

## KARAKTERISTIK BALOK LAMINASI DARI KAYU MANGIUM (*Acacia mangium* Willd.)

### The Characteristics of Glued-Laminated Beams Made from Mangium Wood (*Acacia mangium* Willd.)

Evalina HERAWATI<sup>1)</sup>, Muh. YUSRAM MASSIJAYA<sup>2)</sup> dan Naresworo NUGROHO<sup>2)</sup>

#### ABSTRACT

*Glued-laminated (glulam) beams is one of engineered wood products used for structural applications. The objective of this research is to evaluate characteristics of glulam beams made from Acacia mangium Willd. Laminations used were 2, 4, 6, 8 and 12 cm in widths, 2 cm in thickness and 260 cm in length. Each lamination was graded using Machine Stress Grading (namely by Panter or plank sorter) to determine the modulus of elasticity (MOE) value. The glulam beams were 6 cm x 12 cm in five types of cross-section which arranged by various widths and those MOE of laminations. Glulam beams were bonded by water based polymer isocyanate (WBPI) using 280 g/m<sup>2</sup> double glue spread. The research results showed that glulam beams made from A. mangium Willd. fulfilled the JAS 234:2003 standard as on following properties: moisture content, MOE, MOR, shear strength and immersion delamination test. However, performance of glulam was unsatisfactory in wood failure ratio and boiling water soak delamination test.*

*Keywords: Glulam beam, MOE, MOR, shear strength, delamination*

#### PENDAHULUAN

Eksplorasi yang berlebihan selama beberapa dasawarsa telah menyebabkan kondisi hutan alam rusak parah dan memprihatinkan. Kondisi ini berimplikasi terhadap berkurangnya produksi kayu dari hutan alam, sehingga ketersediaan kayu berdiameter besar yang berasal dari hutan alam dewasa ini semakin terbatas. Di lain pihak, kebutuhan kayu untuk berbagai keperluan semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk.

Dalam rangka memenuhi kebutuhan kayu tersebut, berbagai usaha telah dilakukan diantaranya adalah dengan membangun hutan tanaman. Berdasarkan Statistik Kehutanan Indonesia tahun 2005, produksi kayu bulat dari hutan tanaman sebesar 13,58 juta m<sup>3</sup> sedangkan dari hutan alam sebesar 9,33 juta m<sup>3</sup> (Departemen Kehutanan, 2006). Data ini menunjukkan bahwa pemenuhan kebutuhan kayu pada saat ini lebih banyak berasal dari hutan tanaman.

Meskipun awalnya bukan untuk keperluan struktural namun mengingat produksi kayu dari hutan alam yang biasa digunakan untuk keperluan tersebut semakin terbatas maka kayu dari hutan tanaman ini pun diharapkan dapat menggantikan peranan kayu dari hutan alam (Hardiyanto dan Supriyadi, 2005; Firmanti dan Kawai, 2005). Penggunaan kayu sebagai bahan struktural diantaranya adalah untuk keperluan bahan bangunan rumah atau bangunan lain, pembuatan kuda-kuda, rangka jembatan hingga hanggar pesawat terbang.

Untuk berbagai keperluan struktural tersebut dibutuhkan dimensi kayu yang cukup besar dengan bentang yang panjang. Salah satu cara yang bisa dilakukan untuk mendapatkan kayu dengan dimensi yang diinginkan adalah dengan teknik laminasi. Salah satu produk laminasi yang biasa digunakan sebagai bahan struktural adalah balok laminasi. Selain dimensi, kayu yang digunakan untuk keperluan struktural juga memerlukan persyaratan tertentu menyangkut kekuatannya dalam menahan suatu beban (Sinaga, 1994). Dalam pembuatan balok laminasi, penyusunan setiap lapisan (lamina) dapat diatur sedemikian rupa sehingga bisa meningkatkan sifat-sifat kekuatan kayu yang digunakan.

Berdasarkan arah penyusunan lamina terhadap pembebanan, balok laminasi terbagi atas balok laminasi horizontal dan vertikal (Bodig dan Jayne, 1993). Sementara itu, berdasarkan penyusunan tingkat kekakuan laminanya, balok laminasi terbagi atas balok laminasi seimbang (*balanced*) dan tidak seimbang (*unbalanced*). Pada balok laminasi seimbang, tingkat kekakuan lamina pada zona tekan dan tarik sama, sedangkan pada balok laminasi tidak seimbang, tingkat kekakuan lamina pada zona tarik lebih tinggi dibandingkan dengan lamina pada zona tekan (APA 2003).

<sup>1)</sup> Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian USU, Medan

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

Berdasarkan jenis-jenis balok laminasi yang disebutkan di atas maka penelitian ini mencoba mendesain balok laminasi dengan membuat modifikasi pola penyusunan lamina pada penampang lintangnya. Pola yang dibuat terdiri atas laminasi horizontal seimbang, vertikal dan kombinasi horizontal-vertikal dengan tingkat kekakuan yang berbeda pada zona tarik dan tekannya. Sementara itu, dalam rangka meningkatkan efisiensi penggunaan kayu dengan memanfaatkan seluruh bagian log, maka lamina yang digunakan tersebut memiliki ukuran lebar yang beragam. Sejalan dengan upaya pemanfaatan jenis kayu dari hutan tanaman untuk keperluan struktural, maka jenis kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu mangium (*Acacia mangium* Willd.) yang merupakan salah satu jenis kayu yang banyak ditanam di Hutan Tanaman Industri (HTI).

