

## KARAKTERISTIK *CROSS LAMINATED BAMBOO* SEBAGAI BAHAN KOMPOSIT STRUKTURAL *CHARACTERISTIC OF CROSS LAMINATED BAMBOO AS STRUCTURAL COMPOSITE MATERIAL*

Ana Agustina<sup>1)</sup>, Naresworo Nugroho<sup>2)</sup>, Effendi Tri Bahtiar<sup>2)</sup>, Dede Hermawan<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup>Program studi Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan, Sekolah Pascasarjana, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor 16680

<sup>2)</sup>Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor 16680  
Kampus IPB Darmaga PO. BOX 168 Bogor 16001  
Email: dedemjmr@yahoo.co.id

Makalah: Diterima 25 Juni 2014; Diperbaiki 31 Oktober 2014; Disetujui 7 November 2014

### ABSTRACT

The research produced Cross laminated bamboo (CLB) to examine the effect of layer thickness and orientation angle of CLB layer on physical and mechanical properties of CLB products. In this study, the preparation of the angular variation between CLB layer with an angle between the core and face/back of 0°, 45° and 90° were investigated. The type of bamboo used was betung bamboo splits were cut into size of 115 cm x 2 cm with thickness of 0.80 cm, 1.00 cm and 1.33 cm respectively. The CLB products were made with a thickness of 4 cm by using isocyanate adhesive (glue spread 280 g/m<sup>2</sup>). Testing was conducted on the test density, moisture content, swelling and shrinkage volume, delamination, bonding strength, compressive strength parallel to grain, MOE and MOR with reference to ASTM D 143 (2005), and JAS 1152 (2007). Based on the test results, the value of delamination, MOE, MOR, and bonding strength were still under the standard requirements of JAS 1152 (2007). When compared with CLT (Cross Laminated Timber) products of solid wood which had a value of compressive strength parallel to the fiber of 245 kg/cm<sup>2</sup>, compressive strength parallel to grain value of CLB could reach 434 kg/cm<sup>2</sup>.

Keywords: cross laminated bamboo, bamboo betung, isocyanate adhesive, physical mechanical properties

### ABSTRAK

Cross laminated bamboo (CLB) merupakan produk yang dihasilkan pada penelitian ini. Tujuan penelitian adalah untuk menguji pengaruh ketebalan bilah dan orientasi sudut lapisan terhadap sifat fisis dan mekanis produk CLB. Pada penelitian ini dilakukan variasi sudut penyusunan antar lapisan CLB dengan membentuk sudut 0°, 45° dan 90° antara *core* dengan *face/back*. Jenis bambu yang digunakan adalah bambu betung yang dipotong menjadi ukuran bilah 115 cm x 2 cm dengan ketebalan bilah 0,80 cm, 1,00 cm dan 1,33 cm. Tebal CLB yang dibuat sebesar 4 cm menggunakan perekat isosianat pada berat labur 280 g/m<sup>2</sup>. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kerapatan, kadar air, kembang susut, delaminasi, keteguhan rekat, tekan sejajar serat, MOE dan MOR yang mengacu pada standar pengujian ASTM D 143 (2005) dan JAS 1152 (2007). Berdasarkan hasil pengujian, nilai delaminasi, kekakuan lentur, keteguhan patah dan keteguhan rekat belum memenuhi persyaratan standar JAS 1152 (2007). Apabila dibandingkan dengan produk CLT (*Cross Laminated Timber*) dari kayu solid yang memiliki nilai kekuatan tekan sejajar serat 245 kg/cm<sup>2</sup> maka nilai kekuatan tekan sejajar serat CLB jauh lebih tinggi hasilnya yaitu dapat mencapai 434 kg/cm<sup>2</sup>.

Kata kunci: *cross laminated bamboo*, bambu betung, perekat isosianat, sifat fisis mekanis

### PENDAHULUAN

Teknologi pemanfaatan hasil hutan kayu semakin berkembang, salah satunya adalah produk biokomposit. Adanya keterbatasan terhadap jumlah kayu bulat menjadi alasan yang membuat produk biokomposit semakin sering digunakan. Berdasarkan data FAO (2012) produksi produk biokomposit terus meningkat, hingga saat ini jumlah produksi sekitar 6,6 juta m<sup>3</sup>/tahun. Produk biokomposit yang terus dikembangkan saat ini di antaranya papan partikel, papan serat, *plywood*, OSB (*Oriented Strand Board*) hingga CLT (*cross laminated board*) yang digunakan sebagai bahan struktural.

Seiring adanya penurunan kualitas kayu bulat untuk tujuan konstruksi, membuat produk laminasi bersilang menjadi substitusi bagi kekurangan kayu bulat tersebut. CLT merupakan perkembangan dari produk kayu lapis, dimana CLT disusun dari papan tipis dan direkatkan secara bersama-sama yang dimanfaatkan sebagai komponen struktural (FP Innovations, 2013). Produk CLT telah banyak digunakan di dunia sebagai elemen dinding, lantai dan atap. Di Indonesia telah dilakukan penelitian mengenai CLT dengan menggunakan jenis kayu cepat tumbuh (Riana, 2012; Supartini, 2012). Salah satu hal yang menarik untuk diteliti adalah bagaimana menggantikan kayu, mengingat keterbatasan jumlah kayu bulat, dengan bahan substitusi lainnya yang memiliki potensi

tinggi dan mudah dikembangkan, salah satunya adalah bambu.

