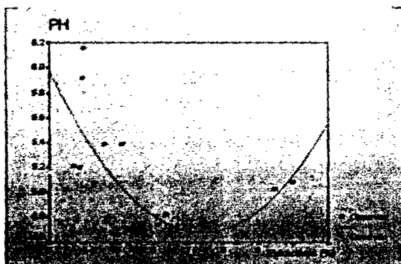
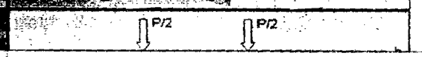
Jurnal

TEKNOLOGI HASIL HUTAN

Kajian Laboratorium, Empiris, dan Analisis Kebijakan Pemanfaatan Hasil Hutan

Vol. 18 No. 2, 2005





ISSN 0215-3351

Jurnal TEKNOLOGI HASIL HUTAN

Volume 18 • Desember 2005 • Nomor 2

ISSN 0215-3351

TERAKREDITASI

SK Dirjen DIKTI No: 23a/DIKTI/Kep/2004

Penerbit

Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

Alamat Editor

Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB

Kampus IPB Darmaga POBox 168 Bogor 16001

Tel/Fax: (0251) 621285; E-mail: jurnal thh@ipb.ac.id

Jurnal Teknologi Hasil Hutan terbit sejak 1988. Naskah yang disampaikan ke Jurnal Teknologi Hasil Hutan akan ditelaah oleh mitra bestari sesuai bidangnya. Daftar nama mitra bestari dicantumkan pada nomor akhir setiap volume. Jurnal ini diterbitkan setiap Juni dan Desember.

Harga

Eceran Rp. 30.000/eksemplar Langganan Rp. 50.000/tahun

Foto Sampul Depan

Kayu Bahan Bangunan dan Tantangannya

(Koleksi DHH)

Isi menjadi tanggung jawab penulis

PENGANTAR REDAKSI

Ketersediaan kayu solid berkualitas cenderung berkurang dan semakin mahal dari tahun ke tahun. Keadaan ini menuntut para peneliti untuk menemukan bahan alternatif sebagai pengganti kayu solid.

Pada terbitan kali ini (Volume 18 Nomor 2, 2005) dari 7 (tujuh) tulisan yang ada, terdapat 3 (tiga) tulisan yang mencoba mengungkapkan sifat dan kualitas papan komposit sebagai alternatif pengganti kayu solid. Tulisan yang lain terdiri dari sifat perekatan kayu, limbah pemanenan, kecepatan rambatan gelombang ultrasonik, dan keandalan MOE sebagai penduga kekuatan kayu bercacat. Semoga tulisan yang disajikan dalam edisi kali ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu dan teknologi hasil hutan.

Untuk penerbitan selanjutnya, redaksi mengundang para peneliti maupun praktisi untuk menyampaikan pemikiran dan pengaiamannya di jurnal ini.

REDAKSI

KEANDALAN MODULUS OF ELASTICITY (MOE) UNTUK MENDUGA KEKUATAN KAYU BERCACAT AKIBAT LUBANG BOR

(The Modulus of Elasticity as Predict the Strength of Drilled Wood)

Effendi Tri Bahtiar[1)]

ABSTRACT

Many standards such as PKKI NI-5 1961, SII-0458 1981, SKI C-bo-010-1987, SNI 03-3527 1994, and ASTM D245, stated strength ratio is very important indicate to adjust the allowable stress of wood. However the mechanical grading has been developed recently so strength ratio is not necessary anymore. This research is conducted to evaluate the ability of Modulus of Elasticity as a single variable to grade the sound wood and defected wood. In this research drilled hole represents as wood defect. This research saw that eventhough wood has been drilled, each variable (MOE apparent measured by Panter or UTM, or MOE true) is good enough to predict the MOR.

