

KETEGUHAN LENTUR STATIS SAMBUNGAN JARI PADA BEBERAPA JENIS KAYU HUTAN TANAMAN

(Static Bending Strength of Finger-jointed of Some Wood Species of Plantation Forest)

Oleh/By:

Osly Rachman & Nurwati Hadjib¹

1. Pusat Litbang Hasil Hutan, Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor, Tlp/Fax: 86333413-8633378

Diterima 29 April 2008; disetujui 10 Juni 2008

ABSTRACT

Research on finger jointed board of gmelina, mangium, manii, rubber-wood and sengon originated from forest plantation revealed that density effected their bonding and bending strength and jointed efficiency. MOE and MOR increased with the increasing wood density, and reached the maximum density of 0.456, while maximum Jointed efficiency was 86% at the density value of 0.380. Although only sengon wood can reach this value, all wood tested were matching with jointed efficiency standard. Sengon and rubber wood can be utilized as non structural uses, while gmelina, mangium and manii as construction uses. Bending strength of wood tested can be predicted by its density ($R^2=0.72$). Bending strength is the best predictor for jointed efficiency ($R^2=0.85$), MOE can be used to predict MOR value as they have 79.4% significantly relationship.

Key words : Finger-jointed, strength, jointed efficiency

ABSTRAK

Penelitian kayu sambung jari pada kayu gmelina, mangium, manii, karet dan sengon dari hutan tanaman menunjukkan bahwa kerapatan kayu sangat mempengaruhi keteguhan rekat lentur statik serta efisiensi sambungan papan sambung jari. MOE dan MOR meningkat dengan kenaikan kerapatan kayu dan mencapai maksimum pada kerapatan 0,456. Efisiensi sambungan jari mencapai maksimum pada kerapatan 0,380, yaitu 86%. Walaupun hanya sengon yang dapat mencapai maksimum, namun semua kayu yang diteliti memenuhi standar untuk efisiensi sambungan. Kayu sengon dan karet dapat dimanfaatkan untuk keperluan non struktural, sedangkan gmelina, mangium dan manii dapat dimanfaatkan untuk konstruksi. Kerapatan kayu dapat menjadi penduga terbaik keteguhan rekat ($R^2=0,72$). Keteguhan rekat dapat digunakan sebagai penduga terbaik efisiensi sambungan ($R^2=0,85$). Nilai MOR dapat diduga dari nilai MOE-nya, karena 79,4% dari nilai MOR kayu sambung jari yang diteliti dipengaruhi oleh nilai MOE-nya.

Kata kunci : Sambungan jari, kekuatan, efisiensi sambungan

I. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan baku kayu dari hutan tanaman, baik Hutan Tanaman Industri (HTI) maupun hutan rakyat, untuk industri perkerajinan semakin besar bersamaan meningkatnya realisasi pembangunannya. Fenomena lain adalah semakin luasnya spektrum pemanfaatan kayu dari hutan tanaman, di mana suatu jenis kayu yang pada awal penanamannya diperuntukkan sebagai bahan baku industri pulp dan kertas, namun saat ini pemanfaatannya juga intensif untuk kayu pertukangan. Dengan demikian semakin banyak jenis kayu hutan tanaman yang tersedia untuk kayu pertukangan, akan tetapi penelitiannya masih terbatas.

Salah satu kelemahan kayu hutan tanaman bila digunakan sebagai kayu pertukangan adalah ketidak mampuannya menghasilkan papan atau balok berukuran besar seperti pada kayu hutan alam. Hal ini karena doloknya berdiameter kecil dan adanya tegangan tumbuh sehingga mudah mengalami pecah dan atau retak pada saat penggergajian dan pengeringan (Rachman, *et al.*, 2005). Menurut Sakuma dan Boh (1998) untuk mengatasinya dapat dilakukan dengan teknik perekatan sambungan jari pada ujung-ujung beberapa potongan pendek (*end-to-end gluing*) dengan perekat menjadi potongan yang panjang sesuai keinginan. Teknik ini sudah umum dipakai untuk memproduksi potongan kayu bebas cacat yang selanjutnya dapat digunakan untuk kayu pertukangan, seperti: kayu bentukan (*mouldings*), komponen mebel, kayu lamina dan *glulam*. Namun, penelitian tentang sifat kekuatan dan pemanfaatan jenis kayu hutan tanaman masih belum memadai.

