

Perbandingan Struktur Anatomis, Sifat Fisis, dan Sifat Mekanis Kayu Jati Unggul dan Kayu Jati Konvensional

Comparative Study on Anatomical Structure and Physical-Mechanical Properties between Tissue Cultural- and Conventional Teakwoods

Imam Wahyudi dan Ahmad Faizal Arifien

Abstract

Anatomical structure and some important properties of 3 years old tissues cultural Teakwood (*Tectona grandis* L.f.) were studied and compared to those of 3 and 8 years old conventional ones. Wood samples were obtained from standing trees of plantation forest area around Semarang city (Central Java). Anatomical structure was observed using wood section 20 μ thick, while fiber dimension was measured on individual macerated fibers. Physical and mechanical properties of wood were evaluated in accordance with BS 132:57 for small clear specimen using universal testing machine. All wood samples studied were still juvenile since wood density and fibers length tend to increase from pith towards the bark. Both 3 years-old woods, namely tissue cultural and the conventional Teakwoods have not heartwood at the center or the end of the stem except on their basal i.e. 29.81% in the former and 25% in the latter, respectively. The 8 years old conventional Teakwood consisted of 58.23% heartwood at the basal, and 46.30% at the center, respectively. Latewood portion of tissue cultural teakwood was the lowest. Difference between earlywood and latewood in this Teak was unclear and not distinguished well. Wood texture among the samples was moderate. The finest was found on tissue cultural Teakwood while the roughest on the conventional 3 years old. Based on their average in wood density, specific gravity, modulus of elasticity and modulus of rupture, it can be said that quality of tissue cultural Teakwood was similar to that of 3 years-old conventional one, but much lower than that of 8 years-old conventional Teakwood although their stem diameters were similar physically. This coincides well with their anatomical characteristics.

Key words: *Tectona grandis* L.f., tissue cultural teakwood, conventional Teakwood.

Pendahuluan

Kayu Jati (*Tectona grandis* L.f.) merupakan salah satu bahan baku industri perkayuan yang populer karena memiliki banyak kelebihan. Meskipun pada akhir-akhir ini kecenderungan penggunaan kayu lain sudah sangat meluas, namun kayu Jati masih merupakan pilihan utama terbukti dari kebutuhan kayu Jati, baik dalam maupun luar negeri yang terus meningkat (GTEI 2003). Akan tetapi pasokan kayu Jati semakin lama semakin berkurang karena maraknya penjarahan, seperti yang terjadi di Kudus dan Pati pada tahun 1998 (Prayitno 2003) serta di KPH Cepu selama Januari - Juli 2000 (Soedaryanto 2000) dan juga akibat umur panen kayu Jati konvensional yang relatif panjang (min. 45 tahun).

Untuk mengatasi kelangkaan bahan baku kayu Jati, saat ini telah dikembangkan tanaman Jati unggul yang berasal dari pohon-pohon induk terpilih dan kemudian diperbanyak melalui kultur jaringan. Penggunaan bibit Jati unggul hasil kultur jaringan dalam pengembangan budidaya tanaman Jati telah dikembangkan di beberapa negara seperti India, Costa Rica, Thailand, Malaysia, dan Indonesia. Bibit Jati unggul hasil kultur jaringan yang dinamakan Jati Emas, Jati Prima atau Jati Super memiliki laju pertumbuhan 3 ~ 4 kali lebih cepat dari pertumbuhan bibit Jati asal biji (Jati konvensional),

dengan percabangan yang sedikit dan pengembalian modal yang lebih cepat karena dapat dipanen pada umur 15 ~ 20 tahun (Bachri 2001).

Permasalahannya adalah apakah kualitas kayu yang dihasilkan oleh Jati unggul sama dengan kualitas kayu yang dihasilkan oleh Jati konvensional, mengingat pertumbuhan yang cepat akan menghasilkan sel-sel yang lebih pendek sehingga mengurangi kualitas kayunya, terutama kerapatan dan kekuatan kayu (Brown et al. 1994). Oleh karena itu penelitian yang komprehensif untuk mengkaji sifat dan struktur anatomis kayu Jati unggul yang saat ini marak ditanam oleh masyarakat perlu segera dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas kayu Jati unggul dan membandingkannya dengan kualitas kayu Jati konvensional melalui sebuah kajian ilmiah tentang struktur anatomis serta beberapa sifat fisis-mekanis penting lainnya, sehingga dapat menjawab keragu-raguan masyarakat tentang kualitas kayu Jati unggul.

