

OPTIMASI PEMBUATAN PAPAN KOMPOSIT BERBAHAN BAKU LIMBAH KAYU DAN BAMBU

OPTIMIZING OF COMPOSITE BOARD PRODUCTION MADE FROM WOOD WASTE AND BAMBOO

Sukma Surya Kusumah^{*}), Bambang Subiyanto^{**}), Muh. Yusram Massijaya^{***})

^{*})UPT BPP Biomaterial LIPI, Cibinong Science Centre, Indonesia

e-mail: sukma.surya@biomaterial.lipi.go.id

^{**})Pusat Inovasi LIPI, Jakarta, Indonesia

^{***})Fakultas Kehutanan IPB, Bogor, Indonesia

ABSTRACT

*The objective of this research was to develop composite board made of bamboo veneer, rubber wood veneer, and log core waste of rubber wood with determining optimum log core strip constructions and type of veneers. The bamboo veneer made from slices of Betung (*Dendrocalamus asper*), Andong (*Gigantochloa verticilata*), and Tali (*Gigantochloa apus*) bamboo species. Strip forms of log core were square and silindric forms. Arrangement of log core strip was zigzag in design. Composite boards were constructed from seven layers. Water Based Polymer Isocyanate was used as adhesive in composite board productions. The research results showed that the composite board made of Andong bamboo veneer, and square strip of log core performed best quality compared to other composite boards. The above type of composite boards fulfilled Japanese Agricultural Standard (JAS) No. 1516, 2003 for structural plywood. These composite board was suitable for structural purposes.*

Keywords: Composite board, Wood wastes, Bamboo

ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan papan komposit dari bilah bambu, vinir kayu karet, dan limbah pengupasan kayu bulat menjadi vinir berupa inti kayu bulat (log core) dengan menentukan konstruksi strip log core dan jenis pelapis yang optimum. Bilah bambu dibuat dari tiga jenis bambu, yaitu bambu Betung (*Dendrocalamus asper*), Andong (*Gigantochloa verticilata*), dan Tali (*Gigantochloa apus*). Konstruksi strip log core yang dibuat adalah bentuk kotak dan bulat. Penyusunan strip log core dalam inti papan adalah zigzag. Papan komposit yang dibuat tersusun dari tujuh lapis. Perekat yang digunakan dalam pembuatan papan komposit adalah Water Based Polymer Isocyanate. Hasil penelitian menunjukkan bahwa papan komposit yang dibuat dari bilah bambu Andong dengan strip log core berbentuk kotak memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan papan komposit lainnya. Papan komposit tersebut memiliki nilai sifat fisis dan mekanis yang memenuhi standar Jepang (Japanese Agricultural Standard (JAS) No. 1516, 2003 untuk structural plywood. Berdasarkan karakteristik papan komposit yang memenuhi standar tersebut, papan komposit ini cocok digunakan untuk penggunaan struktural.*

Kata kunci: Papan komposit, Limbah kayu, Bambu

PENDAHULUAN

Salah satu komponen pendukung dalam kegiatan ekspor-impor adalah alas peti kemas (*container flooring*) yang terbuat dari kayu lapis struktural

dengan ketebalan mencapai 28 mm–30 mm. Terkait dengan hal tersebut, penggunaan bahan baku kayu untuk produk *container flooring* semakin terbatas, sebagai akibat dari laju kerusakan hutan yang cenderung meningkat dari waktu ke waktu.

Akibatnya ketersediaan kayu jauh lebih kecil dari kebutuhan industri pengolahan kayu.

Selama ini industri kayu lapis hanya memanfaatkan limbah kayu (*log core*) sebagai bahan bakar boiler dalam proses produksi sehingga kurang memiliki nilai tambah limbah bila dibandingkan dengan pemanfaatan *log core* sebagai bahan baku papan komposit yang memiliki nilai jual tinggi. *Log core* merupakan bagian kayu remaja (*juvenile wood*) karena letaknya dekat dengan inti kayu (*pith*). Sifat fisis dan mekanis kayu remaja lebih rendah dibandingkan dengan kayu dewasa (*mature wood*) sehingga akan mengakibatkan rendahnya kualitas produk dari *log core*.¹ Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi dalam pembuatan papan komposit, salah satunya adalah penggunaan bahan pelapis dan pengaturan konstruksi strip *log core* untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanis papan. Bahan pelapis finir dari kayu berdiameter besar semakin terbatas. Oleh karena itu, bahan pelapis papan komposit mulai beralih ke kayu cepat tumbuh seperti kayu karet dan bahan berlignoselulosa lainnya seperti bambu. Bambu memiliki kelebihan dalam hal masa panen, yaitu dalam waktu 2–3 tahun sudah bisa dipanen. Jenis bambu yang sering digunakan oleh masyarakat Indonesia adalah bambu betung, bambu tali, bambu andong, dan bambu hitam.²

Jenis-jenis perekat yang populer digunakan selama ini adalah perekat berbasis formaldehida yang potensial menyebabkan kanker dan membahayakan kesehatan manusia, seperti: iritasi pada mata, kerongkongan, dan gangguan pernapasan.³ Oleh karena itu, perkembangan teknologi perekat saat ini mengarah pada penggunaan perekat berbasis non formaldehida salah satu di antaranya adalah perekat *polyurethane (water based polymer isocyanate)*.