Penelitian ini bertujuan menentukan karakteristik balok laminasi sebagai kayu struktural yang dibuat dengan cara memodifikasi pola penyusunan dan ukuran lamina pada penampang lintangnya agar didapatkan nilai kekuatan yang paling tinggi dengan memanfaatkan seluruh bagian log.

## BAHAN DAN METODE

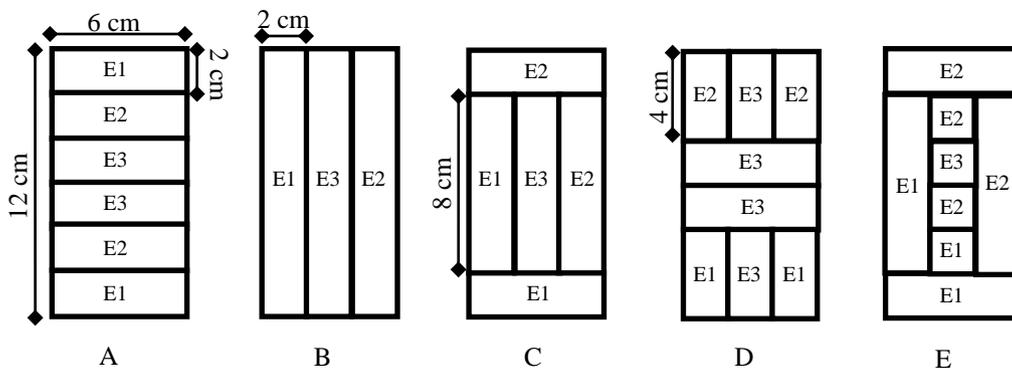
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu mangium yang berasal dari daerah Darmaga dan Jasinga, Bogor, berdiameter 20–35 cm dengan perkiraan umur 7 hingga 10 tahun. Perekat yang dipakai adalah *Water Based Polymer Isocyanate* (WBPI) yang diperoleh dari PT. Polychemi Asia Pasifik, Jakarta.

Proses pembuatan balok laminasi diawali dengan mengkonversi log dengan panjang berkisar 280 cm menjadi lembaran-lembaran papan dengan ketebalan sekitar 2,6 cm.

Papan-papan tersebut kemudian dikeringkan dalam kilang pengering dengan kondisi suhu dan kelembaban yang diatur sampai mencapai kadar air sekitar 12% selama 2 minggu. Setelah itu papan dikondisikan selama 7 hari untuk menyeragamkan kadar air di dalam kayu.

Selanjutnya papan dipotong ujungnya hingga panjangnya menjadi 260 cm lalu dibelah menjadi lamina dengan beberapa ukuran lebar (2, 4, 6, 8 dan 12 cm) kemudian diserut hingga ketebalan 2 cm dan diampelas sampai halus. Ukuran lamina (tebal x lebar x panjang) yang dibuat serta jumlahnya adalah: 2 cm x 2 cm x 260 cm sebanyak 20 buah, 2 cm x 4 cm x 260 cm sebanyak 30 buah, 2 cm x 6 cm x 260 cm sebanyak 60 buah, 2 cm x 8 cm x 260 cm sebanyak 25 buah dan 2 cm x 12 cm x 260 cm sebanyak 15 buah. Ukuran balok laminasi yang akan dibuat adalah 6 cm x 12 cm x 260 cm.

Tahap selanjutnya adalah memilah masing-masing lamina dengan menggunakan Mesin Pemilah Kayu (MPK) Panter. Berdasarkan pemilahan mekanis dengan MPK Panter diperoleh nilai defleksi dari masing-masing lamina, yang akan digunakan untuk menentukan besarnya modulus elastisitas (MOE) tiap lamina. Nilai MOE yang diperoleh kemudian dikelompokkan menjadi tiga kelompok dengan rentang nilai tertentu dan diberi simbol E1, E2 dan E3 dimana  $E1 > E2 > E3$ . Lamina yang telah dikelompokkan berdasarkan nilai MOE-nya pada setiap ukuran lebar disusun menjadi lima tipe (A, B, C, D dan E) balok laminasi dengan penampang lintang seperti terlihat pada Gambar 1. Balok laminasi tipe A merupakan balok laminasi dengan pola laminasi horizontal seimbang, tipe B adalah laminasi vertikal, sementara tipe C, D dan E merupakan kombinasi horizontal-vertikal.



