

Analisis Kualitas Perlekatan Kayu Laminasi Mangium dengan Perkat Polistirena (Analysis of Adhesion Quality of Mangium Laminated Wood with Polystyrene Resin)

Tito Sucipto^{a*}, Surdiding Ruhendi^b

^aProgram Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara Jl. Tri Dharma Ujung No. 1 Kampus USU Medan 20155 (*Penulis Korespondensi, Telp./Fax. 061-8201920, E-mail: titomedan@yahoo.com)

^bDepartemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor Kampus IPB Darmaga, PO BOX 168 Bogor 16001 Telp. 0251-621285, 0251-621677, Fax. 0251-621285, 0251-621256 E-mail: jthh-ipb@indo.net.id.

Diterima: 17 Mei 2011. Disetujui: 8 Februari 2012

Abstract

Adhesion quality effected by adhesive and adheren quality, adhesion process, and product purpose condition. Materials in this research used mangium wood (Acacia mangium) and polystyrene resin. The objective of the research was to know the adhesion quality of laminated wood and effect of fiber orientation (axial/ A; radial/ R; tangensial/ T), glue spread (120; 170 g/cm²) and glue spread system (single spread/ SS; double spread/ DS) to adhesion quality of laminated wood. The research results show that the highest of glue line shear strength are 5.01 N/mm² (R-SS-170) for dry test, and 4.68 N/mm² (T-SS-170) for wet test. Meanwhile the lowest of glue line shear strength are 1.47 N/mm² (A-SS-120) for dry test, and 1.47 N/mm² (T-SS-120) for wet test. Only two wet test laminated wood (T-SS-170 and T-SS-120) fulfill Indonesian standard/ SNI 06-6049-1999 (glue line shear strength ≥ 3 N/mm²).

Keywords: glue line shear strength, mangium, glued laminated wood, polystyrene resin

PENDAHULUAN

Kayu merupakan hasil hutan yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. Kayu memiliki beberapa sifat yang tidak dapat ditiru oleh bahan-bahan lain. Pemilihan dan penggunaan kayu untuk suatu tujuan pemakaian, memerlukan pengetahuan tentang sifat-sifat kayu. Sifat-sifat ini penting sekali dalam industri pengolahan kayu sebab dari pengetahuan sifat tersebut tidak saja dapat dipilih jenis kayu yang tepat serta jenis penggunaan yang memungkinkan, akan tetapi juga dapat dipilih kemungkinan penggantian oleh jenis kayu lainnya apabila jenis yang bersangkutan terlalu mahal atau sulit didapat secara berkesinambungan.

Beberapa dekade terakhir ini terjadinya degradasi hutan dan deforestasi mengakibatkan penurunan pasokan kayu solid yang berkualitas dari hutan. Sehingga perlu ada teknologi pemanfaatan kayu dimensi kecil sebagai bahan kayu konstruksi. Salah satu teknologi yang bisa digunakan adalah kayu laminasi. Balok laminasi (*glued laminated wood*) merupakan suatu balok atau tiang yang dibuat dari beberapa lapisan kayu dengan tebal masing-masing lapisan biasanya antara 2,5-5 cm direkat satu dengan yang lainnya sehingga semua lapisan mempunyai arah serat sama dengan sumbu memanjang (Brown *et al.*, 1952).

Berdirinya industri pengolah kayu akan memberi rangsangan bagi industri penunjang sebagai penghasil bahan yang dibutuhkan oleh industri utama.

Industri penunjang tersebut diantaranya adalah industri perekat. Melalui teknik perlekatan, pemanfaatan kayu bisa lebih luas. Kayu yang awalnya berkualitas rendah karena ukuran, bentuknya tidak sesuai dan mempunyai keteguhan yang rendah, setelah melalui teknik perlekatan dan pemilihan jenis perekat yang tepat, maka kualitas kayu dapat ditingkatkan.