Bahan dan Metode

Contoh Uji Penelitian

Kayu yang digunakan berasal dari tegakan Jati yang terdapat di suatu areal hutan tanaman di sekitar

Semarang. Umur tegakan yang dipilih adalah 3 dan 8 tahun untuk Jati konvensional, serta 3 tahun untuk Jati unggul. Tegakan Jati konvensional 8 tahun dipilih karena ukuran diameter batang setinggi dada relatif sama dengan diameter batang Jati unggul.

Dari setiap tegakan diambil 3 batang pohon dan dari masing-masing pohon diambil 3 bagian batang berukuran 50 cm yang mewakili bagian pangkal, tengah dan ujung. Dari masing-masing bagian tersebut diambil lempengan tipis (*disk*) setebal 5 cm untuk pengujian sifat anatomisnya, sedangkan sisanya untuk pengujian sifat fisis dan sifat mekanis.

Metode Penelitian

Penentuan Persentase Kayu Juvenil: Batas kayu juvenil ditetapkan berdasarkan nilai kerapatan kayu dan panjang serat dari masing-masing riap tumbuh. Daerah kayu juvenil adalah daerah dengan nilai kerapatan maupun panjang serat masing-masing riap tumbuh dari empulur ke arah kulit yang masih cenderung meningkat, sedangkan daerah dimana nilai kedua parameter tersebut mulai stabil ditetapkan sebagai daerah kayu dewasa. Titik belok diantara kedua daerah tersebut dinyatakan sebagai batas antara kayu juvenil dan kayu dewasa (Haygreen dan Bowyer 1996, Tsoumis 1991). Batas kayu juvenil kemudian direpresentasikan jaraknya dari empulur dan ditetapkan sebagai jari-jari kayu juvenil, lalu dihitung volumenya. Persentase kayu juvenil dihitung dengan rumus:

$$\text{Kayu juvenil (\%)} = \frac{\text{volume kayu juvenil}}{\text{volume kayu total}} \times 100$$

$$\text{Kayu dewasa (\%)} = 100\% - \text{volume kayu juvenil}$$

Panjang serat diukur terhadap serat-serat individu hasil proses maserasi Schultz, sedangkan kerapatan kayu dihitung dengan rumus standar yakni perbandingan berat basah terhadap volume basahnya. Contoh uji pengujian adalah selebar riap tumbuh yang ada dan diambil berurutan mulai dari empulur ke arah kulit. Dari setiap riap tumbuh dilakukan 2x pengukuran kerapatan kayu dan 100x pengukuran panjang serat.

Penentuan Kayu Teras dan Kayu Gubal: Penampang lintang *disk* kemudian diampelas untuk memperoleh batas yang jelas antara bagian kayu teras dan bagian kayu gubal. Gambaran penampang lintang tersebut kemudian dipolakan di atas plastik transparansi dan kemudian diukur panjang jari-jari total (R) dan panjang jari-jari kayu sampai bagian teras (r). Pada setiap *disk* dilakukan 2x pengukuran, yakni pada R terpanjang dan R terpendek. Diameter kayu total (D), diameter kayu teras (d), dan persentase kayu teras dihitung dengan rumus:

$$D = [(2 \times R \text{ terpanjang}) + (2 \times R \text{ terpendek})]/2$$

$$d = [(2 \times r \text{ terpanjang}) + (2 \times r \text{ terpendek})]/2$$

$$\text{Kayu teras (\%)} = \frac{\text{volume kayu teras}}{\text{volume kayu total}} \times 100$$

Persentase Kayu Awal dan Kayu Akhir: Penentuan kayu awal dan kayu akhir dilakukan dengan mengukur lebar masing-masing bagian kayu awal dan bagian kayu akhir dalam satu riap tumbuh. Pengukuran dilakukan pada seluruh riap tumbuh yang ada. Pengukuran lebar kayu awal dan kayu akhir dari masing-masing riap tumbuh tersebut dilakukan terhadap hasil (cetakan) foto mikroskopis sediaaan mikrotom yang dibuat mengikuti prosedur sebagaimana metode FPL (*Forest Product Laboratory*). Setelah itu masing-masing lebar kayu awal dan lebar kayu akhir yang diperoleh dijumlahkan sehingga diperoleh lebar total kayu awal dan lebar total kayu akhir untuk setiap *disk*. Persentase kayu akhir dihitung dengan rumus:

$$\text{Kayu akhir (\%)} = \frac{\text{lebar total kayu akhir}}{\text{jari-jari kayu}}$$

$$\text{Kayu awal (\%)} = 100\% - \% \text{ kayu akhir}$$

Penentuan Tekstur: Istilah tekstur berkaitan dengan ukuran relatif sel-sel dominan penyusun kayu. Tekstur kayu dikatakan halus jika sel-sel dominannya berukuran kecil dan dikatakan kasar jika sel-sel dominannya berukuran relatif besar (Brown *et al.* 1994, Tsoumis 1991).