Menurut Ratnasingam (2001) sambungan jari pada ujung-ujung potongan kayu sangat efektif karena bagian ini paling *porous* sehingga memudahkan perekat mengalir ke dalam kayu membentuk ikatan perekat yang lebih kuat dibandingkan dengan sambungan perekat sisi-ke-sisi (*edge-to-edge joint*) dan sisi-ke-ujung (*edge-to-end joint*). Sambungan jari yang dibuat dengan baik akan mudah mencapai kekuatan sambungan sekitar 85% dari kayu utuhnya. Kekuatan sambungan jari dipengaruhi oleh banyak faktor, di antaranya: rancang bangun jari (*finger joint design*), sudut kemiringan jari (*slope angle = Φ*) dan kelas kuat kayu. Dalam hubungan ini, bila kerapatan kayu lebih-kurang dari 0,45 kg/m³ biasanya cukup sesuai untuk sambungan jari. Tulisan ini menginformasikan hasil penelitian sifat keteguhan sambungan jari menggunakan perekat tanin formaldehida pada lima jenis kayu hutan tanaman yang memiliki kerapatan relatif bervariasi.

II. BAHAN DAN METODE

A. Persiapan Contoh Uji

Bahan kayu yang digunakan adalah papan yang digergaji dari dolok yang dikumpulkan dari lima jenis kayu hutan tanaman di daerah Jawa Barat. Papan dipilih, kemudian dibuat contoh uji bebas cacat sebanyak 15 potong untuk setiap jenis kayu, berukuran tebal dan lebar masing-masing 20 mm dan panjang 50 cm. Contoh uji dikeringkan sampai kering kilang kemudian diukur sifat fisiknya, yaitu kadar air dan kerapatan menurut ASTM D 143-94 (Anonim, 2002). Kondisi contoh uji sebelum perekatan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi contoh uji
Table 1. Sample condition

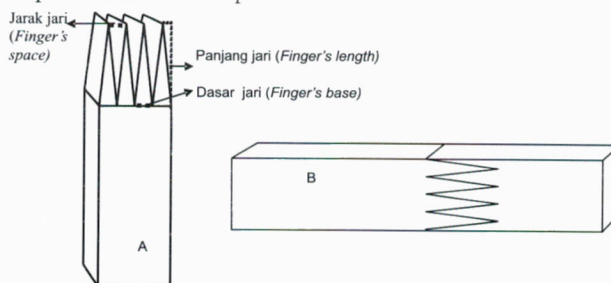
Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Kadar air (<i>Moisture Content</i>) (%)		Kerapatan (<i>Density</i>) (g/cm^3)		Jumlah contoh (<i>Number of sample</i>)
	Rata-rata <i>Average</i>	Std	Rata-rata <i>Average</i>	Std	
Gmelina (<i>Gmelina arborea</i>)	14,08	1,66	0,52	0,035	5
Mangium (<i>Accacia mangium</i>)	13,06	2,3	0,47	0,026	5
Manii (<i>Maesopsis eminii</i>)	11,18	1,38	0,45	0,036	5
Karet (<i>Havea brasiliensis</i>)	12,58	1,91	0,43	0,036	5
Sengon (<i>Paraserienthes falcataria</i>)	9,92	1,21	0,26	0,018	5

Keterangan (remark) : Std = standard deviasi (*Standard deviation*)

B. Prosedur Penelitian

Untuk pengujian keteguhan rekat, contoh uji direkat sisi-ke-sisi dengan berat labur perekat tannin formaldehida (TF) 170 g/m² dan masa kempa dingin 24 jam. Untuk membuat sambungan jari, ujung contoh uji dikerat sehingga membentuk profil seperti jari dengan mesin *finger cutting*. Panjang dan dasar jari masing-masing adalah 14 mm dan 3 mm sehingga sudut kemiringan jari adalah 1/9,3 atau 0,1 (Gambar 1)