Bambu merupakan salah satu bahan baku alternatif sebagai substitusi kayu dalam hal pengembangan produk berbasis teknologi panel komposit. Beberapa penelitian dan pemanfaatannya sebagai bahan baku panel yaitu OSB bambu (Lee *et al.*, 1996; Sumardi, 2008; Febrianto *et al.*, 2012), *oriented strand lumber* dari bambu (Malanit *et al.*, 2011), bambu lamina (Sulastiningsih *et al.*, 1996; Nugroho dan Ando, 2001; Sulastiningsih *et al.*, 1998; Sulastiningsih *et al.*, 2005; Verma dan Charier 2012), serta *plybamboo* (Anwar *et al.*, 2012) telah dilakukan. Sebagai salah satu alternatif pengembangan pemanfaatan bambu pada penelitian ini dilakukan dengan menciptakan sebuah inovasi dari panel *Cross Laminated Timber* (CLT) dengan menggunakan bambu sebagai substitusi kayu. Adapun jenis bambu yang digunakan sebagai bahan baku adalah bambu betung (*Dendrocalamus asper* (Schult. f.) Backer ex Heyne). Alasan penggunaan bambu betung sebagai bahan baku adalah kekuatan yang dimiliki oleh bambu betung lebih baik dibandingkan jenis lain (Chaowana, 2013), dan hanya bambu betung yang dapat memenuhi persyaratan tebal bilah yang dibutuhkan pada penelitian ini.

*Cross Laminated Bamboo* (CLB) merupakan produk inovasi baru yang dibuat dari bilah-bilah bambu yang direkat bersilangan. Keuntungan produk CLB dapat menjadi balok besar yang dibuat dari bilah-bilah bambu yang berdiameter kecil. Produk CLB diharapkan memiliki stabilitas dimensi yang lebih baik karena rasio kembang susut pada dua arah (panjang dan lebar) dapat mendekati satu. Lapisan yang saling bersilangan memungkinkan mendistribusikan beban ke semua sisi dengan lebih merata sehingga dapat dipergunakan untuk produk konstruksi seperti lantai maupun dinding. Untuk mendapatkan nilai kekuatan yang optimal, produk CLB dapat dimodifikasi dengan melakukan kombinasi ketebalan dan orientasi sudut bilah bambu di tiap lapisan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh ketebalan bilah dan orientasi sudut lapisan CLB terhadap sifat fisis dan mekanis produk CLB.

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah bambu betung berumur 3-4 tahun yang diperoleh dari daerah Cibeureum Dramaga Bogor, Jawa Barat. Perekat yang digunakan adalah jenis *Water Based Polymer Isocyanate* (WBPI) dari PT. Polychemi Asia Pasifik, terdiri dari *base resin* dan *hardener* yang dicampur pada proses perekatan pada perbandingan 100:15 dan berat labur 280 g/m<sup>2</sup> (Riana, 2012). *Resin content* dari *base isosianat* adalah 50% dan *hardener* 95%.

CLB dengan ukuran 4 cm x 30 cm x 115 cm pada dimensi tebal, lebar, dan panjang. Pembuatan panel CLB dibagi ke dalam beberapa tahapan, yaitu pembuatan bilah dan pengeringan, penyusunan bilah, perekatan, pengempaan, pengkondisian, pembuatan contoh uji dan pengujian panel CLB. Bambu yang digunakan adalah buluh bambu yang kemudian dipotong berukuran panjang 115 cm lalu dibelah menjadi bilah-bilah berukuran 2 cm, dengan tebal bilah yang digunakan adalah 0,80 cm, 1,00 cm dan 1,33 cm.

Bilah-bilah dikelompokkan menjadi dua yaitu bagian bilah *face/back* tanpa dikupas kulit luarnya, dan bilah *core* yang dikupas kulit luarnya. Bilah-bilah bambu tersebut dikeringkan dengan menggunakan *kiln dry* pada suhu 60°C selama 7 hari, kemudian dikeringanginkan hingga mencapai kadar air kering udara yaitu sekitar ± 12-15%.

Panel CLB yang dibuat berukuran panjang 115 cm, lebar 30 cm dan tebal 4 cm dengan 3 kombinasi ketebalan bilah. Tipe panel CLB A (tebal bilah 0,80 cm) terdiri dari 3 orientasi sudut yaitu 0°, 45° dan 90°. Tipe panel CLB B (tebal bilah 1.00 cm) terdiri dari 3 orientasi sudut yaitu 0°, 45° dan 90°. Begitu pula dengan Tipe panel CLB C (tebal bilah 0,80 cm) terdiri dari 3 orientasi sudut yaitu 0°, 45° dan 90°.

Proses perekatan dilakukan dengan teknik *double spread* (pelaburan pada kedua sisi permukaan bidang rekat) untuk mengoptimalkan daya rekat perekat pada kedua sisi bidang rekat. Pengempaan dilakukan dengan menggunakan mesin kempa dengan tekanan pengempaan dingin (*cold press*) 10 kg/cm<sup>2</sup> selama 3 jam.

Pembuatan contoh uji dilakukan setelah panel CLB dikondisikan pada suhu kamar selama ± 1 minggu. Pengujian dilakukan terhadap sifat fisis (kerapatan, kadar air, susut dan pengembangan volume), sifat mekanis (kekuatan lentur, keteguhan patah, tekan sejajar serat dan keteguhan rekat) berdasarkan standar ASTM D 143-94 (2008), delaminasi berdasarkan *Japanese Agricultural Standard for Glued Laminated Timber Notification* No. 1152 tahun 2007 (JAS, 2007). Ukuran contoh uji dan persamaan yang digunakan disajikan dalam Tabel 1.

## Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (faktorial RAL) (Mattjik dan Sumertajaya, 2000) dengan 2 faktor perlakuan yaitu perlakuan tebal dan orientasi sudut bilah. Faktor perlakuan tebal bilah penyusun CLB (A) mempunyai 3 taraf perlakuan yaitu bilah dengan tebal 0,80 cm, 1,00 cm dan 1,33 cm. Faktor perlakuan orientasi sudut bilah (B) mempunyai 3 taraf perlakuan yaitu 0°, 45° dan 90°. Tiap kombinasi perlakuan dengan 3 ulangan, dengan demikian jumlah satuan percobaan yang dibuat adalah 27 panel CLB.

Tabel 1. Ukuran contoh uji dan rumus perhitungan data

Pengujian sifat fisis-mekanis CLB	Ukuran dimensi (cm)	Rumus perhitungan
Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	5 x 5	$\frac{\text{berat (g)}}{\text{volume (cm}^3\text{)}}$
Kadar Air (%)	5 x 5	$\frac{\text{Dimensi awal-DKT}}{\text{DKT}} \times 100 \%$
Susut Volume (%)	5 x 5	$\frac{\text{DKT-Dimensi awal}}{\text{Dimensi awal}} \times 100 \%$
Pengembangan Volume (%)	5 x 5	$\frac{\text{DB-Dimensi awal}}{\text{Dimensi awal}} \times 100 \%$
Modulus Elastisitas (MOE) (kg/cm <sup>2</sup> )	61 x 5	$\text{MOE} = \frac{\Delta PL^3}{4\Delta ybh^3}$
Modulus of Rupture (MOR) (kg/cm <sup>2</sup> )	61 x 5	$\text{MOR} = \frac{3PL}{2bh^2}$
Keteguhan Rekat (kg/cm <sup>2</sup> )	5 x 5	$\frac{\text{beban maksimum (kgf)}}{\text{luas alas (cm}^2\text{)}}$
Tekan Sejajar Serat (kg/cm <sup>2</sup> )	5 x 5	$\frac{\text{beban maksimum (kgf)}}{\text{luas alas (cm}^2\text{)}}$
Delamination (%)	7,5 x 7,5	$\frac{\text{total panjang delaminasi}}{\text{total panjang garis rekat}} \times 100 \%$

Sumber: ASTM D143-94 (2008) & JAS (2007)

Keterangan:

- DKT : Dimensi Kering Tanur
- DB : Dimensi Basah

**Pengolahan Data**

Uji ragam dilakukan terhadap data yang diolah sesuai rancangan percobaan yang digunakan. Pengolahan data penelitian dilakukan dengan menggunakan *software Statistica 10*. Apabila hasil pengujian berbeda nyata, maka akan dilanjutkan uji wilayah berganda Duncan. Uji Duncan dimaksudkan untuk melihat perbedaan pengaruh interaksi perlakuan dan masing-masing perlakuan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

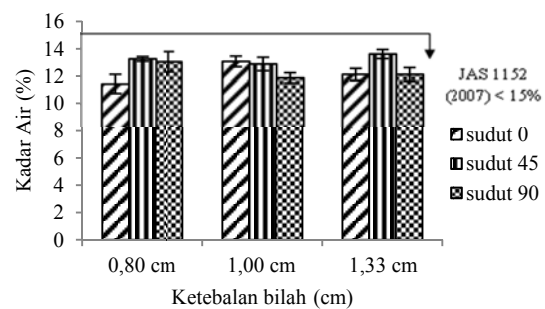
**Sifat Fisis Cross Laminated Bamboo**

Kadar air suatu produk erat kaitannya terhadap bahan baku dan jenis perekat yang digunakan. Kadar air CLB rata-rata adalah 12,97% dengan kisaran nilai 11,45-13,61%. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa kadar air cenderung berfluktuatif, dan setelah dilakukan uji statistik terdapat hubungan yang signifikan antara faktor tebal bilah dan sudut *core* penyusun CLB.

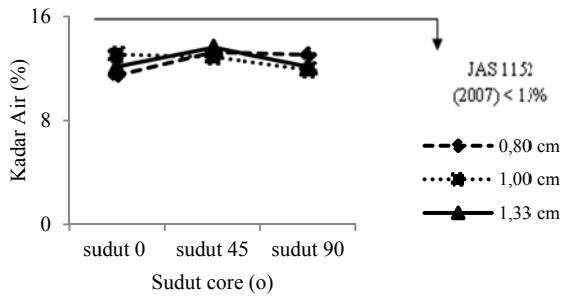
Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh JAS 1152 (2007) kadar air produk maksimum senilai 15%, dalam hal ini seluruh produk CLB yang dihasilkan memiliki kadar air dibawah 15% (Gambar 1 dan 2). Umumnya semakin tinggi kadar air maka akan menurunkan kekuatan dari kayu, apabila kadar air berada di bawah titik jenuh serat maka akan terjadi peningkatan kekuatan kayu. Adanya peningkatan kekuatan ini dipengaruhi oleh struktur dinding sel kayu yang semakin kompak (Tsoumis 1991). Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh

JAS 1152 (2007) kadar air produk maksimum senilai 15%, dalam hal ini seluruh produk CLB yang dihasilkan memiliki kadar air dibawah 15%.

Selanjutnya menurut Bowyer *et al.* (2003) yang mempengaruhi banyaknya air terikat di dalam dinding sel adalah proses pengeringan bahan dan lingkungan tempat penyimpanan akhir produk. Proses pengeringan bambu yang digunakan pada penelitian ini mampu menurunkan kadar air terikat pada dinding sel sehingga kadar air akhir produk berada di bawah 15%. Dengan demikian tidak terdapat pengaruh kadar air terhadap pengujian sifat mekanis CLB.

