

**DAUR TEKNIS PINUS TANAMAN UNTUK KAYU PERTUKANGAN
BERDASAR SIFAT FISIS DAN MEKANIS**

*(Technical Rotation of Pine from Plantation for Wood Construction Material
Based on its Physical and Mechanical Properties)*

Oleh/By :

Nurwati Hadjib

ABSTRACT

Research on physical and mechanical properties of pine wood (Pinus merkusii Jungh. et de Vr.) with age of 17, 21, 23, 27 and 28 years old conducted to determine its technical rotation period. The result indicated that relationship between the increase of age and density, specific gravity, moisture content and shrinkage have the same hyperbolic pattern. At the age of 17 to 19-20 years, these properties tended to decrease, then increased until maximum level at 23 years, then decreased. Maximum bending strength reached at 27 years and minimum at 17 years. MOE, maximum crushing strength and hardness had also hyperbolic pattern. The age of tree didn't affect its mechanical properties. Density of wood tested could not be a good MOR's predictor, but good predictor for MOE and maximum crushing strength. MOE could be a good predictor for MOR. Pine wood from age of 17 years belongs to strength class IV and can be utilized as light construction. While the remain belongs to strength class III, and can be utilized as structural materials. Technical rotation of pine determined by physical and mechanical properties was 23-26 years.

Keywords : Technical rotation, plantation, physical properties, mechanical properties, construction wood materials

ABSTRAK

Penelitian sifat fisis dan mekanis kayu pinus (*Pinus merkusii Jungh. et de Vr.*) umur 17, 21, 23, 27 dan 28 tahun dilakukan untuk menentukan daur teknis tanaman tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan, berat jenis, kadar air dan penyusutan menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu pada kayu umur 17 sampai 19-20 tahun sifat kayu cenderung menurun, kemudian meningkat sampai mencapai maksimum pada sekitar umur 23 tahun dan kembali menurun lagi. Kecenderungan tersebut mengikuti pola hiperbolik. Keteguhan lentur patah kayu pinus yang diteliti tertinggi pada kayu umur 27 tahun dan terendah pada kayu umur 17 tahun. Demikian pula pada kekakuan, keteguhan tekan sejajar serat dan kekerasannya. Perbedaan umur tidak mempengaruhi sifat mekanis kayu. Kerapatan kayu pinus yang diteliti. tidak dapat menjadi penduga terbaik untuk MOR-nya, akan tetapi dapat menjadi penduga terbaik untuk keteguhan tekan sejajar serat. Sedangkan MOE dapat menjadi penduga terbaik untuk MOR. Kayu pinus umur dari tingkat umur 17 tergolong kelas kuat IV, sedangkan umur 21, 23, 27 dan 28 tahun tergolong kelas kuat III. Menurut sifatnya, maka kayu pinus umur 17 tahun sesuai untuk konstruksi ringan, sedangkan kayu umur 21, 23, 27 dan 28 tahun dapat digunakan untuk kayu bangunan. Daur teknis kayu pinus yang ditentukan berdasar sifat fisis dan mekanisnya adalah antara umur 23-26 tahun.

Kata kunci : Daur teknis, hutan tanaman, sifat fisis, sifat mekanis, kayu pertukangan

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan kayu dari Hutan Tanaman Industri (HTI) dikelompokkan menjadi tiga tujuan penggunaan yaitu kayu pertukangan, kayu serat dan kayu energi. HTI kayu

pertukangan belum sepopuler HTI kayu serat. Padahal menurut Karnasudirdja dan Kadir (1989), dari 20 kelompok jenis kayu yang direkomendasikan untuk HTI, hampir seluruhnya termasuk kelompok kayu pertukangan. Adapun kayu energi relatif terbatas penggunaannya.

Pembangunan HTI telah dimulai sejak tahun 1985, maka diasumsikan saat ini telah ada pohon yang berumur sekitar 20 tahun. Menurut Karnasudirdja dan Kadir (1989), daur tegakan untuk HTI kayu pertukangan adalah 10 – 30 tahun. Pinus (*Pinus merkusii*) merupakan salah satu jenis kayu HTI yang telah lama ditanam, dengan pertimbangan selain cepat tumbuh, pinus memberikan hasil antara yang merupakan komoditi ekspor, yaitu gondorukem dan terpentin. Tanaman pinus diusahakan sebagai penghasil getah dan kayunya dipanen bila produksi getahnya telah menurun.

