

# PENGARUH SIFAT FISIK DAN ANATOMI TERHADAP SIFAT PENDINGINAN ENAM JENIS KAYU

*(The effect of Physical and Anatomical Properties on Drying Properties of Six Wood Species)*

Oleh/By:

**Efrida Basri & Sri Rulliaty<sup>1</sup>**

## **ABSTRACT**

*This study was intended to investigate the effect of physical and anatomical properties on drying properties of six wood species, i.e. tisuk (Hibiscus macrophyllus), gading (Koilodepas sp), mahang (Macaranga hypoleuca), telisai (Planchonia grandis), sibau (Blumeodendron kurzii), and kenari (Santiria laevigata). The physical properties included density and shrinkages, anatomical structure covering ray width. The drying properties included end & surface checks and honeycomb using high temperature drying method ( at 100 °C temperature). The drying properties for each species were based on observed drying defect classes resulted in high temperature drying.*

*Results of experiment revealed that the specific gravity has relationship geometric regression with tangential shrinkage ( $R^2 = 0,78$ ), and the ray width has relationship linier regression with drying properties ( $R^2 = 0,60$ ). Tisuk and sibau belongs to easily dried wood due to having low to medium specific gravity, and large vessel diameter.*

*Mahang, gading, and telisai are hardly to be dried, because they have high specific gravity ( gading and telisai) and low specific gravity on mahang, also unsupported by their anatomical structures such as thick fiber cell-wall (gading), small vessel diameter (mahang and gading) and present of tyloses (gading and telisai).*

*Keywords: Wood species, physical, anatomical, drying property*

---

<sup>1)</sup> Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.

## **ABSTRAK**

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh sifat fisik dan anatomi terhadap sifat pengeringan enam jenis kayu, yaitu tisuk (*Hibiscus macrophyllus*), gading (*Koilocedrus sp*), mahang (*Macaranga hypoleuca*), telisai (*Planchonia grandis*), sibau (*Blumeodendron kurzii*), dan kenari (*Santiria laevigata*). Pengujian sifat fisik meliputi berat jenis dan penyusutan; struktur anatomi kayu meliputi lebar jari-jari. Sedangkan sifat pengeringan yang diuji meliputi cacat pecah ujung dan permukaan serta pecah di bagian dalam kayu, menggunakan metode pengeringan suhu tinggi (suhu 100°C). Berdasarkan kelas kerusakan/cacat yang terjadi dari hasil pengeringan suhu tinggi, kemudian ditetapkan sifat pengeringan untuk masing-masing jenis kayu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan regresi geometrik antara BJ dengan penyusutan ( $R^2 = 0,78$ ), dan regresi linier antara lebar jari-jari dengan sifat pengeringan kayu ( $R^2 = 0,60$ ). Kayu tisuk dan sibau termasuk kayu yang sangat mudah dikeringkan karena memiliki berat jenis rendah sampai sedang, dan diameter pembuluh yang cukup besar.

Kayu mahang, gading dan telisai sangat sulit dikeringkan. Faktor penyebab, di antaranya adalah berat jenis kayu yang terlalu tinggi (gading dan telisai) dan terlalu rendah pada mahang, serta struktur anatomi yang tidak mendukung yaitu dinding serat yang tebal (kayu gading), diameter pembuluh kecil (mahang dan gading), dan berisi tilosis (gading dan telisai).

Kata kunci : Jenis kayu, sifat fisik, anatomi, sifat pengeringan

## I. PENDAHULUAN

Kayu yang baru ditebang mengandung sejumlah air yang besarnya bervariasi di antara 40 hingga di atas 100%, bergantung pada jenis dan posisi kayu dalam batang pohon. Hasil penelitian Kadir (1978 dalam Anonim, 1994) pada 22 jenis kayu Indonesia memperoleh nilai kadar air kayu segar berkisar di antara 80% hingga 195%. Karena persyaratan kadar air untuk bahan baku produk maksimum 20%, bahkan untuk mebel 8% – 14% (Desch dalam Basri dan Rahmat, 2001), maka pengeringan mutlak dilakukan untuk mengeluarkan sebagian besar air yang ada dalam kayu.

