

KARAKTERISTIK FISIS DAN MEKANIS GLULAM JATI, MANGIUM, DAN TREMBESI (*Physical and Mechanical Characteristics of Glulam Made From Laminates of Teak, Mangium and Trembesi*)

Nurwati Hadjib, Abdurachman & Efrida Basri

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor, 16610 Tlp.: 0251-8633378, Fax 0251-8633413
e-mail : nurwati_hadjib@yahoo.com

Diterima 21 Maret 2013, Disetujui 9 April 2015

ABSTRACT

This paper studies the physical and mechanical characteristics of the glued-laminated (glulam) beams made from small diameter of three fast growing species i.e. teak (Tectona grandis L.f), mangium (Acacia mangium Willd.) and trembesi/monkeypod (Samanea saman Merr.) using water based polymer isocyanate (WBPI) as a binder. Six plies of wood combination species were laminated into final dimension of 6 cm x 12 cm x 300 cm. Each laminate was graded using Machine Stress Grading (Panter, plank sorter) to determine its Modulus of Elasticity (MOE). Cross-section of two type of glulam beam was 6 cm x 12 cm, arranged of various widths and based on values of laminate MOE. Results show that the average and range value of the glulam density were 0.658 g/cm³ and 0.557-0.821 g/cm³, with the moisture content of 14.6% (13-16.8%). The average of the glulam modulus of elasticity and modulus of rupture were 75.51(37.016-12.0446) kg/cm² and 494 (145-750) kg/cm² respectively. The glulam made from teak has better MOE and MOR performances compared to those of mangium and trembesi. In general, the results showed that almost all of glulam beams tested meet requirement of JAS (Japanese Agricultural Standard) 2007 for structural glulam in moisture content, MOE, MOR, and shear strength. The glulam qualities can be classified into E65-E95-F225-F270, except for several species combination beams. Based on the strength classified and the ratio of S/W, the glulam can be used as a construction material except glulam teak-trembesi (preserved or unpreserved) and the unpreserved trembesi-trembesi. The three types of glulam can be utilized for the lightweight construction.

Keywords: Glulam, teak, mangium, trembesi, wood structural

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisis dan mekanis serta pengaruh komposisi jenis dan perlakuan pengawetan pada glulam baik sejenis maupun campuran sebagai bahan baku kayu pertukangan dan kayu konstruksi. Glulam dibuat dari kayu jati, mangium dan trembesi baik sejenis maupun campuran, terdiri dari enam lapis dengan ukuran 6 cm x 12 cm x 300 cm. Setiap lamina dinilai menggunakan *Mechine Stress Grading* (Panter, plank sorter) untuk menentukan nilai Modulus Elastisitas (MOE)-nya. Dua tipe penampang balok lamina berukuran 6 x 12 cm disusun berdasarkan variasi lebar dan nilai MOE masing-masing lamina. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan glulam berkisar antara 0,557-0,821 g/cm³ dengan rata-rata 0,658 g/cm³. Nilai rata-rata kadar air glulam berkisar antara 13-16,8% dengan rata-rata 14,6%. Nilai rata-rata modulus elastisitas glulam yang diuji berkisar antara 37,016-12,0446 kg/cm² dengan rata-rata 75,251 kg/cm² sedangkan keteguhan lentur patahnya (MOR) berkisar antara 145-750 kg/cm² dengan rata-rata 494 kg/cm². Glulam yang dibuat dari kayu jati merupakan yang terbaik dibandingkan dengan glulam kayu mangium dan trembesi. Berdasarkan nilai kerapatan, kadar air, MOE, MOR tekan sejajar serat dan keteguhan geser rekat glulam yang dibuat memenuhi standar mutu glulam struktural (Standar Jepang, JAS-2007) dan dapat digunakan untuk kayu

konstruksi dan tergolong mutu E65-F225 sampai E95-F270. Berdasarkan kelas kuat dan rasio S/W, glulam yang diteliti dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi kecuali glulam jati-trembesi (diawet maupun tidak diawet) dan trembesi-trembesi tidak diawet. Ketiga jenis glulam tersebut dapat dimanfaatkan untuk konstruksi yang tidak mensyaratkan kekuatan seperti kusen pintu, kusen jendela dan rangka partisi.