Daur adalah jangka waktu antara penanaman sampai saat pemanenan (eksploitasi). Panjangnya daur tergantung pada jenis pohon, keadaan tempat tumbuh (bonita) dan tujuan manajemen hutan (Menurut Anonim, 1997). Umumnya, jenis pohon cepat tumbuh seperti sengon, ekaliptus dan akasia, berdaur lebih pendek daripada jenis tumbuh lambat seperti jati, mahoni dan sonokeling. Demikian pula tegakan yang tumbuh di tempat berbonita tinggi, daurnya dapat lebih pendek dari tegakan yang tumbuh di tempat dengan bonita rendah. Tujuan manajemen hutan menentukan panjangnya daur, misalnya daur untuk kayu pulp lebih pendek daripada daur kayu pertukangan, pada jenis dan bonita yang sama. Daur dibedakan antara daur fisik, daur teknis, daur finansial dan daur biologis. Daur fisik adalah kurun waktu yang dihitung sampai umur pertemuan antara garis riap tahun berjalan (*current annual increment/CAI*) dengan garis riap tahunan rata-rata (*mean annual increment/MAI*). Daur teknis dihitung sampai saat pemanenan kayu untuk tujuan tertentu. Daur finansial adalah kurun waktu yang dicapai sewaktu nilai tegakan

tertinggi. Sedangkan daur biologis adalah kurun waktu yang dicapai sampai tegakan tidak lagi tumbuh (Anonim, 1997). Untuk menentukan daur teknis perlu diketahui variabel yang menentukan kualitas kayu yang sesuai dengan tujuan penggunaan kayu pertukangan di antaranya adalah sifat fisis dan mekanisnya. Sehingga dari rentang waktu yang masih terlalu lebar untuk daur kayu pertukangan, 10 – 30 tahun, dari setiap jenis dapat diketahui secara pasti daur teknisnya.

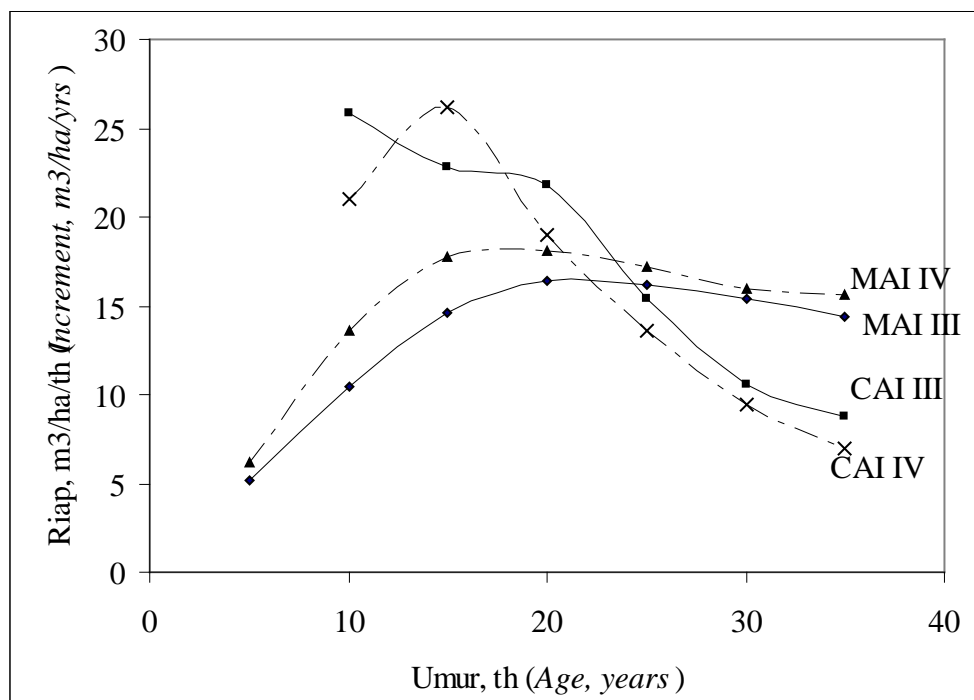
B. Sifat Fisis dan Mekanis

Sifat fisis dan mekanis kayu merupakan salah satu indikator yang menentukan kualitas kayu terutama untuk kayu pertukangan. Sifat fisis dan mekanis kayu dipengaruhi oleh jenis kayu, umur pohon, lokasi tempat tumbuh serta perlakuan silvikulturnya (Haygreen dan Bowyer, 1982). Untuk mendapatkan nilai finansial yang optimal, maka penentuan daur teknis dikombinasikan dengan nilai jual optimal kayu yang dipanen merupakan pertimbangan yang dapat mendukung keberhasilan pengelolaan HTI.

Pemanfaatan kayu HTI untuk tujuan industri kayu pertukangan harus memenuhi persyaratan kualitas kayu sesuai peruntukannya. Meskipun konsep kualitas kayu mungkin sukar untuk diterangkan secara tepat, namun beberapa faktor mempengaruhi kecocokan kayu untuk berbagai tujuan. Beberapa variabel yang mempengaruhi kecocokan kayu untuk tujuan HTI kayu pertukangan adalah kerapatan dan variasi kerapatan, lingkaran tumbuh (lebar, variasi dan jumlahnya), serat (panjang dan kelurusannya), mata kayu (ukuran, tipe dan sebarannya), proporsi kayu teras, persen pembuluh, kayu juvenil serta kayu reaksi (Haygreen and Bowyer, 1982; Panches, 2004).

C. Daur Teknis

Daur teknis yang merupakan jangka waktu perkembangan sampai suatu jenis dapat menghasilkan kayu untuk keperluan tertentu ditentukan berdasarkan daur volume maksimum, yaitu waktu perkembangan suatu tegakan yang memberikan hasil kayu tahunan terbesar, baik dari hasil penjarangan maupun tebangan akhir. Daur ini merupakan daur yang paling banyak dipakai di lapangan, baik secara langsung atau tidak langsung. Panjang daur volume maksimum ini berhimpitan dengan umur tegakan pada waktu riap rata-rata tahunan (mean annual increment, MAI) mencapai maksimum. Umur tersebut merupakan titik potong antara grafik MAI dengan riap tahunan berjalan (current annual increment, CAI). Gambar 1 menunjukkan kurva CAI dan MAI pada HTI kayu pinus yang diolah dari Tabel tegakan *Pinus merkusii* (Suharlan *et. al.*, 1993).



Gambar 1. CAI dan MAI pinus pada bonita III dan IV

Figure 1. CAI and MAI of pine at site index III and IV

Pada Gambar 1 terlihat daur volume maksimum pada bonita III tercapai pada tanaman umur 24.8 tahun, sedangkan pada Bonita IV pada umur 23.5 tahun. Pada saat kayu mencapai pertumbuhan maksimum, maka akan terjadi penebalan dinding sel dan pengendapan isi sel. Hal ini akan menyebabkan pada kayu yang berumur lebih tua mempunyai sifat yang lebih baik dibanding kayu yang lebih muda (Haygreen & Bowyer, 1982). Untuk mendapatkan nilai finansial yang maksimal, penentuan daur teknis yang merupakan kombinasi daur volume maksimum dan kualitas kayu optimal yang dipanen merupakan pertimbangan yang dapat mendukung keberhasilan pengelolaan HTI.

Tulisan ini menyajikan perkiraan daur teknis pinus yang berasal dari hutan tanaman untuk bahan kayu konstruksi berdasarkan sifat fisis dan mekanisnya sebagai bahan pertimbangan penentuan umur tebang tegakan pinus sesuai peruntukannya.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah dolok kayu pinus (*Pinus merkusii* Jungh et de Vries) dari lima tingkat umur yaitu umur 17, 21, 23, 27 dan 28 tahun yang diperoleh dari hutan tanaman di daerah Sukabumi, Jawa Barat. Tanaman tersebut berasal dari kelas perusahaan pinus, bonita III. Masing-masing umur diwakili 3 pohon dan dari masing-masing batang pohon diambil satu dolok untuk setiap sifat yang diuji. Bahan pembantu yang digunakan adalah parafin dan air.

Peralatan yang digunakan adalah gergaji, mesin serut, mesin amplas, palu, perkakas tukang kayu, meteran, kaliper, timbangan, oven dan mesin uji universal (UTM).

B. Prosedur Penelitian

Dari setiap dolok dibuat bilah (stick). Contoh uji diambil dari bilah-bilah yang telah dibuat. Pengujian sifat fisis dan mekanis kayu mengacu kepada metode ASTM D.143-94 dan Karnasudirdja *et al.*, (1974). Sifat fisis dan mekanis yang diuji meliputi kerapatan, berat jenis (basic density), penyusutan dari keadaan basah ke kering oven, keteguhan lentur statis (tegangan pada batas proporsi dan tegangan patah serta modulus elastisitas), keteguhan tekan (sejajar serat), keteguhan geser dan kekerasan.

C. Analisis Data

Semua data hasil pengamatan karakteristik sifat fisis dan mekanis kayu pinus yang diuji ditabulasi dan dihitung nilai-nilai statistiknya. Data diolah untuk mendapat hubungan regresi dengan program komputer Minitab 14 (Trihendardi, 2007). Data tersebut dianalisis untuk tujuan penggunaan bahan baku kayu pertukangan. Jika kayu pada umur tertentu sesuai kualitasnya untuk suatu penggunaan, maka dengan memperhatikan data yang sudah ada, jenis tersebut direkomendasikan daur teknisnya sesuai umur kayu yang diteliti.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Fisis

Rataan nilai kerapatan, berat jenis, kadar air dan penyusutan volumetris kayu pinus yang diteliti disajikan pada Tabel 1

Kerapatan kayu pinus yang diteliti berkisar antara 0.36-0.85 dengan rata-rata 0.57, sedangkan berat jenis nominal basah berkisar antara 0.31-0.68 dengan rata-rata 0.48. Kadar air basah berkisar antara 43.96-222.88% dengan rata-rata 103.53%, sedangkan kadar air kering udara berkisar antara 9.84-18.68% dengan rata-rata

12.99% dan kadar air titik jenuh serat berkisar antara 8.07-28.42% dengan rata-rata 17.03%.

Tabel 1. Kerapatan, berat Jenis, kadar air dan penyusutan volumetris kayu pinus yang diteliti.

Table 1. Density, specific gravity, moisture content and volumetric shrinkage of pine wood tested.

Umur (Age), th (years)	Kerapatan (Density)	BJ basah (Sg)	Kadar air (Moisture content),%			Susut Volume (Volumetric shrinkage), %		
			Basah (Green)	K.Udara (Air dry)	Fsp	B-KU (G-AD)	B-KO (G-OD)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	Rata2 (Mean)	0.580	0.485	104.7	12.4	17.8	5.93	9.47
	Min.	0.495	0.419	79.9	10.2	11.4	2.75	6.12
	Max.	0.651	0.538	133.6	15.9	24.6	7.91	13.18
21	Rata2 (Mean)	0.562	0.476	106.5	12.6	16.0	4.69	8.39
	Min.	0.511	0.439	92.9	10.3	8.7	0.78	4.49
	Max.	0.596	0.505	126.2	15.5	28.4	9.03	16.42
23	Rata2 (Mean)	0.613	0.499	106.7	14.8	17.4	6.55	9.47
	Min.	0.434	0.350	44.0	11.7	10.7	3.60	5.80
	Max.	0.851	0.683	222.9	18.0	24.8	12.81	15.12
27	Rata2 (Mean)	0.587	0.485	88.2	13.6	17.6	5.96	9.40
	Min.	0.426	0.356	48.3	10.7	8.1	2.64	5.01
	Max.	0.731	0.595	156.3	18.7	26.7	10.78	16.69
28	Rata2 (Mean)	0.535	0.452	117.1	11.7	16.3	5.37	8.10
	Min.	0.362	0.314	51.4	7.8	12.1	3.45	3.96
	Max.	0.716	0.597	203.8	15.5	20.3	7.57	11.20

Keterangan (Remarks) : G = green; AD = air dry; OD = oven dry; Sg = specific gravity;

Fsp = Fiber saturation point

Analisis sidik ragam pengaruh umur terhadap kerapatan, berat jenis basah, kadar air basah, kering udara, titik jenuh serat dan penyusutan disajikan pada

Lampiran 1. Sidik ragam menunjukkan bahwa semua variabel sifat fisis pinus yang diteliti dipengaruhi oleh umur pohon. Perbandingan nilai tengah untuk melihat pengaruh umur terhadap sifat fisis (Lampiran 2) menerangkan bahwa hanya kayu dari umur 23 tahun dengan kayu umur 28 tahun yang menunjukkan perbedaan yang nyata.

Sifat fisis kayu pinus yang diteliti meliputi kerapatan, berat jenis, kadar air dan penyusutan menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu pada kayu umur 17 sampai 19-20 tahun sifat kayu cenderung menurun, kemudian meningkat sampai mencapai maksimum pada sekitar umur 23 tahun dan kembali menurun lagi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Hubungan umur pohon dengan sifat fisis kayu pinus

Table 2. The relationship between tree's age and physical properties of pine wood.

Hubungan antara umur (x) dengan/ <i>Relationship between age (x) and</i>	Persamaan/ <i>Regression</i>	R ² (%)	Umur opt,th/ <i>Opt. Age, yrs</i>
KA basah (y)/ <i>Green Moisture Content</i>	$y = 0.2719x^3 - 18.16x^2 + 396.5x - 2726$	51.0	25.0
Kerapatan (y)/ <i>Density (y)</i>	$y = -0.0009x^3 + 0.0580x^2 - 1.252x + 9.412$	98.8	25.1
Berat jenis basah (y)/ <i>Basic density (y)</i>	$y = -0.0005x^3 + 0.0322x^2 - 0.6937x + 5.378$	99.1	24.9
Susut B-KO (y)/ <i>Shrinkage G-Od (y)</i>	$y = -0.023x^3 + 1.537x^2 - 33.71x + 251.2$	99.1	25.2
Titik jenuh serat/ <i>Fiber saturation point</i>	$y = -0.0274x^3 + 1.8509x^2 - 40.905x + 312.98$	99.7	25.6

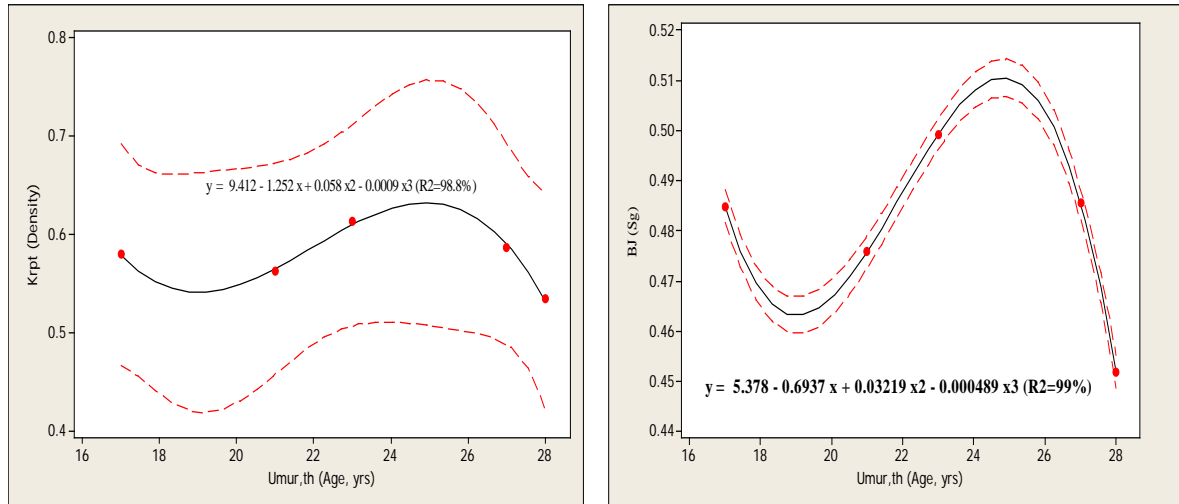
Hubungan antara berat jenis (y) dengan penyusutan volumetris (x) kayu pinus yang diteliti ditunjukkan dengan persamaan $y = 27.45x - 5.511$ ($R^2 = 0.843$). Dari nilai koefisien regresi (R^2) diketahui bahwa 84.3% dari nilai penyusutan disebabkan

oleh nilai berat jenisnya. Berat jenis kayu tidak hanya merupakan fungsi ketebalan dinding sel, sehingga kemungkinan penyusutan pinus yang diteliti sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lain selain berat jenis kayunya. Menurut Rachman, *et al.* (2007), kelarutan zat ekstraktif dalam alkohol benzena 2:1 meningkat dari umur 17 sampai 24 tahun, kemudian cenderung menurun dengan bertambahnya umur pohon. Sedangkan ketebalan dinding sel menurun sampai umur 24 tahun, kemudian meningkat lagi dengan bertambahnya umur pohon pada saat terbentuknya kayu dewasa (mature wood). Dari kenyataan tersebut, terlihat bahwa faktor lain yang mempengaruhi penyusutan adalah kandungan zat ekstraktif kayu yang bertindak sebagai "bulking agent".

Panjang sel dan struktur sel yang berbeda antara kayu muda dengan kayu tua, menyebabkan perbedaan kerapatan dan kekuatannya. Kerapatan kayu muda umumnya lebih rendah, sehingga kekuatannya lebih rendah dibandingkan kayu tua (Bendtsen, 1978 dalam Haygreen dan Bowyer, 1982). Pada kayu muda dilaporkan kerapatan dan kekuatannya lebih rendah 15-30% dibandingkan kayu tuanya. Periode pembentukan kayu muda pada kayu "quaking aspen" (*Populus tremuloides*) sampai 16 tahun (Roos *et al.*, 1990). Penurunan BJ pada pinus dapat disebabkan oleh menurunnya isi sel kayu setelah pohon pinus berumur 23 tahun (Rachman, *et al.*, 2007). Kecenderungan tersebut ditunjukkan oleh persamaan pada Tabel 2

Gambar 2 menunjukkan kecenderungan yang meningkat pada berat jenis seiring dengan kenaikan umur, tetapi setelah umur 25 tahun berat jenis cenderung turun. Hubungan regresi antara umur pohon dengan sifat fisis kayu pinus yang diteliti disajikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa semua sifat fisis mempunyai hubungan yang erat dengan pertambahan umur pohon dengan pola yang sama yaitu hiperbolis. Pada umur 17 tahun sampai 19 tahun umumnya sifat kayu menurun,

kemudian meningkat sampai umur 25 tahun untuk kemudian menurun lagi. Menurut Rachman, *et al.* (2007), pada awal pertumbuhannya, kayu yang terbentuk berupa kayu muda (*juvenile wood*) yang dicirikan dengan dinding sel tipis, sifat fisis dan mekanis yang rendah.



Gambar 2. Hubungan umur pohon dengan kerapatan dan berat jenis basah kayu pinus
Figure 2. Relationship between tree's age and density and basic density of pine wood

Pada kayu pinus yang diteliti sampai umur 19 tahun masih terbentuk kayu muda, setelah umur 19 tahun mulai terbentuk kayu dewasa (*mature wood*) yang dicirikan dengan pertambahan berat jenis seiring dengan bertambahnya umur pohon. Pertambahan tersebut mencapai maksimum pada sekitar umur 25 tahun. Pada umur ini dapat dikatakan bahwa sifat fisis kayu mencapai maksimum yang ditunjukkan oleh nilai berat jenis dan kerapatan kayu maksimum, sedangkan penyusutan dan kadar air minimum pada umur ini. Hasil penelitian Shepard dan Shottafer (1992) menunjukkan bahwa berat jenis maksimum kayu "red pine" terjadi pada umur sekitar 33-45 tahun untuk hutan tanaman, sedangkan untuk hutan alam 40 tahun dengan riap tahunan maksimum pada 20 tahun. Menurut Haygreen dan Bowyer (1982), penyusutan kayu berbanding terbalik dengan berat jenisnya, hal ini disebabkan oleh ketebalan dinding

sel, isi sel, atau zat ekstraktif yang bertindak sebagai "bulking agent" pada proses penyusutan kayu.

Gejala penurunan BJ setelah pohon pinus berumur 23 tahun sama seperti yang terjadi pada pohon ekaliptus hutan tanaman di Australia, seperti yang dilaporkan oleh Innes, *et al.* (2005). Penelitian yang bersangkutan pada kayu ekaliptus dari beberapa tingkat umur menunjukkan bahwa umur panen tidak selalu berkorelasi positif dengan sifat kayu dan pengolahannya. Pengaruh umur tanaman jenis-jenis ekaliptus di Australia terhadap sifat kayu dan pengolahannya dilaporkan seperti Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh umur tanaman terhadap sifat dan pengolahan kayu ekaliptus

Table 3. Effect of plantation's age on the properties and uses of eucalypt wood.

Tahun tanam (Year of planting)	Diameter, cm	Pecah bontos (End check), cm		Rendemen penggergajian (Sawing recovery), %	Kerapatan (Basic density), kg/m ³	KA awal (Initial moisture content), %	Kekerasan (Hardness), kN
		Pangkal (Bottom)	Ujung (End)				
1955	43	3	6	19.9	595	99	6
1965	53	5.4	18.1	32.1	617	86	6.2
1975	33	12.6	11.5	24.4	555	109	5.1

B. Sifat Mekanis

Hasil penelitian sifat mekanis kayu pinus yang berasal dari daerah Sukabumi pada umur 17, 21, 23, 27 dan 28 tahun disajikan pada Tabel 4

Tabel 4. Nilai rata-rata sifat mekanis kayu pinus yang diteliti

Table 4. Average of mechanical properties of pine wood tested

Umur (Age), th (years)		Ket.lentur statis (Static bending strength), kg/cm ²		Ket.Tekan// Serat (Compression strength parallel to grain, C//), kg/cm ²	Kekerasan (Hardness), kg/cm ²		
		MOE	MOR		Ujung (End)	Sisi (Side)	
						R	T
1	2	3	4	5	6	7	8
17	n	10	10	10	10	10	10
	Rata2 (Mean)	43998.00	461.05	312.87	285.80	175.50	182.55
	Sd	15434.90	93.77	83.68	57.98	38.19	45.62
	Min	22729.79	344.25	218.56	211.00	124.50	115.00
	Max	67539.17	581.45	461.00	391.00	232.50	258.00
21	n	11	11	11	11	11	11
	Rata2 (Mean)	53194.55	505.89	322.06	339.77	240.41	227.36
	Sd	13300.01	74.47	75.13	70.74	76.13	73.06
	Min	35859.97	414.38	211.88	210.50	156.50	151.00
	Max	77239.84	653.57	455.35	474.50	411.00	395.50
23	n	9	9	9	9	9	9
	Rata2 (Mean)	58574.84	526.19	339.17	347.72	243.67	259.89
	Sd	19222.92	116.61	77.75	86.32	66.45	75.89
	Min	31615.48	365.97	222.44	227.00	180.00	170.50
	Max	84626.43	698.41	456.24	487.00	347.00	367.00
27	n	12	12	12	12	12	12
	Rata2 (Mean)	60816.22	537.78	347.45	348.63	214.29	236.54
	Sd	17979.80	137.01	66.85	98.41	78.57	81.84
	Min	38568.04	335.31	257.20	208.00	114.50	133.00
	Max	85198.33	752.50	442.89	538.50	352.50	426.50
28	n	119	11	11	11	11	11
	Rata2 (Mean)	56180.51	481.72	289.46	279.68	174.50	189.68
	Sd	9856.04	87.02	34.63	55.64	61.65	49.66
	Min	44747.20	352.15	220.71	200.50	101.50	100.50
	Max	729794.59	6453.39	4169.43	4183.50	2571.50	2838.50

Keterangan (Remarks) : MOE = modulus elastisitas (Modulus of elasticity); MOR= tegangan lentur patah (modulus of rupture); R = radial; T = tangensial, Sd =

standard deviasi (*standard deviation*); n = jumlah contoh uji (*Number of sample*)

Pada Tabel 4 di atas terlihat bahwa keteguhan lentur patah kayu pinus yang diteliti tertinggi pada kayu 9umur 27 tahun dan terendah pada kayu umur 17 tahun. Demikian pula pada kekakuan (MOE), keteguhan tekan sejajar serat (C//) dan kekerasannya. Sidik ragam pengaruh umur terhadap kekuatan kayu pinus pada Lampiran 1., menunjukkan bahwa perbedaan umur tidak mempengaruhi kekuatan kayu pinus yang diuji. Persamaan regresi hubungan antara umur pohon dengan sifat mekanis disajikan paad Tabel 5

Tabel 5. Hubungan antara umur dengan sifat mekanis kayu pinus

Table 5. Relationship between age and mechanical properties of pine wood

Respon (<i>Respon</i>), Y	Prediktor (<i>Predictor</i>), x	Regresi (<i>Regression</i>)	R ²	Umur optimum, th (<i>Optimum age, yrs</i>)
MOE	Umur (<i>Age</i>)	$Y = -214.08x^2 + 10940x - 80575$	0.94	25.55
MOR	Umur (<i>Age</i>)	$Y = -15.037x^2 + 97.543x + 375.3$	0.93	23.91
C//	Umur (<i>Age</i>)	$Y = -0.62x^3 + 40.652x^2 - 870.53x + 410.6$	0.86	24.96
Kekerasan-T <i>Hardness-T</i>	Umur (<i>Age</i>)	$Y = -1.9664x^2 + 90.761x - 796.26$	0.82	23.08

Pada Tabel 5. terlihat bahwa peningkatan kekuatan kayu pinus cenderung mengikuti pola parabolik, hanya keteguhan tekan sejajar serat yang mengikuti pola hiperbolik. Pada umur remaja kekuatan meningkat sampai mencapai kekuatan maksimum, kemudian menurun lagi. Kekuatan maksimum diperoleh dari turunan pertama dari persamaan regresi antara umur dengan sifat kekuatan ($dy/dx = 0$). Kekuatan maksimum yang dicapai pada umur optimum kayu pinus dengan nilai seperti tercantum pada Tabel 5 kolom 5. Dengan demikian, maka daur teknis pinus

berdasarkan sifat kekuatannya adalah antara 23-26 tahun. Daur ini sesuai dengan daur volume maksimum yang dicapai oleh tanaman pinus dari Bonita III (Suharlan *et al.*, 1993).

Berat jenis, kerapatan, MOE dan kekerasan merupakan penduga terbaik untuk kekuatan kayu (Mardikanto, *et al.*, 1981). Dikatakan pula bahwa pada umumnya faktor-faktor tersebut berkorelasi positif dengan sifat kekuatannya. Hubungan antara kerapatan (x) dengan kekuatan lentur maksimum (y) kayu pinus yang diteliti adalah $y = 28123x^3 - 43729x^2 + 22936x - 3577.6$ ($R^2=0.29$), kerapatan (x) dengan keteguhan tekan sejajar serat (y) adalah $y = 654.14x - 54.159$ ($R^2=0.70$) dan MOE (x) dengan MOR (y) adalah $MOR = 229.1 + 0.005007 MOE$ ($R^2=0.82$). Besarnya nilai R^2 menunjukkan keeratan hubungan regresi tersebut. Dari persamaan regresi yang dibuat, ternyata kerapatan tidak dapat menjadi penduga terbaik untuk MOR karena koefisien regresinya yang sangat kecil, akan tetapi dapat menjadi penduga terbaik untuk keteguhan tekan sejajar serat. MOE dapat digunakan sebagai penduga terbaik untuk MOR. Pendapat yang sama disampaikan oleh Mardikanto *et.al.* (1980) yang menyatakan bahwa untuk pendugaan kekuatan lentur (MOR) paling baik adalah dengan melihat nilai kekakuan kayu tersebut.

Berdasarkan pembagian kelas kuat kayu Indonesia (Oey, 1964) yang didasarkan pada nilai kerapatan, keteguhan lentur maksimum (MOR), serta keteguhan tekan sejajar serat, maka kayu pinus dari tingkat umur 17 tergolong kelas kuat IV, sedangkan umur 21, 23, 27 dan 28 tahun tergolong kelas kuat III.

Menurut sifatnya, maka kayu pinus umur 17 tahun sesuai untuk konstruksi ringan, sedangkan kayu umur 21, 23, 27 dan 28 tahun dapat digunakan untuk kayu bangunan (Karnasudirja dan Kadir, 1989)

IV. KESIMPULAN

1. Kerapatan kayu pinus yang diteliti berkisar antara 0.36-0.85 dengan rata-rata 0.57. Kadar air basah berkisar antara 43.96-222.88% dengan rata-rata 103.53%, sedangkan kadar air kering udara berkisar antara 9.84-18.68% dengan rata-rata 12.99% dan kadar air titik jenuh serat berkisar antara 8.07-28.42% dengan rata-rata 17.03%.
2. Sifat fisis kayu pinus yang diteliti seperti kerapatan, berat jenis, kadar air dan penyusutan menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu pada kayu umur 17 sampai 19-20 tahun sifat kayu cenderung menurun, kemudian meningkat sampai mencapai maksimum pada umur sekitar 23-25 tahun dan kembali menurun lagi. Kecenderungan tersebut mengikuti pola hiperbolis
3. Keteguhan lentur patah kayu pinus yang diteliti tertinggi pada kayu umur 27 tahun dan terendah pada kayu umur 17 tahun. Demikian pula pada kekakuan, keteguhan tekan sejajar serat dan kekerasannya. Perbedaan umur tidak mempengaruhi sifat mekanis kayu.
4. Kerapatan kayu pinus yang diteliti. tidak dapat menjadi penduga terbaik untuk MOR-nya karena koefisien regresinya yang sangat kecil, akan tetapi dapat menjadi penduga terbaik untuk keteguhan tekan sejajar serat. Penduga terbaik untuk MOR adalah MOE.
5. Berdasarkan pembagian kelas kuat kayu Indonesia, yang didasarkan pada nilai kerapatan, keteguhan lentur maksimum (MOR), serta keteguhan tekan sejajar serat, maka kayu pinus umur dari tingkat umur 17 tergolong kelas kuat IV, sedangkan umur 21, 23, 27 dan 28 tahun tergolong kelas kuat III. Menurut sifatnya, maka kayu pinus umur 17 dan 28 tahun sesuai untuk konstruksi ringan, sedangkan kayu umur 21, 23 dan 27 tahun dapat digunakan untuk kayu bangunan

6. Daur teknis kayu pinus yang ditentukan berdasar sifat fisis dan mekanisnya adalah antara umur 23-26 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1974. Wood Handbook. Wood as An Engineering Material. Madison : Forest Products Laboratory.
- _____.1976. Vademecum Kehutanan Indonesia. Ditjen Kehutanan. Departemen Pertanian RI. Jakarta.
- _____. 1992. Manual Kehutanan. Departemen Kehutanan Republik Indonesia . Jakarta.
- _____, 1997. Ensiklopedi Kehutanan Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta.
- _____. 2004. Annual Book of ASTM Standards: Construction. Vol. 04.10: Wood. (Reapproved 2000) ASTM International. Philadelphia. USA.
- Bodig, J. and B.A. Jayne. 1982. Mechanics of Wood and Wood Composites. Van Nostrand Reinhold Co. New York. USA
- Haygreen, J.G. and J.L. Bowyer, 1982. Forest Product and Wood Science, An Introduction. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Innes, T., M. Armstrong and G. Siemon. 2005. The impact of harvesting age/tree size on sawing, drying and solid wood properties of key regrowth eucalypt species. FWPRDC, Victoria 8005. www.fprdc.org.au. Diakses 2 Mei 2007.
- Kadir, K. 1993. Hutan tanaman dan kualitas kayu sebagai bahan baku industri. Prosiding Diskusi Sifat dan Kegunaan Jenis Kayu HTI, 23 Maret 1989. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta.
- Karnasudirdja, S., Kurnia S. dan R. Kusumodiwiryo, 1974. Pedoman Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Kayu. Publikasi Khusus No.20. Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Ditjen Kehutanan. Dept. Pertanian. Bogor.
- Karnasudirdja, S. dan K. Kadir. 1989. Suatu kajian mengenai kegunaan jenis kayu HTI untuk pertukangan. Prosiding Diskusi Sifat dan Kegunaan Jenis Kayu HTI, 23 Maret 1989. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta.
- Mardikanto, T.R., S. Surjokusumo dan Z. Coto. 1981. Suatu studi pendugaan kekuatan beberapa jenis kayu Indonesia pada contoh kecil bebas cacat. Proceedings Lokakarya Standardisasi dan Normalisasi Kayu Bangunan,. Dept. Hasil Hutan Fakultas Kehutanan, IPB. Bogor. Darmaga 18 September 1980. Hal. 107-110.
- Punches, J. 2004. Tree growth, forest management, and their implications for wood quality. <http://eesc.oregonstate.edu>. Diakses tanggal 7 April 2006.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. 1992. Sifat pengolahan beberapa jenis kayu HTI dan analisis finansial perusahaan HTI. Prosiding Diskusi Hasil-Hasil Penelitian Hutan Tanaman Industri. Badan Litbang Kehutanan, Jakarta, 6-7 Mei 1992. Jakarta.

- Rachman, O., N. Hadjib, Jasni, A. Santoso, S. Rulliaty dan J. Malik. 2007. Penelitian kualitas kayu untuk penetapan daur teknis HTI pertukangan. Laporan Hasil Penelitian tahun 2007. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Roos, K.D., J.E. Shottafer and R.K. Shepard. 1990. The relationship between selected mechanical properties and age in qualing aspen. *Forest Prod. J.* 40(7/8):54-56.
- Shepard, R.K and J.E. Shottafer. 1992. Specific gravity and mechanical property-age relationship in red pine. *Forest Prod.J.* 42(7/8):60-66.
- Suharlan, A., K. Sumarna dan J. Sudiono. 1993. Tabel tegakan sepuluh jenis kayu industri 1975. *Informasi Teknis No. 39/1993.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan. Bogor.
- Trihendradi, C. 2007. *Statistik six sigma dengan minitab.* Andi Offset. Yogyakarta.

Lampiran 1. Daftar sidik ragam pengaruh umur terhadap sifat fisis dan mekanis kayu pinus

Appendix 1. Analysis of variance of effect on age to the physical and mechanical properties of pine wood tested

Sifat (<i>Properties</i>)	SS	F	P
Kerapatan (<i>Density</i>)	0.0921	4.89*	0.001
Berat Jenis (<i>Specific gravity</i>)	0.03375	2.87	0.025
Kadar air basah (<i>Green moisture content</i>)	15015	4.81*	0.001
Kadar air kering udara (<i>Air dry moisture content</i>)	147.29	13.17*	0.000
Titik jenuh serat (<i>Fiber saturation point</i>)	54.37	3.07*	0.018
MOE	1778377265	1.87	0.131
MOR	42027	0.96	0.438
Keteguan tekan sejajar serat (<i>Maximum crushing strength</i>)	22905	1.20	0.323
Kekerasan sisi-T (<i>Tangential hardness side</i>)	42245	2.34	0.068

Keterangan (*Notes*) : * = berbeda nyata pada tingka kepercayaan 95% (*Significantly different at 95% confident level*)

Lampiran 2 . Perbandingan nilai tengah perlakuan

Appendix 2. Mean comparison of treatment

Umur, th Age, yr	Kerapatan (<i>Density</i>)		Berat Jenis (<i>Specific gravity</i>)		KA KU (<i>Airdry moisture content</i>)	
	Nilai tengah (<i>Mean</i>)	Group	Nilai tengah (<i>Mean</i>)	Group	Nilai tengah (<i>Mean</i>)	Group
17	0.58	A	0.49	A	12.430	A
21	0.56	A	0.48	A	12.625	AB
23	0.61	AB	0.50	AB	14.763	C
27	0.59	A	0.49	A	13.621	BC
28	0.54	AC	0.45	AC	11.745	AB