Proses keluarnya air dari dalam kayu sering diikuti dengan perubahan fisik kayu yang menyebabkan kayu menjadi rusak atau pewarnaan yang tidak merata pada bagian permukaannya. Faktor yang mempengaruhi kerusakan kayu karena pengeringan, diantaranya adalah struktur anatomi kayu (Panshin dan de Zeuw, 1969; Skaar dalam Basri dan Mandang, 2001; Bramhall dan Wellwood, 1976; Ando dan Onda, 1999), pori kayu remaja (Senft *et al.*, 1986), berat jenis (Rasmussen, 1961) dan ekstraktif kayu (Siau, 1971; Chafe, 1990). Untuk menjaga kualitas kayu dan menghemat waktu pengeringan, maka pengetahuan mengenai sifat-sifat kayu ini penting sebagai dasar untuk menetapkan suhu dan kelembaban optimum pengeringannya.

Tujuan penelitian adalah mengamati pengaruh sifat fisik dan anatomi terhadap sifat pengeringan enam jenis kayu.

## **II. BAHAN DAN METODE**

### **A. Bahan dan Peralatan**

Enam jenis kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu tisuk (*Hibiscus macrophyllus*), gading (*Koilodepas sp*), mahang (*Macaranga hypoleuca*), telisai (*Planchonia grandis*), sibau (*Blumeodendron kurzii*), dan kenari (*Santiria laevigata*). Kayu yang digunakan untuk penelitian ini diambil dari jenis dan lokasi yang sama. Peralatan yang digunakan antara lain timbangan elektronik, timbangan *berkel*, *oven*, *dial caliper*, mistar ukur, dan mikroskop.

### **B. Metode**

Sifat fisik kayu yang diuji dalam penelitian ini adalah BJ (berat jenis) dan penyusutan. Pembuatan contoh uji dan pengujian sifat fisik kayu mengikuti ASTM D143-94 (ASI, 1994). Untuk pengujian BJ dan penyusutan kayu dibuat contoh uji dengan ukuran 3 cm x 3 cm x 3 cm. Data BJ kayu dihitung atas dasar berat kering oven dan volume basah. Data penyusutan dihitung atas dasar berat basah ke kering oven. Untuk masing-masing perlakuan dibuat ulangan sebanyak 3 kali. Data anatomi yang diamati dalam penelitian ini adalah lebar jari-jari, diukur dari preparat sayatan yang telah disiapkan berdasarkan metoda Sass (1961). Data diameter pembuluh dan tilosis pada kayu yang diteliti disitir dari Mandang & Sudardji (2000 dan 2001), dan Artistien dan Mandang (2002).

Pengujian sifat pengeringan kayu menggunakan metode pengeringan suhu tinggi (*quick drying test*) yang ukuran contoh uji dan prosedur pengujiannya mengacu pada standar yang dibuat oleh Shin Terazawa (1965). Pada percobaan tersebut, contoh uji dimasukkan ke dalam oven dengan suhu konstan  $\pm 100$  °C sampai contoh uji tersebut mencapai berat kering oven/tanur. Jenis kerusakan yang diamati dalam pengujian sifat pengeringan ini adalah pecah

ujung dan permukaan (*end and surface checks*) serta pecah di bagian dalam kayu (*honeycomb defect*). Kedua cacat tersebut diamati karena sangat berpengaruh terhadap kekuatan kayu. Pengamatan pecah ujung dan permukaan pada contoh uji dilakukan setiap 2-3 jam hingga kerusakannya mencapai batas maksimum. Penentuan klasifikasi pecah ujung dan/ permukaan sesuai dengan Tabel 1. Sedangkan pecah di bagian dalam kayu diamati setelah contoh uji mencapai berat kering oven (Ka. 0%).dan penentuan klasifikasinya sesuai dengan Tabel 2. Dengan berpegangan pada jenis cacat dan tingkat kerusakannya, kemudian ditetapkan sifat pengeringan untuk masing-masing jenis kayu.