Kata kunci : Glulam, jati, mangium, trembesi, kayu struktural

I. PENDAHULUAN

Kayu merupakan bahan utama pada konstruksi bangunan perumahan, terutama untuk perumahan sederhana tipe menengah ke bawah. Sebagai bahan konstruksi, kayu memiliki beberapa kelebihan diantaranya dapat diperbaharui (*renewable*), kekuatan tarik tinggi, dapat dibuat dengan berbagai macam desain dan warna, memberi efek hangat, bahan penyekat yang baik pada perubahan suhu di luar rumah, dapat meredam suara, mengandung keindahan alami, dan memiliki nilai arsitektur tinggi (Rizky, 2011). Kayu sebagai bahan bangunan selain ditentukan oleh faktor kekuatan juga keawetan alaminya. Bagaimanapun kuatnya kayu itu, penggunaannya tidak akan berarti jika keawetannya rendah. Hasil penelitian Martawijaya (1990) menunjukkan bahwa sekitar 85% kayu Indonesia tergolong kelas awet rendah (III-V), sehingga untuk dapat dipergunakan dengan memuaskan harus diawetkan terlebih dahulu.

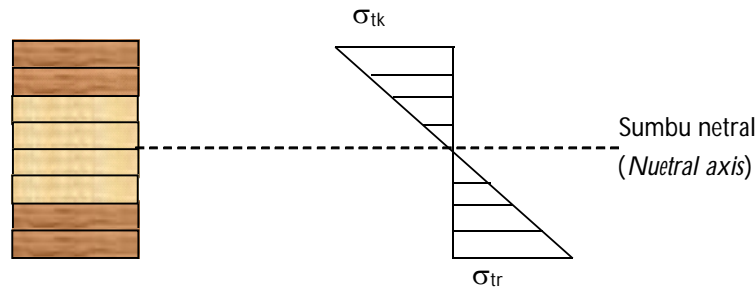
Permasalahan defisit bahan baku kayu perumahan tersebut hanya dapat diatasi melalui pengembangan jenis kayu alternatif, antara lain dengan memanfaatkan kayu lokal seperti kayu yang berasal dari tanaman, baik hutan tanaman industri maupun tanaman rakyat. Sekitar tahun 1990-an telah dikembangkan jenis-jenis kayu cepat tumbuh (*fast growing*) seperti kayu mangium, gmelina, sengon dan lain-lain yang ditanam di areal hutan tanaman dan hutan rakyat. Kayu dari hutan tanaman dan hutan rakyat memiliki potensi cukup besar, namun kayunya berdimensi kecil dan bermutu rendah karena berumur muda, sehingga kerapatan dan kekuatannya lebih rendah dari kayu asal hutan alam. Selain itu kayu muda tersebut juga mengandung banyak cacat seperti mata kayu, dan kulit tersisip.

Salah satu cara untuk mengatasi sifat inferior kayu muda adalah dengan teknologi glulam.

Glulam atau *Glued Laminated Timber* adalah susunan beberapa lapis kayu direkatkan satu sama lain secara sempurna menjadi satu kesatuan tanpa terjadi diskontinuitas perpindahan tempat (Gurdal et al., 1999) dalam Sulistyawati et al., 2009). Glulam seringkali dipromosikan mempunyai sifat mekanis yang lebih baik daripada kayu solid karena dua alasan yaitu: 1) lamina dapat diatur sehingga yang terlemah digunakan sebagai lapisan inti (*core*), 2) cacat kayu pada lamina dapat didistribusikan sehingga tidak terkumpul pada satu titik. Untuk tujuan penghematan kayu pada pembuatan glulam dipakai penampang ekonomis berdasarkan konsep tegangan balok tertentu seperti Gambar 1.

Pada bagian atas dari diagram menunjukkan serat terluar mengalami tegangan tekan maksimum akibat beban lentur pada balok lamina, sebaliknya pada bagian bawah mengalami tegangan tarik maksimum. Sedangkan pada bagian tengah (garis netral) tidak terjadi tegangan tekan maupun tarik, jadi semakin mendekati garis netral tegangan semakin kecil. Oleh karena itu pada bagian tersebut dapat menggunakan jenis kayu yang memiliki kerapatan maupun kekuatan yang rendah, dengan kata lain kayu yang bermutu tinggi ditempatkan pada bagian sisi terluar balok lamina (Siddiq, 1989).

Di Indonesia, penelitian mengenai kayu lamina skala laboratorium sudah banyak dilakukan di antaranya Karnasudirdja (1989) yang telah meneliti kayu lamina yang terbuat dari kayu kapur, meranti merah dan jati berukuran 5 cm x 5 cm x 90 cm dengan menggunakan perekat phenol formaldehida (PF). Hasilnya menunjukkan bahwa glulam dari ketiga jenis kayu tersebut tidak mengalami penurunan kekuatan dibandingkan dengan kayu utuhnya. Selanjutnya Abdurachman dan Hadjib (2005) telah meneliti kayu lamina campuran dari jenis kayu bipa dan khaya



Keterangan (remarks) : σ_{tr} = Tegangan tarik (Tension stress); σ_{tk} = Tegangan tekan (Compression stress)

Gambar 1. Diagram tegangan lentur balok
Figure 1. Bending stress diagram of beam

berukuran 5 cm x 5 cm x 70 cm yang disusun berdasarkan nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) papan lamina dan direkat dengan perekat phenol resorsinol formaldehida (PRF). Hasilnya menunjukkan bahwa berdasarkan kelas kekuatan kayu Indonesia dan tegangan kayu yang diperkenankan menurut PKKI 1961, kayu lamina yang diteliti tergolong kayu kelas III – II.