Keywords: wood defects, Modulus of Elasticity, grading

PENDAHULUAN

Hampir semua bahan hasil produksi alam maupun buatan manusia memiliki keragaman dalam sifatnya. Kayu sebagai salah satu bahan yang diperoleh dari proses biologis bersama dengan interaksi berbagai faktor ekologis yang berbeda-beda antara lain dapat menyebabkan keragaman dalam sifat-sifatnya, meskipun pada contoh kecil bebas cacat sekalipun. Sifat-sifat kayu bervariasi tidak hanya antar pohon tetapi juga dalam sebatang pohon, pada arah horisontal maupun sepanjang batang pohon. Menurut Panshin dan De Zeew (1970) keragaman antar pohon dapat mencapai sepuluh kali lebih besar dibandingkan dalam sebatang pohon, atau sedikit lebih besar, atau kadang-kadang malah lebih kecil. Dikemukakan keragaman ini timbul dari kenyataan bahwa perbedaan sifat pohon di dalam jenis yang sama tidak hanya disebabkan oleh perbedaan genetik tetapi juga oleh perbedaan lingkungan tempat tumbuhnya. Proses mengkonversi kayu bulat (log) menjadi kayu gergajian juga berpengaruh terhadap struktur kayunya. Contohnya serabut mungkin terpotong menjadi miring serat dan terjadi distorsi di sekitar mata kayu. Ini menyebabkan terjadinya keragaman yang lebih besar pada sifat-sifat mekanis kayu gergajian daripada kayu bulat. Umumnya makin kecil bidang aksial, keragamannya akan semakin besar.

Selama pertumbuhannya pohon penghasil kayu mengalami pengaruh lingkungan sehingga menimbulkan kelainan berupa cacat-cacat kayu. Cacat kayu memberikan sumbangan yang besar terhadap

[1] Staf pengajar pada Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.

keragaman sifat mekanis kayu karena dapat menurunkan atau menaikkan kekuatan kayu. Salah satu cacat yang memberikan pengaruh besar terhadap kekuatan kayu adalah mata kayu. Kayu yang sehat dan terikat kuat pada serabut di sekitarnya dapat menyebabkan kenaikan keteguhan tekan tegak lurus serat, kekerasan, dan keteguhan geser, tetapi dapat mengurangi keteguhan lentur dan tarik. *Office of Structure Construction* (OSC) (2001) menyatakan bahwa pada balok lentur struktural pengaruh mata kayu terhadap keteguhan lentur tergantung pada ukuran dan lokasinya. Pada balok terlentur sederhana misalnya, apabila mata kayu berada pada sisi bawah akan mengalami gaya tarik, apabila berada pada sisi atas mengalami gaya tekan, dan apabila berada di tengah akan mengalami gaya geser horisontal. Mata kayu pada sisi tarik sangat berpengaruh terhadap keteguhan lentur maksimum, sedangkan pada sisi tekan lebih kecil pengaruhnya.

Cacat-cacat kayu sering digunakan sebagai salah satu dasar penentuan kelas mutu kayu. Pemilahan seperti ini disebut dengan pemilahan visual. Pemilahan visual memanfaatkan konsep ini dengan mengkonversi cacat-cacat kayu menjadi *strength ratio* sehingga dapat digunakan untuk mereduksi kekuatan kayu bebas cacat. Konsep *strength ratio* telah dipergunakan sejak lama sehingga banyak standar yang tetap mengkomoder metode pemilahan visual untuk menentukan mutu kayu. PKKI NI 5 1961, SII-0458 1981, SKI C-bo-010-1987, SNI 03-3527 1994, ASTM D245 termasuk dalam kategori ini. Seiring dengan berkembangnya metode pengujian non destruktif, pemilahan masinal telah semakin berkembang. Salah satu metode pemilahan masinal yang populer adalah mengukur MOE lentur untuk menduga kekuatan kayu. Pada pemilahan masinal, karena yang diukur adalah kayu ukuran pakai satu per satu, maka pengaruh cacat kayu diasumsikan sudah terikut dalam pengukuran sehingga reduksi akibat cacat tidak diperlukan lagi.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan MOE sebagai indikator untuk memilah kayu yang bercacat, sehingga dapat diketahui apakah masih diperlukan *strength ratio* pada pemilahan masinal.