**Tabel 1. Kelas pecah ujung dan/atau permukaan pada contoh uji kayu dan klasifikasi sifat pengeringan**

*Table 1. End and/or surface check class in wood sample and drying property classification*

Pecah ( <i>Checks</i> ), %	Kelas ( <i>Class</i> )	Sifat pengeringan ( <i>Drying property</i> )
0 – 5	I	A. Sangat baik ( <i>Very good</i> )
> 5 – 10	II	B. Baik ( <i>Good</i> )
> 10 – 20	III	C. Agak baik ( <i>Rather good</i> )
> 20 - 30	IV	D. Sedang ( <i>Fair</i> )
> 30 – 50	V	E. Agak buruk ( <i>Rather poor</i> )
> 50 – 70	VI	F. Buruk ( <i>Poor</i> )
> 70	VII	G. Sangat buruk ( <i>Very poor</i> )

**Tabel 2. Kelas cacat pecah pada bagian dalam contoh uji kayu dan klasifikasi sifat pengeringan**

*Table 2. Defect class of honeycombing check in wood sample and drying property classification*

Pecah dalam ( <i>Honeycombing</i> )	Kelas ( <i>Class</i> )	Sifat pengeringan ( <i>Drying property</i> )
0	I	A. Sangat baik ( <i>Very good</i> )
1 besar ( <i>major</i> ) atau/or 2 kecil ( <i>minors</i> )	II	B. Baik ( <i>Good</i> )
2 besar ( <i>majors</i> ) atau/or 4 – 5 kecil ( <i>minors</i> )	III	C. Agak baik ( <i>Rather good</i> )
4 besar ( <i>majors</i> ) atau/or 7 – 9 kecil ( <i>minors</i> )	IV	D. Sedang ( <i>Fair</i> )
6 – 8 besar ( <i>majors</i> ) atau/or 15 kecil ( <i>minors</i> )	V	E. Buruk ( <i>Poor</i> )
17 besar ( <i>majors</i> ) atau/or kecil ( <i>minors</i> )	VI	F. Sangat buruk ( <i>Very poor</i> )

### C. Analisis Data

Untuk mengetahui hubungan BJ dengan penyusutan dan lebar jari-jari dengan sifat pengeringan dilakukan dengan analisis regresi

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengamatan kadar air awal, BJ dan penyusutan enam jenis kayu disajikan pada Tabel 3, sedangkan data diameter pembuluh, lebar jari-jari, dan adanya tilosis, serta kelas cacat dan sifat pengeringan kayu terdapat dalam Tabel 4.

**Tabel 3 Nilai rata-rata berat jenis dan penyusutan kayu yang diteliti**

**Table 3. Mean specific gravity and shrinkage of wood investigated**

Jenis kayu ( <i>Wood species</i> )	Berat jenis <sup>1)</sup> * ( <i>Specific gravity</i> )	Ka. awal rata-rata, ( <i>Initial moisture content</i> ), % *	Penyusutan ( <i>Shrinkage</i> ), %		T/R
			BS-KO <sup>2)</sup> *		
			R	T	
1. Tisuk	0,33	60 - 75	2,69	4,27	1,59
2. Gading	0,82	45- 55	2,39	6,30	2,63
3. Mahang	0,31	70 - 80	2,85	4,98	1,75
4. Telisai	0,80	64 - 70	2,68	7,73	2,88
5. Sibau	0,61	54 - 65	3,02	5,98	1,98
6. Kenari	0,63	60 - 70	3,96	5,70	1,44

Keterangan (*Remarks*):

<sup>1)</sup> Didasarkan pada berat kering oven (*based on oven dry weight*); <sup>2)</sup> Basah ke kering oven (*green to oven dry*); R= radial/*radial*; T= tangensial/*tangential*

\*) 3 kali ulangan (*3 replication*)