Tujuan utama penelitian ini adalah optimasi pembuatan papan komposit dari bambu, finir, dan *log core* kayu karet dengan mengetahui pengaruh jenis pelapis (finir kayu karet, bilah bambu betung, tali, dan andong) serta konstruksi strip *log core* sebagai lapisan inti papan komposit.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di UPT BPP Biomaterial LIPI Cibinong dan Fakultas Kehutanan selama enam bulan. Secara garis besar prosedur penelitian

yang dilakukan terdiri atas persiapan dan identifikasi bahan, serta determinasi kondisi optimum papan komposit. Finir kayu karet dan strip *log core* diperoleh dari *log core* dengan diameter 4,7 cm dan panjang 130 cm sisa pengupasan finir di industri kayu lapis PT SGS. Tiga jenis bambu bambu betung (*Dendrocalamus asper*), bambu Andong (*Gigantochloa verticillata*), dan bambu tali (*Gigantochloa apus*) diperoleh dari Kebun Raya Bogor dengan umur 3–4 tahun.

Sifat fisis dan mekanis *log core* kayu karet diuji sesuai standar ASTM D 143-2000,⁴ sedangkan untuk pengujian bahan pelapis bambu dilakukan berdasarkan standar ISO⁵ 22157-1:2004(E) *Bamboo Determination of Physical and Mechanical Properties*, dan ASTM⁶ D 790-71:1978 *Standard Test Methods for Flexural Properties of Plastic and Electrical Insulating Material*. Sifat-sifat fisik bahan yang diuji adalah kadar air, berat jenis, serta uji keterbasahan. Pengujian sifat mekanis *log core* dilakukan untuk melihat nilai keteguhan patah (*Modulus of Rupture (MOR)*), keteguhan lentur (*Modulus of Elasticity (MOE)*), kekerasan, dan keteguhan tekan. Selain dari itu, dilakukan pengamatan anatomi bambu mengacu pada standar *International Association of Wood Anatomist (IAWA)*.⁷

Strip kayu diperoleh dari *log core* kayu karet yang merupakan limbah (sisa) proses pengupasan finir dengan menggunakan mesin pengupas finir (*rotary*) di industri kayu lapis PT SGS, Tangerang, Jawa Barat.

Log core berdiameter rata-rata 4,7 cm dengan panjang rata-rata 130 cm dipotong menggunakan *circular saw* dengan dua bentuk potongan, yaitu strip yang dipotong berbentuk kotak dengan ukuran 2,5 cm x 2,5 cm x 1,2 cm serta strip yang dipotong berbentuk tabung yang silindris (berpenampang lingkaran/bulat) dengan diameter 4,7 cm dan tebal 1,2 cm. Strip-strip kayu tersebut kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C hingga mencapai kadar air 7–10%.

Bambu dipotong-potong menjadi berukuran panjang 50 cm tanpa buku, kemudian bambu yang berukuran 50 cm ini dibelah menjadi bilah-bilah bambu yang berdimensi panjang 50 cm, lebar 2 cm, dan tebal 3 mm. Bilah-bilah bambu tersebut kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C hingga mencapai kadar air 7–10%.

Finir kayu karet dipotong menjadi ukuran 50 cm x 50 cm dengan tebal (± 3 mm). Finir-finir tersebut kemudian dikeringkan dalam oven 50°C hingga mencapai kadar air 7–10%.

Perekat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perekat *polyurethane* ($SC 43 \pm 3\%$, dan viskositas 150 ± 30 ps) yang diperoleh dari PT Koyo Bond Indonesia.

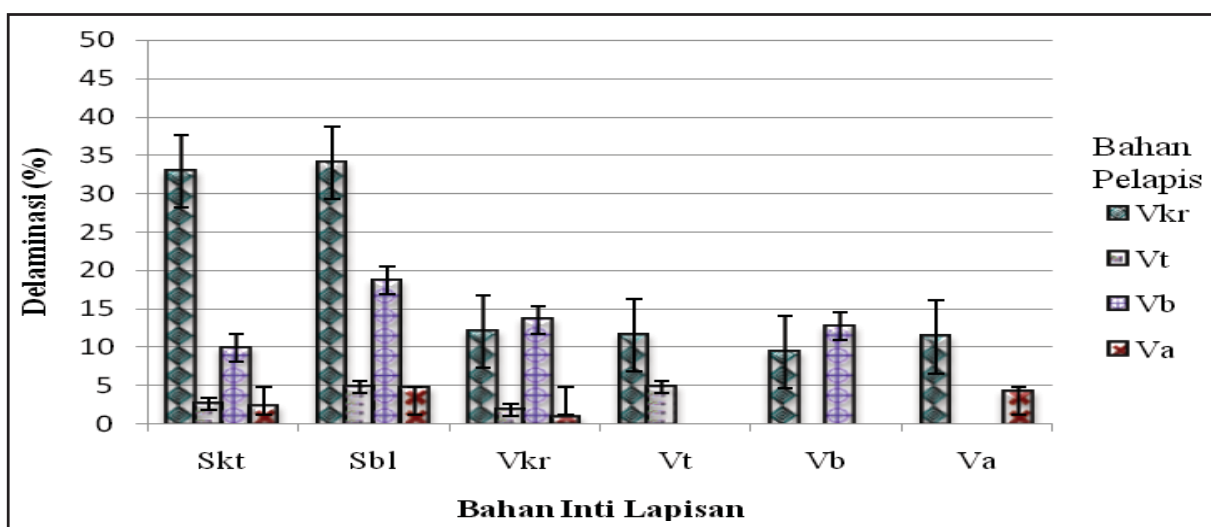
Papan komposit yang dibuat tersusun dari tujuh lapisan, lapisan inti terbuat dari strip *log core* (konstruksi kotak dan bulat) dengan bahan pelapis dari finir bambu betung, bambu andong, bambu tali, dan finir kayu karet. Masing-masing lapisan dilaburi perekat dengan berat labur 280 g/m², setelah tujuh lapisan disusun, kemudian papan dikempa pada tekanan 5 kgf/cm² selama 60 menit.

