dan lebih tebal dengan menggunakan mesin *planer* (serut) sehingga pada proses pelapisan akan menghasilkan bentuk modul dengan ketebalan yang merata.

Gambar 6. Teknik pemanasan bagian lengkung pada bilah untuk mereduksi tegangan elastik *(Dokumen penulis)*

Setelah pengeleman dilakukan proses pemanasan menggunakan *heat gun* pada suhu ±300^{o}C selama kurang lebih 5-10 menit. Cara pemanasan dengan menjepit bilah-bilah bambu yang akan menjadi bagian lengkungan pada cetakan dengan menggunakan klem C dapat dilihat pada gambar 6. Jika setiap modul bambu laminasi tersebut terdiri dari 8 bilah bambu, maka pemanasan tersebut harus dilakukan secara bertahap yaitu setelah pemanasan bilah pertama kemudian dilakukan pelapisan bilah kedua di atasnya untuk tahap pemanasan lanjutan, bertujuan untuk mendapatkan bilah-bilah bambu yang memiliki radius lengkung yang sama, sesuai letak bilah tersebut saat dipanaskan. Letak bilah tersebut harus tetap diperhatikan karena pada saat proses pemberian perekat, bilah-bilah tersebut harus diletakkan pada posisi yang sama agar tidak merusak bentuk lengkungan yang telah dibuat pada saat pemanasan sebelumnya. Untuk menghindari tegangan elastis antar bilah di titik lengkung, maka pada permukaan lengkung di pasak atau di kunci dengan dowel (pin bambu- gambar 3b)

Untuk sambungan, ada dua jenis alat pengikat yang digunakan, sambungan dowel atau sambungan mati, dengan pengikat pin poros bambu yang dipasakkan diantara dua permukaan bambu laminasi dan pengikat baut dan mur dengan harapan sambungan ini dapat dibongkar pasang *(knockdown)*. Bentuk dasar sambungan di buat dengan 5 variasi (gambar 7).

Gambar 7. Bentuk dasar sambungan (Dokumen penulis)

Modul (a) dicetak, terdiri dari 1 bidang rekatan dan 2 bidang topangan, gaya bekerja tidak pada satu garis lurus.
Modul (b) dicetak, terdiri dari 2 bidang rekatan dan 1 bidang topangan, gaya bekerja pada satu garis lurus.
Modul (c) dicetak, terdiri dari satu bidang rekatan, gaya bekerja tidak pada satu garis lurus.
Modul (d) dipotong sesuai bentuk, terdiri dari 1 bidang rekatan dan 2 bidang topangan, gaya bekerja pada satu garis lurus.
Modul (e) dipotong sesuai bentuk, 2 bidang rekatan dan 1 bidang potongan, gaya bekerja tidak pada satu garis lurus.

Tahap kelima, adalah proses perataan spesimen. Setelah proses pengeringan, modul-modul benda kerja kemudian diserut menggunakan *planner* untuk mendapatkan ketebalan yang merata dan memotongnya untuk mendapatkan ukuran yang telah ditentukan yaitu 18 x 22 x 120 cm untuk modul batang/ lurus dan ukuran 18 x 22 x 180 cm untuk modul-modul lengkung. Setiap benda uji dibuat masing-masing 3 benda uji yang pada akhir pengujian nanti akan diambil nilai rata-ratanya sebagai nilai optimal dari kekuatan material bambu laminasi tersebut.

Pengujian kekuatan pelapisan dan kekuatan sambungan

Proses pengujian spesimen menggunakan alat uji tarik/ tekan Geotech *Universal Testing Machine*. Mesin ini memiliki kemampuan untuk melakukan pengujian tekan dan pengujian tarik. Metode pengujian yang dilakukan adalah model-model konstruksi dan *full scale test* yang mengukur kekuatan pada kondisi sebenarnya ketika material tersebut diaplikasikan pada produk sesungguhnya. Pengujian material dilakukan hanya menggunakan pengujian tekan saja karena aplikasi material bambu laminasi ini baru diperuntukan pada produk furnitur yang nota bene lebih banyak mengalami beban-beban tekan ketika digunakan.