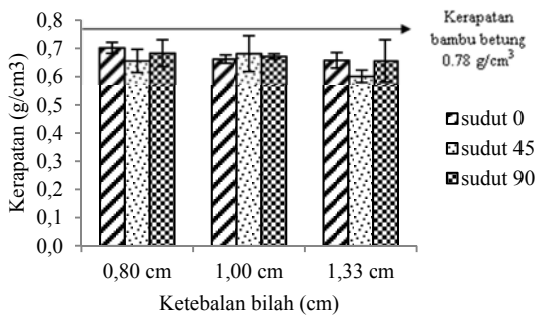


Gambar 1. Perubahan kadar air *cross laminated bamboo* terhadap perlakuan ketebalan bilah dan sudut *core*



Gambar 2. Interaksi kadar air *cross laminated bamboo* terhadap ketebalan bilah dan sudut *core*

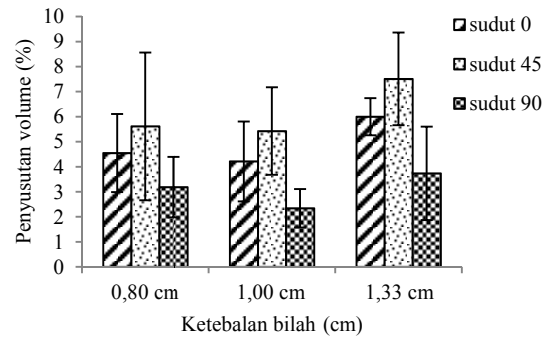
Kerapatan CLB yang dihasilkan memiliki nilai rata-rata  $0,66 \text{ g/cm}^3$  (Gambar 3), dimana tidak terdapat pengaruh yang nyata pada kedua faktor perlakuan tebal bilah dan sudut *core*. Adapun nilai kerapatan bambu betung ini adalah  $0,78 \text{ g/cm}^3$ . Nilai kerapatan bahan baku bambu betung lebih tinggi dibandingkan produk CLB yang dihasilkan, hal ini berkaitan dengan terdapatnya beberapa celah pada produk yang dihasilkan sebagai akibat dari proses pengerjaannya yang bersifat manual. Hasil uji *t-test* antara kerapatan bahan baku bambu dan kerapatan CLB tidak terdapat perbedaan yang signifikan sehingga tidak terdapat perbedaan sifat dari segi kerapatan antara produk dan bambu betung.



Gambar 3. Perubahan kerapatan *cross laminated bamboo* terhadap perlakuan ketebalan bilah dan sudut *core*

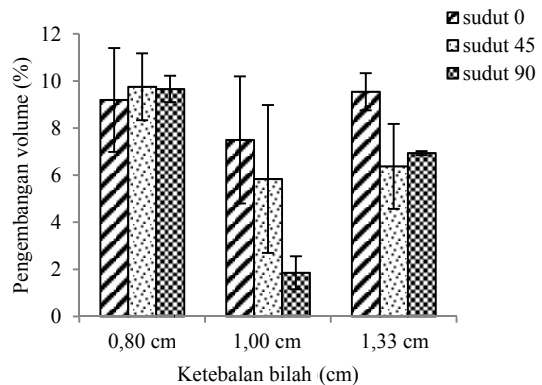
Pada pengujian susut volume, orientasi sudut memberikan pengaruh terhadap penyusutan CLB, dimana orientasi sudut  $90^\circ$  memberikan hasil yang lebih bagus dibandingkan sudut  $0^\circ$  dan  $45^\circ$  yakni  $3,09\%$  (Gambar 4). Hal ini diduga adanya pengaruh dari arah serat yang saling tegak lurus antar lapisan CLB. Berdasarkan hasil uji statistika, menunjukkan adanya pengaruh yang nyata pada sudut *core* CLB. Susut volume pada sudut *core*  $45^\circ$  lebih besar dibandingkan sudut  $0^\circ$  dan  $90^\circ$ . Penelitian yang menunjukkan hasil serupa ditunjukkan dalam penelitian Riana (2012) yang membuat CLT dari kayu jabon. Meskipun sudut *core* yang dibentuk memiliki pengaruh terhadap

penyusutan, tebal bilah yang digunakan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dari hasil pengujian ini.



Gambar 4. Perubahan penyusutan volume *cross laminated bamboo* terhadap perlakuan ketebalan bilah dan sudut *core*

Pengembangan volume pada CLB berkisar pada nilai  $1,86\%$ - $9,76\%$  (Gambar 5). Kecenderungan yang terjadi pada pengembangan volume adalah pengembangan yang lebih besar diperoleh pada CLB tebal bilah  $0,80 \text{ cm}$ . Hal ini berkaitan dengan berat jenis dari pangkal hingga ujung bambu yang berbeda. Menurut Ulfah (2006), bagian ujung bilah bambu memiliki berat jenis yang lebih besar sehingga akan mempengaruhi kestabilan dimensi dari bambu tersebut. Hal ini disebabkan oleh berat jenis yang tinggi akan memiliki massa kayu yang lebih tinggi sehingga akan lebih banyak air yang terserap ke dalam bambu tersebut.