Pengujian difokuskan pada sifat fisis dan mekanis sesuai standar *Japanese Agricultural Standar* (JAS)⁸ No. 1516, 2003 *JAS for Structural Plywood*, dan standar Cina GB/T 19536 2004 tentang *plywood for container flooring Universal Testing Machine* (UTM).⁹ Data hasil pengujian dianalisis dengan analisis keragaman (ANOVA),¹⁰ penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dua faktor: faktor konstruksi strip *log core* (kotak dan bulat) dan faktor jenis pelapis (bambu andong, betung, tali, dan finir kayu karet) dengan kontrol tanpa strip *log core*, masing-masing diulang tiga kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase delaminasi semua tipe papan komposit memenuhi standar JAS No. 1516, 2003 *JAS for Structural Plywood*, yaitu di bawah batas maksimum persen delaminasi ($\leq 42\%$) yang dipersyaratkan, serta memenuhi standar Cina GB/T 19536 2004 tentang *plywood for container flooring* (maksimum 32%), kecuali papan komposit dengan pelapis finir kayu karet dan lapisan inti strip *log core* (kotak maupun bulat). Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan adanya nilai delaminasi yang berbeda nyata antara strip bulat (15,54%) dengan strip kotak (11,94%), begitu juga dengan pelapis bambu dan pelapis finir kayu karet. Hal ini disebabkan karena bagian permukaan sisi yang terlaburi perekat pada lapisan inti strip bulat lebih kecil dibandingkan dengan papan komposit yang berbahan lapisan inti strip kotak sehingga ketika dilakukan perendaman, air yang masuk pada celah kosong antarstrip bulat memicu terlepasnya garis rekat dengan mudah.

Pada pelapis bambu, papan komposit dengan strip *log core* (kotak maupun bulat) dan bambu andong memiliki nilai delaminasi yang relatif sama dengan bambu tali, dan lebih baik dari bambu betung. Hal ini disebabkan bambu andong dan bambu Tali memiliki keterbasahan perekat *polyurethane* yang lebih baik dibandingkan bambu Betung (berdasarkan hasil pengujian



Keterangan: Skt = strip *log core* berbentuk kotak, Sbl = strip *log core* berbentuk bulat, V = finir karet, T = bilah bambu tali, B = bilah bambu betung, A = bilah bambu andong

Gambar 1. Histogram Delaminasi Papan Komposit

keterbasahan bahan oleh perekat *polyurethane*) sehingga kualitas rekatan yang terjadi lebih baik.

Papan komposit tanpa strip *log core* pada lapisan inti memiliki nilai delaminasi yang lebih rendah (8,42%) daripada papan komposit dengan strip *log core*, baik kotak (11,94%) maupun berbentuk bulat (15,54%). Hal ini disebabkan karena jumlah bidang rekat papan komposit dengan lapisan inti *log core* lebih banyak dibandingkan dengan papan komposit tanpa *log core* pada lapisan inti. Rusaknya bidang rekat pada papan komposit dengan strip *log core* lebih banyak dibandingkan dengan papan komposit tanpa strip *log core*.

