

## Sifat Fisis dan Mekanis Glulam dari Kayu Samama (*Physical and Mechanical Properties of Samama Wood Glulam*)

Tekad D Cahyono<sup>1\*</sup>, Syarif Ohorella<sup>1</sup>, Fauzi Febrianto<sup>2</sup>, Trisna Priadi<sup>2</sup>, Imam Wahyudi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Darussalam Ambon Maluku

<sup>2</sup>Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor

\*Penulis korespondensi: tekadwicahyono@gmail.com

### Abstract

In the present research, four types of samama wood (*Anthocephallus macrophyllus*) glulam of (3 x 6 x 120) cm<sup>3</sup> (thickness, width, length) in size were prepared. Two types of glulam were assembled with the same thickness of lamina and two other types were assembled with lamina of different thickness. The result showed that the average moisture content and densities of the glulam were of 12.48% and 0.41, respectively. The MOE, MOR, and shear strength of the glulam were in the average of 6.08 GPa, 33.06 MPa, 30.08 kg cm<sup>-2</sup>, respectively. The highest MOE and MOR were obtained by the D type glulam. All types of the produced glulam contributed to the increase of MOE and MOR by 31 and 23% of those of its solid wood, respectively.

**Keywords:** glulam, mechanical properties, physical properties, samama wood

### Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan mendesain empat tipe glulam dengan ukuran (3 x 6 x 120) cm<sup>3</sup> dari kayu samama (*Antocephallus macrophyllus*). Dua tipe glulam disusun dengan ketebalan lamina yang seragam, sedangkan dua tipe lainnya disusun dengan variasi ketebalan lamina yang berbeda. Perekat yang digunakan adalah isosianat dengan variasi berat labur sebesar 200, 250 dan 300 g m<sup>-2</sup>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar air dan kerapatan glulam adalah 12,48% dan 0.41. Sementara itu, rata-rata nilai MOE, MOR dan keteguhan gesernya berturut-turut sebesar 6,08 GPa, 33,06 GPa dan 30,08 kg cm<sup>-2</sup>. Semua tipe glulam berkontribusi menaikkan rata-rata nilai MOE dan MOR sebesar 31 dan 23% dibandingkan dengan kayu samama tanpa laminasi, dimana rata-rata nilai MOE dan MOR tertinggi terdapat pada glulam tipe D.

**Kata kunci :** glulam, kayu samama, sifat fisis, sifat mekanis

### Pendahuluan

Ketersediaan kayu struktural semakin sulit dipenuhi karena sebagian besar kayu yang tersedia adalah berdiameter kecil. Walaupun tersedia kayu struktural jumlahnya semakin terbatas dengan harga yang tinggi. Glulam sebagai salah satu produk teknologi peningkatan kualitas kayu mampu memaksimalkan penggunaan kayu berdiameter kecil, memiliki kekuatan rendah menjadi lebih kuat dengan dimensi dan kegunaan dapat diatur sesuai kebutuhan. Teknologi ini

meningkatkan efisiensi penggunaan kayu yang tersedia.

Salah satu bahan baku glulam yang potensial adalah kayu samama (*Antocephallus macrophyllus* (Roxb.) Havil.) yang merupakan tanaman endemik Sulawesi dan Maluku. Potensinya cukup besar, pohonnya tinggi dan bersifat pionir, berbatang lurus dengan riap diameter 5-7 cm per tahun. Rata-rata volume kayu dari pohon yang berumur 10 tahun dapat mencapai 1,8 m<sup>3</sup>. Menurut Litbang PT. Mangole 2011,

Meskipun bersifat lokal, kayu samama telah digunakan sebagai bahan baku furnitur, pertukangan dan bahan bangunan. Bahkan kulit batangnya sudah dimanfaatkan sebagai obat pencahar oleh masyarakat Desa Lemo-lemo Halmahera Selatan dan/atau sebagai pengawet jaring ikan oleh masyarakat Desa Tulehu Kabupaten Maluku Tengah (Ohorella & Djumat 2009).