**Tabel 4. Struktur anatomi, kelas cacat dan sifat pengeringan kayu yang diteliti**

**Table 4. Anatomical structures, defect class and drying properties of wood investigated**

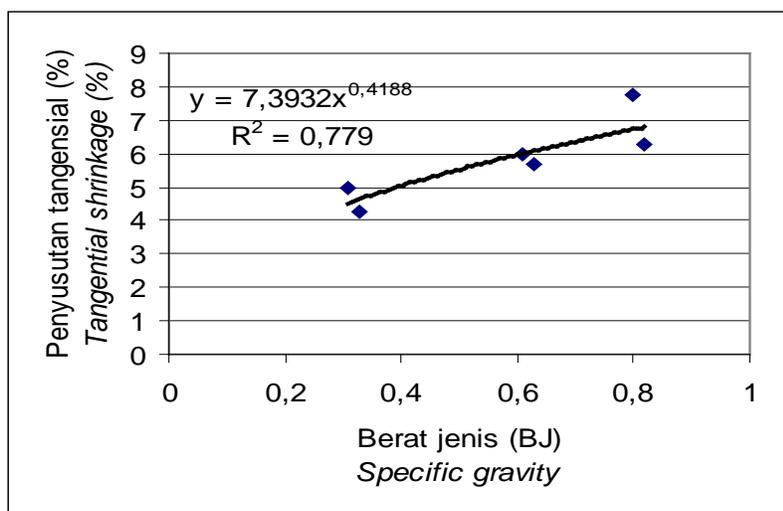
Jenis kayu ( <i>Wood species</i> )	Struktur anatomi ( <i>Anatomical structures</i> )			Kelas cacat pengeringan ( <i>Drying defect class</i> )		Sifat pengeringan ( <i>Drying property</i> )	
	Ø Pembuluh rata-rata ( <i>Mean vessel diameters</i> ), mikron	Tilosis/endapan ( <i>Tylosis/amorf deposit</i> )	Lebar jari jari ( <i>Ray width</i> ) (mikron)	Pecah ujung & permukaan ( <i>End &amp; surface checks</i> )	Pecah dalam ( <i>Honeycomb</i> )	Kategori ( <i>Category</i> )	Skore ( <i>Scoring</i> ) %
1. Tisuk	170 ± 21 <sup>1</sup>	X	36,24	I	I	A	90
2. Gading	90 ± 6 <sup>2</sup>	√ <sup>2</sup>	20,06	IV	IV	D	60
3. Mahang	96 ± 44 <sup>3</sup>	X	25,05	IV	III	D	60
4. Telisai	175 ± 20 <sup>2</sup>	√ <sup>2</sup>	37,77	IV	III	D	60
5. Sibau	154 ± 14 <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	27,84	I	I	A	90
6. Kenari	175 ± 13 <sup>3</sup>	√ (jarang/rare) <sup>3</sup>	16,51	II	I	B	80

Sumber (*Sources*): <sup>1)</sup> Artistien dan Mandang (2002); <sup>2)</sup> Mandang dan Sudardji (2001);

<sup>3)</sup> Mandang dan Sudardji (2000)

Keterangan (*Remarks*): A. Sangat baik (*Very good*); B. Baik (*Good*); C. Agak baik (*Rather good*); D. Sedang (*Fair*); E. Agak buruk (*Rather poor*); F. Buruk (*Poor*); G. Sangat buruk (*Very poor*); X. Tidak ada (*None*); √. Ada (*Present*)

Pada Tabel 3 tampak makin tinggi BJ kayu makin besar penyusutan pada arah tangensial kayu. Hal tersebut juga ditunjukkan oleh grafik regresi untuk jenis kayu yang diteliti seperti dapat dilihat pada Gambar 1, dengan koefisien determinasi sebesar 77,9%.