Tekstur kayu ditentukan berdasarkan ukuran diameter tangensial pori-pori kayu yang pengukurnya dilakukan melalui hasil (cetakan) foto mikroskopis *slide* mikrotom bidang lintang (*cross-section*). Halus-kasarnya tekstur kayu ditentukan atas dasar: a) bertekstur kasar apabila ukuran diameter tangensial pori > 200 mikron, b) bertekstur sedang apabila ukuran diameter tangensial pori 100~200 mikron, dan c) bertekstur halus apabila ukuran diameter tangensial pori < 100 mikron (Brown *et al.* 1994).

Pengukuran Berat Jenis (BJ) Kayu: BJ kayu merupakan perbandingan antara kerapatan kayu dengan kerapatan air pada suhu 4°C (Haygreen and Bowyer 1996, Tsoumis 1991). Pada penelitian ini BJ kayu dihitung melalui perbandingan antara berat kering tanur kayu dengan berat air yang volumenya sama dengan volume kayu dalam keadaan basah. Dari setiap *disk*, diambil 3 ~ 8 buah contoh uji yang mewakili masing-masing riap tumbuh yang ada. Berat kering tanur diperoleh setelah contoh uji dikeringkan dalam oven (103 ± 2)°C sampai konstan, sementara volume basah dihitung dengan metode Archimedes. Nilai BJ kayu dihitung dengan rumus:

$$BJ = \frac{\text{berat kering tanur}}{\text{berat air setara volume yang dipindahkan}}$$

Pengujian Keteguhan Lentur Statis: Penentuan keteguhan lentur statis dilakukan menggunakan mesin uji merek Amsler dan mengikuti prosedur standar Inggris (BS 132:1957) untuk contoh kecil bebas cacat. Contoh

ujji dibuat mewakili ketiga bagian batang (gubal, teras, dan bagian dekat empulur). Nilai MOE dan MOR diperoleh dengan rumus:

$$MOE = \frac{\Delta PL^3}{4\Delta Ybh^3}$$

$$MOR = \frac{3BL}{2bh^2}$$

dimana:

MOE = keteguhan lentur (kg/cm^2)

MOR = modulus patah (kg/cm^2)

ΔP = beban dibawah batas proporsi (kg)

L = jarak sangga contoh uji (cm)

ΔY = defleksi yang terjadi akibat beban P (cm)

b = lebar penampang contoh uji (cm)

h = tinggi penampang contoh uji (cm)

B = beban maksimum sampai patah (kg)

Pengolahan Data

Selain dianalisis secara deskriptif, data yang bersifat kuantitatif dianalisis statistik menggunakan rancangan tersarang yang selanjutnya diuji lanjut Tukey dengan bantuan program *Minitab 13* dan *Microsoft Excel*. Model linier dari rancangan tersarang tersebut adalah (Sudjana 1985):

$$Y_{ijk} = m + A_i + B_{j(i)} + E_{ijk}$$

dimana:

i = Jati unggul atau Jati konvensional

j = bagian pangkal, tengah, atau ujung

k = ulangan

Y_{ijk} = data pengamatan pada Jati ke-i, bagian ke-j dan ulangan ke-k

m = rataan umum

A_i = pengaruh Jati ke-i

$B_{j(i)}$ = pengaruh bagian ke-j tersarang pada Jati ke-i

E_{ijk} = pengaruh acak pada Jati ke-i, bagian ke-j dan ulangan ke-k

Hasil dan Pembahasan

Kayu Juvenil dan Kayu Dewasa

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh contoh uji kayu, baik Jati konvensional maupun Jati unggul masih merupakan 100% kayu juvenil. Hal ini ditunjukkan oleh nilai kerapatan kayu maupun panjang serat yang cenderung terus meningkat dari empulur ke arah kulit (Gambar 1 dan 2). Hal ini dapat terjadi karena pohon contoh masih tergolong muda. Pada pohon yang masih muda aktifitas jaringan kambium masih dipengaruhi oleh aktifitas pucuk. Jaringan kambium yang demikian pada umumnya cenderung menghasilkan sel-sel yang lebih panjang pada periode tumbuh berikutnya,

dan menghasilkan nilai kerapatan kayu yang lebih tinggi (Haygreen dan Bowyer 1996).

