(2)

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
FAKULTAS KEHUTANAN INSTITUT PERTANIAN BOGOR
DEPARTEMEN HASIL HUTAN
Kampus IPB Darmaga PO BOX 168 Bogor 16001 Alamat Kawat FAHUTAN Bogor
Phone : (0251) 621285, Fax : (0251) 621 256 - 621 285, E-mail : jthh-ipb@indo.net.id

SURAT KETERANGAN

Nomor : 50/ K13.3.3/TU/2005

Yang bertanda tangan di bawah ini Ketua Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB, menerangkan bahwa Hasil Penelitian dengan Judul "**Keandalan MOE Apparent untuk Menduga Kekuatan Kayu Bercacat akibat Lubang Bor**" telah dicatat dan disimpan di Perpustakaan Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan-IPB.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bogor,
Ketua

Dr. Ir. Naresworo Nugroho, MS
NIP. 131 849 385

Keandalan MOE Apparent untuk Menduga Kekuatan Kayu Bercacat Akibat Lubang Bor

oleh

EFFENDI TRI BAHTIAR

LABORATORIUM KETEKNIKAN KAYU
FAKULTAS KEHUTANAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2005

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

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 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. Besarnya pengaruh mata kayu terhadap keteguhan kayu terutama disebabkan oleh perubahan arah orientasi serat di samping lokasi, ukuran, jumlah, bentuk, dan keadaannya. Mata kayu lepas (*loose knot*) memberikan pengaruh lebih besar daripada mata kayu sehat (*tight knot*) akibat pengurangan luas penampang kayu.

Cacat-cacat kayu sering digunakan sebagai salah satu dasar penentuan kelas mutu kayu. Pemilahan visual memanfaatkan konsep ini dengan mengkonversi cacat-cacat kayu menjadi strength ratio sehingga dapat digunakan untuk mereduksi kekuatan kayu bebas cacat. Sementara itu pemilahan secara masinal dianggap sudah memasukkan pengaruh cacat sehingga pengukuran cacat-cacat kayu tidak diperlukan lagi.

B. Tujuan

Praktikum ini bertujuan untuk :

1. mengetahui pengaruh besarnya mata kayu lepas terhadap kekakuan dan keteguhan lentur.
2. mengetahui hubungan antara MOE Apparent yang diukur dengan Panter dan UTM Shimadzu, dan MOE true kayu
3. menentukan efektifitas MOE Apparent yang diukur dengan Panter dan UTM Shimadzu, dan MOE true dalam menduga keteguhan lentur kayu.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan dalam praktikum ini adalah papan kayu berukuran 9 x 2 x 170 cm3. Sedangkan peralatan yang dipergunakan antara lain : Mesin Pemilah Panter, Universal Testing Machine merk Shimadzu, Kaliper, Mistar, Bor dengan mata bor berdiameter 1 cm dan 1.5 cm.

B. Metode

Tahapan kerja yang dilakukan dalam praktikum ini adalah :

1. Pembuatan sampel

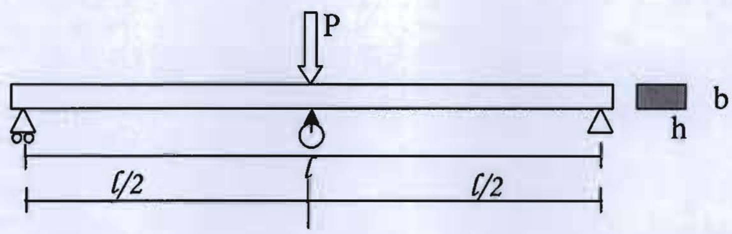
   Sampel kayu berukuran 9 x 2 x 170 cm3 dibor tepat di tengah bentang. Tiga buah sampel dibor dengan mata bor berukuran diameter 1 cm, dan tiga buah dengan ukuran 1.5 cm. Sedangkan tiga buah sampel lainnya berfungsi sebagai kontrol.

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 :

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



Gambar 1. Skema Pengujian dengan mesin pemilah 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 :

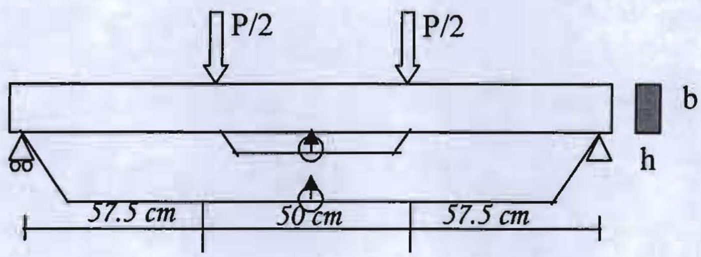
$$E_f = \frac{P'a(3L^2 - 4a^2)}{4bh^3\Delta} \quad \text{...(2)}$$

MOE true dihitung dengan rumus :

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

dan MOR dihitung dengan rumus :

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



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

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL

Berdasarkan praktikum ini diperoleh hasil sebagai berikut :

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**

B. 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.

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 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.