Seiring dengan makin menurunnya produksi kayu konstruksi berkualitas tinggi dari hutan alam, diharapkan kayu laminasi mampu mensubstitusi kekurangan tersebut. Karena umumnya kayu berkualitas tinggi diperoleh dari kayu bulat berdiameter besar, namun karena semakin menurunnya kualitas dan kuantitas kayu tersebut, maka teknologi laminasi dapat diproduksi dari kayu berdiameter kecil dan kualitasnya rendah.

Kayu laminasi juga memiliki beberapa keunggulan dibanding kayu solid atau kayu gergajian, diantaranya mampu mereduksi cacat-cacat kayu, efisiensi pemanfaatan bahan baku kayu, memiliki nilai estetika tertentu dan mudah dalam perawatan karena dapat diawetkan dahulu atau diberi bahan *fire retardant*.

Kayu merupakan salah satu produk alam berupa bahan berlignoselulosa hasil proses fotosintesis dari tumbuhan berupa pohon. Pohon didefinisikan sebagai tanaman berkayu yang mempunyai tinggi 15-20 kaki atau lebih dengan ciri batang pokok yang tunggal. Susunan sel yang berbeda pada bidang yang terdapat pada kayu

menyebabkan kayu memiliki sifat yang berbeda pada tiga bidang yang dimilikinya yaitu bidang tangensial, radial dan longitudinal yang biasa disebut dengan sifat anisotropis. Hal tersebut kemungkinan memberikan respon yang berbeda terhadap aplikasi perekat dan kekuatan rekatnya.

Kualitas perekatan ditentukan oleh kualitas perekat, kualitas sirekat, proses perekatan dan kondisi penggunaan produk hasil perekatan. Kualitas perekat dipengaruhi oleh viskositas, kandungan resin padat, pH perekat, *working life* dan sebagainya. Kualitas sirekat dipengaruhi oleh kadar air, kehalusan permukaan, keterbasahan, kadar zat ekstraktif, pH kayu, struktur nantomi kayu dan lain-lain.

Proses perekatan berkaitan dengan teknik perekatan dan pengempaan dari dari produk perekatan. Produk hasil perekatan digunakan sesuai dengan tujuan penggunaan produk, jenis perekat dan jenis sirekat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas perekatan kayu laminasi dengan menggunakan uji keteguhan rekat dan mengetahui pengaruh arah orientasi serat, berat labur dan sistem pelaburan perekat terhadap kualitas perekatan kayu laminasi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biokomposit dan Laboratorium Kayu Solid Fakultas Kehutanan IPB. Alat yang digunakan adalah timbangan analitik, oven, kantong plastik, kape, pengaduk, desikator, gergaji, gelas ukur, kertas ampelas, pemanas listrik, alat kempa/klem, penangas air, mesin uji keteguhan rekat merk Dillon Dynamometer, kaliper, penggaris, alat hitung, dan alat tulis. Bahan yang digunakan adalah kayu *Acacia mangium* (mangium) berukuran 100 mm x 25 mm x 10 mm sebanyak 12 pasang, styrofoam, bensin, thinner, dan pewarna.

Prosedur penelitian yang dilakukan adalah:

- A. Penyiapan bahan sirekat (*adherend*)
 1. Balok kayu mangium digergaji menjadi contoh uji berukuran 100 mm x 25 mm x 10 mm. Contoh uji dibuat sebanyak 12 pasang, sesuai dengan perlakuan yang diberikan, yaitu arah orientasi serat (aksial, radial dan tangensial), berat labur perekat (120 g/m² dan 170 g/m²) serta teknik pelaburan (*single glue spread* dan *double glue spread*).
 2. Pengampelasan permukaan bidang rekat sampai benar-benar datar, rata dan halus.
 3. Pengukuran dimensi contoh uji, yaitu dimensi panjang, lebar dan tebal sebagai dasar perhitungan berat labur perekat.