Menurut Cahyono *et al.* (2012), nilai rata-rata MOE (*Modulus of Elasticity*) dan MOR (*Modulus of Rupture*) kayu samama berturut-turut adalah 48.750 kg cm<sup>-2</sup> dan 560 kg cm<sup>-2</sup>. Jika dibandingkan dengan beberapa standar, nilai MOE kayu samama belum memenuhi persyaratan. Standar Jepang (JAS 2007) mensyaratkan nilai rata-rata MOE  $\geq$  70.000 kg cm<sup>-2</sup> untuk kayu laminasi tipe E70, sedangkan standar Indonesia (SNI 1994) mensyaratkan nilai MOE  $\geq$  75.000 kg cm<sup>-2</sup> untuk kayu kelas tiga. Untuk balok geladak kapal, Biro Konstruksi Indonesia (BKI) mensyaratkan tegangan ijin  $\geq$  77.400 kg cm<sup>-2</sup> (Sauter *et al.* 1999). Oleh karena itu salah satu teknik untuk memperbaiki kekurangan kayu samama tersebut adalah dengan melakukan teknik laminasi menjadi produk glulam.

Prinsip desain laminasi adalah memaksimalkan dimensi dengan meminimalkan material. Apabila prinsip tersebut dapat dilakukan secara simultan maka tujuan penggunaan laminasi dapat dicapai secara maksimal, sehingga laminasi merupakan desain ekonomis dengan tetap memenuhi prinsip struktural (Jayne & Bodig 1982). Juga dinyatakan bahwa sistem lapisan komposit

khususnya laminasi kayu menambah pilihan di dalam desain struktur.

Penelitian ini akan mendesain 4 tipe glulam kayu samama berdasarkan ketebalan, susunan lamina dan berat labur perekat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan desain laminasi yang memiliki karakteristik terbaik, baik dari sifat fisis maupun mekanisnya.

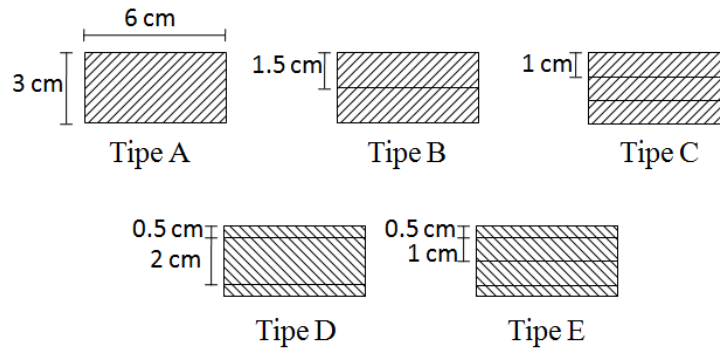
## Bahan dan Metode

### Penyiapan bahan baku

Kayu samama yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Desa Sleman Kabupaten Maluku Tengah. Pohon berumur 8 tahun dengan diameter 42 cm dan tinggi bebas cabang mencapai 13 m. Tidak dilakukan pemilahan bagian atas, tengah dan bawah selama proses pemotongan kayunya. Selanjutnya dilakukan pengeringan dan pembuatan lamina.

### Desain glulam

Kayu samama yang telah dikeringkan dibuat lamina dengan ukuran panjang, dan lebar, 120 dan 6 cm, sedangkan tebalnya, sesuai desain penelitian yaitu 0, 5, 1, 1, 5 dan 2 cm. Masing-masing lamina tersebut selanjutnya diukur kelenturannya (MOE). Glulam dibuat dengan ukuran (3x6x120) cm<sup>3</sup> dengan variasi ketebalan lamina dan berat labur perekat. Sebanyak 4 tipe glulam dibuat pada penelitian ini disusun berdasarkan ketebalan lamina dan posisi lapisan lamina. Selengkapnya disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Variasi tipe glulam kayu samama.

Perekat yang digunakan adalah isosianat dengan variasi berat labur 200, 250 dan 300 g m<sup>-2</sup>. Perekat diaplikasikan pada kedua permukaan lamina (*double glue spread*) kemudian diletakkan sesuai tipe glulam. Lamina yang telah dilabur perekat dan disusun kemudian di klem dengan jarak klem 30 cm selama 24 jam. Setelah proses perekatan, selanjutnya proses pengondisian selama satu minggu sebelum dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanisnya.

### Prosedur pengujian

Pengujian kadar air (KA), berat jenis (BJ), delaminasi, keteguhan rekat, MOE dan MOR menggunakan standar JAS 2007 untuk produk glulam tipe struktural.