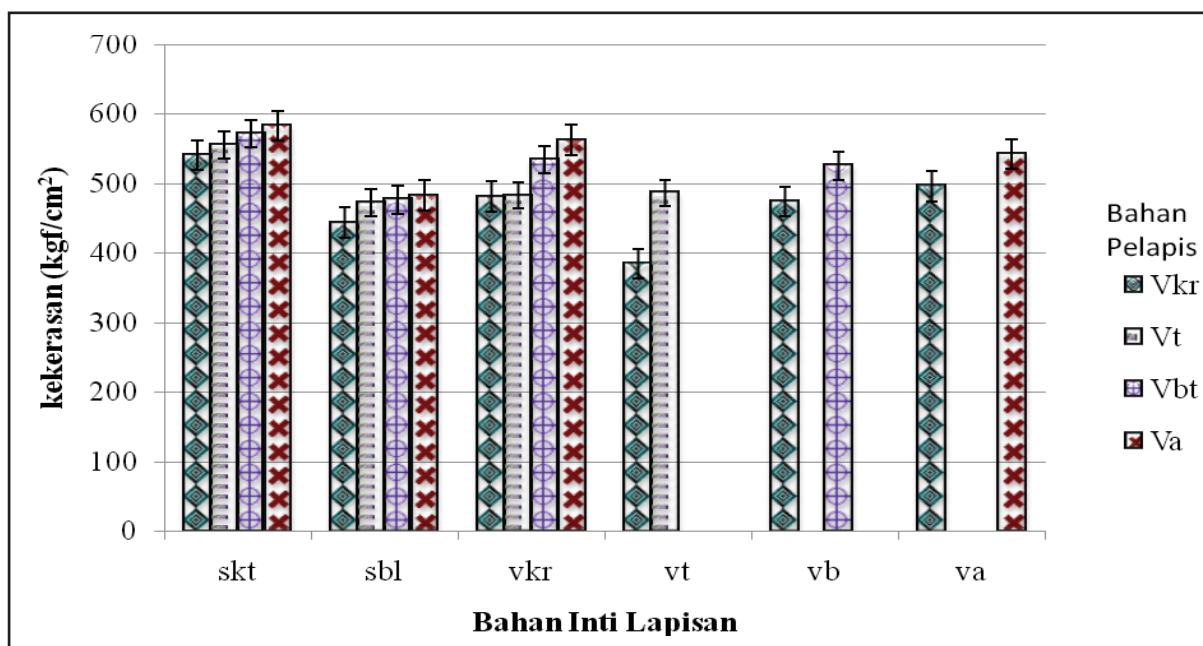
Penggunaan perekat *polyurethane* yang memiliki ketahanan tinggi terhadap air panas menyebabkan rendahnya nilai delaminasi semua tipe papan komposit yang dibuat, hal ini sesuai dengan penelitian Vick.¹¹

Pada Gambar 2 terlihat bahwa papan komposit dengan bahan inti lapisan strip *log core* berbentuk bulat memiliki nilai kekerasan yang berbeda nyata dan lebih kecil (466,90 kgf/cm²) dibandingkan dengan papan komposit yang lapisannya dari strip *log core* berbentuk kotak (562,54 kgf/cm²). Hal ini disebabkan celah kosong yang terdapat pada papan komposit dengan

lapisan inti strip *log core* bulat memperkecil gaya tahan dari ketiga lapisan di atasnya. Pada papan dengan lapisan inti strip *log core* berbentuk kotak memiliki reaksi yang besar terhadap aksi yang diberikan oleh bola besi, karena reaksi yang diberikan tidak terputus oleh celah kosong seperti pada papan dengan lapisan inti strip *log core* bulat. Gaya reaksi dari lapisan bawah papan diteruskan sampai ke atas lapisan sehingga tiga lapisan paling atas papan memiliki gaya reaksi yang lebih besar dibandingkan dengan papan komposit dengan lapisan inti strip bulat.