Kualitas kayu juvenil telah diketahui lebih rendah dibandingkan dengan kualitas kayu dewasa. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa kualitas kayu dari ketiga pohon yang diteliti tergolong rendah.

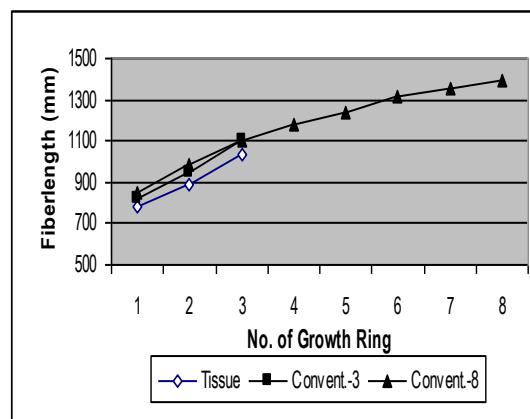


Figure 1. Fiberlength in average of each tree: it tends to increase from pith towards the bark.

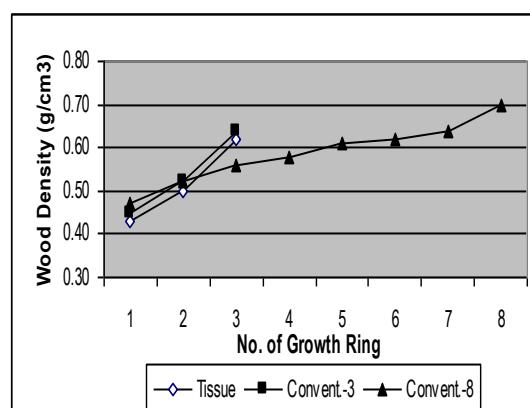


Figure 2. Wood density in average of each tree: it tends to increase from pith towards the bark.

Kayu Teras dan Kayu Gubal

Percentase kayu teras tertinggi terdapat pada kayu Jati konvensional 8 tahun yakni sebesar 58.23% di bagian pangkal dan 46.30% di bagian tengah. Sebaliknya kayu Jati unggul maupun kayu Jati konvensional 3 tahun hanya memiliki kayu teras di bagian pangkal masing-masing sebesar 29.81% dan 25% (Gambar 3). Pada keduanya belum terbentuk kayu teras baik di bagian tengah maupun di bagian ujung batang.

Diketahui pula bahwa persentase kayu teras yang ada pada kayu Jati unggul jauh lebih rendah dibandingkan dengan persentase kayu teras Jati konvensional 8 tahun meskipun diameter batang kedua pohon tersebut sama. Perbedaan umur tegakan diduga

merupakan faktor penyebab. Hal ini sesuai dengan Brown *et al.* (1994) yang mengatakan bahwa pada 3 ~ 10 tahun pertama batang pohon didominasi oleh *xylem* yang masih hidup (gubal) untuk menjamin proses pertumbuhan selanjutnya.

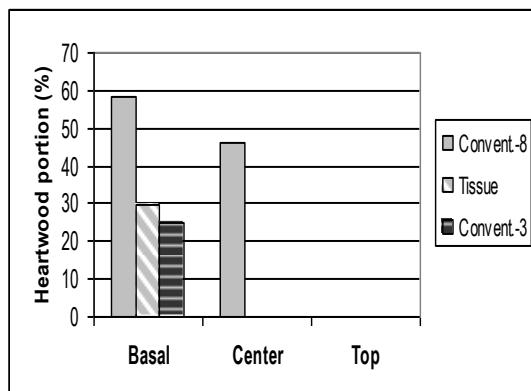


Figure 3. Heartwood portion inside the stem of each tree.

Bagian teras sangat menentukan kualitas kayu khususnya dalam hal kekuatan dan keawetan alami (Brown *et al.* 1994, Tsoumis 1991). Berkaitan dengan itu maka dapat dikatakan bahwa kayu Jati konvensional 8 tahun memiliki kualitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan kayu Jati unggul maupun Jati konvensional 3 tahun. Antara kayu Jati unggul dan Jati konvensional yang sama-sama berumur 3 tahun tidak terdapat perbedaan yang berarti.

Kayu Awal dan Kayu Akhir

Meskipun tidak signifikan, rata-rata persentase kayu akhir pada ketiga jenis contoh uji cenderung berkurang dari bagian pangkal ke ujung (Gambar 4). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Haygreen and Bowyer (1996).