- Kadar air: contoh uji ditimbang untuk menentukan berat awalnya, selanjutnya dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 103±2 °C selama 24 jam sampai beratnya konstan. Kadar air didapatkan dari persentase perbandingan antara berat air dan berat kering tanur contoh uji.
- Berat jenis: contoh uji diukur dimensi awalnya (panjang, lebar dan tebal), selanjutnya dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 103±2 °C selama 24 jam hingga beratnya konstan.

Berat jenis dihitung dari perbandingan antara berat kering tanur dengan volume kering udara.

- Delaminasi akibat perendaman dalam air panas (struktural): contoh uji direndam dalam air dengan suhu 70 ± 3 °C selama 2 jam, kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 60 ± 3 °C sampai KA contoh uji kurang dari 8%. Selanjutnya diukur delaminasi pada setiap garis rekat pada setiap sisi kemudian dijumlahkan.
- Delaminasi akibat perendaman dalam air dingin (non struktural): contoh uji direndam dalam air dingin selama 24 jam, kemudian dikeringkan pada oven dengan suhu 60±3 °C selama 24 jam. Selanjutnya diukur delaminasi pada setiap garis rekat pada setiap sisi kemudian dijumlahkan.
- Keteguhan rekat: pengujian keteguhan rekat dilakukan dengan cara memberikan pembebanan yang diletakkan pada arah sejajar serat dengan meletakkan contoh uji secara vertikal. Nilai beban maksimum dibaca saat contoh uji mengalami kerusakan. Nilai keteguhan rekat adalah beban maksimum dibandingkan dengan luasan bidang rekat.

- f. MOE dan MOR: Contoh uji dengan ukuran panjang 22 x tebal diberi beban tunggal pada bagian tengah bentang. Besarnya defleksi selama pembebanan dianalisis untuk mendapatkan nilai MOE dengan persamaan:  $MOE = \frac{\Delta PL^3}{4bh^3\Delta Y}$ , sedangkan MOR dihitung dengan persamaan  $MOR = \frac{3PL}{2bh^2}$ , dimana P adalah pembebanan, L = jarak sangaah, b = lebar penampang, h = tebal penampang dan  $\Delta Y$  adalah defleksi maksimum akibat pembebanan.

### Analisis data

Analisis data menggunakan rancangan faktorial dalam RAL dengan dua faktor, faktor A adalah berat labur perekat dan faktor B adalah tipe glulam. Jika hasil Analisis sidik ragam menunjukkan

pengaruh, dilanjutkan dengan uji tukey dengan tingkat kepercayaan 95%.

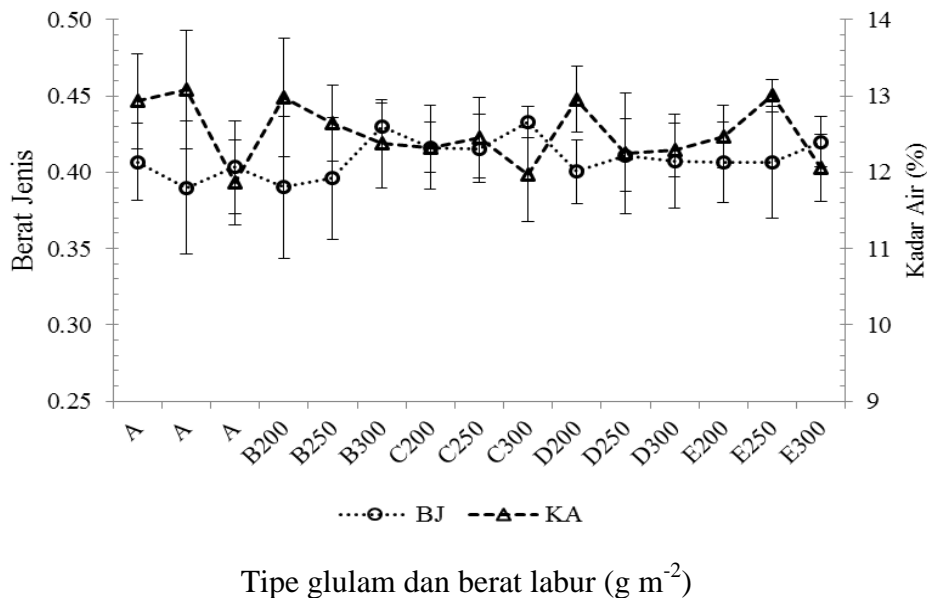
## Hasil dan Pembahasan

### Sifat fisis

#### BJ dan KA

Berat jenis glulam berkisar antara 0,34-0,45 dengan rata-rata sebesar 0,41. Sementara itu kayu samama sebagai pembanding memiliki berat jenis rata-rata sebesar 0,40 dengan standar deviasi sebesar 0,03. Sifat fisis yang lain, yaitu KA glulam berkisar antara 11,33-13,62% dengan rata-rata sebesar 12,48%. Selengkapnya disajikan pada Gambar 2.