Gambar 5. Perubahan pengembangan volume *cross laminated bamboo* terhadap perlakuan ketebalan bilah dan sudut *core*

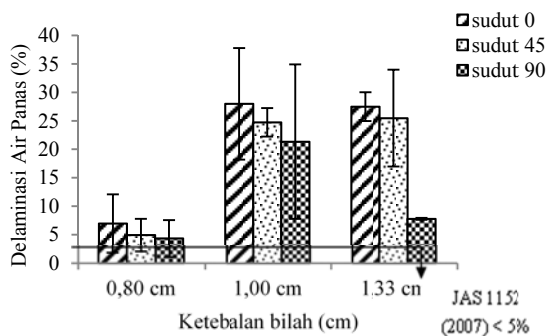
Apabila diperhatikan dari perlakuan sudut *core*, maka pengembangan volume CLB mengalami penurunan nilai seiring dengan semakin besarnya sudut *core* yang digunakan, kecuali pada CLB dengan tebal bilah  $0,80 \text{ cm}$  yang cenderung stabil antar perlakuan sudut *core* yang diberikan. Berdasarkan hasil uji statistika, faktor perlakuan tebal bilah mempengaruhi nilai pengembangan volume CLB, dimana CLB dengan tebal bilah  $1,00$

cm memiliki kestabilan dimensi yang lebih baik dibandingkan tebal bilah 0,80 cm dan 1,33 cm. Pada faktor sudut *core*, berdasarkan hasil uji statistik diperoleh perbedaan yang signifikan antar sudut, dimana sudut 90° memberikan kestabilan dimensi yang lebih baik dibandingkan sudut 0° dan 45°. Seperti halnya pada *plywood*, CLB dengan sudut *core* 90° memiliki nilai kembang-susut yang lebih stabil karena adanya arah serat yang saling tegak lurus dan dapat menahan terjadinya proses kembang-susut yang besar.

**Delaminasi Cross Laminated Bamboo**

Delaminasi yang diuji pada CLB memperoleh hasil yang cukup beragam, pada pengujian delaminasi rendaman air panas CLB dengan tebal bilah 1,33 cm memberikan persentase delaminasi terkecil dibandingkan dengan ketebalan bilah 0,80 cm dan 1,00 cm. Pengujian delaminasi rendaman air panas berkisar 4,33-28%. Seperti halnya pada pengembangan volume, perlakuan sudut *core* memberikan hasil yang semakin kecil nilai delaminasinya seiring dengan perubahan besarnya sudut *core* yang digunakan, sedangkan pada perlakuan tebal bilah memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan tebal bilah lainnya (0,80). Perubahan delaminasi rendaman air CRB disajikan pada Gambar 6. Setelah dilakukan uji statistik, diperoleh tebal bilah memiliki hasil yang signifikan yaitu antara tebal bilah 0,80 cm terhadap tebal bilah 1,00 cm dan 1,33 cm.

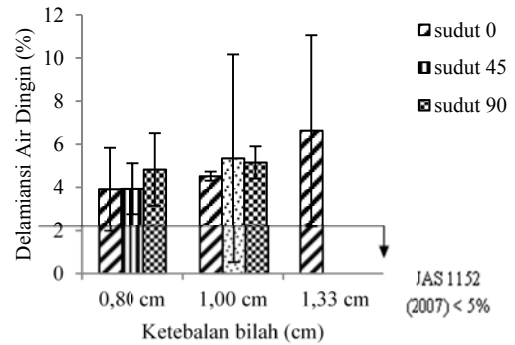
Berdasarkan hasil pengujian dengan rendaman air panas, CLB dengan perekat isosianat belum mampu memenuhi standar dan tidak mampu bertahan pada kondisi yang ekstrim. Berdasarkan beberapa penelitian menunjukkan bahwa perekat isosianat tidak dapat bertahan pada kondisi ekstrim dan belum memenuhi standar JAS 1152 (2007) (Riana, 2012; Herawati, 2007).



Gambar 6. Perubahan delaminasi rendaman air panas *cross laminated bamboo* terhadap perlakuan ketebalan bilah dan sudut *core*

Pengujian delaminasi rendaman air dingin memiliki kisaran nilai antara 0-4,82%, berdasarkan data yang diperoleh dan uji statistika tidak terdapat perbedaan yang nyata baik oleh faktor ketebalan

bilah maupun sudut *core* yang digunakan. Berdasarkan standar JAS 1152 (2007) delaminasi rendaman air panas dan air dingin memiliki persentase maksimum 5% sehingga papan CLB yang memenuhi persyaratan tersebut hanya pada pengujian delaminasi rendaman air dingin (Gambar 6 dan 7).



Gambar 7. Perubahan delaminasi rendaman air dingin *cross laminated bamboo* terhadap perlakuan ketebalan bilah dan sudut *core*

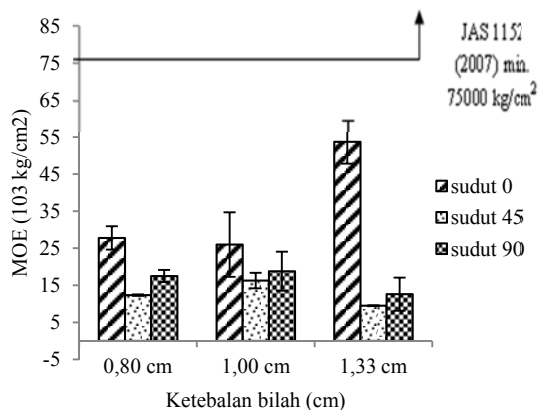
**Sifat Mekanis Cross Laminated Bamboo**

Sifat mekanis merupakan karakteristik penting bagi suatu produk yang memiliki tujuan penggunaan struktural. Adapun sifat mekanis yang dikaji pada penelitian ini meliputi modulus elastisitas (MOE), *Modulus of Rupture* (MOR), tekan sejajar serat dan keteguhan rekat. Pengujian modulus elastisitas (MOE) dilakukan untuk melihat sejauh mana kemampuan produk untuk mempertahankan bentuk awalnya sebagai akibat dari menahan beban yang cenderung dapat merubah bentuk dan ukurannya. Modulus elastisitas pada CLB memiliki kisaran nilai antara 8363-53760 kg/cm<sup>2</sup> dimana terdapat pengaruh antara ketebalan bilah dan sudut *core* terhadap nilai MOE yang diperoleh (Gambar 8).