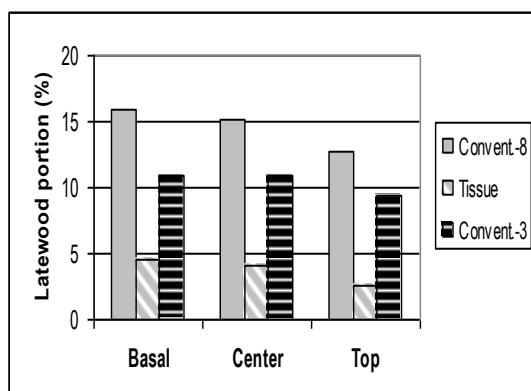


Figure 4. Latewood portion inside the stem of each tree.

Dibandingkan dengan kayu Jati konvensional (3 dan 8 tahun) terlihat bahwa persentase kayu akhir pada kayu Jati unggul lebih kecil. Hal ini menandakan bahwa kekuatan kayu Jati unggul lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan Jati konvensional karena kayu Jati unggul lebih didominasi oleh sel-sel yang berdinding tipis. Dengan demikian maka kayu Jati konvensional baik 3 dan 8 tahun lebih baik kualitasnya dibandingkan dengan kayu Jati unggul. Rendahnya kualitas kayu Jati unggul diduga berkaitan dengan laju pertumbuhan yang tergolong cepat dan berlangsung terus menerus. Gambar 5 memperlihatkan perbedaan lebar riap tumbuh antara kayu Jati unggul dan kayu Jati konvensional.

Tekstur

Dari hasil pengukuran diameter tangensial sel pembuluh (pori-pori kayu) diketahui bahwa tekstur kayu baik Jati konvensional 3 dan 8 tahun maupun Jati unggul tergolong sedang-merata dengan nilai rata-rata berkisar 100 ~ 200 mikron (Gambar 6). Diketahui pula bahwa kayu Jati unggul memiliki tekstur yang paling halus, sedangkan kayu Jati konvensional 3 tahun paling kasar. Diameter tangensial pori-pori pada kayu Jati unggul, kayu Jati konvensional 3 dan 8 tahun berturut-turut adalah 42.5 ~ 250 mikron, 75 ~ 250 mikron, dan 50 ~ 287.85 mikron.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa diameter tangensial pori-pori kayu cenderung bertambah dari bagian pangkal ke bagian ujung, kecuali pada kayu Jati konvensional 3 tahun. Hal ini menyebabkan tekstur kayu di bagian ujung cenderung lebih kasar bila dibandingkan dengan tekstur di bagian pangkal dan tengah batang.

Kerapatan dan Berat Jenis

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa Jati konvensional 8 tahun memiliki kerapatan (*density*) kayu rata-rata tertinggi, sedangkan nilai kerapatan kayu Jati unggul setara dengan kerapatan kayu Jati konvensional 3 tahun (Gambar 7). Kerapatan kayu di bagian pangkal cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan di bagian tengah dan ujung batang. Hal ini dimungkinkan karena sel-sel di bagian pangkal umumnya lebih tua dibandingkan dengan sel-sel penyusun di bagian tengah ataupun di bagian ujung batang.