4. Menyimpan contoh uji dalam kantong plastik lalu tutup rapat.

B. Risalah cacat kayu

Risalah dilakukan secara visual terhadap cacat kayu, seperti cacat bentuk, cacat badan dan cacat bontos. Cacat utama yang harus diperhatikan antara lain mata kayu, serat miring dan retak atau pecah, karena akan mempengaruhi kekakuan dan kekuatan papan laminasi. Selain itu cacat lapuk atau busuk, pingul dan beberapa cacat bentuk yang ekstrim seperti lengkung dan memuntir juga tidak diperkenankan.

C. Pengukuran kadar air kayu

1. Ukuran contoh uji kadar air kayu adalah 2 cm x 2 cm x 2 cm.
2. Selanjutnya contoh uji tersebut diampelas pada seluruh permukaannya dan ditimbang berat awalnya pada kondisi kering udara.
3. Contoh uji dimasukkan ke dalam oven pada suhu 103±2°C selama 24 jam.
4. Dinginkan contoh uji dalam desikator lalu timbang beratnya. Penimbangan dan pengovenan dilakukan sampai berat konstan. Kadar air kayu dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat kering tanur}}{\text{Bertat kering tanur}} \times 100$$

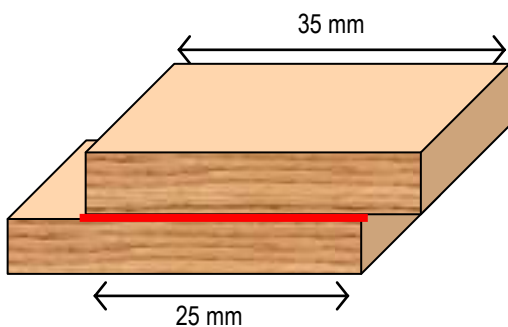
D. Pembuatan perekat

1. Ditimbang styrofoam, bensin dan thinner dengan komposisi perbandingan (bagian berat) 2 : 2 : 1.
2. Styrofoam dilarutkan dengan bensin dalam gelas ukur.
3. Aduk sampai rata dan campurkan thinner.
4. Panaskan gelas yang berisi perekat dengan pemanas listrik agar pencampuran antara styrofoam, bensin dan thinner lebih cepat dan merata.
5. Tambahkan pewarna secukupnya pada campuran perekat, untuk memudahkan melihat penetrasi perekat ke dalam kayu.

E. Pelaburan perekat dan *assembly time*

1. Menghitung kebutuhan perekat tiap sepasang papan laminasi, berdasarkan luas permukaan bidang rekat dan berat labur (120 g/m² atau 170 g/m²), dengan rumus: **Kebutuhan perekat (g) = luas permukaan bidang rekat (m²) x berat labur (g/m²)**
2. Permukaan bidang rekat dibersihkan dari segala kotoran dan debu, kemudian perekat dilaburkan pada permukaan bidang rekat baik

- secara *single glue spread* maupun *double glue spread* dengan menggunakan kape.
- Membiarkan permukaan sirekat yang telah dilaburi perekat dalam kondisi terbuka selama beberapa saat sampai perekat lebih lengket atau pekat (*open assembly time*).
- F. Perakitan, pengempaan dan pengkondisian
- Menggabungkan pasangan sirekat dengan benar (tepat muka bidang rekat).
 - Membiarkan beberapa saat setelah kedua sirekat digabungkan (*close assembly time*).
 - Menempatkan hasil rakitan ini pada alat kempa dingin (klem).
 - Mengeratkan klem sehingga diperoleh tekanan kempa $\pm 16 \text{ kg/cm}^2$. Tekanan kempa yang diberikan harus seragam di seluruh permukaan papan. Besarnya tekanan dengan sistem kempa dingin menggunakan klem sulit untuk dapat diketahui, maka untuk mencapai jarak yang lebih baik, jarak antar klem dibuat tidak berjauhan yaitu sekitar 20–35 cm (Wirjomartono, 1958).
 - Pengempaan dengan klem dilakukan selama ± 24 jam.
 - Membuka klem dan mengeluarkan papan rakitan untuk pengkondisian papan laminasi.
 - Menyimpan papan laminasi di dalam kantong plastik tertutup agar kadar air tetap stabil.
- G. Penyiapan contoh uji
- Papan laminasi yang telah dikondisikan dipotong dengan gergaji menjadi tiga bagian, masing-masing berukuran panjang 35 mm, 35 mm, dan 30 mm.
 - Papan laminasi yang berukuran panjang 35 mm, dimodifikasi menjadi contoh uji keteguhan rekat yang ukuran bidang rekatnya menjadi 25 mm x 25 mm, seperti Gambar 1. Masing-masing untuk uji kering dan uji basah.