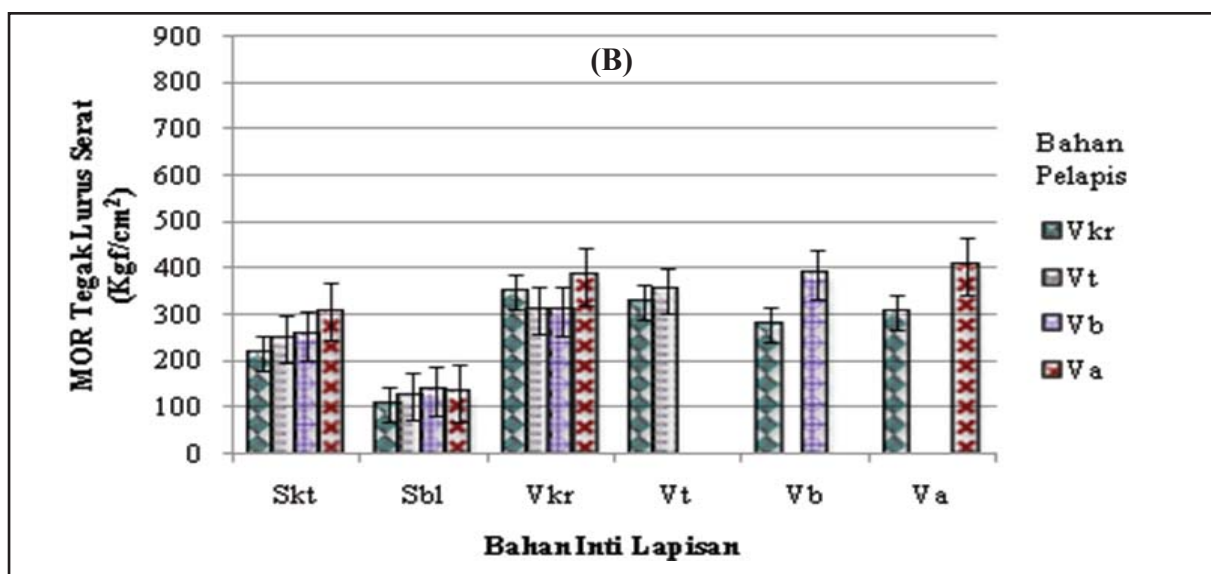
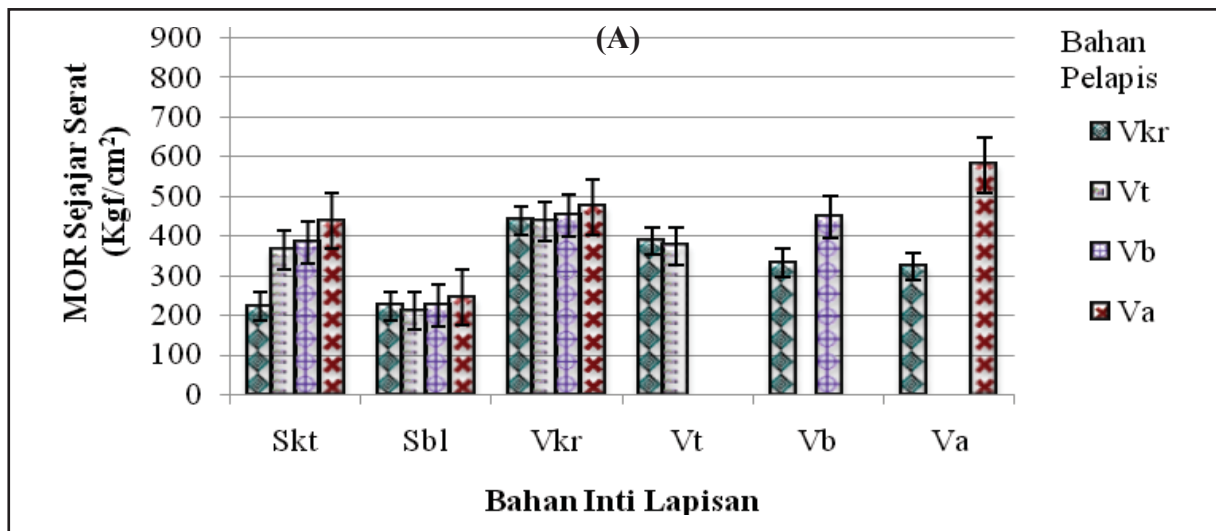
Papan dengan bahan pelapis dari bambu andong dan strip *log core* kotak maupun bulat sebagai lapisan inti papan memiliki nilai kekerasan (583,17 kgf/cm² dan 482,75 kgf/cm²) yang relatif lebih besar dibandingkan dengan papan komposit dengan lapisan inti yang sama dan bahan pelapis lainnya.

Berdasarkan hasil identifikasi struktur mikroskopis anatomi bambu, bambu andong memiliki pola sebaran ikatan vaskuler (*vascular bundle*) zigzag sehingga menyebabkan banyaknya bagian *fiber* dalam satu belahan bilah bambu. Hal ini, menyebabkan bambu andong memiliki bagian anatomi bambu yang terkuat (*fiber*) lebih banyak, sedangkan pada bambu betung dan tali pola



Keterangan: Skt = strip *log core* berbentuk kotak, Sbl = strip *log core* berbentuk bulat, V = finir karet, T = bilah bambu tali, B = bilah bambu betung, A = bilah bambu andong

Gambar 2 . Histogram Kekerasan Papan Komposit



Keterangan: A = MOR sejajar serat, B = MOR tegak lurus serat. Skt = strip *log core* berbentuk kotak, Sbl = strip *log core* berbentuk bulat, V = finir karet, T = bilah bambu tali, B = bilah bambu betung, A = bilah bambu andong

Gambar 3. Histogram Keteguhan Patah (MOR) Sejajar dan Tegak Lurus Serat

sebarannya sejajar sehingga pada waktu dibelah menjadi satu bilah bambu dengan ukuran yang sama, bagian *fiber* nya lebih sedikit dibandingkan bagian rongga sehingga kekerasannya lebih lemah dibandingkan bambu andong.

Keteguhan patah seluruh papan komposit sejajar serat (A) memenuhi standar JAS No. 1516, 2003 JAS for Structural Plywood, sedangkan pada MOR tegak lurus serat (B) hanya papan komposit dengan lapisan inti strip *log core* bulat yang tidak memenuhi standar. Sebaliknya, semua papan komposit tidak memenuhi standar Cina GB/T 19536 2004 tentang *plywood for container flooring*.