Gambar 1. Susunan lamina berdasarkan ukuran lebar dan MOE pada penampang balok laminasi

Tabel 1. Rentang nilai MOE dan jumlah setiap kelompok lamina pada masing-masing ukuran lebar

Lebar lamina (cm)	Rentang nilai MOE ( $\times 10^4$ kg/cm <sup>2</sup> ) dan jumlahnya						
	E1	Jumlah lamina	E2	Jumlah lamina	E3	Jumlah lamina	Total lamina
2	8,81 – 11,21	5	6,71 – 8,80	10	6,38 – 6,70	5	20
4	8,41 – 11,43	10	7,25 – 8,40	10	5,52 – 7,24	10	30
6	9,06 – 14,10	20	7,16 – 9,05	20	5,28 – 7,15	20	60
8	8,31 – 15,11	10	6,80 – 8,30	10	4,99 – 6,79	5	25
12	8,81 – 10,71	5	7,20 – 8,80	5	4,98 – 7,19	5	15
	Total lamina	50		55		45	150

Selanjutnya pelaburan perekat pada permukaan lamina dilakukan dengan menggunakan kape. Pelaburan dilakukan pada dua permukaan (*double spread*) dengan berat labur 280 g/m<sup>2</sup>. Kempa dingin dilakukan dengan menempatkan lamina yang telah dilaburi perekat di antara dua besi siku. Plat besi dipasang menempel pada besi siku bagian luar lalu diklem dengan jarak klem sekitar 30 cm selama 2 jam. Selanjutnya balok laminasi dikondisikan selama 1 minggu sebelum dilakukan pengujian. Sementara itu, untuk balok laminasi tipe C, D dan E karena pengerjaannya secara bertahap, maka kembali diserut dan diampas sebelum direkat dan dikempa membentuk balok laminasi utuh seperti pada Gambar 1, lalu dikondisikan selama 1 minggu seperti halnya balok tipe A dan B. Masing-masing tipe balok dibuat lima ulangan. Balok laminasi kemudian dipotong untuk pengujian kadar air, modulus elastisitas, modulus patah (MOR), keteguhan rekat dan delaminasi sesuai *Japanese Agricultural Standard for Glued Laminated Timber Notification* No. 234 tahun 2003 (JPIC 2003).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pemilahan Lamina Berdasarkan MOE

Pemilahan lamina dengan MPK Panter menghasilkan nilai modulus elastisitas (MOE) yang digunakan untuk pengelompokan lamina. Nilai MOE pada setiap ukuran lebar dibagi menjadi tiga kelompok dengan rentang nilai tertentu dan diberi simbol E1, E2 dan E3, dimana  $E1 > E2 > E3$ . Rentang nilai MOE dan jumlah masing-masing kelompok untuk setiap ukuran lebar dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan nilai MOE pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa nilai MOE lamina yang dipakai untuk menyusun balok laminasi sangat bervariasi. Nilai yang terendah sebesar  $4,98 \times 10^4$  kg/cm<sup>2</sup> hingga yang tertinggi sebesar  $15,11 \times 10^4$  kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini juga dapat diketahui dari perhitungan nilai koefisien variasi pada masing-masing ukuran lebar 2, 4, 6, 8 dan 12 cm secara berurutan adalah sebesar 18,8%; 18,8%; 24,6%; 30,5% dan 22,0%. Nilai MOE yang bervariasi ini dapat dipahami

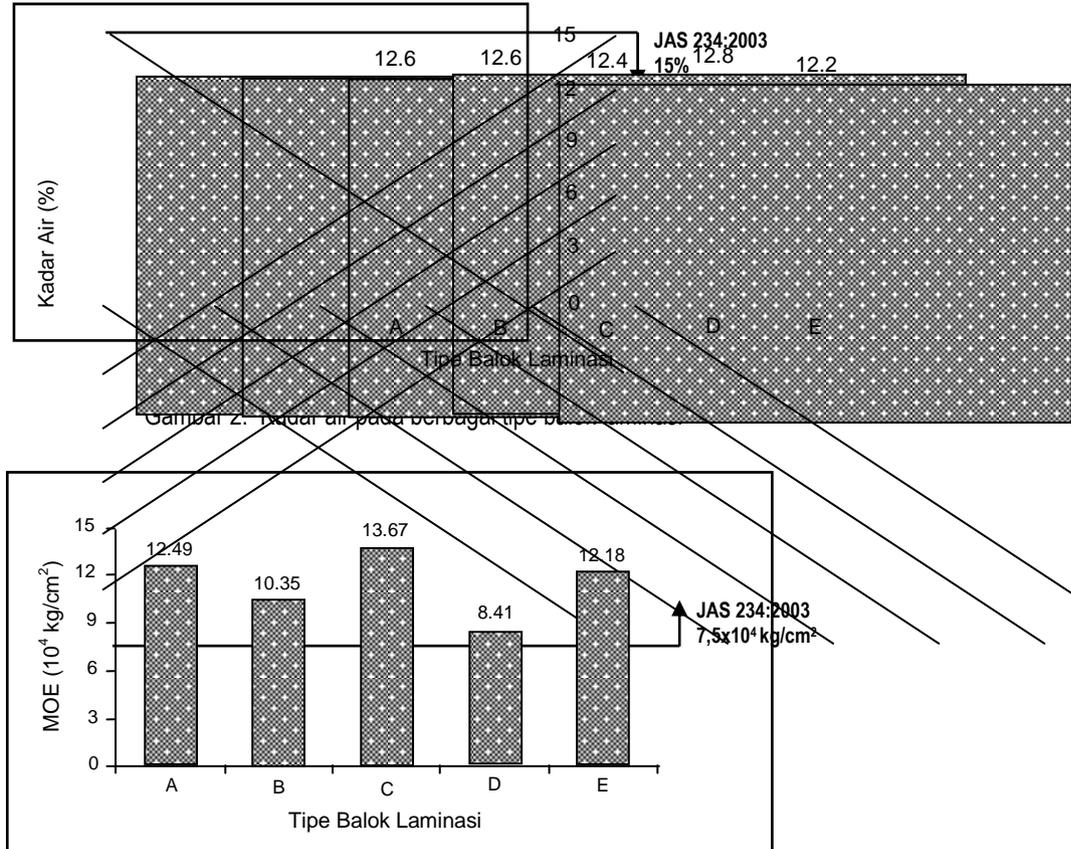
karena pada penelitian ini tidak dilakukan pembatasan nilai minimal atau maksimal yang digunakan dalam pembuatan balok laminasi. Pemilahan yang dilakukan lebih ditujukan untuk mengelompokkan lamina menjadi kategori tinggi (E1), sedang (E2) dan rendah (E3) pada masing-masing ukuran lebar sehingga diharapkan semua lamina dapat digunakan. Tabel 1 juga menunjukkan bahwa nilai MOE tersebut tidak dipengaruhi oleh ukuran lebar lamina tetapi diduga lebih pada kondisi lamina terutama adanya cacat mata kayu atau serat miring. Jenis cacat ini merupakan jenis cacat yang banyak terdapat pada kayu mangium disamping cacat yang timbul setelah proses pengeringan (misalnya membusur) seperti yang dilaporkan dalam penelitian Pradipto (2005).