Gambar 1. Contoh uji keteguhan rekat kayu laminasi

- H. Uji keteguhan rekat, yaitu uji basah dan uji kering
- Bidang rekat diukur dari contoh uji (panjang dan lebarnya)
 - Contoh uji ditempatkan pada mesin uji. Pengujian dilakukan pada contoh uji dengan memberi beban maksimal sampai yang ditandai dengan terjadinya pergeseran yang permanen pada bidang rekatnya (terjadi kerusakan pada bidang rekat). Nilai keteguhan geser garis rekat (*glue line shear strength*) diperoleh dari hasil bagi antara beban maksimum terhadap penampang kritisnya atau luas bidang gesernya.
 - Pengujian keteguhan geser bidang rekat dalam keadaan kering adalah dengan menguji contoh uji dalam keadaan kering yang sebelumnya dikondisikan pada suhu ruangan ($23 \pm 2^\circ\text{C}$, dan kelembaban $50 \pm 5\%$) atau langsung tanpa perlakuan lagi. Perlakuan uji basah yaitu dengan merendam contoh uji dalam *water bath* selama 3 jam pada suhu $30 \pm 1^\circ\text{C}$. Kemudian direndam ke air suhu $23 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 10 menit dan diuji dalam keadaan basah.
 - Nilai keteguhan rekat geser tekan diketahui dengan menggunakan rumus:

$$KR = B / A$$

Keterangan:

KR = keteguhan rekat (kg/cm^2)

B = beban maksimum (kg)

A = luas bidang geser (cm^2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kayu laminasi merupakan suatu balok atau tiang yang dibuat dari beberapa lapisan kayu dengan tebal masing-masing lapisan biasanya antara 2.5-5 cm, direkat satu dengan yang lainnya sehingga semua lapisan mempunyai arah serat sama dengan sumbu memanjang. Pada penelitian ini dibuat kayu laminasi dari bahan baku kayu berukuran 100 mm x 25 mm x 10 mm, dengan menggunakan perekat polistirena yang dibuat sendiri dari campuran styrofoam, bensin dan thinner.

Kadar air kayu mangium sebagai bahan baku kayu laminasi adalah 12.51%-13.40% (rerata=12.97%). Kadar air kayu laminasi juga berkisar pada nilai tersebut, karena kayu tersebut selalu disimpan dalam plastik yang tertutup rapat, sehingga pengaruh air dari lingkungan dapat diabaikan. Kadar air sebesar ini merupakan kadar air kesetimbangan (KAK) dan kadar air yang memenuhi persyaratan kayu yang akan direkatkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wellons (1983), bahwa pada umumnya ikatan perekat yang

baik terjadi pada tingkat kadar air 6-15%. Air dalam kayu akan mempengaruhi proses perekatan, terutama penetrasi perekat dan pematangan perekat. Kadar air kayu yang terlalu kecil pada kayu kering, mengakibatkan kayu menyerap cairan dengan cepat, sedangkan kadar air yang terlalu besar, mengakibatkan kemampuan kayu menyerap cairan perekat berkurang bahkan tidak ada.