Papan komposit dengan lapisan inti dari strip *log core* kotak memiliki nilai MOR (sejajar dan tegak lurus serat) yang berbeda nyata dan lebih besar (364 dan 250 kgf/cm²) daripada papan komposit dengan lapisan inti strip *log core* bulat (221 dan 124 kgf/cm²), karena penggunaan strip *log core* berbentuk bulat menyebabkan terjadinya perlemahan pada papan komposit tersebut yang mengakibatkan rendahnya nilai keteguhan patah papan komposit. Papan komposit yang dilapisi dengan pelapis bilah andong dan strip *log core* kotak sebagai lapisan inti papan, memiliki nilai MOR sejajar serat (437 kgf/cm²) yang tidak jauh berbeda dengan produk kayu lapis dari kayu

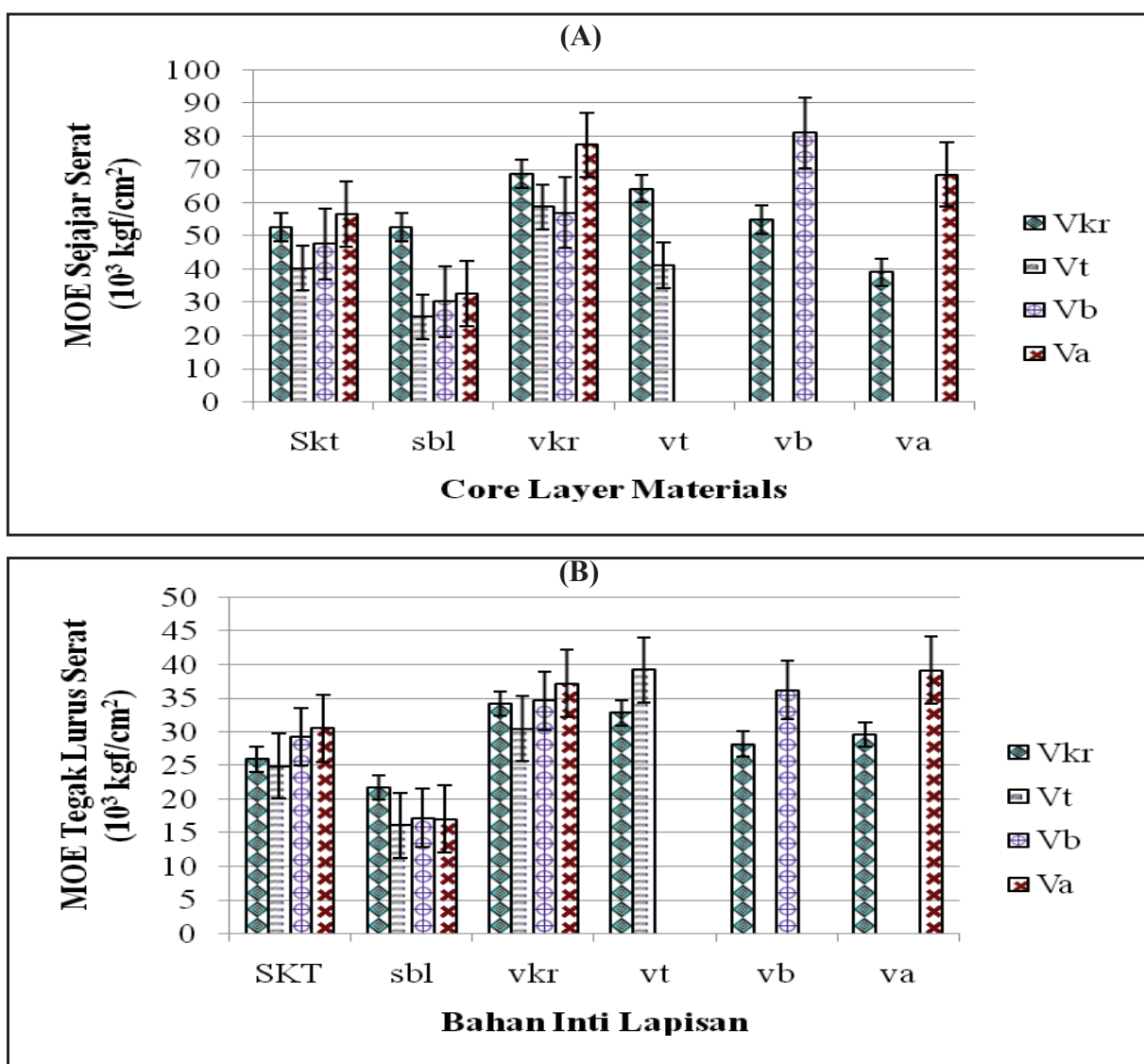
karet (439 kgf/cm²), seperti yang terlihat pada Gambar 3.

Pemberian pelapis bambu andong pada papan komposit dengan strip *log core* pada lapisan inti mengakibatkan nilai keteguhan patah lebih tinggi dibandingkan dengan papan komposit yang dilapisi bahan pelapis lainnya. Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis dan mekanis bahan baku, nilai MOR bambu andong lebih tinggi dari bambu tali dan betung sehingga memengaruhi MOR papan komposit. Selain itu, kualitas rekatan pada papan komposit yang tersusun dari bambu andong dan strip *log core* lebih baik daripada papan komposit

dengan pelapis lain sehingga kekuatan menahan beban maksimum dari papan komposit tersebut lebih baik dari papan komposit lainnya.

Nilai keteguhan lentur papan komposit dengan strip *log core* kotak dan pelapis bambu andong memenuhi nilai minimum keteguhan lentur sejajar serat (A) ($\geq 55 \times 10^3$ kgf/cm²) yang dipersyaratkan JAS No. 1516, 2003 JAS for *Structural Plywood*, sebaliknya pada keteguhan lentur tegak lurus serat (B).