Selanjutnya penyusunan nilai MOE pada setiap balok laminasi diusahakan merata agar diperoleh balok laminasi yang memiliki kekuatan relatif homogen. Prinsip penyusunan ini adalah dengan menempatkan lamina yang memiliki nilai MOE yang lebih tinggi di bagian luar balok laminasi yang dibuat. Sementara itu, lamina yang memiliki nilai MOE yang lebih rendah ditempatkan di bagian dalam balok laminasi. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan kekakuan balok laminasi yang dihasilkan (Bodig dan Jayne, 1993). Penyusunan lamina dalam pembuatan balok laminasi dengan cara menempatkan lamina yang lebih kuat pada bagian yang mengalami tegangan paling besar (bagian atas dan bawah) dapat memaksimalkan kinerja balok laminasi yang dihasilkan. Demikian juga dengan menempatkan lamina yang memiliki MOE yang lebih tinggi sejauh mungkin dari sumbu netral akan meminimalkan defleksi yang terjadi (Hoyle, 1978).

### B. Karakteristik Balok Laminasi

#### 1. Kadar Air

Hasil pengujian kadar air untuk setiap tipe balok laminasi disajikan pada Gambar 2 dengan kisaran nilai rata-rata sebesar 12,2–12,8%. Kadar air maksimal yang disyaratkan dalam JAS 234:2003 adalah 15% sehingga nilai ini telah memenuhi standar tersebut.



Gambar 3. Nilai rata-rata MOE pada berbagai tipe balok laminasi

Kisaran nilai kadar air ini cukup seragam dilihat dari koefisien variasinya yang kecil yaitu sebesar 2,9% sehingga hasil pengujian kekuatan balok laminasi yang diperoleh tidak lagi dipengaruhi oleh adanya perbedaan kadar air. Sebagaimana diketahui kadar air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan kayu, dimana pada umumnya kekuatan kayu meningkat dengan berkurangnya kadar air di bawah titik jenuh serat. Peningkatan ini terjadi karena adanya perubahan pada dinding sel yang menjadi semakin kompak. Unit strukturalnya (mikrofibril) semakin rapat dan gaya tarik-menarik antara rantai molekul selulosa menjadi lebih kuat (Tsoumis, 1991).

Moody *et al.* (1999) menyatakan bahwa pada umumnya kadar air lamina yang digunakan dalam pembuatan balok laminasi secara komersial adalah 12% atau sedikit di bawahnya. Hal ini karena pada kadar air 12% penyambungan ujung lamina lebih mudah dilakukan dan merupakan kadar air keseimbangan rata-rata untuk kebanyakan aplikasi interior. Oleh karena itu, dengan kadar air sekitar 12%, balok laminasi mangium yang dihasilkan ini diharapkan lebih stabil terhadap perubahan dimensi akibat penyusutan atau pengembangan.

## 2. Modulus Elastisitas

Hasil pengujian balok laminasi menunjukkan nilai rata-rata MOE sebesar  $8,41 \times 10^4$ – $13,67 \times 10^4$  kg/cm<sup>2</sup> (Gambar 3). Jika

dibandingkan dengan nilai MOE minimal yang dipersyaratkan pada standar JAS 234:2003 sebesar  $7,5 \times 10^4$  kg/cm<sup>2</sup> maka nilai MOE semua tipe balok laminasi ini telah memenuhi standar.