Semua ujung contoh uji berjari dilaburi perekat TF dengan berat labur 170 g/m², selanjutnya dikempa dingin selama 24 jam. Setelah pengempaan contoh kayu diangkat dan dirapikan bagian sisi-sisinya serta disimpan pada suhu ruangan selama 7 hari. Pengujian keteguhan lentur statis sambungan jari dilakukan setelah selesai masa penyimpanan tersebut. Variabel yang diuji adalah keteguhan rekat, modulus elastisitas (MOE), modulus patah (MOR) dan efisiensi sambungan. Pengujian keteguhan rekat mengikuti standar JAS (Anonim, 2003). Sedangkan, pengujian MOE dan MOR mengikuti ASTM D 143-94 (Anonim, 2002). Adapun, efisiensi sambungan dihitung berdasarkan rasio MOE sambungan jari dan MOE kayu utuhnya, ditetapkan dalam satuan persen.



Gambar 1. Bentuk keratan profil jari (A) dan sambungan jari (B)
Figure 1. Finger cutting design (A) and finger jointing (B)

Data hasil pengamatan dikumpulkan dan ditabulasi. Analisis data menggunakan rancangan acak lengkap, terdiri atas 5 perlakuan, yaitu jenis kayu dan 5 ulangan tiap perlakuan. Analisis yang dipakai adalah analisis varians satu arah dan analisis regresi. Data diolah dengan bantuan komputer dengan program Minitab 14 (Trihendardi, 2006)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian keteguhan rekat, lentur statis dan efisiensi sambungan jari pada lima jenis kayu hutan tanaman yang diteliti disajikan pada Tabel 2.

Pada Tabel 1 terlihat bahwa kerapatan kayu yang diuji bervariasi dari 0,26-0,52 g/cm³, tergantung jenis kayunya. Perbedaan jenis kayu menyebabkan perbedaan MOE, MOR dan efisiensi sambungan. Hal ini dapat dilihat pada sidik ragam pengaruh jenis kayu terhadap kerapatan, MOE, MOR, keteguhan rekat dan efisiensi sambungan jari pada Tabel 3.

Tabel 2. Rata-rata keteguhan rekat, lentur statis dan efisiensi sambungan jari pada lima jenis kayu hutan tanaman

Table 2. Mean value of bonding strength, static bending strength and bonding efficiency of finger jointed board of five plantation wood species

Jenis kayu (Wood species)	Keteguhan rekat (Bonding strength, kg/cm ²)	Lentur statis (Static bending) kg/cm ²		Efisiensi sambungan (Jointed efficiency, %)
		MOE	MOR	
Gmelina/GM	47.1 (2.51)	58437 (3737)	260 (45)	72 (8)
Mangium/ MG	48.9 (1.88)	67059 (3510)	294 (6)	76 (7)
Manii/ MN	49.0 (1.63)	59760 (3493)	273 (35)	76 (4)
Karet/ KR	50.4 (1.93)	60708 (5800)	244 (30)	80 (5)
Sengon/SG	51.0 (0.94)	46499 (7108)	184 (53)	86 (2)

Keterangan (Remark): Angka dalam kurung merupakan standar deviasi (The numbers in the brackets are standard deviations)

Nilai MOE dipengaruhi oleh jenis kayu, nilai terendah terdapat pada kayu sengon yang berbeda nyata terhadap mangium (Tabel 3). Selain itu jenis kayu juga mempengaruhi nilai keteguhan rekat, lentur statis dan efisiensi sambungan. Hal ini kemungkinan disebabkan karena perbedaan kerapatannya. Untuk mengetahui perbedaan tersebut dibuat perbandingan nilai tengah perlakuan seperti pada Tabel 4.