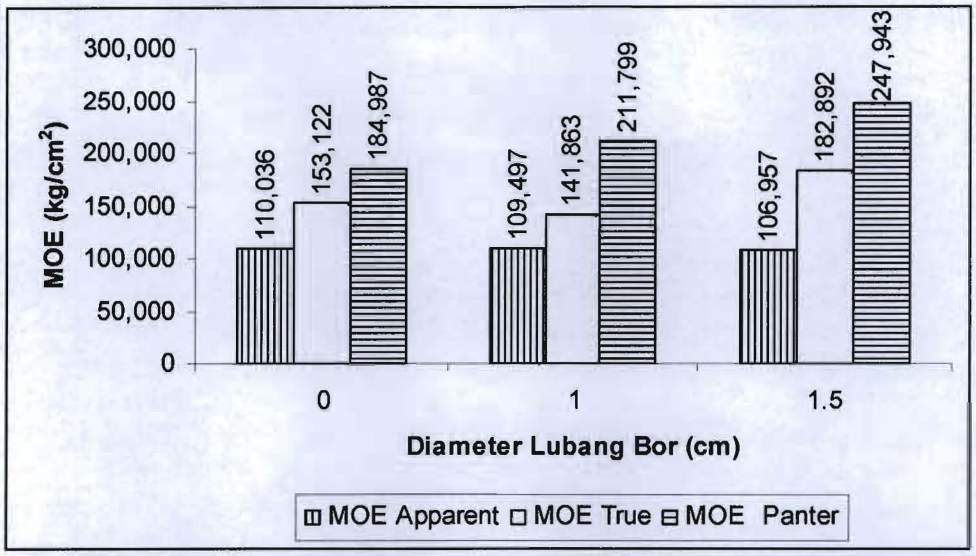
Dengan keterbatasan seperti itu, praktikum ini mencoba mencari pengaruh diameter bor pada kayu terhadap kekakuan dan keteguhan lentur kayu.

Pada kayu tanpa lubang bor, MOE Apparent yang diukur dengan Universal Testing Machine 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. 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 1 yang dimodifikasi menjadi persamaan 2, MOE Apparent selalu lebih kecil daripada MOE truenya.

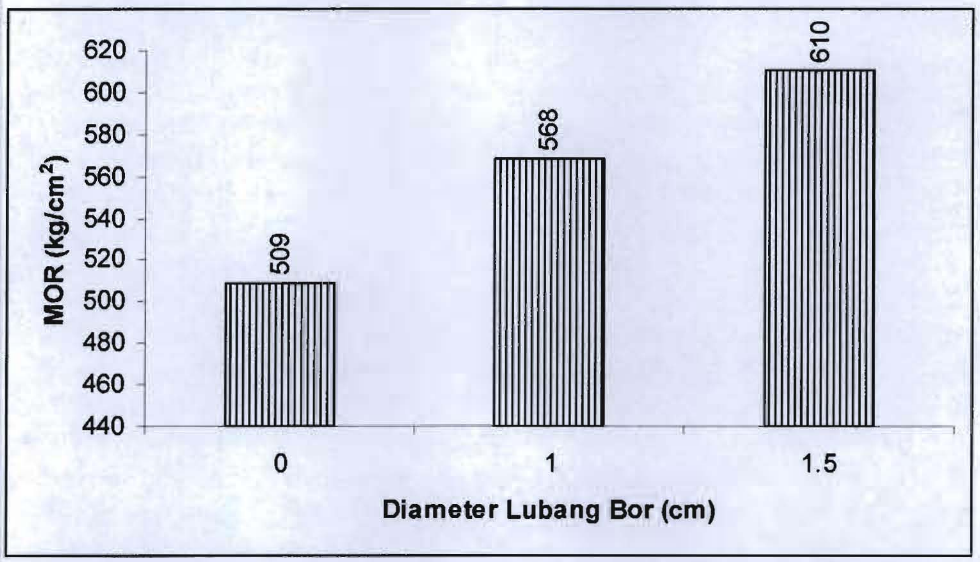
$$\frac{PL^3}{48E_f I} = \frac{PL^3}{48EI} + \frac{PL}{4KGA} \quad\text{.................................(5)}$$