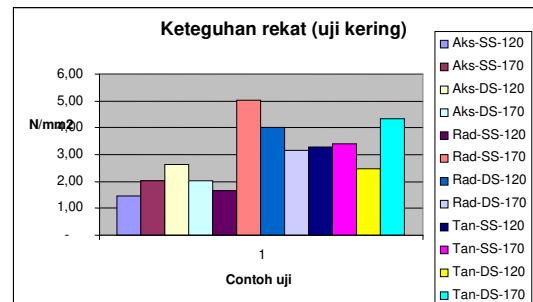
Berat labur yang digunakan dalam penelitian adalah 120 g/m² dan 170 g/m² dengan dua sistem pelaburan perekat, yaitu *single glue spread* (SS) dan *double glue spread* (DS). Sistem *single glue spread* artinya berat perekat tersebut diaplikasikan pada salah satu permukaan bidang rekat, sedangkan sistem *double glue spread* artinya berat perekat tersebut dibagi dua dan masing-masing diaplikasikan pada kedua permukaan bidang rekat yang akan direkatkan. Perbedaan luas bidang rekat dan berat labur mengakibatkan perbedaan berat perekat yang dibutuhkan masing-masing pasangan kayu laminasi. Berat perekat yang dibutuhkan bervariasi antara 0.299-0.438 g.

Pengujian keteguhan rekat geser tekan menggunakan mesin merk Dillon Dynamometer di Laboratorium Biokomposit Fakultas Kehutanan IPB. Mesin pengujian ini dapat menampilkan beban tekan maksimum (kg) pada kayu laminasi sampai terjadinya pergeseran yang permanen pada bidang rekatnya (terjadi kerusakan pada bidang rekat). Nilai keteguhan geser garis rekat (*glue line shear strength*) diperoleh dari hasil bagi antara beban maksimum terhadap penampang kritisnya atau luas bidang gesernya.

Standar kualitas keteguhan rekat untuk perekat polistirena mengacu kepada SNI 06-6049-1999 tentang Polyvinil Acetat untuk Perekat Pengerjaan Kayu. SNI 06-6049-1999 mensyaratkan nilai keteguhan rekat (uji kering) ≥ 10 N/mm² dan nilai keteguhan rekat (uji basah) ≥ 3 N/mm². Nilai keteguhan rekat yang didapatkan berdasarkan alat pengujian yang digunakan adalah dalam satuan kg/mm², sehingga harus dikonversi menjadi satuan N/mm², yaitu dikalikan dengan percepatan gravitasi sebesar 9.8 m/detik².

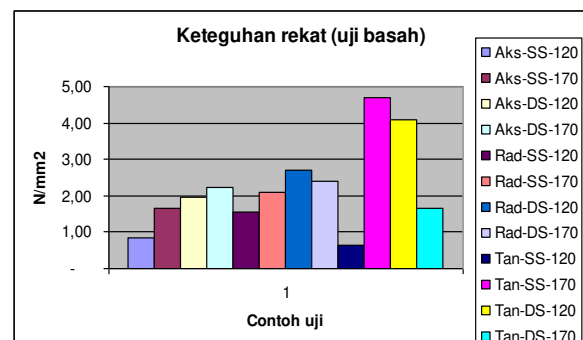
Nilai keteguhan rekat geser tekan masing-masing perlakuan disajikan pada Gambar 2 (uji kering) dan Gambar 3 (uji basah). Keteguhan rekat pada uji kering, didapatkan nilai keteguhan rekat yang paling besar adalah kayu laminasi bidang radial, sistem pelaburan perekat *single glue spread* dan berat labur 170 g/m² (radial-SS-170) yaitu 5,01 N/mm², sedangkan yang paling kecil adalah kayu laminasi aksial-SS-120 yaitu 1.47 N/mm². Rerata keteguhan

rekat kayu laminasi bidang aksial adalah 2.04 N/mm², rerata keteguhan rekat kayu laminasi bidang radial adalah 3.46 N/mm² dan rerata keteguhan rekat kayu laminasi bidang tangensial adalah 3.38 N/mm².