Pengujian beban tekan yang dilakukan pada beragam bentuk bambu laminasi ini akan didapatkan nilai-nilai kekuatan struktur yang dibentuk oleh lembaran bilah bambu dan daya rekat dari perekatnya. Selain itu pengujian tekan ini maka akan didapat pula nilai-nilai kekuatan dan pengaruh beban berlebih tersebut terhadap perubahan kondisi fisik struktur model benda uji. Pengujian yang dilakukan antara lain:

a. Uji tekan pada beragam bentuk model laminasi
   Pengujian ini dilakukan terhadap modul-modul bambu lapis dengan bentuk lurus yang akan diberi beban tekan secara vetikal (searah serat), beban tekan yang memotong serat dan menghadap lapisan, serta beban tekan yang memotong serat dan melintang lapisan. Selain itu juga akan dilakukan uji tekan terhadap modul bambu laminasi yang berbentuk lengkungan, baik lengkungan 90^o, lengkungan $< 90^o$, lengkungan $> 90^o$ seperti pada gambar 8.

Gambar 8. Pengujian tekan kekuatan pelapisan bambu laminasi (dokumen penulis)

b. Uji tekan pada sambungan

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan gambaran kekuatan model-model sambungan yang memanfaatkan kekuatan yang berasal dari perekatan dan komponen pengikat *dowel* dan *mur-baut*. Hasilnya akan dikomparasi diantara dua pengikat ini untuk melihat pengaruh jenis komponen pengikat tersebut terhadap struktur laminasi yang diikatnya. Komponen pengikat yang digunakan adalah mur "jok" yang memiki 4 bilah tajam sebagai bagian pencengkram ketika mur tesebut dibenamkan ke dalam permukaan bambu. Sedangkan baut yang digunakan adalah baut *Phillips kepala rata* - M6.

3. Hasil dan pembahasan

Pada proses pembuatan model-model bambu laminasi ini dilakukan pengelompokan dua karakteristik bambu yang menjadi dasar pertimbangan yaitu karakteristik bambu yang berkaitan dengan kemampuannya untuk dibentuk dengan teknik laminasi dan pres panas, dan kemampuan bambu ketika dijadikan struktur penguat dengan memanfaatkan sifat mekanisnya. *Gigantochloa Apus Kurz* (bambu Apus; bambu Tali) menurut tabel.1. memiliki modulus elastisitas terbesar diantara bambu lainnya yaitu sekitar 101.000 kg/cm^2. Karakteristiknya yang sangat liat/ alot, lentur dan tidak mudah patah membuat bambu ini paling memungkinkan digunakan sebagai bahan utama pada bagian-bagian furnitur yang dilengkung. Sedangkan *Gigantochloa Atter* (bambu Temen atau bambu Ater) dengan ketangguhan sejajar serat sebesar 584,31 kg/cm^2 merupakan karakteristik mekanis terbesar diantara bambu lainnya sehingga dinilai cocok jika dijadikan modul-modul yang secara struktural akan menerima suatu pembebanan. Namun jika kita melihat sifat mekanis bambu Tali, bambu tersebut memiliki kuat tekan yang cukup besar yaitu 504 kg/cm^2 sehingga dalam hal ini bambu tersebut memiliki peluang yang baik pula jika digunakan sebagai bagian-bagain furnitur yang akan mengalami beban tekan tadi.

Sifat fisik lainnya yang diamati dari bambu tali ini yaitu panjang ruas yang dimiliki umumnya sekitar 40 - 60 cm. Hal ini dinilai cukup panjang untuk aplikasi pembentukan lengkung. Pada proses pelengkungan, ukuran ruas (*internodes*) sangat diperhatikan karena pada bagian tersebut merupakan bagian yang paling memungkinkan untuk dilengkung dengan sempurna dibanding pembentukan lengkung yang dilakukan pada bagian buku (*nodes*). Bagian buku yang keras dan kaku tidak akan menghasilkan lengkungan dengan sempurna, khususnya pada lengkungan beradius kecil.

Untuk bagian konstruksi yang membutuhkan kekuatan dan berbentuk lurus seperti pada modul kaki dan modul bantalan jok, disarankan untuk menggunakan bambu Gombong atau bambu Temen. Bambu jenis tersebut selain memiliki kekuatan yang cukup besar, bagian daging bambu yang tebal, namun memiliki karakter yang sulit dibuat sudut melengkung karena sering kali patah jika dilengkung dengan radius dibawah 10 cm.

Selain jenis bambu diatas, pemilihan bambu juga didasari dari umur bambu. Semakin tua bambu tersebut kandungan air pada serat dan *parenkim* sangat rendah, bahkan mendekati nol, sedangkan bambu muda memiliki kadar air yang tinggi sehingga pada saat pengeringan akan terjadi pengkerutan yang cukup signifikan. Pengkerutan ekstrim akan mempengaruhi kekuatan bidang rekat yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kekuatan konstruksi lapisan.