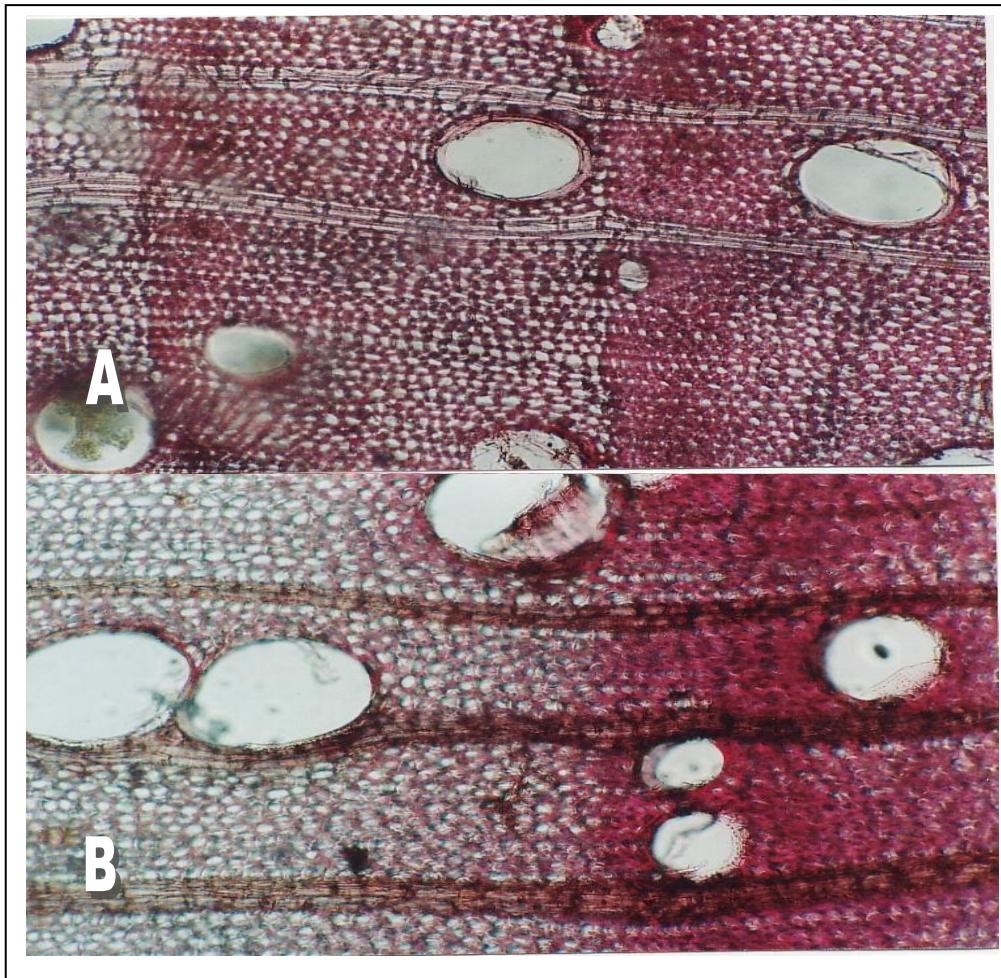


Figure 5. Growth ring wide, earlywood and latewood portion, as well as vessel elements size comparisons between tissue cultural Teakwood (A) and conventional Teakwood (B), (100x magnification)

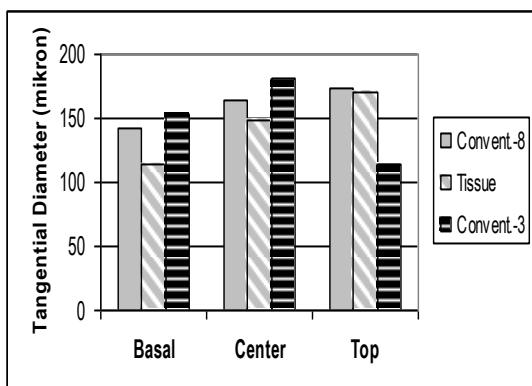


Figure 6. Tangential diameter in vessel elements inside the stem of each tree.

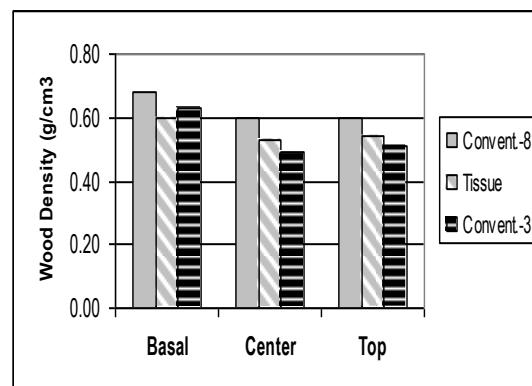


Figure 7. Wood density inside the stem of each tree.

Nilai BJ (*specific gravity*) kayu pada Jati konvensional 8 tahun berkisar $0.47 \sim 0.70 \text{ g/cm}^3$, pada Jati unggul $0.43 \sim 0.64 \text{ g/cm}^3$, dan pada Jati konvensional 3 tahun berkisar $0.45 \sim 0.68 \text{ g/cm}^3$. Sama halnya dengan kerapatan kayu, Jati konvensional 8 tahun juga memiliki BJ kayu rata-rata tertinggi dibandingkan dengan Jati unggul maupun Jati konvensional 3 tahun (Gambar 8).