Rataan BJ tertinggi terdapat pada glulam tipe B dan C dengan berat labur sebesar 300 g m<sup>-2</sup> yaitu 0,43 sedangkan terendah terdapat pada glulam tipe B dengan berat labur 200 g m<sup>-2</sup> yaitu sebesar 0,39.



Gambar 2 Berat jenis glulam berdasarkan tipe dan berat labur perekat. Keterangan : B, C, D, E = tipe laminasi; 200, 250, 300 = berat labur.

Secara umum, BJ kayu samama meningkat setelah dibuat menjadi glulam, walaupun glulam tipe B dengan berat labur  $200 \text{ g m}^{-2}$  memiliki BJ yang sama dengan BJ kayu samama. Namun peningkatannya tidak signifikan, hal ini dibuktikan dengan hasil analisis sidik ragam yang menunjukkan bahwa bahwa tipe glulam dan berat labur perekat tidak berpengaruh terhadap BJ.

Variasi nilai berat jenis kayu terjadi sebagai akibat dari adanya perbedaan ketebalan dinding serat. Kecenderungan serat yang memiliki dinding tebal dan lumen kecil memiliki berat jenistinggi, sebaliknya serat yang memiliki dinding tipis dan lumen besar memiliki berat jenis yang rendah (Rathke & Sinn 2013). Pada glulam, selain perbedaan ketebalan dinding serat, perbedaan berat jenis juga disebabkan karena adanya proses perekatan. Perekat mengisi rongga diantara permukaan lamina dimana pada kayu utuh pada ukuran yang sama tidak ada proses penambahan perekat.

Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa tipe lamina tidak berpengaruh terhadap KA, sedangkan berat labur mempengaruhi KA. Air dalam kayu mempengaruhi kedalaman penetrasi perekat dan waktu pematangan perekat cair. Dalam penggabungannya, air yang banyak terdapat pada kayu akan menghambat ikatan dari cairan perekat. Pada umumnya, ikatan perekat yang baik terjadi pada tingkat kadar air 6-14% (Rathke & Sinn 2013).

Rataan KA glulam pada penelitian ini sebesar 12,56%. JAS (2007) mensyaratkan KA maksimum untuk glulam dibawah 15%, sehingga semua glulam pada penelitian ini memenuhi syarat. Bowyer *et al.* (2007) menyatakan bahwa kadar air untuk balok laminasi tidak melebihi 15%. Perbedaan antara lamina

yang saling bersebelahan tidak lebih dari 5%. Hal ini dilakukan agar distribusi kadar air merata sehingga menghindari tekanan akibat penyusutan dan pengembangan yang menyebabkan kerusakan pada sambungan.

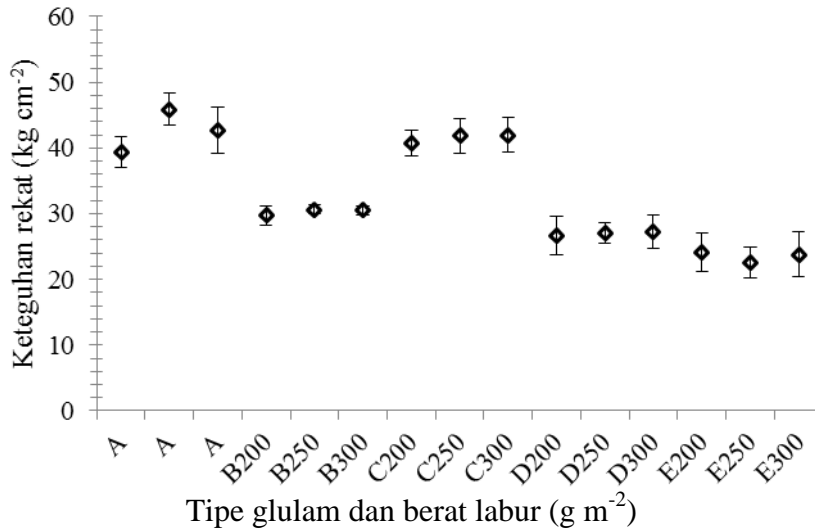
Kadar air adalah berat air yang terdapat dalam kayu yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering tanurnya (Tsoumis 1991). Perubahan kayu terjadi karena kayu bersifat higroskopis. Kayu mampu menarik dan menyerap air dari udara dan mengembang ketika kelembaban relatif tinggi dan akan menyusut ketika kelembaban relatif rendah. Perubahan ukuran kayu menjadi permasalahan yang besar dalam proses pengerjaan kayu (Tasissa & Burkhart 1998). Sifat higroskopis pada kayu mempengaruhi jumlah kadar air yang dikandung oleh kayu. Kadar air glulam dipengaruhi oleh kadar air lamina penyusunnya dan kondisi lingkungan.