Berdasarkan standar Cina GB/T 19536 2004 tentang *plywood for container flooring*, semua papan komposit memiliki MOE (25,65



Keterangan: A = MOR sejajar serat, B = MOR tegak lurus serat. Skt = strip *log core* berbentuk kotak, Sbl = strip *log core* berbentuk bulat, V = finir karet, T = bilah bambu tali, B = bilah bambu betung, A = bilah bambu andong

Gambar 4. Histogram Keteguhan Lentur (MOE) Sejajar dan Tegak Lurus Serat Papan Komposit

$\times 10^3 - 56,60 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$) lebih rendah dari batas MOE minimum yang dipersyaratkan standar Cina ($\geq 100 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$).

Nilai MOE sejajar (A) dan tegak lurus (B) serat papan komposit dengan pelapis dari bambu andong dan lapisan inti dari strip *log core* relatif lebih tinggi daripada papan komposit dengan pelapis lainnya dan lapisan inti yang sama, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Hal ini disebabkan karena sifat mekanis (MOE) bambu andong yang digunakan pada penelitian ini lebih besar daripada bambu betung dan bambu tali. *Vascular bundle* bambu andong yang tersebar *zigzag* menyebabkan jumlah *vascular bundle* yang terambil pada saat proses penyayatan bilah bambu lebih banyak dibandingkan dengan bambu betung dan bambu tali yang memiliki pola penyebaran *vascular bundle* sejajar sehingga pada saat bambu andong digunakan sebagai bahan pelapis memiliki bagian penyusun terkuat lebih banyak.

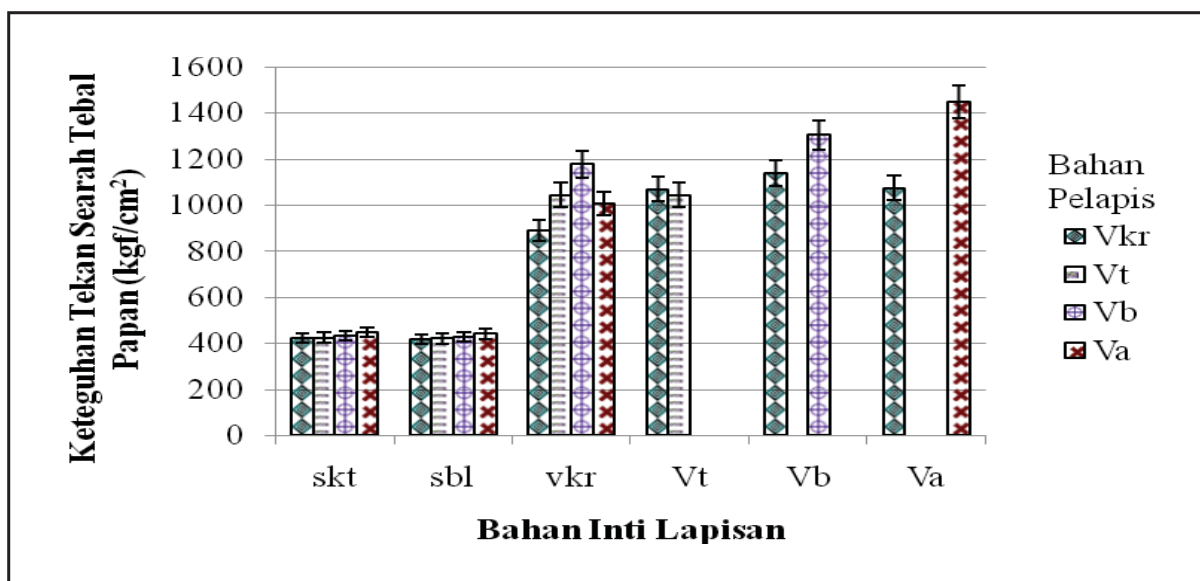
Selain dari faktor sifat mekanis bahan, juga dipengaruhi oleh keterbasahan bambu andong yang lebih baik dibandingkan finir kayu karet. Oleh karena itu, meskipun kayu karet memiliki sifat mekanis (MOE) lebih tinggi daripada bambu andong, nilai MOE papan komposit dengan pelapis finir lebih rendah daripada papan komposit dengan pelapis bambu andong. Hal ini terlihat dengan kerusakan garis rekat yang lebih cepat

antarbidang rekat pada papan komposit dengan pelapis finir.

Papan komposit dengan strip *log core* pada lapisan inti, kerusakan pertama kali terjadi pada garis rekat antara strip *log core* dengan pelapis yang terdekat dengan strip. Hal ini terjadi karena ketidakseragaman dimensi tebal *log core* sehingga ada bagian yang tidak terjadi ikatan perekat antara dua bidang rekat. Hal tersebut menyebabkan lemahnya ikatan perekat pada bidang rekat antara strip dengan pelapis terdekat, di lain pihak gaya geser maksimum pada saat uji banding terdapat di bagian tengah papan sehingga kerusakan terjadi pertama kali pada bagian terlemah papan.