Tabel 3. Sidik ragam pengaruh jenis kayu terhadap kerapatan, MOE, MOR dan efisiensi sambungan jari kayu hutan tanaman

Table 3. Analysis of variance of the effect of wood species on density, MOE, MOR and finger jointed efficiency of plantation wood

Sumber keragaman (Source of variance)	Faktor (Factor)	Df	Fc	P
Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Keteguhan rekat (<i>Bonding strength</i>)	4	3,37	0,029
Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	MOE	4	11,40	0,000
Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	MOR	4	6,27	0,002
Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Efisiensi sambungan (<i>Jointed efficiency</i>)	4	4,51	0,009

Keterangan (*remarks*): Df = Derajat bebas (*Degree of freedom*); Fc = F hitung (*F calculate*); P = Peluang (*Probability value*)

Hasil perbandingan nilai tengah menunjukkan bahwa pengaruh kerapatan kayu terhadap keteguhan rekat, keteguhan lentur statis dan efisiensi sambungan kayu sambung jari tidak nyata, kecuali pada sengon. Hal ini karena kayu sengon mempunyai kerapatan rata-rata terendah dibanding kayu lainnya, sehingga pada kayu sengon yang lebih porus dibanding lainnya akan mempunyai permukaan rekat yang lebih besar, dengan demikian kekuatan rekatnya menjadi lebih tinggi, demikian pula efisiensi sambungannya (Ratnasingam, 2001).

Tabel 4. Perbandingan nilai tengah perlakuan

Table 4. Comparison of mean values

Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Kerapatan (<i>Density</i>)		Keteguhan rekat (<i>Bonding strength</i>)		MOE		MOR		Eff.samb (<i>Jointed eff.</i>)	
	Rata-rata (<i>Mean</i>)	Group	Rata-rata	Group	Rata-rata (<i>Mean</i>)	Group	Rata-rata (<i>Mean</i>)	Group	Rata-rata (<i>Mean</i>)	Group
GM	0,52	A	47,1	A	58437	A	260,4	A	71,6	A
KR	0,43	B	50,4	AB	60708	A	244,4	AB	80,1	AB
MG	0,47	AB	48,9	AB	67059	A	294,0	A	76,0	AB
MN	0,45	B	49,0	AB	59760	A	273,4	A	76,0	BC
SG	0,26	C	51,0	BC	46499	B	183,8	B	85,6	BC

Keterangan (*Remark*): Huruf yang sama pada kolom group berarti tidak berbeda nyata (*Same letter in the same column means not significantly different*)

Keeratan hubungan antara kerapatan dengan sifat papan sambung dapat dilihat pada Tabel 5. Kayu dengan kerapatan rendah perekatannya lebih efektif, tetapi pada kerapatan yang terlalu tinggi efektifitas perekat akan menurun (Ruhendi, *et al.*, 2007).

Hubungan kerapatan dengan keteguhan rekatnya digambarkan sebagai Keteguhan. Rekat = $36,41 + 92,98 \text{ Rpt} - 140,5 \text{ Rpt}^2$ ($R^2 = 71,8\%$) (Gambar 2A). Keteguhan rekat maksimum tercapai bila $d_{\text{Ket.Rekat}}/d_{\text{Rpt}} = 0$. Hasil perhitungan menunjukkan keteguhan rekat maksimum tercapai pada kerapatan = $0,331 \text{ g/cm}^3$. Menurut Ruhendi, *et al.*, (2007), pada kayu dengan kerapatan yang terlalu rendah, keteguhan rekatnya rendah, hal ini diduga karena ketidaksesuaian kekuatan perekat dan kayu, sehingga kerusakan pada saat pengujian terjadi pada kayunya. Kayu berkerapatan tinggi umumnya memiliki konsentrasi ekstraktif yang menghalangi pematangan perekat. Pada kayu berkerapatan tinggi yang mengalami perubahan dimensi karena perubahan kadar air, sulit terjadi ikatan karena dibutuhkan tekanan yang lebih besar. Analisis regresi pada Tabel 5 menunjukkan bahwa MOE dan MOR meningkat dengan kenaikan kerapatan, kemudian pada kerapatan tertentu menurun. Persamaan regresi hubungan antara kerapatan dengan MOE dan MOR disajikan pada Tabel 5.