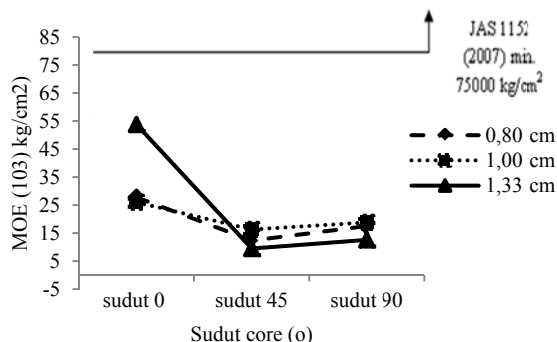
Nilai MOE menunjukkan keelastisan suatu bahan, semakin tinggi nilai MOE maka akan semakin kaku bahan tersebut. Pada CLB yang menggunakan tebal bilah 0,80 cm ternyata memberikan nilai MOE yang lebih tinggi apabila dibandingkan tebal bilah 1,00 cm dan 1,33 cm. Pada perlakuan sudut, sudut *core* 0° memberikan nilai MOE yang lebih tinggi dibandingkan sudut *core* lainnya.

Berdasarkan hasil uji statistika diperoleh adanya interaksi yang nyata antara tebal bilah dan sudut *core* (Gambar 9). Hubungan interaksi antara tebal bilah dan sudut *core* memiliki kecenderungan semakin tebal bilah yang digunakan semakin besar nilai MOE dan semakin besar sudut *core* yang digunakan semakin kecil nilai MOE CLB. CLB memiliki hasil terbaik pada papan dengan tebal bilah 1,33 cm sudut *core* 0°, papan CLB berikutnya yang

memiliki nilai MOE yang tinggi adalah CLB dengan tebal bilah 1,00 cm sudut *core* 0° dan 0,80 cm sudut *core* 0°. Hal ini erat kaitannya dengan arah serat yang saling sejajar pada antar lapisan papan CLB. Akan tetapi, secara keseluruhan CLB tidak ada yang memenuhi persyaratan JAS 1152 (2007) dengan nilai minimum 75000 kg/cm<sup>2</sup>.



Gambar 8. Perubahan kekakuan lentur *cross laminated bamboo* terhadap perlakuan ketebalan bilah dan sudut *core*

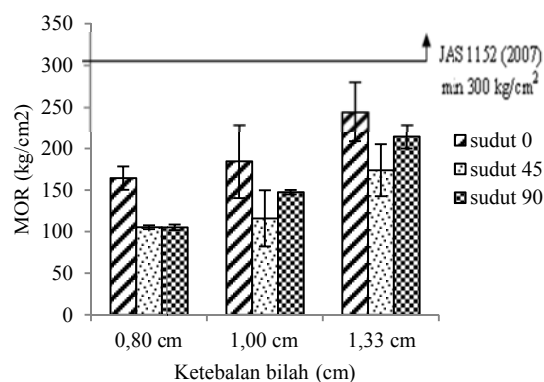


Gambar 9. Interaksi kekakuan lentur *cross laminated bamboo* terhadap ketebalan bilah dan sudut *core*

Menurut Nugroho (2000) dan Bowyer *et al.* (2003) pemberian beban yang dilakukan pada suatu panel akan semakin menurunkan nilai MOE seiring dengan meningkatnya arah miring serat atau sudut yang terjadi. Dalam hal ini terjadinya penurunan nilai MOE seiring dengan perubahan arah sudut *core* dari 0° menjadi 90°.

*Modulus of Rupture* (MOR) merupakan batas maksimum suatu bahan menahan beban hingga bahan tersebut mengalami perubahan bentuk/kerusakan. MOR CLB memiliki kisaran nilai 105,14-244,36 kg/cm<sup>2</sup> (Gambar 10), MOR CLB mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan tebalnya bilah yang digunakan. Pada ketiga sudut *core* yang digunakan, sudut 0° memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan sudut *core* lainnya. Berdasarkan hasil uji statistika terdapat perbedaan

yang nyata pada masing-masing faktor tanpa menunjukkan hubungan interaksi yang signifikan. Pada faktor tebal bilah, terhadap nilai MOR CLB menunjukkan CLB dengan tebal bilah penyusun 1,33 cm berbeda nyata terhadap 0,80 cm dan 1,00 cm. CLB dengan tebal bilah penyusun 1,33 cm memberikan nilai MOR yang lebih baik dibandingkan dengan tebal bilah penyusun lainnya (Gambar 10). Selanjutnya untuk faktor pengaruh sudut *core*, berdasarkan hasil pengujian menunjukkan perbedaan yang signifikan yaitu sudut *core* 0° memiliki nilai yang lebih tinggi kemudian dilanjutkan oleh sudut 90° dan yang memiliki nilai MOR terkecil adalah sudut 45°. Seperti halnya MOE, nilai pada MOR pun tidak memenuhi standar minimum JAS 1152 (2007) yang mensyaratkan 300 kg/cm<sup>2</sup>.



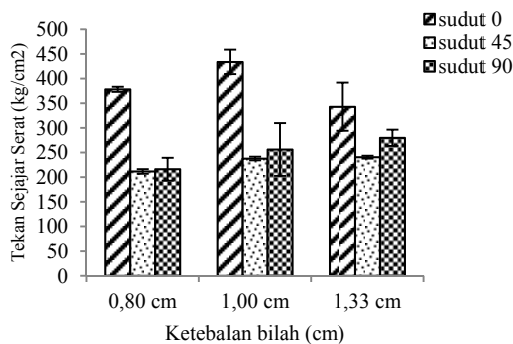
Gambar 10. Perubahan keteguhan patah *cross laminated bamboo* terhadap perlakuan ketebalan bilah dan sudut *core*

Semakin tebal bilah yang digunakan, maka semakin meningkat nilai MOR pada CLB, hal ini berhubungan dengan semakin berkurangnya jumlah garis rekat. Jumlah garis rekat mempengaruhi nilai MOR CLB, semakin banyak jumlah garis rekat CLB maka akan semakin besar terjadinya pergeseran antar lapisan penyusun CLB ketika contoh uji mengalami beban.