## Sifat mekanis

### *Keteguhan rekat*

Rataan keteguhan rekat semua tipe glulam kayu samama adalah sebesar  $30,08 \text{ kg cm}^{-2}$  dengan standar deviasi sebesar 7,11. Sementara itu rata-rata kekuatan geser kayu samama sebagai bahan perbandingan pada penelitian ini sebesar  $51,19 \text{ kg cm}^{-2}$  dengan standar deviasi sebesar 5,78 (Gambar 3).

Kekuatan geser kayu samama (A) lebih besar dibandingkan dengan keteguhan rekat glulamnya. Hal ini dikarenakan selama pengujian, kayu mengalami kerusakan, bukan garis rekatnya. Nilai rata-rata keteguhan rekat tertinggi pada glulam tipe C dengan berat labur perekat  $300 \text{ g m}^{-2}$  yaitu  $41,99 \text{ kg cm}^{-2}$ , sedangkan yang terendah adalah glulam tipe E dengan berat labor  $250 \text{ g m}^{-2}$  yaitu  $22,56 \text{ kg cm}^{-2}$ .



Gambar 3 Keteguhan rekat glulam berdasarkan tipe glulam dan berat labur.  
Keterangan : B, C, D, E = tipe laminasi; 200, 250, 300 = berat labur

Hal ini dikuatkan dengan analisis sidik ragam yang menunjukkan bahwa tipe glulam berpengaruh terhadap nilai keteguhan rekat sedangkan berat labur tidak berpengaruh. Hasil uji lanjut untuk tukey menjelaskan bahwa tipe glulam yang memiliki keteguhan rekat yang terbaik adalah tipe C.

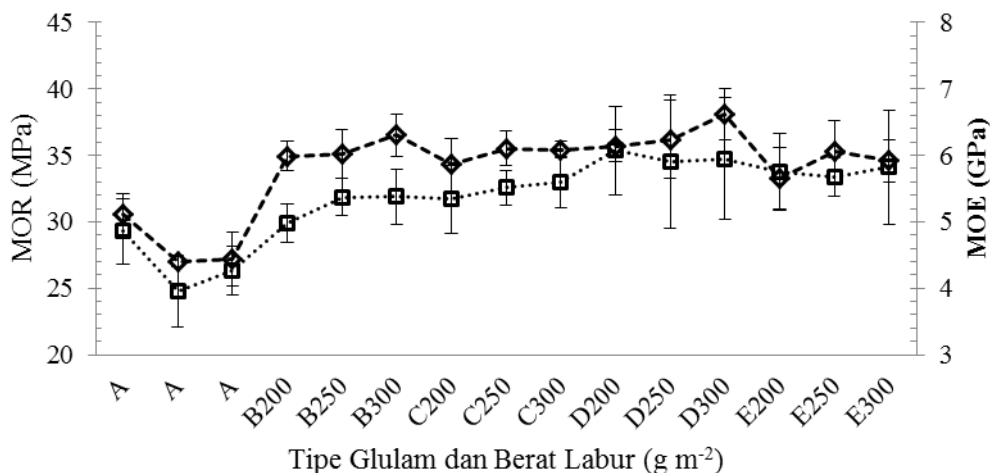
Nilai keteguhan rekat bervariasi tergantung perekat yang digunakan dan kondisi proses produksi glulam. Sinha dan Clauson (2012) menyajikan data keteguhan rekat glulam menggunakan perekat isosianat sebesar  $99,6 \text{ kg cm}^{-2}$ . Bahan yang digunakan adalah kayu Douglas Fir dan bambu moso. Sementara itu jika menggunakan perekat fenol resorsinol formaldehida (PRF), keteguhan rekatnya  $66,7 \text{ kg cm}^{-2}$ . Sementara itu (Piao *et al.* 2010, Piao *et al.* 2011) menyajikan data keteguhan rekat glulam yang telah diawetkan dengan CCA (*chromated copper arsenate*) dan PCP (*pentachlorophenol*) berturut-turut sebesar  $100,7 \text{ kg cm}^{-2}$  dan  $110,6 \text{ kg cm}^{-2}$ . Masih menurut Piao (2010), glulam dari kayu *Southern pine*