BAHAN DAN METODE

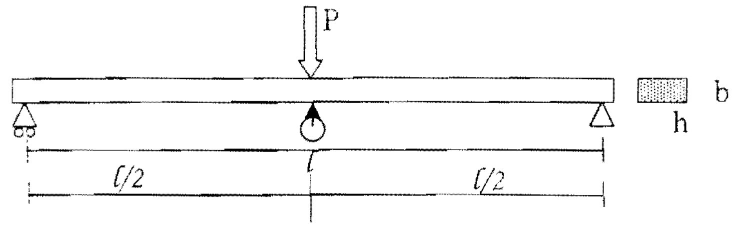
Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah papan kayu berukuran 9 x 2 x 170 cm^3. Sedangkan peralatan yang dipergunakan antara lain : Mesin Pemilah Panter, Universal Testing Machine (UTM) merk Shimadzu, Kaliper, Mistar, Bor dengan mata bor berdiameter 1 cm dan 1,5 cm. Penelitian dilakukan di Puslitbang Kehutanan, Gunung Batu, Bogor.

Metode

Tahapan kerja yang dilakukan adalah :

1. Pembuatan sampel
   Kayu yang dipergunakan pada penelitian ini merupakan papan kayu borneo yang diperoleh dari toko bahan bangunan. Papan dipotong, dibelah, dan diserut sehingga menjadi sampel berukuran 9 x 2 x 170 cm^3. Sampel tersebut dibor sampai tembus tepat di tengah bentang. Tiga buah sampel dibor dengan mata bor berukuran diameter 1 cm, dan tiga buah dengan ukuran 1,5 cm. Sedangkan tiga buah sampel lainnya tanpa lubang sebagai kontrol.
   Mata kayu mati mempengaruhi kekuatan kayu karena mengurangi luas permukaan yang menerima beban. Pengaruh mata kayu jauh lebih besar akibat perubahan arah serat di sekeliling mata kayu. Miring serat di sekeliling mata kayu bisa



Gambar 1. Skema Pengujian dengan mesin pemilah panter

sangat besar hingga mencapai 90°. Salah satu pendekatan untuk menduga pengaruh mata kayu mati terhadap kekuatan adalah melalui pengeboran kayu dengan diameter tertentu sehingga memenuhi kriteria kelas mutu A, kelas mutu B, atau kelas mutu O. Namun pengeboran memiliki keterbatasan karena:

1. Miring serat sebagai efek keberadaan mata kayu, tidak terwakili oleh pengeboran.
2. Pengeboran memotong serat-serat kayu. Hal ini tidak terjadi pada mata kayu.
   Dengan keterbatasan seperti itu, penelitian ini mencoba mencari pengaruh diameter bor pada kayu terhadap kekakuan dan keteguhan lentur kayu.

2. Pengujian dengan mesin pemilah Panter
   Modulus Elastisitas *Apparent* diukur dengan mesin pemilah Panter. Posisi kayu pada saat pengukuran MOE Panter adalah posisi tidur (*flat wise*) dengan beban tunggal di tengah bentang. (Gambar 1)

   MOE Panter dihitung dengan rumus :

$$E_f = \frac{Pl^3}{4dhb^3} \qquad \text{.......................................(1)}$$

   di mana :

   E_f : MOE *apparent* diukur dengan panter

3. Pengujian dengan UTM merk Shimadzu
   UTM merk Shimadzu selain digunakan untuk mengukur MOE *Apparent* juga digunakan untuk mengukur MOE *true* dan Keteguhan Lentur (MOR). Metode yang digunakan adalah *two point loading* sebagaimana diatur dalam ASTM D-198. (Gambar 2).
   MOE *Apparent* dihitung dengan rumus :

$$E_f = \frac{P'a(3L^2 - 4a^2)}{4bh^3\Delta} \qquad \text{......... (2)}$$

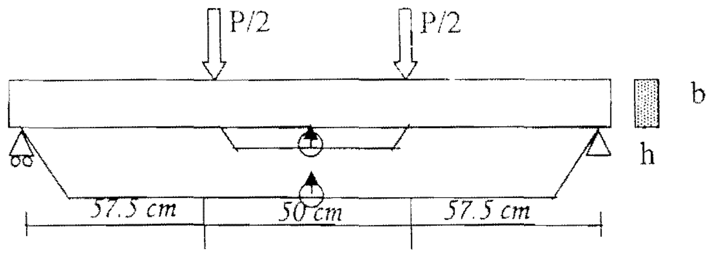
   di mana :