Gambar 1. Hubungan antara berat jenis (BJ) dengan penyusutan arah tangensial (%)

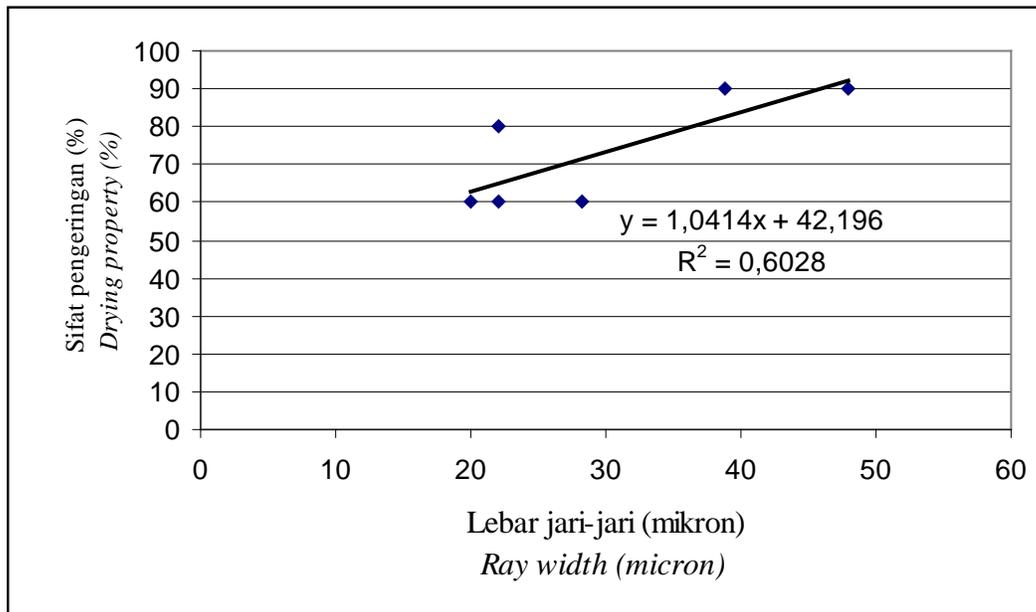
*Figure 1. Relationship between specific gravity and tangential shrinkage(%)*

Air terikat yang dikeluarkan dari dalam kayu yang mempunyai BJ tinggi lebih banyak dibandingkan pada kayu dengan BJ yang lebih rendah. Dimensi kayu dapat berkurang atau menyusut dengan menurunnya kadar air kayu yang terjadi selama proses pengeringan. Penyusutan dimensi kayu mulai diperhitungkan setelah kayu mencapai kadar air 30% (kadar air. titik jenuh serat) karena di atas nilai tersebut biasanya penyusutan sangat kecil sehingga diabaikan. Stabilitas dimensi kayu ditunjukkan oleh perbandingan penyusutan kayu pada arah tangensial terhadap arah radialnya (T/R). Lazimnya kayu yang nilai T/R di bawah 2 dimensinya lebih stabil selama pengeringan. Namun terdapat kekecualian pada kayu mahang, meskipun nilai T/R masih di bawah 2 dan BJ-nya termasuk kecil (Tabel 3) namun kayu tersebut mudah retak/pecah sewaktu dikeringkan, terutama retak/pecah pada permukaan (Tabel 4). Faktor yang menyebabkan terjadinya retak/pecah baik di permukaan maupun di bagian dalam pada kayu mahang karena ukuran diameter pembuluh kayunya kecil

dibandingkan dengan lima jenis kayu lainnya yaitu  $96 \pm 44$  mikron sehingga air sulit keluar dan parenkim bentuk jala memudahkan kayu tersebut untuk retak/pecah (Tabel 4).

Menurut Panshin dan de Zeuw (1969), salah satu faktor anatomi yang berperan dalam proses pengeluaran air dari dalam kayu adalah jari-jari kayu. Jari-jari yang lebar pada kayu sangat membantu pengeluaran air dari dalam kayu secara transversal, namun harus didukung oleh sifat anatomi lainnya seperti banyaknya ceruk atau noktah pada dinding sel, dinding serat tipis, arah serat lurus, diameter pembuluh cukup besar dan tidak ada endapan atau tilosis pada pembuluh ataupun isi sel lainnya pada jari-jari. Bila tidak didukung dengan sifat-sifat tersebut maka pada waktu air keluar dari dalam kayu tegangan kayu menjadi besar sehingga kayu menjadi retak/pecah karena adanya perbedaan kepadatan sel pada jari-jari dan serat disekitarnya. Upaya untuk menghindari atau mengurangi terjadinya pecah di bagian permukaan kayu yang dianjurkan yaitu dengan menggunakan suhu yang rendah dan kelembaban yang tinggi di awal pengeringan sampai kayu mencapai kondisi titik jenuh serat.