Pengujian tekan sejajar serat dilakukan untuk memperoleh nilai kekuatan tekan maksimum, dan berdasarkan hasil pengujian nilai tekan sejajar serat CLB memiliki kisaran 168-434 kg/cm<sup>2</sup>, pada faktor ketebalan bilah yang memberikan nilai terbaik adalah tebal bilah 1,00 cm dan 0,80 cm, dan pada faktor sudut *core* yang memberikan nilai tekan sejajar serat terbaik adalah sudut 0°. Pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tekan sejajar serat semakin berkurang seiring dengan perubahan sudut *core* CLB.

Hasil analisis ragam menunjukkan hanya faktor sudut yang memberikan pengaruh signifikan, dan setelah dilakukan uji lanjut Duncan CLB dengan orientasi sudut 0° berbeda nyata dengan sudut 45°

dan 90°. Hal ini menjelaskan bahwa sudut 0° memiliki nilai kekuatan tekan sejajar serat yang lebih baik karena seluruh serat antar lapisan yang saling sejajar sehingga lebih mampu menahan beban yang diberikan apabila dibandingkan dengan CLB yang saling tegak lurus di setiap lapisannya. Nilai tekan sejajar serat CLB apabila dibandingkan dengan jenis produk CLT kayu manis, akasia dan jabon memiliki nilai lebih tinggi, dimana dalam penelitian Riana (2012) menjelaskan bahwa kekuatan tekan sejajar serat CLT kayu jabon berada di bawah 245,13 kg/cm<sup>2</sup>, dan dalam penelitian Supartini (2012) nilai kekuatan tekan sejajar serat CLT kayu manis, akasia dan jabon berada dibawah nilai 238,56 kg/cm<sup>2</sup>.

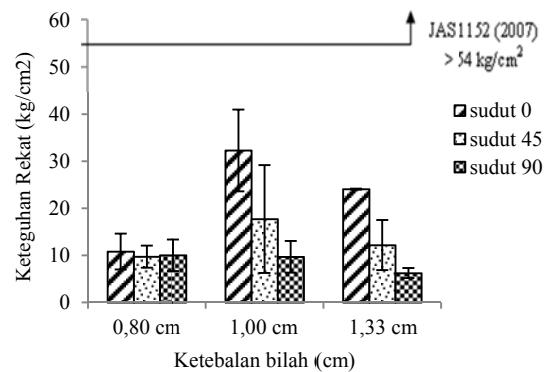


Gambar 11. Perubahan kekuatan tekan sejajar serat *cross laminated bamboo* terhadap perlakuan ketebalan bilah dan sudut *core*

Pengujian keteguhan rekat merupakan salah satu pengujian sifat mekanis CLB dalam hal pengaruh perekat terhadap sambungan atau lapisan pada produk. Keteguhan rekat pada standar JAS 1152 (2007) mensyaratkan nilai minimum adalah 54 kg/cm<sup>2</sup>, hasil pengujian nilai keteguhan rekat CLB berkisar 6,23-32,29 kg/cm<sup>2</sup> sehingga masih berada di bawah standar yang ditetapkan (Gambar 12). Hal ini dapat menjelaskan nilai MOE dan MOR yang tidak memenuhi persyaratan standar JAS 1152 (2007), yang ditunjukkan oleh pengujian keteguhan rekat memiliki nilai yang rendah. Kecenderungan yang diperoleh dari penelitian ini adalah semakin besarnya sudut *core* CLB nilai keteguhan rekat semakin menurun.

Hasil analisis ragam untuk keteguhan rekat tidak menunjukkan adanya interaksi antara sudut *core* dan tebal bilah yang digunakan. Tebal bilah memberikan pengaruh nyata terhadap nilai keteguhan rekat, sehingga dilakukan uji lanjut Duncan. Hasil uji lanjut Duncan memberikan hasil bahwa terdapat perbedaan antara CLB dengan tebal bilah 0,80 cm dan 1,00 cm, sedangkan CLB dengan tebal bilah 1,33 cm tidak menunjukkan perbedaan terhadap jumlah lapisan lainnya. Selanjutnya pada pengaruh sudut *core* CLB memberikan nilai yang berbeda signifikan, dan berdasarkan hasil uji Duncan

menunjukkan bahwa sudut 0° berbeda nyata terhadap sudut 45° dan 90°, sementara antara sudut 45° dan 90° tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Sudut 0° memberikan hasil keteguhan rekat yang lebih baik dibandingkan dengan sudut 45° dan 90°. Hal ini sejalan dengan penelitian Riana (2012) dan Rilatupa *et al.* (2004), hal ini mungkin erat kaitannya terhadap arah serat yang sejajar ataupun saling tegak lurus dengan memberikan pengaruh terhadap perekatannya dimana orientasi sudut *core* 0° memiliki tahanan yang lebih baik dalam hal pengujian keteguhan rekat.