   E_f : MOE *apparent*
   P' : beban yang diberikan
   a : jarak antara beban dengan tumpuan terdekat
   L : panjang bentang
   b : lebar
   h : tinggi
   Δ : defleksi di antara tumpuan

   MOE *true* dihitung dengan rumus :

$$E = \frac{3P'aL_b{}^2}{4bh^3\Delta_{L_b}} \qquad \text{..................... (3)}$$

   di mana :



Gambar 2. Skema Pengujian MOE *Apparent* dan MOE *true* dengan UTM merk Shimadzu

E : MOE *apparent*

L_b : jarak antar beban

Δ_{L_b} : defleksi yang terjadi di antara beban

dan MOR dihitung dengan rumus :

$$S_R = \frac{3Pa}{bh^2} \quad \text{.........................} (4)$$

di mana :

S_R : MOR

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai produk alam yang dipengaruhi oleh berbagai faktor internal maupun eksternal selama pembentukannya, kayu memiliki variasi yang sangat tinggi. Variasi tidak hanya terjadi antar species, tetapi juga antar pohon dalam satu species, bahkan antar bagian dalam satu batang pohon. Variasi kekuatan kayu antar bagian dalam satu batang pohon sebagian besar disumbangkan oleh cacat-cacat kayu selain posisinya di sebatang pohon. Salah satu cacat yang memberikan pengaruh sangat besar terhadap kekuatan kayu adalah mata kayu lepas (*loose knot*). Gloss (1983) melaporkan bahwa mata kayu mempengaruhi keteguhan lentur sebesar 0.5, keteguhan tarik sejajar serat sebesar 0.6, dan keteguhan tekan sejajar serat sebesar 0.4. Dalam berbagai standar, mata kayu sering digunakan sebagai pembatas kelas mutu kekuatan kayu. PKKI NI-5 tahun 1961 menyatakan bahwa diameter mata kayu untuk kelas mutu A maksimum 1/6 tinggi dan lebarnya atau 3.5 cm, sedangkan untuk kelas mutu B diameter mata kayu maksimum adalah ¼ tinggi dan lebarnya atau 5 cm. Apabila diameter mata kayu lebih besar dari ¼ tinggi dan lebarnya, atau lebih dari 5 cm, maka kayu tersebut tidak layak digunakan untuk keperluan struktural.

Pada kayu tanpa lubang bor, MOE *Apparent* yang diukur dengan UTM merk Shimadzu rata-rata 110.036 kg/cm^2, sedangkan pada kayu yang dibor dengan diameter 1 cm, dan 1,5 cm berturut-turut sebesar 109.497 kg/cm^2 dan 106.957 kg/cm^2. (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Pengukuran MOE Apparent, MOE True dan MOR kayu Borneo

Kode	MOE Apparent (kg/cm^2)		MOE True (kg/cm^2)	MOR (kg/cm^2)
	Panter	Shimadzu		
A1	159.866	99.131	91.084	315
A2	135.374	103.952	102.479	593
A3	259.720	127.025	265.804	618
Rataan	**184.987**	**110.036**	**153.122**	**509**
B1	181.394	112.004	111.231	524
B2	164.578	79.337	88.532	461
B3	289.425	137.150	225.828	719
Rataan	**211.799**	**109.497**	**141.863**	**568**
C1	270.153	107.513	267.392	615
C2	298.426	126.689	197.910	645
C3	175.250	86.668	83.373	570
Rataan	**247.943**	**106.957**	**182.892**	**610**