Dari lima tipe balok laminasi yang dibuat, dapat dilihat bahwa tipe C memberikan nilai MOE yang paling tinggi, disusul secara berurutan oleh tipe A, E, B dan D. Selain ditentukan oleh nilai MOE penyusunnya, pola penyusunan lamina juga memberikan kontribusi terhadap nilai MOE balok laminasi. Penyusunan lamina secara vertikal pada bagian tengah balok laminasi tipe C dan E membuat balok tipe ini lebih kaku sehingga menghasilkan nilai MOE yang tinggi. Demikian juga tipe B, susunan lamina secara vertikal menghasilkan nilai MOE yang hanya sedikit di bawah nilai MOE tertinggi lamina penyusunnya ( $10,71 \times 10^4$  kg/cm<sup>2</sup>). Sementara itu, untuk balok laminasi tipe A, penyusunan lamina semacam ini menghasilkan kekakuan yang lebih tinggi dengan semakin banyaknya jumlah lapisan seperti dilaporkan dalam penelitian Abdurachman dan Hadjib (2005). Nilai MOE tipe A ini juga tidak jauh berada di bawah MOE tertinggi lamina penyusunnya. Untuk balok laminasi tipe D yang memiliki MOE paling rendah di antara semua tipe balok laminasi, nilai MOE-nya lebih jauh di bawah MOE tertinggi lamina penyusunnya dibandingkan dengan tipe lainnya. Hal ini disebabkan pada bagian atas dan bawah yang tersusun atas lamina lebar 4 cm

terdapat lamina kelompok E3 sehingga mempengaruhi tingkat kekakuan balok laminasi tersebut.

Bila dibandingkan dengan nilai MOE lamina penyusunnya, maka nilai MOE balok laminasi ini lebih besar daripada nilai terendah dari lamina penyusun namun masih di bawah nilai tertinggi lamina penyusunnya. Dengan melakukan penyusunan lamina berdasarkan MOE-nya, maka lamina yang berkualitas rendah (MOE rendah) pun dapat digunakan. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan kayu dimana lamina yang berkualitas tinggi (MOE tinggi) hanya digunakan di bagian luar balok laminasi. Jumlah lamina yang dipakai dalam menyusun balok laminasi ini sekitar 45,3% berada di bawah nilai standar MOE balok laminasi yang dipersyaratkan ( $7,5 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ ). Dengan melihat nilai MOE balok laminasi yang diperoleh maka tipe mana pun dapat digunakan tergantung ketersediaan ukuran lamina, pertimbangan pemakaian perekat dan nilai MOE balok laminasi yang diinginkan. Seperti pada kasus balok tipe C dan E, bagian tengah balok tipe E dapat disusun dari lamina berukuran lebar kecil (2 cm) untuk menggantikan lamina yang lebih lebar (8 cm). Hal ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan namun dengan konsekuensi bahwa kebutuhan perekat yang diperlukan akan semakin banyak.

Sebagai pembanding, nilai MOE balok laminasi dari beberapa hasil penelitian lain dalam ukuran pemakaian (*full scale*), balok laminasi dari kayu eukaliptus dengan penyusunan lamina secara horizontal sebesar  $10,28 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$  (Sinaga dan Hadjib, 1989), kayu kelapa sebesar  $13,62 \times 10^4 - 21,0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$  (Rostina, 2001) dan  $11,34 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$  kombinasi antara kayu mangium dan albizia (Hadi *et al.*, 2005). Perbedaan nilai MOE yang diperoleh dibandingkan dengan hasil penelitian lain disebabkan oleh perbedaan jenis kayu yang digunakan, jumlah lapisan penyusun dan pola penyusunan lamina.

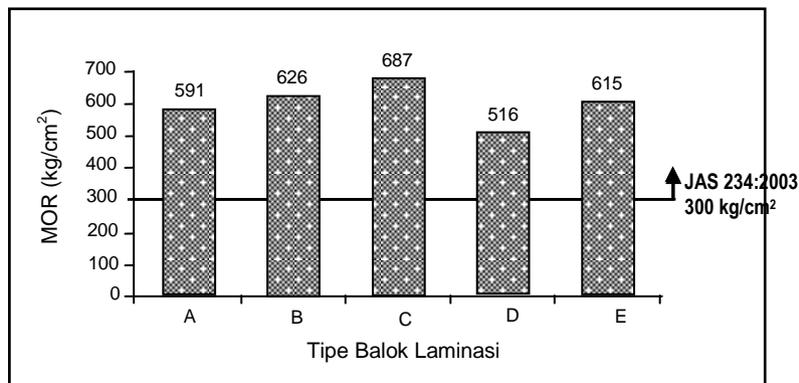
### 3. Modulus Patah

Nilai rata-rata MOR balok laminasi yang dihasilkan adalah sebesar 516–687  $\text{kg/cm}^2$  (Gambar 4). Jika dibandingkan dengan nilai minimal yang dipersyaratkan pada

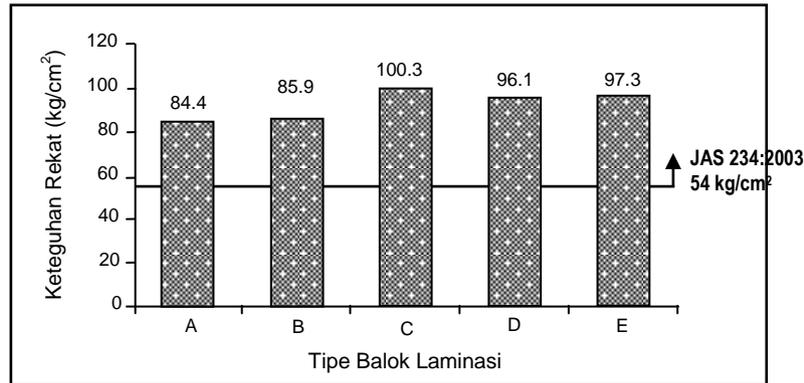
JAS 234:2003 sebesar 300  $\text{kg/cm}^2$ , maka rata-rata MOR semua tipe balok laminasi dari kedua jenis kayu ini telah memenuhi standar.