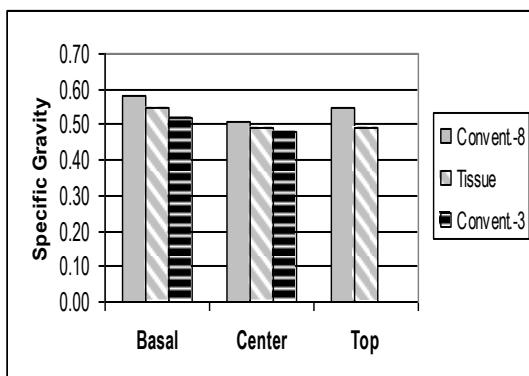


Figure 8. Specific gravity inside the stem of each tree

Berdasarkan hasil uji lanjut Tukey pada tingkat kepercayaan 95% diketahui bahwa kerapatan dan BJ kayu Jati konvensional 8 tahun memang lebih tinggi dan berbeda dibandingkan dengan kerapatan dan BJ kayu baik pada Jati unggul maupun Jati konvensional 3 tahun, sedangkan antara Jati unggul dan Jati konvensional yang berumur 3 tahun, kedua nilai tersebut relatif sebanding.

Kerapatan dan BJ kayu merupakan salah satu faktor penentu kualitas kayu dimana kayu dengan kerapatan dan/atau BJ kayu yang tinggi umumnya akan memiliki kualitas yang lebih baik, terutama dalam hal kemampuan menahan beban (kekuatan). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa kayu Jati konvensional 8 tahun lebih kuat dibandingkan dengan kayu Jati unggul maupun kayu Jati konvensional 3 tahun. Antara Jati unggul dan Jati konvensional 3 tahun kualitas kayu khususnya kekuatan relatif sebanding.

Keteguhan Lentur Statis (*Static Bending Strength*)

Rata-rata nilai keteguhan lentur (MOE) dan keteguhan patah (MOR) seluruh contoh uji disajikan pada Gambar 9 dan 10.

Dari Gambar 9 diketahui bahwa rata-rata MOE kayu Jati unggul lebih rendah dibandingkan dengan nilai yang sama pada kayu Jati konvensional 8 tahun, baik di bagian pangkal, tengah maupun ujung batang, tetapi sebanding dengan MOE kayu Jati konvensional 3 tahun. Meskipun demikian, MOE kayu Jati unggul tersebut relatif lebih seragam dibandingkan dengan MOE kayu Jati konvensional. Diketahui pula bahwa MOE kayu Jati konvensional 8 tahun di bagian tengah batang lebih

tinggi dibandingkan dengan MOE di bagian pangkal batang.

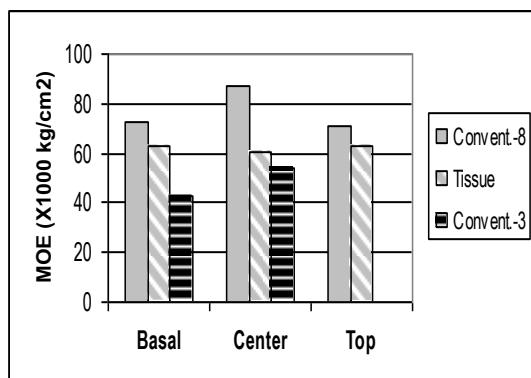


Figure 9. MOE in average inside the stem of each tree.

Berdasarkan uji lanjut Tukey ternyata MOE kayu Jati konvensional 8 tahun berbeda nyata dibandingkan dengan MOE kayu Jati unggul dan berbeda sangat nyata dibandingkan dengan MOE kayu Jati konvensional 3 tahun. MOE kayu Jati unggul tidak berbeda dibandingkan dengan MOE kayu Jati konvensional 3 tahun. Dengan demikian maka dapat dikatakan bahwa kemampuan kayu Jati unggul dalam menahan perubahan bentuk lebih rendah dibandingkan dengan kemampuan kayu Jati konvensional 8 tahun.

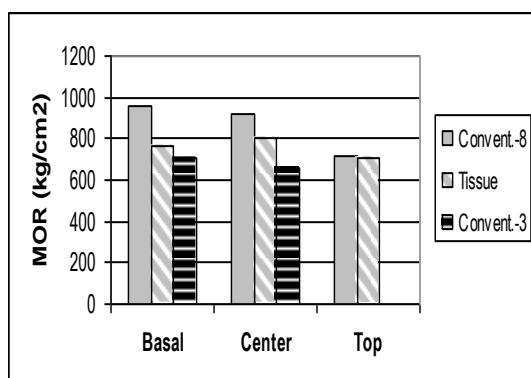


Figure 10. MOR in average inside the stem of each tree

Sama halnya dengan MOE, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa rata-rata MOR kayu Jati unggul lebih rendah dibandingkan dengan MOR kayu Jati konvensional 8 tahun (Gambar 10). Berdasarkan uji lanjut Tukey diketahui bahwa nilai tersebut berbeda nyata bila dibandingkan dengan nilai yang ada pada kayu Jati konvensional 8 tahun, tetapi tidak berbeda bila dibandingkan dengan MOR pada kayu Jati konvensional 3 tahun. Ini menunjukkan bahwa meskipun keduanya memiliki ukuran diameter batang yang sama ternyata keteguhan patah atau kekuatan kayu Jati unggul lebih

rendah dibandingkan dengan nilai yang sama pada kayu Jati konvensional 8 tahun.