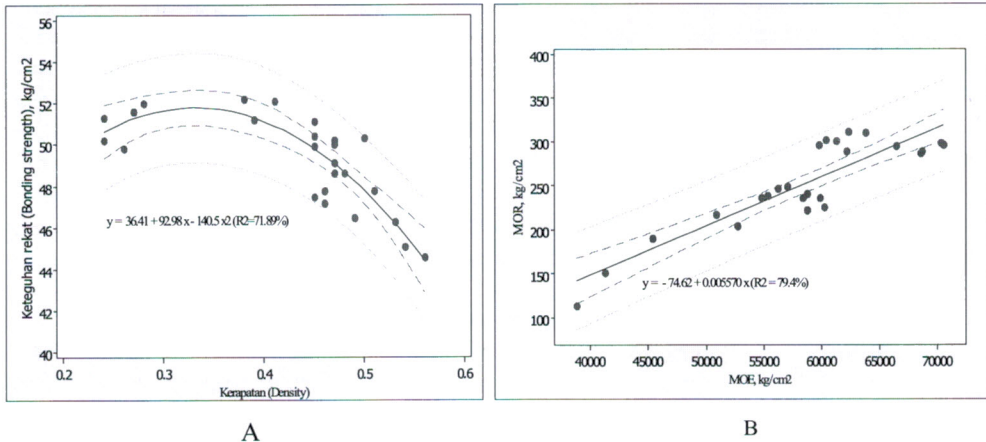
Tabel 5. Ringkasan regresi dan sidik ragam regresi sambung jari
Table 5. Summary of finger jointed regression and analysis of variance's regression

Prediktor (Predictor)	Respons (Resposns)	Persamaan regresi (Equation regression)	Sumber keragaman (Source of variance)	Df	Fc	P
Kerapatan Density	MOE	$\text{MOE} = -5610 + 275239 \text{ rpt} - 279580 \text{ rpt}^2$ ($R^2=0,61$)	Regresi Regression	2	17,2	0,000
Kerapatan Density	MOR	$\text{MOR} = -150,1 + 1779 \text{ rpt} - 1876 \text{ rpt}^2$ ($R^2=0,48$)	Regresi Regression	2	18,65	0,000
Kerapatan Density	Ket.Rekat	$\text{Ket. Rekat} = 36,41 + 92,98 \text{ Rpt} - 140,5 \text{ Rpt}^2$ ($R^2=0,72$)	Regresi Regression	2	28,06	0,000
MOE	MOR	$\text{MOR} = -74,62 + 0,005570 \text{ MOE}$ ($R^2=0,79$)	Regresi Regression	1	88,63	0,000
Ket. Rekat Bonding strength	Efs Samb.	$\text{Efs} = -68,64 + 2,976 \text{ Ket.rekat}$ ($R^2=0,85$)	Regresi Regression	1	133,92	0,000

Keterangan (remarks): Df= derajat bebas (degree of freedom); Fc = F hitung (F calculated); P = peluang (probability)

Ringkasan regresi dan sidik ragam regresi kayu sambung jari pada Tabel 5 menunjukkan keeratn hubungan antara kerapatan dengan MOE, MOR, keteguhan rekat, dan efisiensi sambungan, serta antara MOE dengan MOR dan keteguhan rekat dengan efisiensi sambungan jari. Dari persamaan regresi hubungan antara kerapatan dengan MOE dan MOR didapat nilai MOE sambungan terbesar tercapai pada kerapatan $0,492$ dan MOR sambungan terbesar tercapai pada kerapatan kayu $0,474 \text{ gram/cm}^3$. Nilai ini sesuai dengan hasil penelitian Ratnasingam (2001) yang menyebutkan kayu dengan kerapatan lebih-kurang $0,45 \text{ kg/m}^3$ biasanya cukup sesuai untuk sambungan jari. Kekuatan kayu

dapat diduga dari nilai kerapatan atau MOE-nya (Surjokusumo, 1999). Hal ini menunjukkan bahwa Kerapatan kayu yang diteliti merupakan penduga yang baik untuk MOE dan MOR kayu sambungan jari yang diteliti.