Dari pengamatan spesimen hasil pelapisan ditemukan pembusukan atau timbulnya rongga baru diantara dua permukaan bilah hasil penyambungan. Masalah ini dapat menimbulkan konsentrasi tegangan antar permukaan bilah. Hal ini disebabkan karena; (1) permukaan bidang bilah tempat pengeleman yang tidak rata sehingga ada celah antar dua permukaan yang membentuk rongga. (2) Ketidakrataan (celah-celah antar serat) ini akan menyebabkan penumpukan lem yang berakibat

pengeringan yang tidak merata yang dapat menimbulkan pembusukkan. Ini bisa diatasi dengan cara permukaan pengeleman harus diserut atau diamplas hingga rata, sehingga tidak ada celah antar serat sisa pemotongan. (3) Kondisi bilah-bilah pada saat pengeleman masih basah atau lembab, sehingga pada saat pengeringan terjadi pembusukkan.

Metoda pengeringan dan pelengkungan menggunakan metoda teknik pemanasan. Metoda ini dapat mereduksi tegangan elastik yang ditimbulkan oleh lapisan-lapisan bambu yang di tekuk. Akibat pemanasan ini modul bambu laminasi yang dihasilkan menjadi lebih mudah untuk dicetak dan tegangan elastik yang berkurang diharapkan berpengaruh pula pada peningkatan kualitas daya rekat setiap lapisan bambu tersebut.

Penentuan hasil pelapisan yang baik tergantung kepada hasil pengujian pembebanan terhadap kekuatan lapisan tersebut. Dan kekuatan lapisan tergantung kepada metoda pelapisan yang dilakukan pada bambu laminasi tersebut. Hasil dan pembahasan dari metoda pelapisan yang di kaitkan dengan hasil pengujian tersebut antara lain; (1) Gaya yang dapat ditahan oleh lapisan pada modul-modul benda uji bambu berkisar antara 43kg hingga 170 kg, besarnya dan kecilnya angka ini sangat bergantung pada kondisi bambu pada saat pelapisan, kualitas permukaan pelapisan dan kualitas pengeleman yang dilakukan. Bambu yang kering dengan permukaan pelapisan yang rata dan kandungan air perekat yang tepat akan meningkatkan kekuatan lapisan. (2) Pada modul batang yang ditekan melintang serat, berlaku prinsip momen inersia dimana bentuk penampang dengan posisi berdiri akan mampu menahan beban lebih besar daripada penampang batang dengan posisi merebah. Kasus ini kalau di kaitkan dengan kontruksi furnitur, maka pada titik titik kritis pada furnitur sebaiknya posisi bambu laminasi di buat berdiri, seperti kontruksi pada kaki-kaki.

Dari hasil pengujian modul sambungan, untuk pengikat mur-baut dapat menahan beban yang tinggi di bandingkan dengan sambungan dowel dengan pin yang di buat dari bambu. Karena besarnya pengencangan sambungan dapat di atur namun dengan pin bambu, hanya bersifat sebagai pasak. Dari gambar 9 dapat di lihat, hasil pengujian untuk sambungan baut, kegagalan malah terjadi bukan pada baut tapi lapisan disamping baut.

Gambar 9. Proses pengujian tekan pada beragam model sambungan *dengan pengikat baut (dokumentasi pribadi)*

Hasil furnitur yang telah di buat dari bambu laminasi ini berupa kursi percontohan seperti yang dapat di lihat pada gambar 10.