Gambar 2. Grafik keteguhan rekat kayu laminasi (uji kering)

Keteguhan rekat pada uji basah, yaitu pengujian contoh uji dalam keadaan basah, didapatkan nilai keteguhan rekat yang paling besar adalah kayu laminasi tangensial-SS-170 yaitu 4.68 N/mm², sedangkan yang paling kecil adalah kayu laminasi tangensial-SS-120 yaitu 1.47 N/mm². Rerata keteguhan rekat kayu laminasi bidang aksial adalah 0.65 N/mm², rerata keteguhan rekat kayu laminasi bidang radial adalah 2.19 N/mm² dan rerata keteguhan rekat kayu laminasi bidang tangensial adalah 2.76 N/mm².



Gambar 3. Grafik keteguhan rekat kayu laminasi (uji basah)

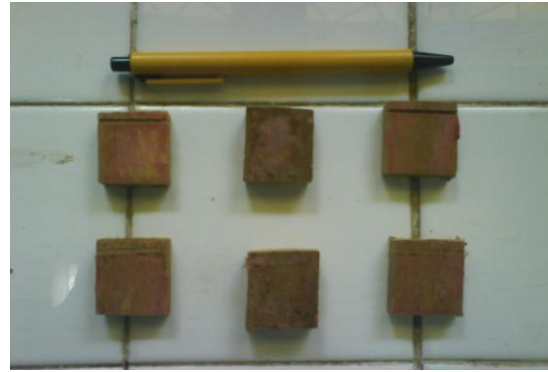
Keteguhan rekat (uji kering) tidak ada yang memenuhi standar SNI 06-6049-1999 yang mensyaratkan nilai keteguhan rekat (uji kering) ≥ 10 N/mm², karena semua nilai keteguhan rekat lebih kecil dari 10 N/mm². Sedangkan nilai keteguhan rekat (uji basah) ada yang memenuhi standar SNI 06-6049-1999 yang mensyaratkan nilai keteguhan rekat ≥ 3 N/mm², yaitu kayu laminasi tangensial-SS-170 (4.68 N/mm²) dan kayu laminasi tangensial-SS-120 (4.08 N/mm²).

Pada keteguhan rekat (uji kering), tidak terdapat kecenderungan perbedaan pengaruh aplikasi sistem pelaburan perekat *single glue spread* dan *double glue spread* terhadap keteguhan rekatnya. Sedangkan pada keteguhan rekat (uji basah), terdapat kecenderungan perbedaan pengaruh aplikasi sistem pelaburan perekat *single glue spread* dan *double glue spread* terhadap keteguhan rekatnya, yaitu *double glue spread* memberikan nilai yang lebih tinggi. Pada keteguhan rekat (uji kering dan uji basah), tidak terdapat kecenderungan perbedaan pengaruh berat labur terhadap keteguhan rekatnya.

Keteguhan rekat yang paling rendah adalah keteguhan rekat pada bidang radial. Hal ini disebabkan penetrasi perekat ke dalam serat dan pembuluh yang terbuka sepanjang serat, mudah terjadi, bahkan jika diberikan tekanan pada permukaan ujung serat, akan terjadi penetrasi berlebihan. Hal tersebut adalah salah satu alasan utama sulitnya membentuk garis rekat yang kuat dan mampu menahan beban pada bidang aksial (Vick, 1999). Selain itu Marra (1992) menyatakan, bahwa permukaan aksial kayu tidak pernah direkat secara langsung karena dua alasan. Pertama, karena permukaan yang terlalu porous. Ini menjadikan penetrasi berlebihan, terjadi *starving the joint* (miskin garis rekat). Kondisi ini menyebabkan perekat sulit membangun rantai 1. Alasan kedua, rantai 8 dan 9 lebih kuat dibandingkan ikatan rekat pada bidang aksial. Kedua rantai ini menerima beban yang lebih besar daripada beban yang mampu disangga oleh ikatan perekat.

Selanjutnya Marra (1992) menyatakan perekat akan mengalami lima tahapan dalam membentuk suatu ikatan, yaitu perekat mengalir lateral membentuk lapisan film (*flowing*), sebagian perekat beralih dari permukaan terlabur ke permukaan pasangannya (*transferring*), perekat merembes ke dalam sirekat (*penetrating*), perekat membasahi kedua permukaan (*wetting*), serta perekat mengalami pematangan dan menjadi keras (*solidifying*).