Gambar 2. Hubungan regresi
Figure 2. Regression relationship

- A. Antara keteguhan rekat dengan efisiensi sambungan
(Between bonding strength and jointed efficiency)
- B. Antara antara MOE dengan MOR
(Between MOE and MOR)

Keeratan hubungan antara MOE dengan MOR (Gambar 2B), menunjukkan bahwa hubungan antara MOE dan MOR kayu yang diteliti merupakan hubungan linier dengan persamaan $MOR = -74.62 + 0.005570 \text{ MOE}$ ($R^2 = 0.794$). Persamaan ini menunjukkan bahwa 79,4% dari nilai MOR bilah sambung jari yang diteliti dapat diduga dari nilai MOE-nya. Hubungan regresi ini dapat dimanfaatkan untuk menduga kekuatan kayu tanpa merusak (*non destructive test*) pada penggunaan di lapangan (Surjokusumo, 1999)

Menurut klasifikasi kuat acuan berdasarkan nilai modulus elastisitasnya, maka kayu mangium dengan sambungan jari setara dengan kayu kelas mutu TS-5 (Anonim, 1988 dan Bahtiar, 2003) dan jenis kayu lainnya kurang sesuai untuk keperluan konstruksi. Kayu pada kelas TS-5 merupakan kayu dari kelas kuat acuan terendah, sehingga dalam pemakaiannya untuk konstruksi perlu memperhatikan beban yang akan diterima dan faktor lain yang mempengaruhi kekuatan kayu.

Berdasarkan nilai kerapatan, MOE dan MORnya, maka kayu sengon dan karet dengan sambungan jari setara dengan kayu kelas kuat V dan sisanya tergolong kelas kuat IV. Dengan kenyataan ini, maka sengon dan karet dengan sambungan jari yang diteliti hanya sesuai untuk tujuan non struktural, sedangkan sisanya dapat digunakan untuk konstruksi ringan (Oey, 1990).

Efisiensi sambungan dipengaruhi oleh keteguhan rekatnya (Tabel 5). Semakin tinggi keteguhan rekatnya, semakin tinggi efisinesi sambungannya. Efisinesi sambungan

meningkat dengan kenaikan kerapatan kayu dan mencapai maksimum pada kerapatan 0.312 g/cm^3 , yaitu 85.6%. Dari data hasil pengujian pada Tabel 2, dapat dilihat hanya kayu sengon yang dapat mencapai nilai maksimum tersebut. Akan tetapi nilai efisiensi sambungan yang didapat dari jenis kayu lainnya memenuhi standar BS 5268-1984, di mana untuk keperluan struktural efisiensi sambungan terendah 75% (Anonim, 1984). Dengan demikian walaupun belum mencapai maksimum, tetapi untuk semua jenis kayu yang diteliti telah memenuhi syarat sambungan kayu struktural. Selain kerapatan, efisiensi sambungan juga dipengaruhi oleh keteguhan rekatnya. Hal ini dapat dilihat dari nilai R^2 hubungan regresi antara efisiensi sambungan dengan keteguhan rekat yang mencapai 85%.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Perbedaan jenis kayu yang diteliti mempengaruhi kerapatan, keteguhan rekat, MOE, MOR dan efisiensi sambungan papan sambung jari (*finger jointed board*).
2. Kerapatan kayu sangat mempengaruhi keteguhan rekat, MOE, MOR dan efisiensi sambungan papan sambung jari (*finger jointed board*). Keteguhan rekat, lentur statis dan efisiensi sambungan kayu sengon dan karet tidak berbeda, tetapi berbeda terhadap gmelina, manii dan mangium. MOE dan MOR meningkat dengan kenaikan kerapatan kayu dan mencapai maksimum pada kerapatan 0,456.
3. Efisiensi sambungan jari mencapai maksimum pada kerapatan 0,38, yaitu 86%. Berdasarkan efisiensi sambungannya, maka hanya kayu sengon yang dapat mencapai maksimum. Namun demikian semua kayu yang diteliti memenuhi standar BS 5268-1984 untuk efisiensi sambungan pada kayu struktural.
4. Modulus elastisitas (MOE) kayu sambungan jari yang diteliti dapat menjadi penduga terbaik untuk MOR. Sebesar 79,4% dari populasi nilai MOR kayu sambung jari yang diteliti dapat diduga dari nilai MOEnya. Menurut klasifikasi kuat acuannya, maka kayu mangium termasuk kelas mutu TS5 yang sesuai untuk keperluan konstruksi ringan.
5. Berdasarkan klasifikasi kekuatan kayu Indoneisa, maka kayu sengon dengan sambungan jari dapat dimanfaatkan untuk keperluan non struktural, sedangkan gmelina, mangium dan manii dapat dimanfaatkan untuk konstruksi ringan.