Penggunaan strip *log core* pada lapisan inti papan menyebabkan nilai MOE papan lebih kecil dari papan tanpa strip *log core*. Rendahnya MOE papan komposit dengan strip *log core* disebabkan oleh sifat mekanis *log core* yang rendah sebagaimana sifat dari kayu juvenil. *Log core* yang digunakan dalam penelitian merupakan bagian kayu juvenil yaitu terletak kurang lebih 2,35 cm dari *pith*. Hal ini sesuai dengan penelitian Evans.¹

Berdasarkan hasil uji analisis sidik ragam menunjukkan tidak adanya pengaruh konstruksi strip *log core* terhadap nilai keteguhan tekan searah tebal papan. Hal ini terlihat pada Gambar 5, rata-rata nilai keteguhan tekan searah tebal yang relatif sama antara papan komposit dengan



Keterangan: Skt = strip *log core* berbentuk kotak, Sbl = strip *log core* berbentuk bulat, V = finir karet, T = bilah bambu tali, B = bilah bambu betung, A = bilah bambu andong.

Gambar 5. Histogram Keteguhan Tekan Searah Tebal Papan Komposit

strip *log core* bulat (425,88 kgf/cm²) dan papan komposit dengan strip *log core* kotak (431,79 kgf/cm²).

Begitu juga pengaruh jenis pelapis terhadap keteguhan tekan searah tebal papan, dalam satu konstruksi semua papan memiliki nilai keteguhan tekan searah tebal yang relatif sama. Rata-rata nilai keteguhan tekan searah tebal papan komposit dengan strip *log core* pada masing-masing pelapis yaitu papan dengan pelapis finir kayu karet sebesar 419,23 kgf/cm², papan dengan pelapis bambu tali sebesar 422,02 kgf/cm², papan dengan pelapis bambu betung sebesar 429,85 kgf/cm², dan papan dengan pelapis bambu andong sebesar 444,23 kgf/cm².

Keteguhan tekan searah tebal papan komposit dengan strip *log core* pada lapisan intinya lebih kecil daripada papan komposit tanpa strip *log core*. Hal ini disebabkan oleh penggunaan *log core* yang merupakan bagian kayu juvenil yang memiliki keteguhan tekan searah arah tebal lebih kecil dibandingkan dengan bahan pelapisnya.

KESIMPULAN

Teknik yang tepat untuk menghasilkan papan komposit dengan kualitas tinggi (persen delaminasi rendah, kekerasan, MOR, MOE, dan keteguhan tekan tinggi) adalah dengan menggunakan bambu andong sebagai pelapis dan konstruksi strip *log core* kotak pada lapisan inti. Papan komposit terbaik yang dihasilkan pada penelitian ini dapat digunakan untuk penggunaan struktural seperti panel pintu, penyekat dinding, dan penggunaan struktural lainnya karena sesuai dengan standar JAS 1516-2003. Akan tetapi, tidak cocok digunakan untuk *container flooring* karena belum memenuhi standar Cina GB/T 19536-2004.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada PT SGS (Sumber Graha Sejahtera) yang telah memberikan bantuan bahan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Evans W. Joel, John F. Senft, and David W. Green. 2000. Juvenile Wood Effect in Red Alder: Analysis of Physical and Mechanical Data to Delineate Juvenile and Mature Wood Zones. *Forest Product Journal J.*, 50(7/8): 75–87.
- ²Krisdianto, Ginuk S. Agus I. 2000. *Sari Hasil Penelitian Bambu*. Himpunan Sari Hasil Penelitian Rotan dan Bambu. Pusat Penelitian Hasil Hutan. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan.
- ³Li K. 2002. Use of Marine Adhesive Protein as a Model to Develop Formaldehyde-Free Wood Adhesives. *Proceeding the 6th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium*. Oregon USA: Oregon State University
- ⁴ASTM International. 2000. *Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood Materials*. Annual Book of Standards, ASTM D143-94. West Conshohocken, Pennsylvania: American Society for Testing and Materials International
- ⁵ISO. 2004. Bamboo: Determination of Physical and Mechanical Properties—Part 1: Requirements. ISO 22157-1:2004(E).
- ⁶ASTM International. 1978. *Standard Test Methods for Flexural Properties of Plastics and Insulating Materials*. Annual Book of Standards, ASTM D 790-71-1978. West Conshohocken, Pennsylvania: American Society for Testing and Materials International
- ⁷Wheeler *et al.* 1989. IAWA. *List of Microscopic Features For Hardwood Identification*. Leiden. The Netherlands: Rijksherbarium.
- ⁸[JSA] Japanese Standard Association. 2003. *Japanese Agricultural Standar: Plywood JAS SE-1*. Jepang: Japanese Standard Association.
- ⁹National Committee of Standardization for supervision. 2004. *National Standard of the People's Republic of China: GB/T 19536-2004, Plywood for Container Flooring*.
- ¹⁰Mattjik, AA. dan I Made Sumertajaya. 2002. *Perancangan Percobaan Dengan Aplikasi SAS dan Minitab*. Jilid 1. Bogor: IPB Press
- ¹¹Vick C.B. 1999. Adhesive Bonding of Wood Materials. Di dalam: *Wood Handbook : Wood as an Engineering Material*. USA : Forest Products Society.