Gambar 12. Perubahan keteguhan rekat *cross laminated bamboo* terhadap perlakuan ketebalan bilah dan sudut *core*

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Sifat fisis dan mekanis *cross laminated bamboo* yang hanya dipengaruhi oleh perlakuan tebal bilah adalah keteguhan patah dan keteguhan rekat, sedangkan faktor orientasi sudut *core* memberikan pengaruh terhadap penyusutan volume, keteguhan patah, tekan sejajar serat dan keteguhan rekat, hasil interaksi dari kedua faktor yang digunakan berpengaruh terhadap kadar air, pengembangan volume dan kekuatan lentur. Sifat-sifat yang dimiliki CLB terutama delaminasi, kekuatan lentur, keteguhan patah dan keteguhan rekat belum memenuhi syarat standar JAS 1152 (2007), akan tetapi untuk tekan sejajar serat dari CLB apabila dibandingkan dengan CLT dari kayu solid dengan nilai 245 kg/cm<sup>2</sup> memiliki nilai pengujian yang lebih tinggi yaitu 434 kg/cm<sup>2</sup>. Adapun perlakuan terbaik diperoleh pada CLB dengan arah sudut 90°. CLB yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki sifat fisis mekanis yang dirasa perlu dilakukan peningkatan mutu baik terhadap bambu sebagai bahan baku maupun proses pengerjaannya.

### Saran

Penelitian lebih lanjut disarankan melakukan pengujian kekakuan dan kekuatan bidang

panel, agar diketahui ketahanan produk dengan tujuan penggunaan sebagai dinding atau lantai. Selain itu, dapat juga dengan melakukan pengupasan kulit luar bambu pada bagian *face/back* untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat fisis mekanis CLB.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anwar UMK, Paridah MT, Hamdan H, Zaidon A, Hanim AR, Nordahlia AS. 2012. Adhesion and bonding properties of low molecular weight phenol formaldehyde-treated plybambu. *J Trop Forest Sci.* 24 (3): 379-386.
- Bowyer JL, Shmulssky R, dan Haygreen JG. 2003. *Forest Products and Wood Science.* An Introduction, 4<sup>th</sup> ed. Iowa: Oowa State Press, A Blackwell Publishing Company.
- Chaowana P. 2013. Bamboo: An alternative raw material for wood and wood-based composites. *J Materials Sci Res.* 2(2): 90-102.
- Febrianto F, Sahroni, Hidayat W, Bakar ES, Kwon GJ, Kwon JH, Hong SI, Kim NH. 2012. Properties of oriented strand board made from betung bamboo (*Dendrocalamus asper* (Schultes.f) Backerex Heyne). *Electron Wood Sci Technol J.* 46: 53-62.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of United Nations. 2012. Forestry Statistics. faostat.fao.org. [9 Juni 2014].
- FPInnovations. 2013. *Cross Laminated Timber Handbook.* Karacabeyli E, Douglas B, editor. USA: Pointe-Claire, QC. Special Edition SP-529E.
- Herawati E. 2007. Karakteristik balok laminasi dari kayu cepat tumbuh berdiameter kecil. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Lee AWC, Bai X, dan Peralta PN. 1996. Physical and mechanical properties of strand board made from moso bamboo. *For Prod J.* 46(11/12): 84-88.
- Malanit P, Barbu MC, dan Frühwald A. 2011. Physical and mechanical properties of oriented strand lumbermade from an Asian bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer). *Electron Eur J Wood Prod.* 69: 27-36, doi 10.1007.
- Mattjik AA dan Sumertajaya IM. 2000. *Perancangan Percobaan Dengan Aplikasi SAS dan Minitab Jilid I.* Bogor (ID): IPB Press.
- Nugroho N. 2000. *Development of Processing Methods for Bamboo Composite Materials and Its Structural Performance.* [Disertasi]. Tokyo: Tokyo University.
- Nugroho N dan Ando N. 2001. Development of structural composite products made from bamboo II: fundamental properties of laminated bamboo lumber. *J Wood Sci.* 47 (3): 237-242.
- Riana A. 2012. Karakteristik *cross laminated timber* kayu jabon berdasarkan ketebalan dan orientasi sudut lamina. [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rilatupa J, Surjono S, dan Nandika D. 2004. Keandalan papan lapis dari kayu damar (*Agathis loranthifolia* Salisb.) terpadatkan sebagai pelat buhul pada arsitektur konstruksi atap kayu. *J Ilmu Tek Kayu Trop.* 2 (1): 51-56.
- Sulastiningsih IM, Nurwati, dan Sutigno P. 1996. Pengaruh jumlah lapisan terhadap sifat bambu lamina. *J Penelit Hasil Hutan.* 14 (9): 366-373.
- Sulastiningsih IM, Santoso A, dan Yuwono T. 1998. Effect of position along the culm and number of preservative brushing on physical and mechanical properties of laminated bamboo. *Proceedings Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium.* Bogor, Indonesia. 2-5 November 1998.
- Sulastiningsih IM, Nurwati, dan Santoso A. 2005. Pengaruh lapisan kayu terhadap sifat bambu lamina. *J Penelit Hasil Hutan.* 23 (1): 15-22.
- Sumardi I, Kojima Y, dan Suzuki S. 2008. Effects of strand length and layer structure on some properties of strand board made from bamboo. *Electron J Wood Sci.* 54: 128-133, doi 10.1007.
- Supartini. 2012. Karakteristik *cross laminated timber* dari kayu cepat tumbuh dengan jumlah lapisan yang berbeda. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Tsoumis G. 1991. *Science and Technology of Wood: Structure, Properties, Utilazation.* New York (US: Van Nostrand Reinhold.
- Ulfah D. 2006. Analisis sifat fisika bambu apus (*Gigantochloa Apus* Kurz) berdasarkan posisi di sepanjang batang. *J Hutan Tropis Borneo.* 7(19): 144-149.
- Verma CS dan Chariar VM. 2012. Stiffness and strength analysis of four layered laminate bamboo composite at macroscopic scale. *Electron J Composite: part B,* doi 10.1016.