Berdasarkan data lebar jari-jari dan sifat pengeringan pada Tabel 4 maka dibuat grafik regresi (Gambar 2). Pada gambar tersebut tampak bahwa terdapat hubungan regresi antara lebar jari-jari yang diteliti dengan sifat pengeringan. Meskipun koefisien determinasi hanya 60,28%, tetapi ada kecenderungan semakin lebar jari-jari maka semakin mudah kayu dikeringkan dan memiliki sifat pengeringan sangat baik. Sebaliknya semakin kecil atau sempit jari-jari maka semakin lambat air keluar sehingga kayu sulit dikeringkan, sehingga semakin besar persentase pecah permukaan ataupun dalam yang ditimbulkannya dan sifat pengeringannya semakin buruk. Selain faktor jari-jari yang lebar masih ada faktor anatomi lain yang mempengaruhi sifat pengeringan kayu seperti telah dijelaskan sebelumnya.



Gambar 2. Hubungan antara lebar jari-jari dengan sifat pengeringan(%)

Figure 2. Relationship between ray width and drying property(%)

Dalam menetapkan suhu pengeringan, cacat pecah dalam (*honeycomb*) sangat dipertimbangkan karena berpengaruh terhadap penurunan kekuatan kayu dan sifat fisik lainnya. Di antara keenam jenis kayu yang diteliti, kayu gading memiliki pecah dalam tertinggi yaitu kelas 4 (Tabel 4). Kayu tersebut juga memiliki nilai T/R di atas 2, yang mengindikasikan dimensi kayu gading tidak stabil sehingga perlu kehati-hatian dalam pengeringan. Faktor yang menyebabkan terjadinya pecah dalam pada kayu gading, di antaranya adalah BJ yang tinggi (0,82), diameter pembuluh kecil, hanya  $90 \pm 6$  mikron dan berisi tilosis (Tabel 4), serta dinding serat yang tebal yaitu 4,1 mikron. Komponen lignin kayu gading juga termasuk tinggi yaitu lebih dari 33% (Pari, dkk., 2001). Menurut Siau (1971), permeabilitas sel akan berkurang dengan semakin banyaknya lignin pada dinding sel. Ketika proses pengeringan kayu gading dipercepat, dinding sel kayu tersebut akan tertarik oleh daya kapiler air. Jika tegangan penyusutan melebihi kekuatan kayu tegak lurus pada arah seratnya

maka terjadilah pecah permukaan yang berlanjut sampai ke bagian dalam kayu (Bramhall dan Wellwood 1976; Wang *et al.*, 1994 ; Reeb 2007). Pengurangan zat-zat kayu seperti lignin dan silika akan berdampak lebih baik terhadap kualitas pengeringan dan perekatan kayu. Untuk menghindari atau mengurangi terjadinya pecah di bagian dalam pada kayu gading, dianjurkan menggunakan suhu yang rendah sebelum kayu mencapai kondisi titik jenuh serat (Terazawa, 1961). Meskipun kayu gading sulit dikeringkan, namun memiliki nilai dekoratif dengan warna yang cerah dan tekstur halus, sehingga cocok untuk dijadikan bahan baku mebel indah atau kegunaan lain yang mengutamakan keindahan.