kontrol yang tidak diawetkan memiliki keteguhan rekat sebesar  $100,3 \text{ kg cm}^{-2}$ .

#### MOE dan MOR

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata MOE glulam adalah 6,08 GPa dengan standar deviasi sebesar 0,35. Sementara itu rata-rata MOE kayu samama kontrol dalam penelitian ini adalah 4,65 GPa dengan standar deviasi sebesar 0,63. MOR rata-rata glulam sebesar 33,06 MPa dengan standar deviasi sebesar 2,43. MOR kayu samama kontrol dalam penelitian ini adalah 26,8 Mpa dengan standar deviasi sebesar 2,84. Selengkapnya disajikan pada Gambar 4.

Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa tipe glulam berpengaruh terhadap nilai MOE dan MOR, sedangkan berat labor perekatnya tidak berpengaruh. Jika faktor penghematan dijadikan perhatian utama, maka penelitian ini merekomendasikan bahwa aplikasi perekat isosianat dengan berat labor 200  $\text{g m}^{-2}$  sudah cukup untuk mendapatkan peningkatan nilai MOE dan MOR kayu samama.



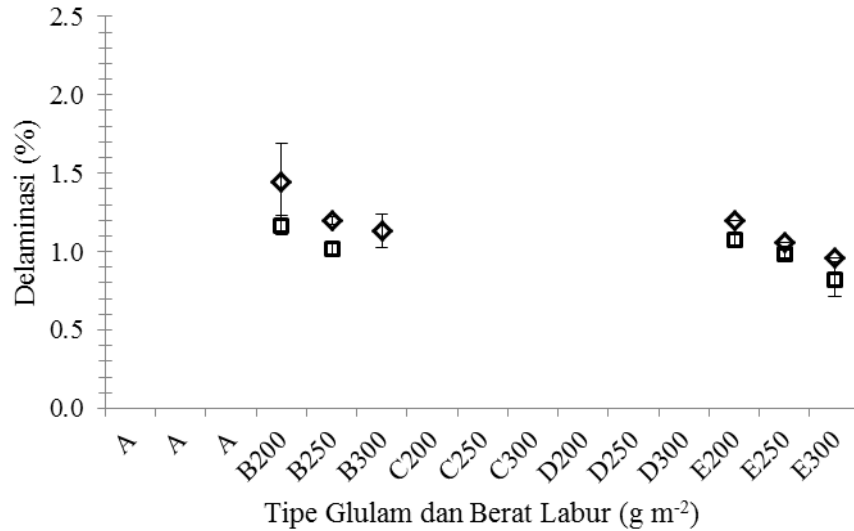
Gambar 4 MOE dan MOR glulam kayu samama berdasarkan tipe lamina,   
 ...□... MOR -◆- MOE  
 Keterangan : B, C, D, E = tipe laminasi; 200, 250, 300 = berat labur.

Analisis lanjutan tukey menunjukkan bahwa tipe glulam D memberikan nilai MOE dan MOR terbaik diantara tipe lainnya. Sementara itu glulam tipe E menunjukkan nilai MOE dan MOR terendah.