Malik dan Santoso (2005) telah meneliti sifat keteguhan lentur statis balok lamina dari tiga jenis kayu limbah pembalakan hutan tanaman, yaitu tusam, damar dan gmelina berdasarkan masa kempa dan komposisi pelapis. Kayu lamina yang dibuat terdiri dari 3 lapis berukuran 5 cm x 6 cm x 50 cm menggunakan perekat lignin resorsinol formaldehida (LRF), tanin resorsinol formaldehida (TRF), phenol resorsinol formaldehida (PRF) dengan komposisi lapisan pinus, gmelina, damar, pinus-gmelina-damar, pinus-damar-pinus dan pinus-gmelina-pinus. Hasilnya adalah masa kempa delapan jam menghasilkan glulam dengan nilai MOE tertinggi dan masa kempa 15 jam menghasilkan nilai modulus of rupture (MOR) tertinggi. Sedangkan berdasarkan, nilai MOE dan MOR, menghasilkan komposisi lapisan terbaik yaitu damar-damar-damar. Tulisan ini mempelajari karakteristik fisis dan mekanis serta pengaruh komposisi jenis dan perlakuan pengawetan pada glulam baik sejenis maupun campuran sebagai bahan baku kayu pertukangan dan kayu konstruksi. Glulam dibuat dari kayu jati, mangium dan trembesi baik sejenis maupun campuran, terdiri dari enam lapis dan berukuran 6 cm x 12 cm x 300 cm.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Peralatan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu jati cepat tumbuh, mangium, dan trembesi yang diperoleh dari hutan tanaman, Jawa Barat. Bahan kimia yang diperlukan antara lain perekat *Water Based Isocyanate Polymer* (WBPI) dengan hardenernya dan bahan pengawet CCB. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gergaji belah, gergaji potong, mesin serut, alat kempa, tangki pengawet, tungku pengeringan, timbangan, oven, kaliper, alat ukur panjang dan alat uji mekanis *Universal Testing Machine*, (UTM).

B. Metode

Kegiatan penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu persiapan contoh uji, pembuatan glulam dan pengujian.

1. Persiapan contoh uji

Dolok kayu jati, mangium dan trembesi dibelah menjadi lembaran papan dengan masing-masing tebal, lebar dan panjang berukuran 2,5 cm x 8,5 cm x 300 cm. Papan-papan tersebut dikeringkan di dalam kilang pengering dengan suhu dan kelembaban yang telah diatur untuk memperoleh kadar air kayu $\leq 14\%$.

Papan yang telah kering diawetkan dengan *copper, chrome, boron* (CCB) dengan metode vakum tekan. Pevakuman awal dilakukan selama 15 menit untuk mengalirkan larutan bahan pengawet ke dalam silinder vakum. Setelah itu diberi tekanan

sebesar 10 kg/cm² selama satu jam lalu divakum akhir selama 15 menit. Setelah diawetkan, kemudian papan dikering-udarkan sampai kadar airnya mencapai 12-14%. Mutu dan ukuran papan lamina diusahakan seragam dan terhindar dari cacat yang akan mempengaruhi kekuatan glulam terutama cacat pinggul dan mata kayu terlalu besar.

2. Pembuatan glulam

Glulam dibuat terdiri dari glulam kayu mangium-mangium, jati-jati, trembesi-trembesi, mangium-trembesi dan jati-trembesi. Terhadap glulam tersebut diberikan perlakuan pengawetan, dan hasilnya dibandingkan dengan contoh uji

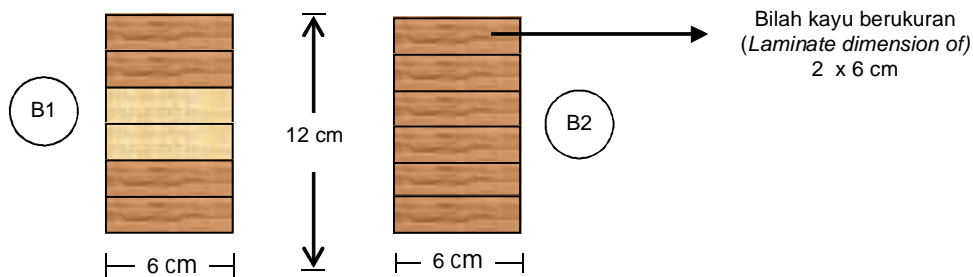
tanpa diawetkan. Secara skematis glulam yang dibuat disajikan pada Gambar 2.