Pada Gambar 4 dapat dilihat glue film pada permukaan bidang rekat kayu laminasi. Terlihat bahwa ikatan antara perekat dengan sirekat dapat rusak akibat beban yang lebih besar daripada ikatan perekatan itu sendiri. Beban tersebut telah merusak rantai ikatan rekat, baik rantai 1 (lapisan perekat), rantai 2 dan 3 (lapisan batas antar-perekat), rantai 4 dan 5 (daerah interaksi antara perekat dan sirekat), rantai 6 dan 7 (daerah permukaan sirekat) maupun rantai 8 dan 9 (sirekat).



Gambar 4. Glue film pada permukaan bidang rekat setelah diuji

KESIMPULAN

1. Keteguhan rekat (uji kering) yang paling besar adalah kayu laminasi radial-SS-170 yaitu 5.01 N/mm², sedangkan yang paling kecil adalah kayu laminasi aksial-SS-120 yaitu 1.47 N/mm². Rerata keteguhan rekat kayu laminasi bidang aksial adalah 2.04 N/mm², rerata keteguhan rekat kayu laminasi bidang radial adalah 3.46 N/mm² dan rerata keteguhan rekat kayu laminasi bidang tangensial adalah 3.38 N/mm².
2. Keteguhan rekat (uji basah) yang paling besar adalah kayu laminasi tangensial-SS-170 yaitu 4.68 N/mm², sedangkan yang paling kecil adalah kayu laminasi tangensial-SS-120 yaitu 1.47 N/mm². Rerata keteguhan rekat kayu laminasi bidang aksial adalah 0.65 N/mm², rerata keteguhan rekat kayu laminasi bidang radial adalah 2.19 N/mm² dan rerata keteguhan rekat kayu laminasi bidang tangensial adalah 2.76 N/mm².
3. Keteguhan rekat (uji kering) tidak ada yang memenuhi standar SNI 06-6049-1999 yang mensyaratkan nilai keteguhan rekat ≥ 10 N/mm², karena semua nilai keteguhan rekat lebih kecil dari 10 N/mm². Sedangkan nilai keteguhan rekat (uji basah) yang memenuhi standar SNI 06-6049-1999 yang mensyaratkan nilai keteguhan rekat ≥ 3 N/mm², yaitu kayu laminasi bidang tangensial-SS-170 (4,68 N/mm²) dan kayu laminasi bidang tangensial-SS-120 (4.08 N/mm²).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1961. Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI-5 Direktorat Jendral Ciptakarya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.
- Bodig, J and B. A. Jayne. 1982. Mechanics of and wood Composites. VNR Company. New York.

- Brown, H. P., A.J. Panshin and C.C. Forsaith. 1952. Text Book of Wood Technology, volume II. Mc Graw Hill Company, Inc. New York.
- Forest Product Society. 1999. Wood Handbook: Wood as An Engineering Material. Forest Product Laboratory General Technical Report FPL-GTR-113. USDA Forest Science, Forest Product Laboratory. USA.
- Malik, J., A. Santoso dan O. Rachman. 2001. Sari Hasil Penelitian Mangium dan Pinus. Pusat Penelitian Hasil Hutan Deartemen Kehutanan. Bogor.
- Mandang, Y.I. dan I.K.N. Pandit. 1997. Seri Manual: Pedoman Identifikasi Jenis Kayu di Lapangan. Yayasan Prosea. Bogor.
- Martawijaya, A., I. Kartasujana., Y.I. Mandang., K. Kadir., dan S.A. Prawira. 1989. Atlas Kayu Indonesia :Volum II. Balai Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Pizzy, A. 1983. Wood adhesive : Chemistry and Technology. Marker Dikker, Inc. All Right Reserved. New York. Page 319-350.
- Ruhendi, S. 1986. Ringkasan Kuliah Perekat dan Perekatan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Wirjomartono, S. 1958. Konstruksi Kayu Berlapis Majemuk. Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta