

PENGARUH UMUR POHON TERHADAP SIFAT DASAR DAN KUALITAS PENGERINGAN KAYU WARU GUNUNG (*Hibiscus macrophyllus* Roxb.) (Effect of Tree Age on Basic Properties and Drying Quality of Waru Gunung (*Hibiscus macrophyllus* Roxb.))

Efrida Basri¹, T.A. Prayitno², & Gustan Pari¹

¹) Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor. Telp. 0251-8633378

²) Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada. Bulaksumur, Yogyakarta. Telp. 0274-6491428

Email: denvig@yahoo.com

Diterima 30 Juli 2012, disetujui 1 Oktober 2012

ABSTRACT

This study examines wood properties as the indicator of waru gunung wood quality based on age and axial direction and their implication on drying quality. Wood samples used in this study collected from three ages, i.e. 8, 12, and 16 years. The samples were arranged in axial direction of the tree stem, namely, bottom, middle, and top portions. The basic properties of the wood observed i.e. fiber length, specific gravity (SG), and wood shrinkages for each axial portions were observed in radial direction from near pith, central and near bark. Fiber length measurements were undergone using procedure practiced at the Center for Research and Development on Forestry Engineering and Forest Products Processing Bogor. Specific gravity and shrinkage were determined in accordance with the modified ASTM D143-94, meanwhile drying properties and qualities were observed using the modified Terazawa method.

Results revealed that the fiber length and SG of waru gunung were affected by tree ages, and position of the tree stem in both axial and radial directions. Considering basic properties and drying qualities of the series wood aging, it turned out that wood with tree age of 16 years could comply with the requirements for furniture material.

Keywords: Waru gunung timber, ages, wood properties, drying quality, furniture

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data sifat kayu waru gunung sebagai indikator kualitas kayu didasarkan pada umur dan arah aksial serta pengaruhnya terhadap kualitas pengeringannya. Sifat dasar kayu yang diamati yaitu panjang serat, berat jenis (BJ), dan penyusutan kayu. Bahan kayu untuk penelitian diambil dari 3 umur, yaitu 8, 12, dan 16 tahun. Contoh uji ditentukan pada arah aksial batang, yakni pangkal, tengah dan bagian ujung. Untuk sifat dasar kayu, dari setiap bagian aksial dibuat contoh uji pada arah radial dari dekat empulur, tengah, dan dekat ke kulit. Ukuran dan prosedur untuk uji panjang serat mengacu pada prosedur di Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan, Bogor, BJ dan penyusutan dengan standar ASTM D143-94 yang dimodifikasi, sedangkan pengujian sifat dan kualitas pengeringan mengacu pada metode Terazawa yang dimodifikasi.

Hasil penelitian menunjukkan panjang serat dan BJ waru gunung dipengaruhi oleh umur pada kedua arah aksial maupun radial. Berdasarkan sifat dasar dan kualitas pengeringan dari ketiga umur kayu menunjukkan hanya kayu umur 16 tahun bisa memenuhi persyaratan untuk bahan mebel.

Kata kunci: Waru gunung, umur, sifat kayu, kualitas pengeringan, mebel

I. PENDAHULUAN

Kualitas kayu merupakan resultan dari sifat kayu, baik sifat fisika, kimia, mekanika, maupun struktur kayu (Panshin dan de Zeeuw, 1980). Oleh karena itu perubahan kecil pada dimensi panjang serat, sudut serat, dan nisbah antara selulosa dan lignin bisa menyebabkan perubahan pada sifat fisika kayu dan selanjutnya berakibat pada perubahan kualitas pengolahannya.

Persyaratan kayu untuk suatu tujuan penggunaan tertentu bergantung pada sifat kayu bersangkutan serta persyaratan teknis yang diperlukan. Untuk bahan baku mebel kayu harus cukup kuat, dalam pengertian mampu memikul beban baik secara terus menerus atau sesekali. Bagian yang diperuntukkan memikul beban kekuatannya harus lebih tinggi dibandingkan yang tidak menerima beban. Dalam hal ini pola pembagian kayu disesuaikan dengan tujuan penggunaan. Kisaran berat jenis (BJ) kayu untuk bahan baku mebel menurut SNI 01-0608-1989 (BSN, 1989) berkisar antara 0,40 - 0,60. Kayu untuk mebel harus mudah dikerjakan, dimensi stabil, serta memiliki nilai dekoratif atau berpenampilan indah (Prayitno, 2007; Martawijaya *et al.*, 2005). Sifat keindahan tersebut terkait dengan keberadaan mebel atau furnitur sebagai hiasan atau pajangan.

Waru gunung (*Hibiscus macrophyllus* Roxb.) termasuk salah satu jenis tanaman serbaguna dan cepat tumbuh (Kosasih *et al.*, 2009). Sebagai tanaman cepat tumbuh, terutama pada umur muda tentu memiliki banyak sifat inferior karena banyak mengandung kayu juvenil atau kayu muda. Kualitas kayu dengan adanya kayu juvenil diduga lebih rendah dibandingkan kualitas kayu dewasanya. Hingga saat ini, data dan informasi

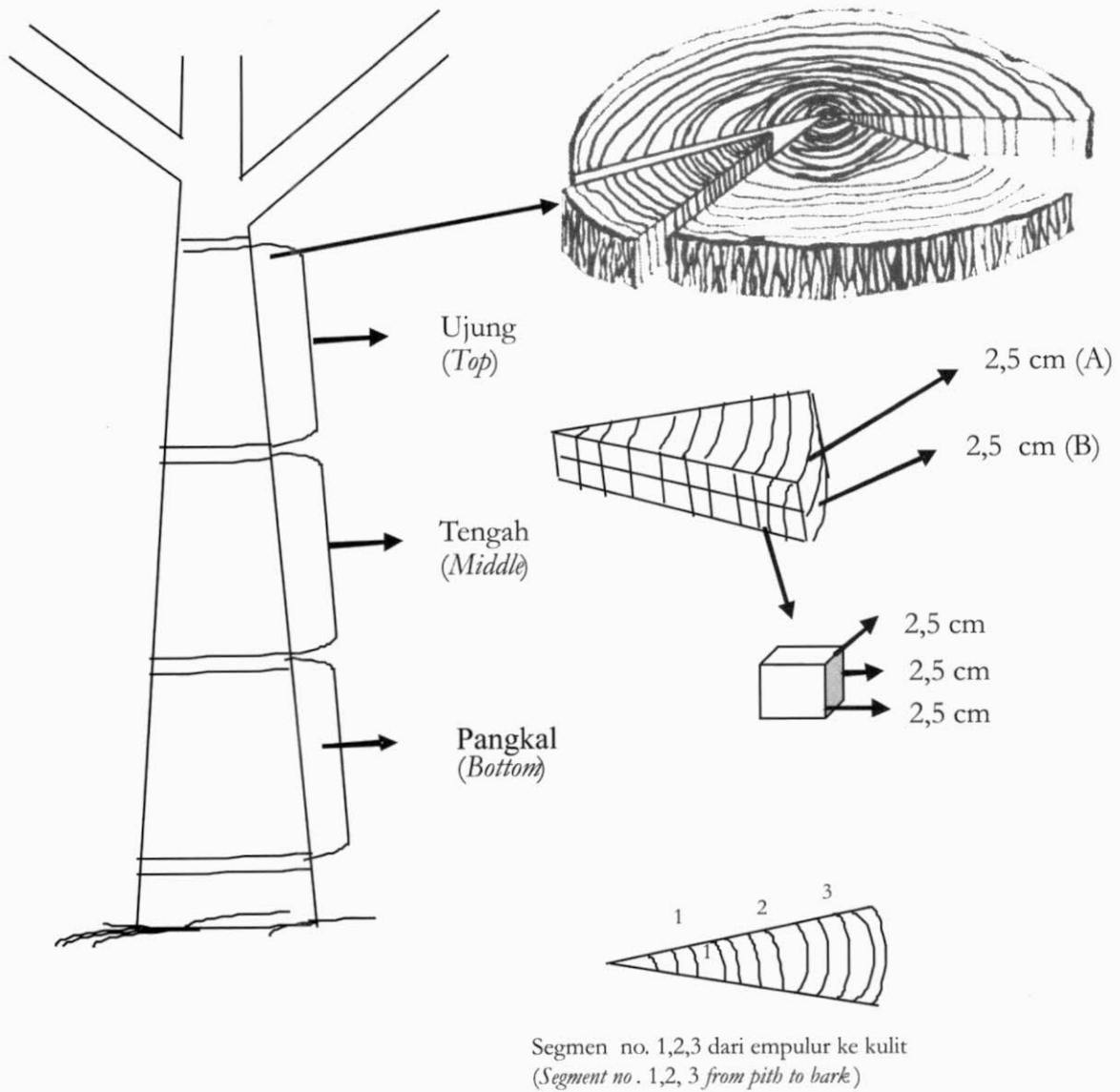
mengenai kualitas kayu tersebut, terutama yang berhubungan dengan umur masih sangat terbatas sehingga pemanfaatannya belum optimal. Sehubungan dengan itu, tujuan penelitian mendapatkan data sifat dasar kayu (panjang serat dan BJ) sebagai indikator kualitas kayu menurut umur dan letak ketinggiannya dalam batang serta pengaruhnya terhadap kualitas pengeringan untuk bahan mebel.

II. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

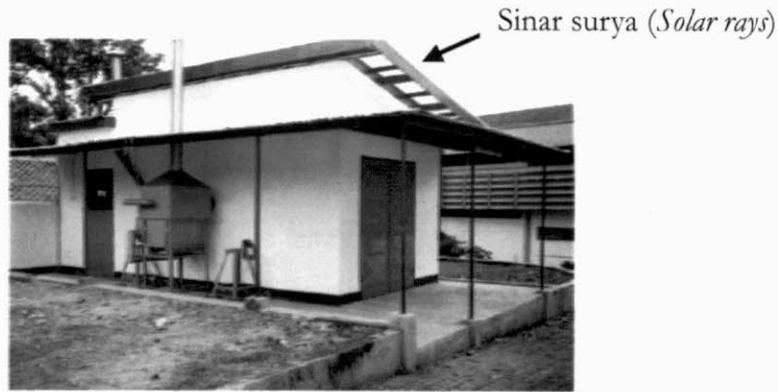
Bahan utama penelitian ini adalah kayu waru gunung umur 8, 12, dan 16 tahun asal hutan rakyat Ciamis (Jawa Barat). Setiap kelas umur diwakili oleh 2 pohon sehat dan tumbuh lurus. Pohon dari masing-masing kelas umur tersebut dipilih berdasarkan ukuran diameter batang setinggi dada dan tinggi batang bebas cabang yang relatif sama. Diameter dan tinggi batang bebas cabang rata-rata untuk pohon umur 8 tahun 19,7 cm dan 9,5 m; 12 tahun 24,9 cm dan 11,0 m; dan umur 16 tahun 32,0 cm dan 12,2 m. Contoh uji diambil dari 3 posisi batang, yaitu bagian pangkal, tengah, dan ujung, serta 3 posisi radial dari dekat empulur, tengah, dan dekat kulit sebagaimana tampak pada Gambar 1.

Bahan penunjang untuk penelitian antara lain: asam asetat glasial, hidrogen peroksida, karboxylol, gliserin, aluminium foil, lem fox dan solar. Sedangkan peralatan yang digunakan antara lain: *chainsaw*, *bandsaw*, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g, *dial caliper*, oven merk memmert, mikroskop, dan kilang pengering kayu kombinasi energi surya dan panas tungku (Gambar 2).

- A. Panjang serat (*Fiber length*)
- B. Berat jenis dan penyusutan (*Specific gravity and shrinkage*)



Gambar 1. Skema pengambilan contoh uji pada batang
Figure 1. Sample extraction scheme from the trunk



Gambar 2. Kilang pengering kombinasi energi surya dan panas tungku (Lokasi: PUSTEKOLAH, Bogor)

Figure 2. Kiln dryer using the combined use of solar energy and heating stove (Location: Center for R&D FEFPP, Bogor)

Penelitian sifat dasar kayu sebagai indikator kualitas kayu mencakup panjang serat dan berat jenis (BJ). Kestabilan dimensi kayu ditentukan dari rasio penyusutan dimensi pada arah tangensial (T) terhadap arah radial (R) kayu. Ukuran contoh uji dan prosedur pengujian untuk panjang serat mengacu pada prosedur di Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan Bogor, BJ dan penyusutan dengan ASTM D143-94 yang dimodifikasi (ASTM, 2006).

Pengujian kualitas pengeringan kayu waru gunung mengacu pada Metode Terazawa yang dimodifikasi oleh Basri dan Rahmat (2008). Percobaan pengeringan diawali dengan mengeringkan contoh uji dalam oven menggunakan suhu konstan 100°C hingga contoh uji mencapai berat kering oven. Kualitas pengeringan kayu didasarkan pada hasil penilaian kehadiran 3 jenis cacat dan tingkat kerusakannya, seperti tampak dalam Tabel 1-3.

Tabel 1. Kualitas pengeringan berdasarkan persentase cacat pecah ujung dan/atau pecah permukaan contoh uji

Table 1. *Drying quality based on end and/or surface checks of the samples*

Nilai cacat (<i>Defect value</i>), %	Kelas (<i>Class</i>)	Kualitas pengeringan (<i>Drying quality</i>)
0 – 5	I	Sangat baik (<i>Very good</i>)
> 5 – 10	II	Baik (<i>Good</i>)
> 10 – 20	III	Agak baik (<i>Rather good</i>)
> 20 – 30	IV	Sedang (<i>Fair</i>)
> 30 – 50	V	Agak buruk (<i>Rather poor</i>)
> 50 – 70	VI	Buruk (<i>Poor</i>)
> 70	VII	Sangat buruk (<i>Very poor</i>)

Keterangan (*Remark*): Modifikasi dari Metoda Terazawa (*Modification of Terazawa method*) oleh (by) Basri & Rahmat (2008)

Tabel 2. Kualitas pengeringan berdasarkan perbedaan 2 ukuran tebal pada arah radial contoh uji

Table 2. Drying quality based on two thicknesses difference in radial direction of the samples

Perbedaan 2 ukuran tebal (Difference of two thicknesses), mm	Kelas (Class)	Kualitas pengeringan (Drying quality)
0 – 0,3	I	Sangat baik (<i>Very good</i>)
0,3 – 0,6	II	Baik (<i>Good</i>)
0,6 – 1,2	III	Agak baik (<i>Rather good</i>)
1,2 – 1,8	IV	Sedang (<i>Fair</i>)
1,8 – 2,5	V	Agak buruk (<i>Rather poor</i>)
2,5 – 3,5	VI	Buruk (<i>Poor</i>)
> 3,5	VII	Sangat buruk (<i>Very poor</i>)

Keterangan (*Remark*): Modifikasi dari Metoda Terazawa (*Modification of Terazawa method*) oleh (by) Basri & Rahmat (2008)

Tabel 3. Kualitas pengeringan berdasarkan jumlah cacat pecah dalam contoh uji

Table 3. Drying quality based on total defect of honeycombing checks of the samples

Jumlah cacat (Defect total)	Kelas (Class)	Kualitas pengeringan (Drying quality)
0	I	Sangat baik (<i>Very good</i>)
1 besar (<i>major</i>) atau (<i>or</i>) 2 kecil (<i>min</i>)	II	Baik (<i>Good</i>)
2 besar (<i>major</i>) atau (<i>or</i>) 4-5 kecil (<i>min</i>)	III	Agak baik (<i>Rather good</i>)
4 besar (<i>major</i>) atau (<i>or</i>) 7-9 kecil (<i>min</i>)	IV	Sedang (<i>Fair</i>)
6-8 besar (<i>major</i>) atau (<i>or</i>) 15 kecil (<i>min</i>)	V	Buruk (<i>Poor</i>)
> 8 besar (<i>major</i>) atau (<i>or</i>) 17 kecil (<i>min</i>)	VI	Sangat buruk (<i>Very poor</i>)

Keterangan (*Remark*): Modifikasi dari Metoda Terazawa (*Modification of Terazawa method*) oleh (by) Basri & Rahmat (2008)

Data dianalisa menggunakan rancangan *Complete Randomized Design* (CRD) berpola faktorial untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas kayu. Perhitungan analisis varians menggunakan program SAS (*Statistical Analysis Systems*) versi 9.0.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat dan Kualitas Kayu Waru Gunung

Data nilai rata-rata panjang serat dan berat jenis (BJ) kayu waru gunung dari 3 kelompok umur dan posisi letaknya pada arah aksial (ketinggian pohon) maupun radial (diameter batang) tampak dalam Tabel 4.

Tabel 4. Nilai rata-rata panjang serat dan BJ kayu waru gunung pada tiga kelompok umur
Table 4. The average values of fiber length and specific gravity of waru gunung at three ages

Umur (<i>Age</i>), tahun (<i>year</i>)	Batang arah aksial (<i>Axial oriented stem</i>)	Batang arah radial (<i>Radial oriented stem</i>)	Parameter yang diuji (<i>Tested parameter</i>)	
			Panjang serat (<i>Fiber length</i>), mm	Berat jenis (<i>Specific gravity</i>)
8	Pangkal (<i>Bottom</i>)	DE	1,782	0,308
		TN	1,889	0,344
		DK	1,951	0,424
	Tengah (<i>Middle</i>)	DE	1,638	0,290
		TN	1,782	0,336
		DK	1,888	0,356
	Ujung (<i>Top</i>)	DE	1,620	0,289
		TN	1,736	0,330
		DK	1,812	0,327
12	Pangkal (<i>Bottom</i>)	DE	1,768	0,355
		TN	1,916	0,441
		DK	1,953	0,431
	Tengah (<i>Middle</i>)	DE	1,723	0,335
		TN	1,822	0,365
		DK	1,886	0,382
	Ujung (<i>Top</i>)	DE	1,640	0,324
		TN	1,845	0,358
		DK	1,904	0,357
16	Pangkal (<i>Bottom</i>)	DE	1,859	0,423
		TN	1,952	0,538
		DK	1,959	0,534
	Tengah (<i>Middle</i>)	DE	1,851	0,428
		TN	1,918	0,434
		DK	1,959	0,479
	Ujung (<i>Top</i>)	TN	1,727	0,334
		DK	1,802	0,438
		DE	1,792	0,429

Keterangan (*Remarks*): Td= diameter batang (*stem diameter*); DE= dekat empulur (*close to pith*); TN= tengah (*middle*); DK= dekat kulit (*close to bark*)

Data hasil penelitian yang tercantum dalam Tabel 4 dan dikuatkan dengan hasil uji statistik (Lampiran 1), menunjukkan kualitas kayu mengalami perubahan yang signifikan dengan bertambah nya umur pohon, letak ketinggian batang (aksial), dan diameter batang (radial). Makin tua kayu, makin bertambah panjang serat dan berat jenis (BJ) kayu. Umur dimana tercapai panjang serat maksimum adalah berhubungan dengan panjang umur jenis pohon yang diharapkan (Pandit, 2006). Hal ini sesuai dengan pendapat Panshin dan de Zeeuw (1980) bahwa penambahan panjang serat dan BJ terjadi secara bertahap sesuai dengan riap pertumbuhan kayu sampai batas maksimum di bawah tajuk, dan makin ke atas suatu batang panjang serat dan BJ akan menurun sampai batas minimalnya.

B. Kualitas Pengeringan

Cacat kayu waru gunung yang banyak ditemukan dalam proses pengeringan suhu tinggi ini berupa pecah ujung dan permukaan serta deformasi pada arah tebal kayu. Kehadiran kedua cacat tersebut sangat dominan terutama pada kayu umur 8 tahun. Hal ini diduga terkait dengan tingkat tegangan pertumbuhan yang tinggi dalam pohon tersebut yang lazim ditemukan pada kayu tanaman muda dengan porsi kayu juvenil tinggi.

Rasio penyusutan dimensi arah tangensial terhadap arah radial (rasio T/R) merupakan salah satu indikator untuk mengetahui mudah tidaknya kayu dikeringkan. Kayu dengan rasio T/R di atas 2 memiliki cacat pengeringan (terutama cacat bentuk) lebih banyak dibandingkan kayu dengan

rasio T/R seimbang atau kurang dari 2 (Basri *et al.*, 2009). Hal ini terkait dengan kerusakan struktur dinding sel kayu yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan penyusutan pada kedua arah tersebut. Pada penelitian ini (Tabel 5) tampak kayu waru gunung umur 16 tahun (kecuali batang bagian ujung)memilikirasio penyusutan T/R di bawah 2, lebih banyak

diperoleh kayu kering berkualitas dibandingkan kayu umur 8 dan 12 tahun yang rasio penyusutan T/R di atas 2. Semakin tua kayu (sampai batas umur tertentu),rasio T/R makin rendah karena kayu makin tegak dan kokoh (Cave dan Walker, 1994; Haygreen dan Bowyer, 1993), sehingga bisa mengeliminir permasalahan yang ditimbulkan dalam proses pengeringan.

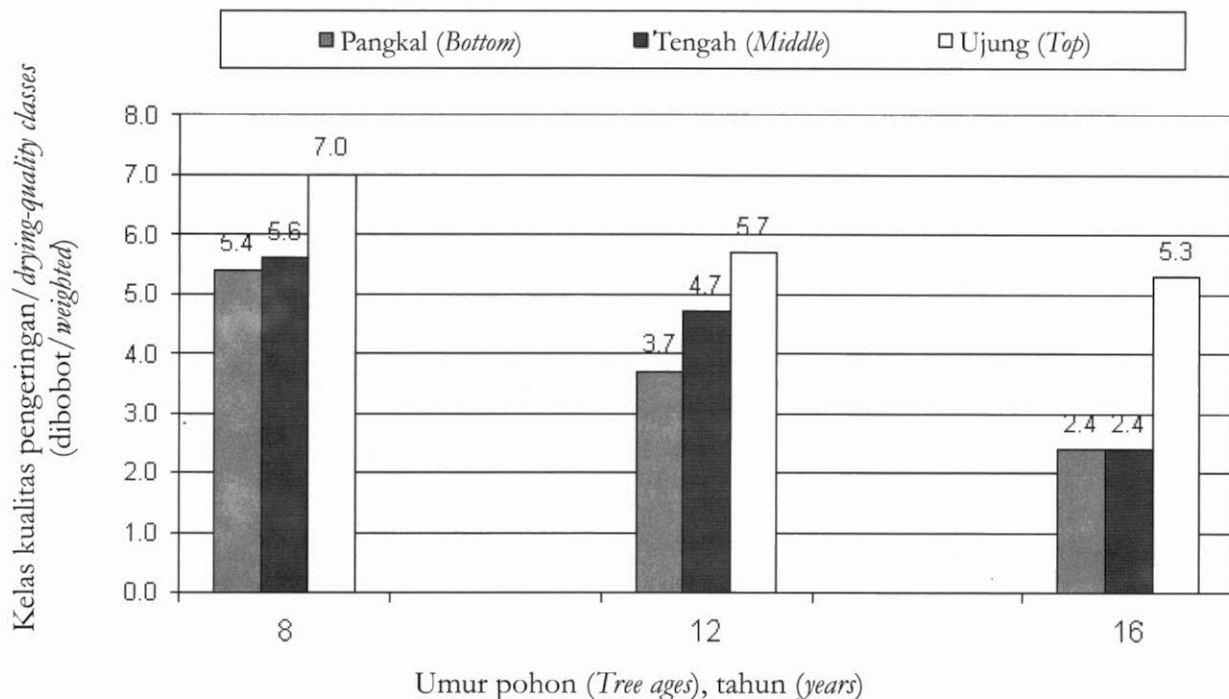
Tabel 5. Persentase jumlah contoh uji berdasarkan klasifikasi pengeringan
Table 5. Percentage of samples based on drying classification

Umur (Age), tahun (year)	Letak aksial (Axial position)	BJ rata- rata (Specific Gravity average)	Rasio T/R rata-rata (T/R ratio average)	Persentase contoh uji berdasarkan klasifikasi kualitas pengeringan (Percentage of sample quality based on drying classification) (%)						
				I	II	III	IV	V	VI	VII
8	Pangkal (Bottom)	0,350	2,75	-	-	-	-	60	40	-
	Tengah (Middle)	0,327	3,91	-	-	-	-	40	60	-
	Ujung (Top)	0,315	4,55	-	-	-	-	-	-	100
12	Pangkal (Bottom)	0,412	2,25	-	-	30	40	30	-	-
	Tengah (Middle)	0,358	2,43	-	-	-	40	50	10	-
	Ujung (Top)	0,346	2,81	-	-	-	-	30	70	-
16	Pangkal (Bottom)	0,478	1,72	-	40	30	20	-	-	-
	Tengah (Middle)	0,427	1,93	-	30	50	20	-	-	-
	Ujung (Top)	0,417	2,22	-	-	-	20	30	50	-

Keterangan (Remarks): I. Sangat baik (*Very good*); II. Baik (*Good*); III. Agak baik (*Rather good*); IV. Sedang (*Fair*); V. Agak buruk (*Rather poor*); VI. Buruk (*Poor*); VII. Sangat buruk (*Very poor*)

Hubungan antara umur pohon dengan kualitas pengeringan menunjukkan makin tua pohon, kualitas pengeringan kayu semakin baik, sebaliknya makin ke ujung batang pohon kualitas pengeringannya makin buruk (Gambar 4). Hal ini terkait dengan pola pertumbuhan kayu yang secara bertahap meningkat ke atas sesuai riap

pertumbuhannya sampai batas maksimum di bawah tajuk (Panshin dan de Zeeuw, 1980; Brown *et al.*, 1994), sehingga pada umur yang sama batang pangkal akan lebih tua dibandingkan dengan batang di atasnya, yang tentunya juga akan memiliki kualitas kayu yang lebih baik.



Gambar 4. Hubungan antara umur pohon dan kelas kualitas pengeringan (dibobot)
Figure 4. Relationship between age of tree and drying-quality classes (weighted)

Keterangan (Remarks): Semakin rendah skor semakin baik kualitas pengeringan (*The lower score indicates better drying quality*); 1 = sangat baik (*very good*); 2 = baik (*good*); 3 = agak baik (*rather good*); 4 = sedang (*fair*); 5 = agak buruk (*rather poor*); 6 = buruk (*poor*); 7 = buruk sekali (*very poor*)

Kayu waru gunung memiliki nilai dekoratif atau berpenampilan indah dengan permukaan kayu agak licin dan mengkilap, arah serat lurus, dan mudah dikerjakan dengan mesin (Abdurrochim *et al.*, 2009).

Berdasarkan dataBJ, rasio penyusutan T/R kayu, dan kualitas pengeringankayu waru gunung pada tiga kelompok umur ini serta

didukung dengan nilai dekoratif dan kemudahan kayu untuk dikerjakan dengan mesin, dapat diketahui umur dan bagian batang kayu yang memenuhi persyaratan untuk bahan mebel sesuai standar SNI 01-0608-1989 (BSN, 1989) dan persyaratan teknis lain (Prayitno, 2007; Martawijaya *et al.*, 2005), sebagaimana tampak dalam Tabel 6.

Tabel 6. Bagian batang kayu waru gunung yang memenuhi standar SNI 01-0608-1989 dan persyaratan teknis lain untuk bahan mebel**Table 6. Parts of waru gunung trunk that meet the requirements of SNI 01-0608-1989 standard and other technical requirements for furniture material**

Umur (<i>Age</i>), tahun (<i>year</i>)	Letak aksial (<i>Axial position</i>)	Persyaratan teknis (<i>Technical requirements</i>)		
		Berat jenis (<i>Specific gravity</i>) 0,40 – 0,60	Dimensi stabil (<i>Stability dimension</i>) (T/R = 2)	Penampilan/ Dekoratif (<i>Decorative appearance</i>)*
8	Pangkal (<i>Bottom</i>)	×	×	√
	Tengah (<i>Middle</i>)	×	×	√
	Ujung (<i>Top</i>)	×	×	×
12	Pangkal (<i>Bottom</i>)	√	×	√
	Tengah (<i>Middle</i>)	×	×	√
	Ujung (<i>Top</i>)	×	×	×
16	Pangkal (<i>Bottom</i>)	√	√	√
	Tengah (<i>Middle</i>)	√	√	√
	Ujung (<i>Top</i>)	√	×	√

Keterangan (*Remarks*): T= *tangensial direction*; R= *radial direction*

√ = Serat lurus, permukaan kayu agak licin dan mengkilap (*straight grain, quite smooth, and shiny*); √ = memenuhi persyaratan untuk bahan mebel (*meet the requirements for furniture material*); × = tidak memenuhi persyaratan untuk bahan mebel (*not meet the requirements for furniture material*)

Data dan informasi dalam Tabel 6 tersebut menunjukkan hanya kayu dari pohon umur 16 tahun (kecuali pada batang ujung) yang memenuhi semua persyaratan sebagai kayu mebel untuk pemakaian di bawah atap. Kayu yang tidak memenuhi persyaratan sebagai bahan mebel masih bisa dimanfaatkan untuk penggunaan yang lain.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kualitas kayu waru gunung yang diteliti mengalami perubahan yang signifikan dengan bertambahnya umur pohon serta letak ketinggian (aksial) dan diameter (radial) batang. Panjang serat dan berat jenis (BJ) kayu naik secara progresif dari daerah dekat empulur ke arah kulit dan dari ujung ke pangkal pohon.
2. Kualitas pengeringan terbaik diperoleh pada contoh uji kayu umur 16 tahun dari batang pangkal sampai tengah, sedangkan kualitas pengeringan agak buruk sampai sangat buruk diperoleh pada contoh uji umur 8 tahun.
3. Berdasarkan persyaratan SNI untuk kayu mebel, kayu waru gunung dari kelompok umur 8 dan 12 tahun belum memenuhi persyaratan bahan baku mebel.

4. Untuk meningkatkan kualitas kayu waru gunung umur 8 dan 12 tahun disarankan dengan perlakuan densifikasi, impregnasi ataupun laminasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrochim, S., O. Rachman, G. Pari., dan S. Rulliaty. 2009 (Editor). Sifat dan Kegunaan Kayu: 15 Jenis kayu andalan setempat Jawa Barat. Penerbit Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor. Percetakan CV. Simpati Bogor.
- BSN. 1989. Kayu untuk Mebel, Syarat Sifat Fisik dan Mekanik. SNI 01-0608-1989. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- ASTM. 2006. Standard Method of Testing Small Clear Specimen of Timber D143-94 (modifikasi). Annual Book of ASTM Standards, Vol. 0410 (Wood).
- Basri, E. dan Rahmat. 2008. Penetapan Suhu dan Kelembaban Minimum-Maksimum Berdasarkan Klasifikasi Cacat Pengeringan dan Sifat Fisik Kayu: Modifikasi Metode Terazawa. Laboratorium Pengeringan Kayu, Pusat Litbang Hasil Hutan Bogor.

- Basri, E., Saefudin, S. Rulliaty, and K. Yuniarti. 2009. Drying Conditions for 11 Potential Ramin Substitutes. *Journ. of Tropical Forest Science* 21 (4): 328-335. Forest Research Institute Malaysia.
- Brown, H.P., A. Panshin, and C.C. Forsaith. 1994. *Text Book of Wood Technology*. Vol. I. Mc Graw-Hill Book Company Inc. 4th Edition. New York.
- Cave, I.D. and J. C. F. Walker. 1994. Stiffness of Wood in Fast-Grown Plantation Softwoods: The Influence of Microfibril Angle. *Forest Prod. Journal* 44 (5): 43 - 48.
- Haygreen, J.G. and J.L. Bowyer. 1993. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu: Suatu Pengantar*. Terjemahan dari bahasa Inggris ke Indonesia oleh Sutjipto Hadikusumo. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Jorge, F.T.Q and H. Pereira. 2000. Variability of Fiber Length in Wood and Bark in *Eucalyptus globulus*. *IAWA Journal* 21 (1) : 41-48.
- Kosasih, A.S., N. Mindawati, and R. Effendi. 2009. Trial of Mixed Plantation Forest Establishment of Alternatives Tree Species Producing Pulp. Proceed. International Seminar Research on Plantation for Forest Management. Forestry Research and Development Agency (FORDA). Pp 329-332.
- Martawijaya, A., I. Kartasujana, Y.I. Mandang, S.A. Prawira, and K. Kadir. 2005. *Atlas Kayu Indonesia Edisi II*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor, Indonesia.
- Pandit, I.K.N. 2006. *Variabilitas Sifat Dasar Kayu*. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Panshin, A. J. and C. de Zeuw. 1980. *Textbook of Wood Technology*. McGraw-Hill Book Co. Iowa. p. 209-272.
- Prayitno, T.A. 2007. *Pertumbuhan dan Kualitas Kayu*. Lecture Note Program Magister Riset S2. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Stuart S.A. and R. Evans. 1994. *X-Ray Diffraction Estimation of the Microfibril Angle Variation in Eucalypt Increment Cores*. Research Report. The CRC for Hardwood Fibre and Paper Science.

Lampiran 1. Sidik ragam berat jenis dan panjang serat kayu waru gunung pada tiga kelompok umur

Appendix 1. Analysis of variance on specific gravity and fiber length of waru gunung at three ages

Parameter (Parameter)	Sumber keragaman (Source of variance)	Db (Df)	JK (SS)	KT (MS)	F-hit
1. Panjang serat (Fiber length)	Umur (<i>Age</i>), A	2	0,0558	0,0279	13,28**
	Posisi aksial (<i>Axial position</i>), B	2	0,1510	0,0755	35,95**
	Posisi radial (<i>Radial position</i>), C	2	0,2585	0,1292	61,52**
	Galat (<i>Residual</i>)	27	0,0563	0,0021	
	Total	53	0,5969		
2. Berat jenis (Specific gravity)	Umur (<i>Age</i>), A	2	0,1263	0,0631	210,33**
	Posisi aksial (<i>Axial position</i>), B	2	0,0399	0,0199	66,33**
	Posisi radial (<i>Radial position</i>), C	2	0,0483	0,0241	80,03**
	Galat (<i>Residual</i>)	27	0,0090	0,0003	
	Total	53	0,2469		

Keterangan (Remarks): ** Berpengaruh sangat nyata (*High significant*)