Setelah papan lamina disusun, dilaburi perekat isosianat dengan berat labur 200 g/m², direkat dan dikempa dengan alat kempa dingin selama empat jam, kemudian dikeluarkan dari alat kempa dan di-biarkan selama satu minggu. Tahap berikutnya ada-lah perataan sisi hingga menjadi glulam berukuran penampang bersih 6 cm x 12 cm x 300 cm.

3. Pengujian

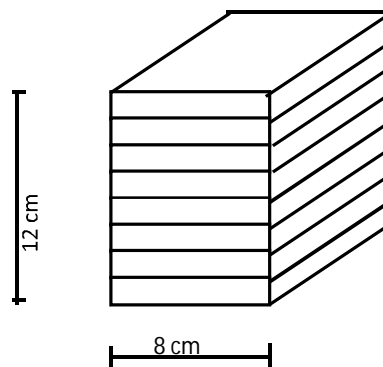
Untuk pengujian sifat fisis dan mekanis, dibuat contoh uji dengan bentuk dan ukuran sesuai Standar Jepang (JAS, 1996) sebagai berikut

- a. Kerapatan: 8 cm x 12 cm x 10 cm.



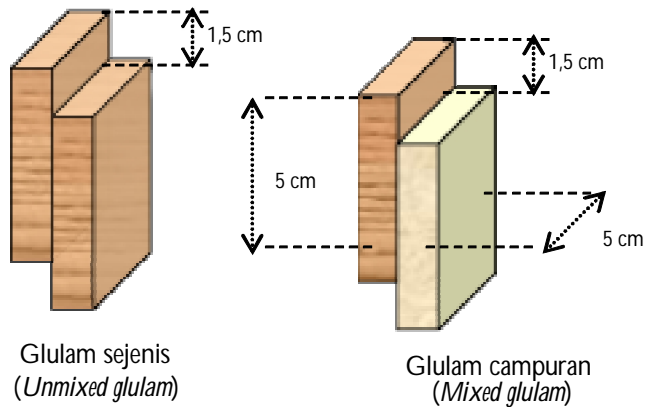
Keterangan (*Remarks*): B1 = Glulam campuran (*mixed glulam*) mangium-trembesi dan jati-trembesi; B2 = Glulam sejenis (*unmixed glulam*) mangium-mangium, trembesi-trembesi dan jati-jati

Gambar 2. Penampang glulam campuran dan sejenis
(*Figure 2. Cross section of the mixed and unmixed glulam*)

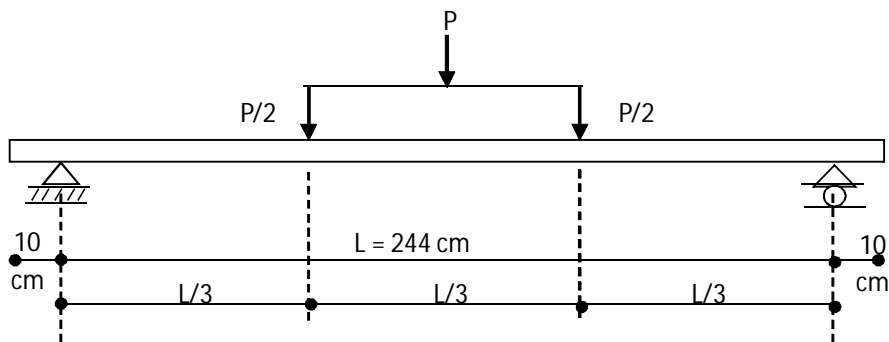


Gambar 3. Contoh uji kerapatan dan kadar air
(*Figure 3. Density and moisture content samples*)

b. Keteguhan geser rekat



Gambar 4. Contoh uji keteguhan geser rekat
Figure 4. Sample of shear strength



Gambar 5. Cara pengujian lentur statik dua titik beban
Figure 5. Two points loading for static bending test

c. Keteguhan lentur statik

Pengujian keteguhan lentur statik glulam struktural dilakukan pada posisi tidur (*flat wise*) dengan sistem pembebanan dua titik (*two point loading*) ditunjukkan pada (Gambar 5).

C. Analisis Data

Data rata-rata hasil pengamatan ditampilkan dalam bentuk tabel. Kemudian diuji statistik dengan rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorial masing-masing tiga ulangan. Faktor yang diamati adalah komposisi jenis kayu, arah pembebanan dan pengawetan. Sedangkan parameter ujinya adalah kadar air, kerapatan, MOE, MOR, keteguhan tekan sejajar serat, dan keteguhan geser rekat. Jika terdapat perbedaan pada respon yang diamati maka analisa dilanjutkan dengan uji beda rata-rata berdasarkan simpangan

baku (*Individual 95% cis for mean based on pooled stdev*) dengan bantuan perangkat lunak Minitab 16.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Fisis

1. Kadar air dan kerapatan

Nilai rata-rata kadar air dan kerapatan glulam disajikan pada Tabel 1. Kadar air glulam berkisar antara 13-16,8% dengan rata-rata 14,6%.

Pada umumnya glulam yang dibuat memenuhi persyaratan kadar air (<15%), (JAS, 2007) kecuali glulam yang dibuat dari mangium tanpa diawetkan, trembesi diawetkan maupun tanpa diawetkan. Kadar air balok lamina sangat dipengaruhi oleh kadar air kayu penyusunnya. Kadar air kayu jati (JUN) yang masih sangat muda

Tabel 1. Nilai rata-rata kadar air dan kerapatan glulam
Table 1. Average of glulam moisture content and density

Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Kadar air (<i>Moisture content</i>), %	Kerapatan (<i>Density</i>), g/cm ³
AA	15,7	0,699
AAD	14,3	0,703
AT	14,2	0,703
ATD	14,3	0,679
JJ	13,1	0,660
JJD	12,8	0,679
JT	12,5	0,633
JTD	14,0	0,598
TT	16,2	0,778
TTD	16,8	0,611

Keterangan (*Remarks*): AA = mangium-mangium; AAD mangium-mangium diawetkan (*Durability treatments*); AT = mangium-trembesi; ATD = mangium-trembesi diawetkan (*Preserved*); JJ = jati-jati; JJD = jati-jati diawetkan (*Preserved*); JT = jati-trembesi; JTD = jati-trembesi diawetkan (*Preserved*); TT = trembesi-trembesi; TTD = trembesi-trembesi diawetkan (*Preserved*)

(5 tahun), lebih cepat mengering dibandingkan kayu trembesi dan mangium. Pada kayu yang masih muda, dinding selnya lebih tipis, kemampuan mengikat airnya juga lebih rendah (Haygreen & Bowyer, 1982).

Nilai rata-rata kerapatan glulam yang dibuat berkisar antara 0,557-0,821 g/cm³ dengan rata-rata 0,658 g/cm³. Pada Tabel 1 terlihat bahwa hanya glulam dari jati-trembesi (diawetkan dan tanpa diawetkan) dan trembesi-trembesi yang tidak memenuhi standard Jepang (JAS, 2007). Sementara itu sifat glulam sangat ditentukan oleh sifat kayu penyusunnya. Dari sidik ragam (Tabel 5), tampak bahwa pengawetan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air dan kerapatan glulam.

B. Sifat Mekanis

Sifat mekanis yang penting dalam perencanaan pemanfaatan kayu untuk bahan struktural adalah MOE, MOR dan keteguhan tekan sejajar serat. Nilai rata-rata hasil pengujian sifat mekanis glulam yang dibuat dari kayu jati, mangium dan trembesi dengan perekat isosianat disajikan pada Tabel 2.

Nilai rata-rata modulus elastisitas glulam yang diuji berkisar antara 37.016-120.446 kg/cm² dengan rata-rata 75.251 kg/cm² sedangkan keteguhan lentur patahnya (MOR) berkisar antara 145-750 kg/cm² dengan rata-rata 494 kg/cm².

Secara umum, glulam yang dibuat dapat memenuhi standard Jepang (JAS, 2007), kecuali glulam jati-trembesi dan trembesi-trembesi. Hasil

sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pengawetan tidak menyebabkan perbedaan nyata pada MOE, sedangkan posisi pengujian (berdiri dan tidur), menyebabkan perbedaan MOE. MOE glulam pada posisi berdiri lebih tinggi dari pada posisi tidur.

Modulus of Rupture (MOR) merupakan kemampuan benda untuk menahan beban lentur maksimum sampai benda tersebut mengalami kerusakan. Berdasarkan persyaratan MOR dan keteguhan tekan sejajar serat glulam JAS (2007), maka glulam yang dibuat memenuhi standard mutu glulam struktural. Seperti halnya MOE tergolong kelas E 65-F225 - E95-F270.

Nilai rata-rata keteguhan geser blok glulam yang diteliti berkisar antara 22,0-64,2 kg/cm² dengan rata-rata 38,4 kg/cm². Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa semua glulam baik yang dibuat sejenis maupun dari campuran jenis jati, mangium dan trembesi memenuhi standard JAS (2007). Akan tetapi berdasarkan kemudahannya untuk direkat, kayu mangium, jati dan trembesi yang diawetkan menunjukkan kelas baik (*good*), sedangkan yang tidak diawetkan kurang baik (Tabel 4).

Keteguhan geser blok yang dihasilkan pada penelitian ini mempunyai nilai rata-rata yang lebih tinggi dari pada hasil penelitian Putra et al., (2007), dimana keteguhan geser blok kayu lamina kamper yang direkat dengan epoxy, yaitu sebesar 32,5 kg/cm². Sementara hasil penelitian keteguhan rekat kayu dari limbah pembalakan dengan

Tabel 2. Nilai rata-rata hasil pengujian sifat mekanis glulam
Table 2. Average of mechanical properties of glulam tested

Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Posisi pembebanan (<i>Loading position</i>)	Kerapatan (<i>Density</i>), g/cm ³	Keteguhan lentur statis (<i>Static bending</i>), kg/cm ²			Keteg.Tekan // serat (<i>Compression // to the grain</i>), kg/cm ²
			MPL	MOE	MOR	
AA	Berdiri (<i>Edge-wise</i>)	0,69	408	112.998	1.296	331
	Tidur (<i>Flat-wise</i>)	0,70	286	83.442	894	328
	Rata-rata	0,70	347	98.220	1.095	329
AAD	Berdiri (<i>Edge-wise</i>)	0,73	229	60.629	820	337
	Tidur (<i>Flat-wise</i>)	0,68	260	101.653	1.182	332
	Rata-rata	0,70	245	81.141	1.001	335
AT	Berdiri (<i>Edge-wise</i>)	0,73	344	52.189	1.018	315
	Tidur (<i>Flat-wise</i>)	0,68	390	90.977	1.125	330
	Rata-rata	0,70	367	71.583	1.071	323
ATD	Berdiri (<i>Edge-wise</i>)	0,67	314	58.735	864	324
	Tidur (<i>Flat-wise</i>)	0,69	380	91.137	1.137	316
	Rata-rata	0,68	347	74.936	1.001	320
JJ	Berdiri (<i>Edge-wise</i>)	0,66	359	59.133	1.242	317
	Tidur (<i>Flat-wise</i>)	0,66	413	116.405	1.502	339
	Rata-rata	0,66	386	87.769	1.372	328
JJD	Berdiri (<i>Edge-wise</i>)	0,67	315	53.834	1.233	337
	Tidur (<i>Flat-wise</i>)	0,69	401	106.120	1.438	334
	Rata-rata	0,68	358	79.977	1.335	335
JT	Berdiri (<i>Edge-wise</i>)	0,65	319	55.140	954	317
	Tidur (<i>Flat-wise</i>)	0,61	324	73.691	722	283
	Rata-rata	0,63	321	64.415	838	300
JTD	Berdiri (<i>Edge-wise</i>)	0,60	346	56987	1182	329
	Tidur (<i>Flat-wise</i>)	0,60	391	84076	1191	310
	Rata-rata	0,60	369	70532	1187	319
TT	Berdiri (<i>Edge-wise</i>)	0,79	293	50172	863	318
	Tidur (<i>Flat-wise</i>)	0,76	321	79631	999	291
	Rata-rata	0,78	307	64902	931	304
TTD	Berdiri (<i>Edge-wise</i>)	0,63	339	69072	632	283
	Tidur (<i>Flat-wise</i>)	0,60	310	78310	812	283
	Rata-rata	0,61	324	73691	722	283

Keterangan (*Remarks*): A : mangium, T : trembesi, J : jati; D : diawet (*preserved*); MPL = modulus pada batas proporsi (*modulus of proportional limit*); MOE : modulus elastisitas (*modulus of elasticity*); MOR : modulus patah (*modulus of rupture*).

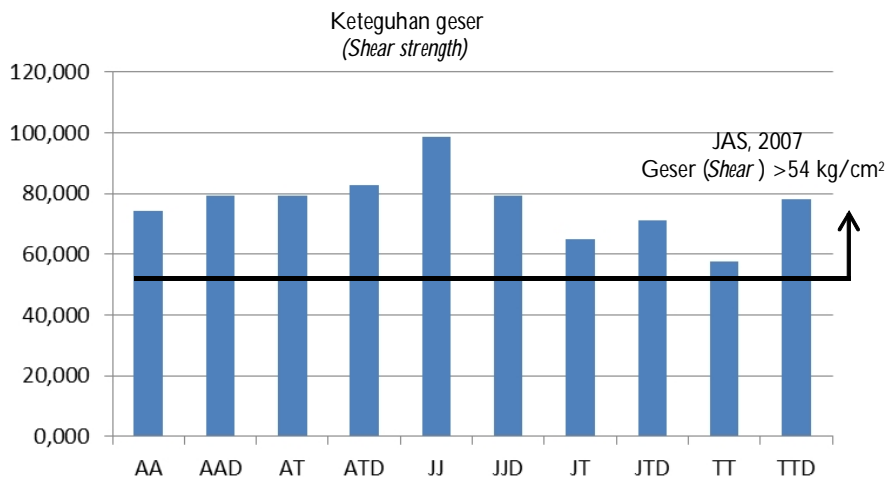
perekat tanin resorsinol formaldehida sebesar 15 kg/cm² (Malik dan Santoso, 2005). Menurut Abdurachman et al. (2007), keteguhan rekat kayu karet dan gmelina dengan perekat PRF, masing-masing sebesar 15-39 dan 20-31 kg/cm², sedangkan menurut Sulistyawati et al. (2007) keteguhan rekat glulam mangium yang direkat dengan *polyurethane* hasilnya antara 100-113,6 kg/cm².

Hasil pengujian perekat Tjondro dan Dewi (2009) menunjukkan besarnya gaya geser glulam meranti dengan perekat *strong epoxy*, yaitu antara 5,6 – 7,0 MPa sedangkan Tjondro dan Ferdianto (2009); menunjukkan bahwa keteguhan geser glulam meranti yang direkat dengan perekat "*strong epoxy*" adalah berkisar antara 56-70 kg/cm², dengan perekat epoxy sebesar 31-40 dan dengan aibon sebesar 28-41 kg/cm².

Tabel 3. Sidik ragam perlakuan terhadap sifat mekanis glulam
Table 3. Anova of treatment on glulam mechanical properties

Sumber (Sources)	Db (Df)	Jumlah kuadrat (Sum square)		
		Kerapatan (Density), (g/cm ³)	MOE (kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)
GLT	9	0.59724*	2.67785E+09*	462366*
Posisi (Position)	1	0.03923	1.76709E+10*	222885*
Interaksi (Interaction)	9	0.29901	5.01323E+09*	135666*
Galat (Error)	40	1.22184	3.46823E+09	138524
Total	59	2.15732	2.88303E+10	959442

Keterangan (Remarks) : Db (Df) : Derajat bebas (degree of freedom) ; GLT : glue laminated timber ;
 MOE : modulus elastisitas (modulus of elasticity); MOR : modulus patah (modulus of rupture)



Keterangan (Remarks) : AA = mangium-mangium; AAD mangium-mangium diawetkan (Durability treatments); AT = mangium-trembesi; ATD = mangium-trembesi diawetkan (Preservated); JJ = jati-jati; JJD = jati-jati diawetkan (Preservated); JT = jati-trembesi; JTD = jati-trembesi diawetkan (Preservated); TT = trembesi-trembesi; TTD = trembesi-trembesi diawetkan (Preservated)

Gambar 6. Histogram keteguhan geser blok kayu lamina
Figure 6. Shear strength histogram of glue laminated blocks

Nilai rasio kekuatan kayu terhadap berat (*strength to weight ratio*) suatu bahan, dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan pemanfaatannya untuk konstruksi. Nilai rasio kekuatan glulam yang dibuat terhadap beratnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan kelas kuat dan rasio S/W glulam yang dibuat, dapat dikatakan bahwa semua glulam yang dibuat dapat dimanfaatkan untuk konstruksi kecuali glulam jati-trembesi (diawet maupun

tidak) dan trembesi. Ke tiga jenis glulam tersebut dapat dimanfaatkan untuk konstruksi yang tidak mensyaratkan kekuatan.

IV. KESIMPULAN

Pembuatan glulam dari jati (J), mangium (A) dan trembesi (T) yang diawetkan dan tidak diawetkan menunjukkan bahwa berat glulam yang

Tabel 4. Keteguhan geser blok balok lamina
Table 4. Shear strength of glue laminated blocks

Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Keteguhan. geser (<i>Shear strength</i>), kg/cm ²	%-kerusakan (%- <i>failure</i>)	Kelas mutu (<i>Quality class</i>)
AA	74,14	34	Jelek sekali (<i>Very bad</i>)
AAD	79,30	76	Baik (<i>Good</i>)
AT	79,37	32	Jelek sekali (<i>Very bad</i>)
ATD	82,71	18	Jelek sekali (<i>Very bad</i>)
JJ	98,52	77	Baik (<i>Good</i>)
JJD	79,37	96	Baik sekali (<i>Very good</i>)
JT	64,84	50	Jelek (<i>Bad</i>)
JTD	71,23	22	Jelek sekali (<i>Very bad</i>)
TT	57,61	22	Jelek sekali (<i>Very bad</i>)
TTD	77,97	68	Baik (<i>Good</i>)

Tabel 5. Rasio kekuatan terhadap berat glulam yang diteliti
Table 5. Strength to weight ratio of the tested glulam

Jenis glulam (<i>Glulam composition</i>)	Kerapatan (<i>Density</i>), g/cm ³	<i>Strength to weight ratio</i> (<i>S/W</i>)	Kelas kuat* (<i>Strength class</i>)
AA	0,699	1568	E95-F270
AAD	0,703	1424	E85-F255
AT	0,703	1524	E75-F240
ATD	0,679	1474	E75-F240
JJ	0,660	2081	E85-F255
JJD	0,679	1967	E75-F240
JT	0,633	1325	E65-F225
JTD	0,598	1986	E65-F225
TT	0,778	1198	E65-F225
TTD	0.611	1182	E75-F240

dibuat tergolong sedang, kerapatan glulam berkisar antara 0,557-0,821 g/cm³ dengan rata-rata 0,658 g/cm³. Nilai rata-rata kadar air glulam berkisar antara 13-16,8% dengan rata-rata 14,6%.

Perlakuan pengawetan kayu tidak mempengaruhi sifat fisis maupun mekanis glulam yang dibuat. Namun untuk meningkatkan umur pakainya, kayu-kayu tersebut perlu diawetkan terlebih dahulu.

Posisi pengujian glulam tegak dan tidur berpengaruh nyata terhadap kekuatan glulam. Pada bagian struktur, glulam sebaiknya digunakan dalam posisi berdiri agar lebih kuat menahan beban.

Secara umum glulam yang dibuat memenuhi standard mutu glulam struktural JAS - 2007 dan

dapat digunakan untuk kayu konstruksi dan tergolong mutu E65-F225 sampai E95-F270.

Berdasarkan kelas kuat dan rasio S/W, semua glulam yang dibuat dapat dimanfaatkan untuk konstruksi kecuali glulam jati-trembesi (diawet/JTD maupun tidak diawet/JT) dan trembesi-trembesi tidak diawet (TT). Ketiga jenis glulam tersebut dapat dimanfaatkan untuk konstruksi yang tidak mensyaratkan kekuatan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurachman & Hadjib. N. (2005). Kekuatan dan kekakuan balok lamina dari dua jenis kayu kurang dikenal. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 23(2), 87-100.

- Abdurachman, Hadjib, N., Rachman, O. & Santoso, A. (2007). Pembuatan glulam untuk struktur lengkung. *Laporan Hasil Penelitian*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- JAS (1996). Japanese Agricultural Standard for structural glued laminated timber. *Notification No. 111 of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries*.
- JAS (2007). Glued laminated timber. *Japanese Agricultural Standard. MAFF, Final rev. Notification No. 1152*. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. Japan.
- Karnasudirdja S. (1989). Kekuatan kayu lamina yang dibuat dari tiga jenis kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 6(5), 281-287.
- Malik J., & Santoso, A. (2005). Keteguhan lentur statik balok lamina dari tiga jenis kayu limbah pembalakan hutan tanaman. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 23(5), 385-397.
- Martawijaya A. (1990). Sifat dasar beberapa jenis kayu yang berasal dari hutan tanaman dan hutan alam. *Prosiding Diskusi Hutan Tanaman Industri. 1991*. Jakarta: Badan Litbang Kehutanan.
- Putra, D., Sugita, I.N. & Padmi, N.W. (2007). Tegangan geser ultimit epoxy-resin pada sambungan balok kayu yang dibebani gaya tekan sejajar serat. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 11(2).
- Rizky, A. (2011). *Bahan konstruksi pertama dan terakhir*. Banjarmasin: Banjarmasin Post. 30 Juli 2011.
- Siddiq (1989). Penggunaan glulam untuk komponen struktur bangunan gedung dan Perumahan. *Seminar Glue Laminated Timber Tahun 1989*. Jakarta: Departemen Kehutanan.
- Sulistiyawati, I., Surjokusumo, S., Hadi, Y.S. & Nugroho, N. (2007). The bending of vertically and horizontally glued laminated timber by transformed section area method. *Proceedings of The Indonesian Wood Research Society Conference*. Pontianak.
- Tjondro, J. A. & Ferdianto, D. (2009). Kuat tekan dan modulus elastisitas glulam dari kayu berat jenis rendah. *Simposium Nasional 'Peningkatan Peran FTTH dalam Penelitian dan Pengembangan IPTEK untuk Menunjang Revitalisasi Hasil Hutan Indonesia Tahun 2009*. Bogor.
- Tjondro, J. A. & Dewi, K. (2009). Uji eksperimental modulus elastisitas dan kuat lentur balok glulam; *Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia ke-XII Tahun 2009*. Bandung.