Balok laminasi tipe C memiliki nilai MOR tertinggi, diikuti tipe B, E, A, dan D secara berurutan. Seperti halnya pada nilai MOE, nilai MOR balok laminasi ini juga dipengaruhi oleh pola penyusunan lamina pada penampang lintangnya. Moody dan Hernandez (1997) menyatakan bahwa penempatan lamina dengan kualitas yang lebih tinggi pada zona tarik akan mengoptimalkan kekuatan lentur balok laminasi. Hal inilah yang terlihat pada balok laminasi tipe C dan E, sedangkan pada tipe D seperti telah disampaikan sebelumnya, adanya lamina kelompok E3 pada zona tekan dan tarik menyebabkan kekuatannya menjadi lebih rendah. Sementara itu, balok laminasi tipe A yang semua lamina penyusunnya tersusun secara horizontal dan tipe B yang tersusun secara vertikal juga memberikan nilai MOR yang tinggi. Berdasarkan nilai MOR yang diperoleh ini maka tipe balok laminasi mana pun dapat digunakan tergantung pada ketersediaan ukuran lamina, pertimbangan pemakaian perekat dan nilai MOR yang diinginkan.

Hasil penelitian lain menunjukkan nilai MOR balok laminasi kayu eukaliptus sebesar 420  $\text{kg/cm}^2$  (Sinaga dan Hadjib, 1989) dan antara 476 sampai 858  $\text{kg/cm}^2$  pada balok laminasi kayu kelapa (Rostina, 2001). Perbedaan nilai MOR yang diperoleh dengan penelitian lain terutama berhubungan dengan karakteristik kayu yang digunakan. Kayu yang memiliki kerapatan lebih tinggi akan memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kayu yang kerapatannya lebih rendah. Disamping kerapatan kayunya, kekuatan juga dipengaruhi oleh ada tidaknya cacat pada kayu tersebut. Cacat yang dapat mengurangi kekuatan kayu antara lain adalah mata kayu, serat miring, retak atau pecah, dan adanya kayu tekan dan kayu tarik (Tsoumis, 1991). Nilai MOR balok laminasi dari kayu mangium yang digunakan dalam penelitian ini masih dapat ditingkatkan dengan cara mereduksi cacat terutama mata kayu dan menyambung kembali kayu dengan sambungan jari (*finger joint*) seperti yang umum digunakan dalam pembuatan balok laminasi secara komersial (Moody dan Hernandez, 1997).



Gambar 4. Nilai rata-rata MOR pada berbagai tipe balok laminasi



Gambar 5. Keteguhan rekat pada berbagai tipe balok laminasi

#### 4. Keteguhan Rekat dan Persentase Kerusakan Kayu

Pengujian keteguhan rekat dilakukan untuk mengetahui kinerja perekat dalam balok laminasi yang dihasilkan. Nilai rata-rata keteguhan rekat sebesar 84,4–100,3 kg/cm<sup>2</sup> (Gambar 5). Keteguhan rekat balok laminasi mangium ini lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian Alamsyah *et al.* (2005) yaitu sebesar 186 kg/cm<sup>2</sup>. Namun jika dibandingkan dengan standar JAS 234:2003 yang mensyaratkan nilai keteguhan rekat minimal 54 kg/cm<sup>2</sup> maka semua tipe balok laminasi tersebut telah memenuhi standar.

Selanjutnya, rata-rata persentase kerusakan kayu pada pengujian keteguhan rekat untuk balok laminasi tipe A, B, C, D dan E secara berurutan adalah 46%, 26%, 20%, 42% dan 32%. Nilai ini menunjukkan bahwa kerusakan contoh uji sebagian besar terjadi pada garis rekatnya sementara kualitas rekatan dinyatakan baik bila kerusakan sebagian besar terjadi pada kayunya. Persentase kerusakan kayu minimal yang dipersyaratkan dalam JAS 234:2003 adalah sebesar 70% sehingga nilai yang diperoleh dari hasil pengujian ini belum memenuhi standar tersebut.