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

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 sangat mengherankan. 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/cm2, 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 tidaklah linier tetapi pada selang yang diukur (antara 100,000 kg/cm^2 sampai 300,000 kg/cm^2) persamaan linier cukup memadai. 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)

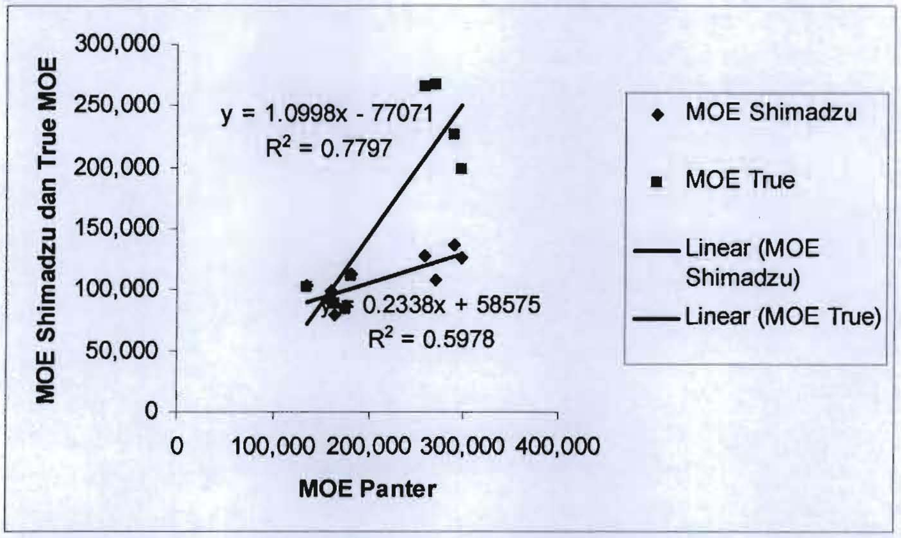
Dengan koefisien determinasi yang lebih rendah (54%) MOE Shimadzu dapat digunakan untuk menduga MOE true. Hubungan antara MOE true dan MOE Shimadzu dapat dinyatkan dengan persamaan :

MOE Shimadzu = 0.1788E true + 80344 ....(8)

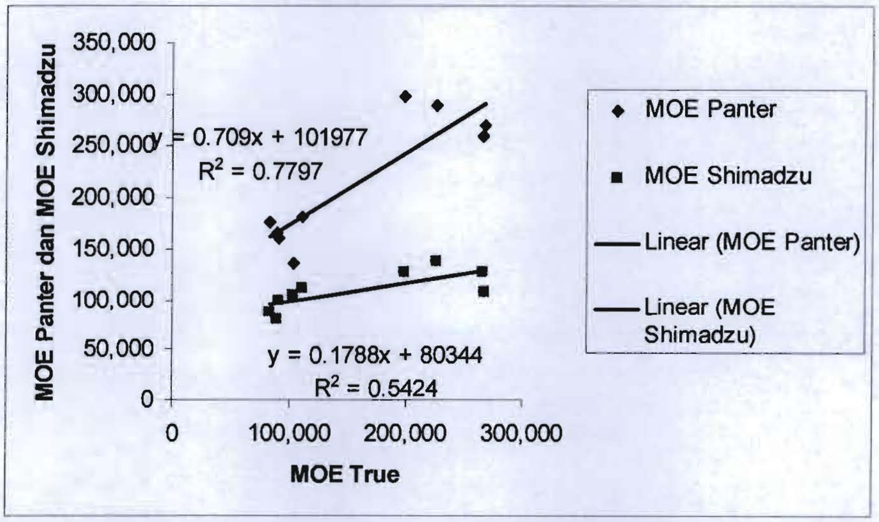
Panter dapat pula digunakan untuk menduga MOE Apparent yang diukur dengan UTM merk Shimadzu meskipun dengan ketelitian yang lebih kasar. Persamaan regresi antara MOE Panter dan MOE Shimadzu adalah :

MOE Shimadzu = 0.2338MOE Panter + 58575 ....(9)

dengan koefisien determinasi sebesar 60%.



Gambar 3. Garis regresi antara MOE Panter dengan MOE Apparent dan MOE True yang diukur dengan UTM Shimadzu



Gambar 3. Garis regresi antara MOE True dengan MOE Apparent yang diukur dengan UTM Shimadzu dan Panter