Kayu telisai juga tergolong kayu yang sulit dikeringkan. Dari keenam jenis kayu yang diteliti, kayu telisai memiliki tingkat penyusutan tangensial tertinggi (7,73%) dan tingkat kestabilan dimensinya paling rendah yang ditunjukkan dari nilai T/Rnya (2,88) mendekati 3. Faktor yang menyebabkan kayu telisai sulit dikeringkan dengan tingkat penyusutan arah radial dan tangensial yang tidak sebanding, kemungkinan besar dari BJ dan struktur kayunya. Meskipun diameter pembuluh kayu tersebut termasuk cukup besar ( $175\pm 20$  mikron) dibandingkan dengan lima jenis kayu lainnya, namun banyak ditemukan tilosis (Tabel 4). Juga pada kayu telisai meskipun memiliki jari-jari yang lebar, namun terdapat kristal dalam sel tegak jari-jarinya dan mempunyai dinding serat yang sangat tebal yaitu 7,3 mikron serta serat yang sangat berpadu, sehingga menyulitkan keluarnya air dari dalam kayu. Menurut Panshin dan de Zeuw (1969) juga Siau (1971), kayu yang memiliki sel pembuluh besar namun tersumbat oleh tilosis atau endapan-endapan amorf akan mengalami hambatan dalam proses pengeluaran air dari dalam kayu. Dinding serat kayu telisai yang tebal berakibat terhadap banyaknya air terikat yang harus dikeluarkan dari dinding sel kayu, sehingga

penyusutannya menjadi tinggi. Upaya untuk meningkatkan permeabilitas kayu telisai dapat dilakukan dengan pemberian uap (*steaming*) sebelum proses pengeringan (Basri *et al.*, 1999).

Kayu kenari termasuk kayu yang relatif mudah dikeringkan. Tingkat kestabilannya tinggi yang ditunjukkan dari nilai T/Rnya jauh di bawah 2, bahkan terendah (1,44%) di antara 6 jenis kayu yang diteliti. Pada awal pengeringan kayu tersebut mengalami retak/pecah di permukaan kayu, namun tidak menembus ke bagian dalam kayu. Faktor yang mendukung kayu tersebut relatif mudah dikeringkan antara lain BJ sedang dan diameter pembuluh yang cukup besar serta memiliki arah serat kayu yang lurus. Meskipun ditemukan tilosis pada pembuluh kayu kenari, namun jarang.

Dari keenam jenis kayu yang diteliti, kayu tisuk dan sibau sangat mudah dikeringkan tanpa mengalami kerusakan kayu. Kedua jenis kayu tersebut mengering tanpa mengalami retak/pecah, baik di permukaan maupun di bagian dalam kayu. Faktor yang mendukung kayu tisuk dan sibau mudah mengering, di antaranya diameter pembuluh cukup besar, bahkan pada kayu sibau bisa mencapai 218 mikron dan tidak ada penyumbatan berupa tilosis atau endapan-endapan amorf serta didukung dengan jari-jari yang lebar (Tabel 4). Dari kedua jenis kayu tersebut, kayu tisuk memiliki arah serat yang lurus dengan permukaan kayu mengkilap.

#### **IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

Hasil penelitian pengaruh sifat fisik dan anatomi terhadap sifat pengeringan menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara faktor fisik dan anatomi dengan sifat pengeringan kayu. Hubungan BJ dan penyusutan tangensial menunjukkan semakin tinggi BJ kayu maka semakin besar penyusutannya pada arah tangensial dengan  $R^2 = 77,9\%$ , sedangkan

hubungan lebar jari-jari dengan sifat pengeringan menunjukkan bahwa semakin lebar jari-jari semakin baik sifat pengeringannya dengan  $R^2 = 60,28\%$ .

Kayu tisuk dan sibau termasuk kayu yang sangat mudah dikeringkan karena memiliki berat jenis sedang (pada kayu tisuk ringan), diameter pembuluh yang cukup besar dan tidak tersumbat oleh tilosis atau endapan-endapan amorf serta didukung dengan jari-jari yang lebar sehingga memudahkan dalam pengeringan.