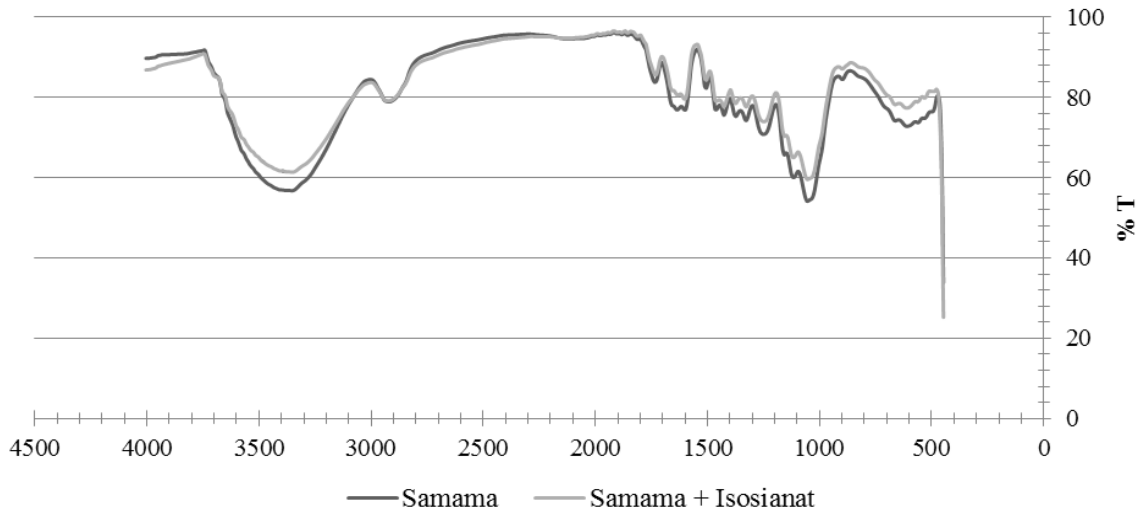
Susunan lamina dengan modulus elastisitas yang berbeda-beda mempunyai pengaruh pada sifat mekanis produk laminasi. Analisis secara tepat diperlukan untuk memenuhi kondisi tersebut (Sulistiyawati 2006). Susunan laminasi pada penelitian ini terbukti meningkatkan MOE dan MOR kayu samama. Glulam tipe D memberikan kontribusi kenaikan MOE dan MOR sebesar 36 dan 30%. Sementara glulam yang memberikan kontribusi terendah adalah tipe E dengan kenaikan nilai MOE dan MORnya sebesar 27 dan 26% dibandingkan kayu tanpa laminasi.

### *Delaminasi*

Rata-rata delaminasi dalam air panas sebesar 0,58% dengan standar deviasi sebesar 0,55 sedangkan delaminasi dalam air dingin sebesar 0,41% dengan standar deviasi sebesar 0,51. Besarnya variasi nilai delaminasi, baik air dingin maupun air panas disebabkan karena tidak semua sampel mengalami delaminasi saat pengujian. Kejadian delaminasi, baik pengujian air panas maupun air dingin hanya terjadi pada glulam tipe B dan E (Gambar 5). Sementara itu, jika dibandingkan dengan standar JAS (2007), semua nilai delaminasi masuk standar untuk produk glulam yang mensyaratkan 5% untuk delaminasi dalam air panas dan 10% delaminasi dalam air dingin.



Gambar 5 Delaminasi glulam kayu samama berdasarkan tipe lamina,  $\diamond$ DAP  $\square$ DAD  
 Keterangan : A, B, C, D, E, F, G = tipe laminasi; 200, 250, 300 = berat labur; DAP = Delaminasi Air Panas; DAD = Delaminasi Air Dingin



Gambar 6 Peta serapan infra merah kayu samama kontrol dan kayu samama dengan isosianat.

Pengujian delaminasi dilakukan untuk melihat kemampuan glulam terhadap cuaca yang moderat (delaminasi air dingin) sampai cuaca yang ekstrim (delaminasi air panas). Tidak semua sampel menunjukkan kejadian delaminasi menunjukkan bahwa produk

yang dibuat efektif digunakan pada cuaca moderat maupun ekstrim. Hal ini juga merupakan salah satu indikator bahwa perekat isosianat berikatan sangat baik dengan kayu samama. Perekat isosianat merupakan salah satu perekat *water based* yang sangat baik berikatan dengan



produk kayu maupun bahan berlignoselulosa lainnya (Sinha & Clauson 2012, Sulastiningsih *et al.* 2013, Darwis *et al.* 2014).