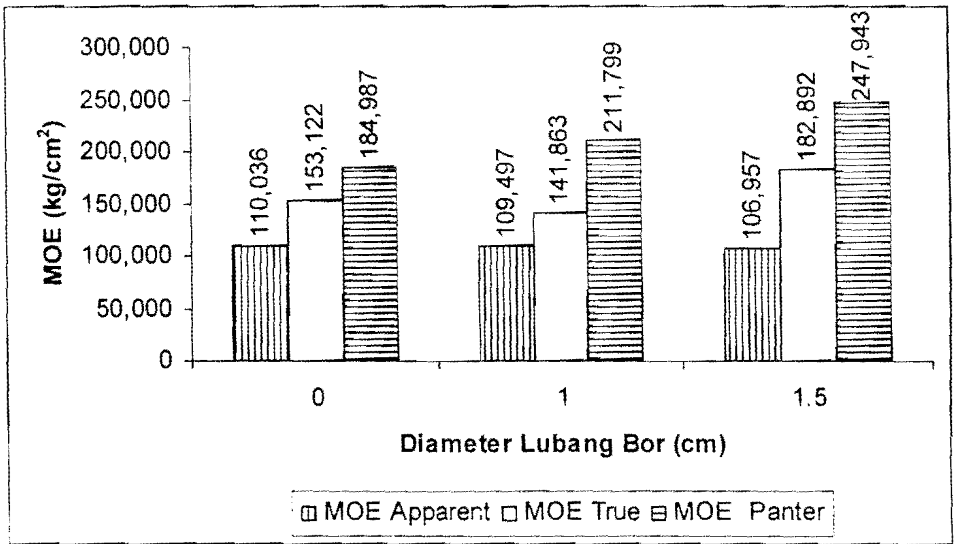
Keterangan : A = kayu tanpa lubang bor
B = kayu berlubang bor 1 cm
C = kayu berlubang bor 1.5 cm

Semakin besar cacat kayu akibat pengeboran, MOE *Apparent* semakin kecil. Hal ini dapat dimengerti karena lubang bor mengurangi penampang kayu yang menerima beban sehingga defleksi yang terjadi akan semakin besar. Defleksi ini bukan hanya diakibatkan oleh momen lentur tetapi juga oleh gaya geser. Gaya geser pada pengukuran MOE *Apparent* dengan mesin Shimadzu memberikan pengaruh cukup besar terhadap defleksi karena perbandingan tinggi dan bentang yang cukup besar. Gaya geser memberikan tambahan defleksi pada batang sehingga sesuai dengan persamaan 2 yang dimodifikasi menjadi persamaan 3, MOE Apparent selalu lebih kecil daripada MOE truenya.

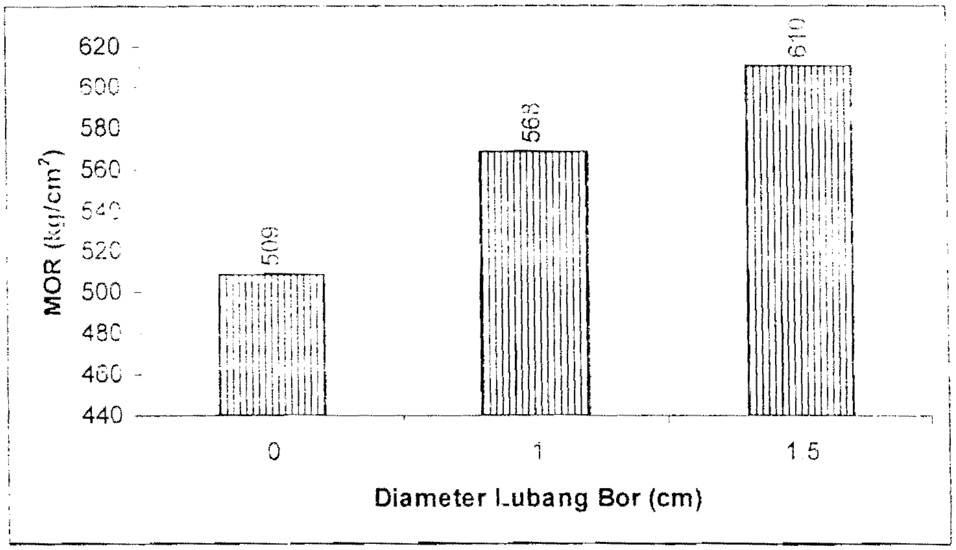
$$\frac{PL^3}{48E_{.}I} = \frac{PL^3}{48EI} + \frac{PL}{4KGA} \quad \text{.................} \quad (5)$$