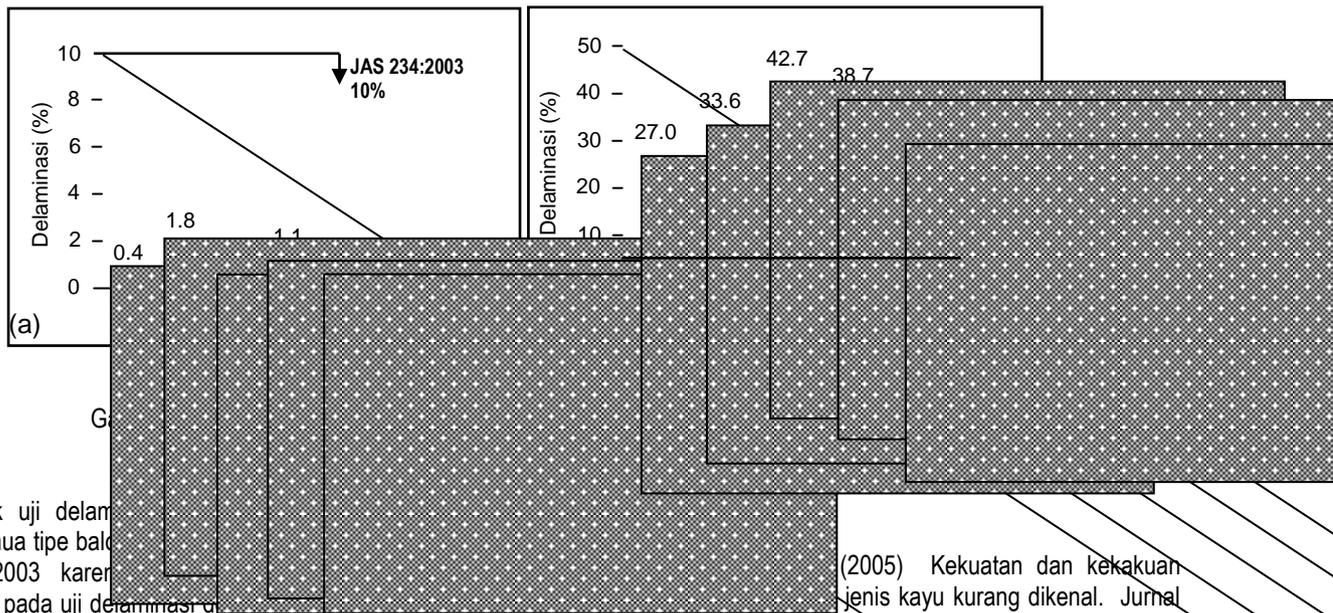
Kualitas rekatan yang diperoleh juga dipengaruhi oleh tingkat keterbasahan kayu yang digunakan. Dari pengukuran terhadap sudut kontak antara perekat dengan permukaan kayu diketahui bahwa rata-rata sudut kontak yang terbentuk adalah sebesar 43°, lebih besar dibandingkan dengan rata-rata sudut kontak yang terbentuk pada kayu afrika dengan menggunakan perekat yang sama yaitu sebesar 34° dengan persentase kerusakan kayu diatas 90% (Herawati, 2007). Besarnya sudut kontak ini merupakan salah satu indikator keterbasahan kayu oleh perekat. Semakin kecil sudut yang terbentuk maka keterbasahan kayu oleh perekat semakin baik.

Vick (1999) menyatakan bahwa pada beberapa keadaan, kerapatan yang tinggi akan menimbulkan kesulitan pada proses perekatan. Hal ini disebabkan tebalnya dinding sel dan kecilnya volume rongga yang mengakibatkan perekat tidak dapat melakukan penetrasi dengan mudah sehingga *interlocking* hanya terjadi pada kedalaman yang terbatas. Hal inilah yang diduga menjadi salah satu penyebab kinerja perekat tidak dapat optimal pada kayu mangium, dimana berdasarkan pengukuran yang dilakukan kerapatan kayu mangium yang digunakan adalah 0,61. Sebab lain diduga berhubungan dengan kandungan zat ekstraktif yang terdapat pada kayu mangium. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan zat ekstraktif pada kayu mangium tergolong tinggi, dimana zat ekstraktif ini dapat menghalangi penetrasi dan pematangan (*curing*) perekat (Alamsyah, 2005).

Selain dipengaruhi oleh sifat-sifat kayunya, kualitas perekatan juga dipengaruhi oleh proses pengempaan (Vick, 1999). Besarnya tekanan pada pengempaan dengan cara klem yang dilakukan pada penelitian ini tidak terukur secara pasti. Berdasarkan kualitas rekatan yang diperoleh, besarnya tekanan kempa kemungkinan belum cukup untuk kayu mangium. Hal ini antara lain terlihat pada garis rekat balok laminasi masih banyak terdapat butiran-butiran perekat yang tidak berpenetrasi ke dalam kayu.

#### 5. Delaminasi

Hasil uji delaminasi dengan perendaman dalam air dingin dan air mendidih dapat dilihat pada Gambar 6. Delaminasi dengan perendaman dalam air dingin menghasilkan nilai sebesar 0,0–1,8% sementara dengan air mendidih sebesar 27,0–42,7%.



Untuk uji delaminasi dalam air dingin, semua tipe balok laminasi memenuhi standar JAS 234:2003 karena nilai delaminasi tidak lebih dari 10%. Sementara pada uji delaminasi dalam air mendidih, hanya satu balok laminasi pun yang memenuhi standar karena nilainya berada di atas nilai minimal yang dipersyaratkan yaitu sebesar 5%. Hal ini berhubungan dengan kualitas rekatannya yang telah dikemukakan sebelumnya selain dari faktor perekatnya sendiri. Hasil penelitian lain dengan perendaman dalam air dingin namun menggunakan vakum menunjukkan nilai yang lebih bervariasi antara 0,0–57,3% (NIWT 2005). Berdasarkan nilai delaminasi dalam air mendidih yang diperoleh, diketahui bahwa perekat isosianat yang digunakan ternyata belum mampu bertahan terhadap kondisi yang ekstrim. Vick (1999) menyatakan bahwa uji delaminasi merupakan indikator ketahanan perekat terhadap adanya tekanan pengembangan dan penyusutan akibat adanya kelembaban dan panas yang tinggi.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Nilai MOE lamina yang digunakan sebagai penyusun balok laminasi sangat bervariasi namun dapat menghasilkan balok laminasi yang memiliki kekuatan yang cukup tinggi berdasarkan nilai MOE dan MOR yang dihasilkan. Hasil pengujian balok laminasi yang meliputi kadar air, MOE, MOR, keteguhan rekat dan delaminasi dengan air dingin telah memenuhi standar JAS 234:2003, sementara untuk nilai persentase kerusakan kayu dan uji delaminasi dengan air mendidih tidak ada yang memenuhi standar. Untuk meningkatkan sifat-sifat kekuatan balok laminasi mangium ini perlu dilakukan penelitian dengan membuat sambungan *finger joint* untuk mereduksi cacat mata kayu serta penelitian lebih lanjut untuk menentukan besar tekanan kempa yang optimal untuk kayu mangium dan perlakuan terhadap pengaruh zat ekstraktifnya sehingga dapat memperbaiki kualitas rekatannya.