Perekat isosianat memiliki gugus kimia yang sangat reaktif dan berikatan dengan gugus OH pada bahan berlignoselulosa dengan ikatan yang sangat kuat (Ruhendi & Hadi 1997). Gambar 6 menyajikan data FTIR kayu samama kontrol dan lapisan tipis kayu samama yang bereaksi dengan isosianat. Dari gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa walaupun pita serapan pada panjang gelombang 2240-2275  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya isosianat tidak tergambar, namun naiknya persentase T pada panjang gelombang sekitar 3500  $\text{cm}^{-1}$  (pita serapan yang menunjukkan gugus -OH) dan antara 600-1700  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan bahwa terjadi reaksi antara kayu samama dengan perekat isosianat.

### Kesimpulan

Beberapa sifat kayu samama yang meningkat setelah dibuat produk glulam jika dibandingkan dengan kayu solidnya adalah berat jenis, MOE dan MOR. Semua tipe glulam memiliki nilai MOE dan MOR lebih tinggi dibandingkan dengan kayu solidnya dan yang memberikan kontribusi terbaik pada nilai MOE dan MOR adalah glulam tipe D. Terjadinya kerusakan pada kayu, bukan pada garis rekat saat pengujian geser dan nilai delaminasi yang minim menunjukkan bahwa perekat isosianat sangat baik berikatan dengan kayu samama.

### Daftar Pustaka

Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG. 2007. *Forest Products and Wood Science: An Introduction*. Ames: Blackwell Publishing.

Cahyono TD, Ohorella S, Febrianto F. 2012. Sifat fisis mekanis kayu samama (*Anthocephallus macrophyllus*) dari kepulauan maluku. *J. Ilmu Teknol. Kayu Tropis*. 10(1): 28-39

Darwis A, Massijaya MY, Nugroho N, Alamsyah EM, Nurrochmat DR. 2014. Bond ability of oil palm xylem with isocyanate adhesive. *J. Ilmu Teknol. Kayu Tropis*. 12(1): 39-47

Jayne B, Bodig J. 1982. *Mechanics Of Wood And Wood Composites*. New York: Van Nostrand Reinhold Co.

Mangole LP. 2011. *Riap Tumbuh Kayu Samama di Maluku*. Ternate: Litbang PT. Mangole.

Ohorella S, Djumat JL. 2009. *Kajian Keberhasilan Program Penanaman Kayu Samama berbasis Kearifan Lokal Masyarakat (Studi Kasus di Desa Tulehu Kabupaten Maluku Tengah)*. Ambon: Fakultas Pertanian Universitas Darussalam.

Piao C, Gibson M, Shupe TF, Nipper WA. 2010. Laminated crossarms made from decommissioned chromated copper arsenate-treated utility pole wood. Part II: preservative retention, glue-line shear, and delamination. *For. Prod. J.* 59(10):31-39

Piao C, Monlezun CJ, Gibson MD, Groom LH. 2011. Recycling of pentachlorophenol-treated southern Pine utility poles. Part II: Mechanical and Delamination properties of laminated beams. *For. Prod. J.* 61(7): 517-525

Rathke J, Sinn G. 2013. Evaluating the wettability of MUF resins and pMDI on two different OSB raw materials. *Eur. Wood Wood Prod.* 71(3):335-342.

- Ruhendi S, Hadi Y. 1997. *Perekat dan Perekatan*. Bogor:Institut Pertanian Bogor.
- Sauter UH, Mutz R, Munro BD. 1999. Determining juvenile-mature wood transition in Scots pine using latewood density. *Wood Fiber Sci.* 31(4):416-425.
- Sinha A, Clauson M. 2012. Properties of bamboo-wood hybrid glulam beams. *For. Prod. J.* 62((7/8):541-544.
- Sulastiningsih IM, Ruhendi S, Massijaya MY, Darmawan W, Santoso A. 2013. Respon Bambu Andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) terhadap perekat isosianat. *J. Ilmu Teknol. Kayu Tropis* 11(2): 140-152
- Sulistiyawati IM. 2006. Ratio of shear to bending deflection and its influence to bending stiffness (EI) of timber beam. *J. Ilmu Teknol. Kayu Tropis* 4(2):44-49.
- Tasissa G, Burkhart HE. 1998. Juvenile-mature wood demarcation in loblolly pine trees. *Wood Fiber Sci.* 30(2):119-127.
- Tsoumis G. 1991. *Science and Technology of Wood. Structure, Properties, Utilization*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Riwayat naskah (*article history*)  
 Naskah masuk (*received*): 11 Februari 2014  
 Diterima (*accepted*): 25 Mei 2014