Kayu mahang, gading dan telisai sangat sulit dikeringkan. Faktor penyebab, di antaranya adalah diameter pembuluh kayu kecil (mahang dan gading), BJ tinggi (gading dan telisai), komponen lignin tinggi (gading), dinding serat tebal, pembuluh banyak berisi tilosis (gading dan telisai), dan sel-sel tegak jari-jari berisi kristal (telisai), sehingga menghambat proses pengeluaran air dari dalam kayu.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Standard Institution (ASI). 1994. Standard methods of testing small clear specimens of timber. In Annual Book of ASTM Standard vol. 4, sec.4. Construction. Philadelphia, USA.
- Ando, K and H. Onda. 1999. Mechanism for deformation of wood as honeycomb structure I: Effect of anatomy on the initial deformation process during radial compression. Journal Wood Science 45: 120-126. The Japan Wood Research Society.
- Anonim. 1994. Pedoman teknis pengeringan kayu dalam dapur pengeringan konvensional. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta. Hlm. 21.
- Artistien, S. dan Y.I. Mandang. 2002. Anatomi dan kualitas serat kayu *Hybiscus macrophyllus* Roxb dan *Artocarpus horridus* Jarret. Buletin Penelitian Hasil Hutan 20 (3): 243-257. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor.

- Basri, E., H. Roliadi and Rahmat. 1999. The effect of pre-steaming and cross-sectional end-coating on the drying properties of Indonesian Torem (*Manilkara kanosiensis*) wood species. Proceedings of The Fourth International Conference on The Development of Wood Science, Wood Technology and Forestry, July 14 – 16, 1999 in Missenden Abbey England. Pp. 206 – 211.
- Basri, E. dan Y.I. Mandang. 2001. Pengeringan kayu: Pentingnya pemahaman sifat-sifat kayu untuk mendukung teknologi pengolahan. Prosid. Diskusi Teknologi Pemanfaatan Kayu Budidaya untuk Mendukung Industri Perakayuan yang Berkelanjutan, tanggal 7 November 2001 di Bogor. Hlm. 261-268. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Basri, E. dan Rahmat. 2001. Pembuatan kilang pengeringan kayu kombinasi energi surya dan tungku. Petunjuk Teknis Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Bramhall, G. and R.W. Wellwood. 1976. Kiln drying of western Canadian lumber. Canadian Forestry Service. Western Forest Products Laboratory. Vancouver. British Columbia.
- Chafe, S.C. 1990. Effect of brief presteaming on shrinkage, collapse and other wood-water relationships in *Eucalyptus regnans* F. Muell. Wood Sci. Technology 24: 311-326 . Berlin.
- Mandang, Y.I. dan U. Sudardji. 2000. Anatomi dan kualitas serat dua puluh jenis kayu dari kawasan Barat Indonesia. Buletin Penelitian Hasil Hutan 18 (3): 163-208. Pusat Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Mandang, Y.I. dan U. Sudardji. 2001. Anatomi dan kualitas serat sembilan jenis kayu kurang dikenal asal Kalimantan Timur. Buletin Penelitian Hasil Hutan 19 (1): 41-67. Pusat Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Panshin A.J. dan C. de Zeeuw. 1969. Text Book of Wood Technology, 3 rd. McGraw-Hill Book Co., pp.150-197. New York.
- Pari, G. D. Setiawan dan Saepuloh. 2001. Analisis komponen kimia dari kayu kurang dikenal dari Kalimantan Timur. Buletin Penelitian Hasil Hutan 19 (4): 201-207. Pusat Penelitian Hasil Hutan. Bogor.

- Rasmussen, E.F. 1961. Dry Kiln Operator's Manual. U.S. Department of Agriculture. Agric. Handbook 188.
- Reeb, J.E.. 2007. Drying wood. Artikel dari <http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/for/for55/for55.htm>. Diakses pada tanggal 13 Februari 2007.
- Sass, J.E. 1961. Botanical Microtechnique. The Iowa State University Press. Iowa, USA
- Senft, J.F., M.J. Quanci, dan B.A. Bendtsen. 1986. Property profile of 60-year old douglas-fir. Proceed. Of a Cooperative Technical Workshop of juvenile wood. Forest Product Research Society. Madison, USA. Pp. 17-28.
- Siau, J.F. 1971. Flow in wood. Syracuse Univ. Press. New York. pp. 1 – 67.
- Terazawa, S. 1965. An easy methods for the determination of wood drying schedule. Wood Industry 20 (5). Wood Technological Association of Japan
- Wang, Z., E.T. Choong and V.K. Gopu. 1994. Effect of presteming on drying stresses of red oak using a coating and bending method. Wood and Fiber Science 26 (4): 527 – 53