Rata-rata MOE dan MOR sebanding dengan rata-rata kerapatan dan BJ kayunya. Hal ini menunjukkan adanya hubungan linier positif antara MOE atau MOR dengan kerapatan atau dengan BJ kayu. Semakin tinggi nilai kerapatan ataupun BJ kayu maka semakin tinggi pula nilai MOE (kekakuan) dan/atau nilai MOR (kekuatan) kayu.

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Baik kayu Jati unggul 3 tahun maupun kayu Jati konvensional 3 dan 8 tahun yang diteliti masih merupakan kayu juvenil.
2. Pohon Jati unggul dan pohon Jati konvensional 3 tahun belum menghasilkan kayu teras khususnya di bagian tengah dan ujung batang, sedangkan kayu teras pada pohon Jati konvensional 8 tahun terdapat di bagian pangkal dan tengah batang, masing-masing sebesar 58.23% dan 46.30%. Rata-rata kayu teras di pangkal batang kayu Jati unggul adalah 29.81%. Nilai tersebut tidak berbeda dibandingkan dengan kayu teras di pangkal batang Jati konvensional 3 tahun (25%).
3. Kayu Jati unggul memiliki persentase bagian kayu akhir paling rendah. Batas antara kayu awal dan kayu akhirnya kurang jelas.
4. Tekstur semua contoh uji kayu yang diteliti tergolong sedang-merata. Tekstur terhalus dijumpai pada kayu Jati unggul, sedangkan tekstur terkasar dijumpai pada kayu Jati konvensional 3 tahun.

5. Berdasarkan rataan nilai-nilai kerapatan dan BJ kayu, MOE serta MOR dapat disimpulkan bahwa kualitas kayu Jati unggul setara dengan kualitas kayu Jati konvensional 3 tahun. Kualitas kayu Jati unggul masih jauh dibawah kualitas kayu Jati konvensional 8 tahun.

Daftar Pustaka

- Bachri, S. 2001. Jati Super Andalan Hari Tua. <http://www.mitrbisnis.com/11301/11301a.htm>. [3 Mei 2003].
- Brown, H. P.; A. J. Panshin; C.C. Forsaith. 1994. Textbook of Wood Technology. Vol. I. McGraw-Hill Book Company Inc. 4th Edition New York.
- Gold Teak Ethical Investment (GTEI). 2003. Fakta-Fakta Tentang Jati. <http://www.goldteak.com/indonesia/factsaboutteak.htm>. [3 Mei 2003].
- Haygreen, J. G.; J. L. Bowyer. 1996. Forest Products and Wood Science: An Introduction. 3rd Edition. Ames IA. Iowa State University Press. Iowa.
- Prayitno. 2003. Program Muria Hijau I Tanam 10.000 Pohon. Harian Umum Suara Merdeka. Muria. Halaman 1 (kolom 1-4). 12 Maret 2003
- Soedaryanto. 2000. Karakteristik Organisasi Pembalak Tradisional dalam Pembalakan Ilegal di KPH Cepu Perum Perhutani Unit I. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Sudjana, M.A. 1985. Desain dan Analisis Eksperimen. Tarsito. Bandung.
- Tsoumis, G. 1991. Science and Technology of Wood. Structure, Properties, Utilization. Van Nostrand Reinhold. New York.

Diterima (accepted) tanggal 14 April 2005

Imam Wahyudi

Departemen Teknologi Hasil Hutan – Fakultas Kehutanan – Institut Pertanian Bogor

(Forest Products Technology Department - Faculty of Forestry – Bogor Agricultural University)

Kampus IPB Darmaga, P.O. Box 168 Bogor 16001, INDONESIA

Tel : (0251) 621285, 422982;

Fax : (0251) 621256, 621285

E-mail : imyudarw@yahoo.com

Ahmad Faizal Arifien

Alumni Tahun 2004 – Fakultas Kehutanan – Institut Pertanian Bogor