$$\frac{1}{E_{.}} = \frac{1}{E} + \frac{1}{KG}(h/L)^2 \quad \text{....................} \quad (6)$$

MOE true diukur dengan pengukuran defleksi dengan cara *Two Point Loading*, dan deflektometer diletakkan dengan jarak tepat pada dua titik beban, maka tidak ada pengaruh gaya geser. Defleksi yang terjadi murni disebabkan oleh momen lentur. Akibatnya MOE *true* lebih tidak dipengaruhi cacat kayu lubang bor daripada MOE *Apparent*. MOE *true* pada kayu tanpa lubang bor, kayu dibor 1 cm dan 1.5 cm adalah 153,122 kg/cm^2, 141,863 kg/cm^2, dan 182,892 kg/cm^2. MOE yang diukur dengan cara Panter ternyata agak mengejutkan. MOE Panter justru semakin besar dengan meningkatnya diameter lubang bor. MOE Panter pada kayu tanpa lubang bor sebesar 184,987 kg/cm^2, sedangkan yang dibor 1 cm dan 1.5 cm, sebesar 211,799 kg/cm^2 dan 247,943 kg/cm^2. Hal ini terjadi karena kesalahan pengambilan contoh karena kayu yang terambil untuk dibor dengan diameter besar ternyata lebih kuat daripada yang tidak dibor. Hal ini terbukti pada Gambar 2. Akibat kesalahan dalam pemilihan contoh uji, kayu tanpa lubang bor memiliki kekuatan yang lebih rendah daripada kayu dengan lubang bor 1 cm maupun 1.5 cm. MOR kayu tanpa lubang bor adalah 509 kg/cm^2, sedangkan yang berlubang bor 1 cm adalah 568 kg/cm^2 dan yang berlubang bor 1,5 cm adalah 610 kg/cm^2.



Gambar 1. Modulus Elastisitas *Apparent*, Modulus Elastisitas *True*, dan Modulus Elastisitas Panter kayu Borneo yang dibor dengan diameter 1 cm, 1,5 cm, dan tanpa lubang bor.



Gambar 2. Modulus Patah (MOR) kayu Borneo yang dibor dengan diameter 1 cm, 1,5 cm, dan tanpa lubang bor.

Meskipun hubungan antara MOE Apparent baik yang diukur dengan cara Panter ataupun dengan UTM merk Shimadzu dengan MOE true sesuai dengan persamaan 5 yang dimodifikasi menjadi persamaan 6 berbentuk nonlinier tetapi pada selang yang diukur (antara 100.000 kg/cm² sampai 300.000 kg/cm²) persamaan linier cukup memadai. Di luar selang tersebut masih diperlukan penelitian lebih lanjut. MOE Panter dapat menduga MOE true dengan koefisien determinasi sebesar 78%. Persamaan regresi antara MOE Panter dengan MOE true adalah :

E true = 1,1MOE Panter -77071 .... (7)

Dengan koefisien determinasi yang lebih rendah (54%) MOE Shimadzu dapat digunakan untuk menduga MOE true. Hubungan antara MOE true dan MOE Shimadzu dapat dinyatakan dengan persamaan :

MOE Shimadzu = 0,1788E true + 80344 .... (8)

Panter dapat pula digunakan untuk menduga MOE Apparent yang diukur dengan UTM merk Shimadzu meskipun dengan ketelitian yang lebih kasar. Persamaan regresi antara MOE Panter dan MOE Shimadzu adalah :

MOE Shimadzu = 0,2338MOE Panter + 58575 .... (9)

dengan koefisien determinasi sebesar 60%.