B. Saran

Untuk meningkatkan pemakaian jenis-jenis kayu tersebut, maka kayu dengan sambungan jari dapat dibuat glulam struktural, dengan mengatur susunan dan komposisi jenis kayu dan posisi sambungan sesuai dengan sifat dan persyaratan yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1984. British Standard : Structural Use of Timber. Part 2. Code of Practice for Permissible Stress Design, Materials and Workmanship. British Standard Institution. London. England.
- _____. 1988. Lampiran Keputusan Menteri Kehutanan, Tanggal 2 Januari 1988, No. 005/Kpts-II/88 : SKI. C-bo-010-1987. Spesifikasi kayu bangunan untuk perumahan. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- _____. 1999. Wood Hand Book, Wood as an Engineering Material. Report FPL - GTR 113. USDA Forest Service. Madison.
- _____. 2002. Annual Book of ASTM Standard. Section Four : Construction. ASTM D 143-94. Vol. 04.10. Wood. Baltimore. USA.
- _____. 2003. Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI NI-5). RSNI-4. BSN. Jakarta.
- _____. 2003. Japanese Agricultural Standard for Glued Laminated Timber. Notification No. 234 February 27, 2003. JPIC. Tokyo.
- Bahtiar, E.T. 2003. Pendugaan kekuatan kayu konstruksi dalam ASD (Allowable Stress Design) dan LRFD (Load and Resistance Factor Design). Modul pada Pelatihan Pemilahan Kayu Konstruksi. Fakultas Kehutanan, IPB tanggal 8-9 Mei 2003. Tidak diterbitkan
- Oey, D.S. 1990. Berat jenis dari jenis-jenis kayu Indonesia dan pengertian beratnya kayu untuk keperluan praktek. Pengumuman No. 3. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor.
- Rachman, O., N. Hajib dan J.Balfas. 2005. Diversifikasi Bahan Baku dan Produk Industri Pengolahan Kayu. Prosiding Seminar Hasil Litbang Hasil Hutan 2005 tanggal 30 November 2005 di Bogor. Halaman 99 - 116. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Ratnasingam, J. 2001. Finger joint for better quality. Asian Timber Jurnal 20(4): 23 - 25. Azan Media Group. Menara MMA, Kualalumpur. Malaysia.
- Ruhendi, S., Koroh, D.N., Syamani, F.A., Yanti, H., Nurhaida, Saad, S. dan Sucipto, T. 2007. Analisis Perekatan Kayu. Fakultas Kehutanan, IPB. Bogor.
- Sakuma, H. and T.K.Boh. 1998. Bending strength of finger-jointed *Accacia mangium* timber in Serawak. International conference on acacia species, wood properties and utilization. Penang. Malaysia.
- Surjokusumo, S. 1999. Bahan kuliah keteknikan kayu. Fakultas Kehutanan, IPB. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Trihendradi, C. 2007. Statistik six sigma dengan minitab. Andi Offset. Yogyakarta.