(2005) Kekuatan dan kekakuan jenis kayu kurang dikenal. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 23(2) : 87-100.

Alamsyah EM, Yamada M, Taki K (2005) Bond quality of Indonesian and Malaysian fast-growing tree species. In: Wahyu D (ed). *Towards ecology and economy harmonization of tropical forest resources. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Wood Science Symposium*; Bali, 29-31 Agu 2005. Bali: LIPI-JSPS. p 220-227.

[APA] American Plywood Assosiation (2003) *Glulam product guide*. [http://www.apawood.org/glu\\_level\\_b.cfm?content=prd\\_glu\\_main](http://www.apawood.org/glu_level_b.cfm?content=prd_glu_main) [15 Jul 2006].

Bodig J, Jayne BA (1993) *Mechanics of Wood and Wood Composites*. Krieger Publishing Company. Malabar. Florida. USA.

Departemen Kehutanan (2006) *Statistik Kehutanan Indonesia 2005*. Departemen Kehutanan. Jakarta.

Firmanti A, Kawai S (2005) A series of studies on the utilization of *Acacia mangium* timber as structural materials. In: Wahyu D (ed). *Towards ecology and economy harmonization of tropical forest resources. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Wood Science Symposium*; Bali, 29-31 Agu 2005. Bali: LIPI-JSPS. p 463-473.

Hadi M, Subiyanto B, Firmanti A, Komatsu K, Yuwasdiki S (2005) Beam-column joint of *Acacia mangium-Albizia falcataria* glulam with bolt fasteners. In: Wahyu D (ed). *Towards ecology and economy harmonization of tropical forest resources. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Wood Science Symposium*; Bali, 29-31 Agu 2005. Bali: LIPI-JSPS. p 138-144.

Hardiyanto EB, Supriyadi B (2005) The development of sawlog plantation of *Acacia mangium* at PT Musi Hutan Persada, South Sumatera. In: Wahyu D (ed). *Towards ecology*

- and economy harmonization of tropical forest resources. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Wood Science Symposium; Bali, 29-31 Agu 2005. Bali: LIPI-JSPS. p 451-456.
- Herawati E (2007) Karakteristik Balok Laminasi dari Kayu Cepat Tumbuh Berdiameter Kecil. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana IPB (tidak dipublikasikan).
- Hoyle RJ (1978) Wood Technology in the Design of Structures. Mounting Press Publishing Co. Montana.
- [JPIC] Japan Plywood Inspection Corporation (2003) Japanese agricultural standard for glued laminated timber. JPIC. Tokyo.
- Moody RC and Hernandez R (1997) Glued-laminated timber. In: Smulski S (ed). *Engineered Wood Products, A Guide for Specifiers, Designers and Users*. PFS Research Foundation. Madison.
- Moody RC, Hernandez R, Liu JY (1999) Glued structural members. In: Wood Handbook, Wood as an Engineering Material. WI: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison.
- [NIWT] Norwegian Institute of Wood Technology (2005) Gluing of Norway spruce and scots pine with an EPI (emulsion polymer isocyanate) adhesive. [http://www.trefokus.no/document/SSFFLiming\\_28012005\\_Report\\_PwHnQ.pdf](http://www.trefokus.no/document/SSFFLiming_28012005_Report_PwHnQ.pdf). Gluing of Norway. [23 Nov 2006].
- Pradipto S. (2005) Pengujian keteguhan lentur kayu Mangium (*Acacia mangium* Willd.) dengan berbagai metode non destruktif pada contoh kecil bebas cacat dan ukuran pemakaian [skripsi]. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rostina T. (2001) Pengaruh jumlah lapisan dan komposisi kekakuan bahan papan lamina terhadap keteguhan lentur statis balok laminasi kayu kelapa (*Cocos nucifera* Linn.) [skripsi]. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sinaga M (1994) Pengaruh bentuk sambungan dan jumlah paku terhadap kekuatan sambungan kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 12 (3) : 109-113
- Sinaga M, Hadjib N (1989) Sifat mekanis kayu lamina gabungan dari kayu pinus dan eucalyptus. *Duta Rimba* 15 : 113-114.
- Tsoumis G (1991) Science and Technology of Wood. Structure, Properties, Utilization. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Vick CB (1999) Adhesive bonding of wood material. In: Wood Handbook, Wood as an Engineering Material. WI: USDA, Forest Product Service, Forest Products Laboratory. Madison. p. 9.1 – 9.24.