Gambar 10. Hasil Furnitur dari bambu laminasi

4. Kesimpulan

1. Karakteristik mekanis material bambu laminasi ini dinilai mampu menahan beban/ gaya statis yang ideal untuk diaplikasikan pada produk-produk furnitur.
2. Bambu yang layak digunakan pada modul bambu laminasi yang berbentuk lengkungan maupun lurus sebaiknya menggunakan bambu Apus atau Tali, namun untuk menghemat penggunaaan bahan maka bambu Temen dan bambu Gobong dapat pula digunakan untuk modul yang berbentuk lurus karena kedua bambu tersebut memiliki ketebalan yang cukup ideal.
3. Kondisi bambu saat perekatan harus kering dan permukaan bambu harus rata untuk mendapatkan lapisan yang kuat.
4. Ketika mengaplikasikan modul bambu yang akan dijadikan komponen furnitur, maka harus diperhatikan bentuk penampangnya agar dapat memanfaatkan prinsip momen inersia untuk mendapatkan kuat tekan terbaik dari bahan tersebut.
5. Penggunaan bahan perekat *Urea Formaldehide* baru sesuai jika diaplikasikan pada produk furnitur dalam ruangan (interior), dan untuk penggunaan pada produk furnitur eksterior harus menggunakan perekat lain yang spesifikasinya tahan terhadap cuaca dan air hujan.
6. Proses membuatan modul bambu sebaiknya melalui tahap pemanasan dengan menggunakan *heat gun* karena dinilai lebih efektif pada proses pembentukan/ pencetakan, dan akan akibat berkurangnya daya lenting bambu akibat pemanasan tersebut membuat kerja perekat menjadi lebih ringan.
7. Modul yang memiliki bentuk lengkungan sebaiknya dilengkapi dengan komponen pengikat *dowel* yang mampu meningkatkan daya rekat antar bilah bambu tersebut disamping dapat menjadi bagian dari elemen visual struktur bambu laminasi tersebut.
8. Sedapat mungkin modul bambu laminasi yang dibentuk untuk menjadi komponen furnitur tidak memiliki bagian-bagian yang dipotong melintang (khususnya untuk membentukan sambungan *halved joint*), karena pemotongan serat tersebut dapat mereduksi kekuatan tekannya.
9. Pada setiap ujung dari modul-modul bambu yang telah dibentuk memiliki resiko retak jika mengalami benturan. Untuk itu sebaiknya ujung-ujung bambu laminasi tersebut harus diperkuat oleh komponen pengikat seperti tali rotan untuk mereduksi kelemahan tersebut.
10. Dari bekas spesimen hasil pengujian, kerusakan sering kali terjadi pada lapisan permukaan bambu yang tidak rata, khususnya pada bagian yang mengandung bagian buku bambu. Selain itu kerusakan ditemukan pula pada bagian modul yang kehitaman akibat pengaruh jamur/kelembaban.

Saran

1. Untuk bentuk lengkungan yang akan menerima beban, maka bentuk yang bersudut < 90^o memiliki kuat tekan yang lebih baik meskipun bentuk lengkungan tersebut memiliki kuat rekat yang lebih rendah akibat pengaruh daya lenting yang lebih kuat dari bilah-bilah bambu yang menyusunnya. Oleh karena itu proses pemanasan bilah sebelum perekatan/ pencetakan sangatlah direkomendasikan untuk dilakukan.
2. Perlu dirancang beberapa alat cetak yang memungkinkan untuk menghasilkan beragam desain untuk meningkatkan efisiensi produksi.
3. Proses pengeringan yang masih menggunakan energi matahasi dinilai belum cukup efektif, untuk itu diperlukan penelitian lanjutan yang tujuannya membuat sebuah alat pengering material bambu laminasi.

DAFTAR PUSTAKA

Sumarna, Anang, 1987, *Bamboo*, Angkasa, Bandung

KM, Wong, 2004, *Bamboo The Amazing Grass*, University of Malaya, Kuala Lumpur.

Ariefa PY., Keanekaragaman dan populasi Bambu di Desa Talang Pauh., 2012., *Jurnal Exacta Vol.X no 1. ISSN 412-3617*

Bernedictus SY, 2012, Pondasi Pracetak bambu Komposit, *Jurnal Rekayasa Sipil/volume 6, No.1. ISSN 1978-5658*

Berger, Michael., Churchill, Jennifer, 2000, *25 Essential Projects for your Workshop*, Popular Woodworking Books,.

Ratih RK, 2012. Upaya Peningkatan Kualitas bambu dengan stabiltas dimensi. *Jurnal Wanatratropika*, edisi 3. 2012.

Rosenau.Jr, Milton, 2001, *Successful Product Development*, John Wiley & Sons, New York

Sri Handayani, 2007. Pengujian Sifat Mekanik Bambu (metoda pengawetan dengan Boraks)., *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan. Volume 9, No,1.*

Willy, Deny,. 2005, *Furnitur Tradisional (Bambu & Rotan)*, Penerbit ITB

Sukawi, 2010., Bambu sebagai alternatif Bahan bagunan dan kontruksi di daerah rawan gempa ., *Jurnal Teras*. volume X no 1.

Sutjipto AH., 2007. Pengaruh Ekstrak tembakau terhadap serangan rayap kayu kering pada bambu apus. *Jurnal Ilmu Kehutanan Volume I, No. 2* .

Yan, Xiao,. Inoue, Masafumi,. Paudel, Shyam J.,2008,:Modern Bamboo Structures, *Proceedings Of First International Conference On Modern Bamboo Structures.* CRC Pess, Leiden.

itenas library