

KECEPATAN RAMBATAN GELOMBANG ULTRASONIK DAN KETEGUHAN LENTUR BEBERAPA JENIS KAYU PADA BERBAGAI KONDISI KADAR AIR

*(Ultrasonic Wave Velocity and Bending Strength Properties of Several
woods Species at Various Moisture Content Conditions)*

Lina Karlinasari¹⁾, Mohammad Mulyadi²⁾ dan Sucahyo Sadiyo¹⁾

ABSTRACT

The ultrasonic method was examined as a means of evaluating moisture content variation on ultrasonic wave propagation (velocity) and bending strength either dynamic or static test of six tropical woods, i.e. sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen), mangium (*Acacia mangium* Willd), durian (*Durio zibethinus* Murr), pine (*Pinus merkusii* Junghuhn & de Vriese), rasamala (*Altingia excelsa* Noronhae) and kempas (*Koompassia malaccensis* Maing). Ultrasonic wave velocity measurement and bending strength testing, both dynamic and static were conducted on 20- by 20- by 300 mm small wood clear specimen of several moisture content conditions. The results showed that the mean value of ultrasonic velocity decreases when the moisture content increase. The dynamic modulus of elasticity (MOEd), static modulus of elasticity (MOEs), and modulus of rupture (MOR) for all wood increase when the moisture content decrease significantly from fiber saturation point to oven dry condition. In case of equilibrium moisture content, the MOEd values were 35 % percent higher than those MOEs values.

Keywords: ultrasonic, velocity, moisture content, dynamic test, static test

PENDAHULUAN

Metode pengujian kualitas suatu bahan telah banyak diteliti dan dikembangkan, baik secara destruktif maupun non destruktif. Pengujian non destruktif atau tanpa merusak dianggap yang paling efisien sepanjang hasil yang diperoleh dapat mendekati kualitas bahan sebenarnya apabila pengujian dilakukan secara destruktif. Pengujian non destruktif didefinisikan sebagai kegiatan mengidentifikasi sifat fisis dan mekanis suatu bahan tanpa merusak atau mengganggu

produk akhirnya sehingga diperoleh informasi yang tepat terhadap sifat dan kondisi bahan tersebut yang akan berguna untuk menentukan keputusan akhir pemanfaatannya (Ross, *et al.*, 1998 dan Malik *et al.*, 2002). Kegiatan pengujian non destruktif yang lebih luas telah banyak dilakukan pada bahan baku selain kayu seperti baja, plastik, dan keramik. Bahan-bahan tersebut bersifat homogen dan isotropik dimana kegiatan non destruktif lebih difokuskan pada kondisi diskontinuitas, *void* atau *inclusion* bahan. Sedangkan pada kayu yang terjadi adalah

¹ Staf pengajar pada Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.

² Alumnus Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.

ketidakteraturan karakteristik alami (heterogen) yang melekat karena adanya pengaruh lingkungan. Karenanya kegiatan non destruktif yang dilakukan lebih fokus kepada pengembangan teknologi yang dapat memperhitungkan ketidakteraturan tersebut (Malik, *et al.*, 2002).

Sukses dari pemanfaatan non destruktif ini antara lain adalah kegiatan *grading* (pemilahan) terhadap kayu (*lumber*) dan finis (*veneer*) maupun untuk pemilahan terhadap produk *wood-based material* serta untuk mengidentifikasi lokasi dari cacat kayu. Selain itu pengujian secara non destruktif ini dapat dimanfaatkan untuk menentukan dan mengetahui kualitas pohon, log serta kayu pada suatu elemen struktur bangunan yang telah berdiri. Berbicara mengenai pemilahan dan cacat pada kayu, maka output informasi yang diharapkan adalah kualitas dari kekuatan bahan tersebut.

Evaluasi paling sederhana yang dikategorikan sebagai non destruktif adalah pengamatan visual. Selanjutnya ada beberapa metode non destruktif yang berkembang antara lain memanfaatkan sifat tahanan elektrik dan dielektrik bahan (*electrical resistance* dan *dielectric properties*), sifat vibrasi (*transverse vibrational properties*), rambatan gelombang tegangan dan suara (*stress wave propagation* dan *sonic/ultrasonic wave propagation*), emisi akustik (*acoustic emission*), *x-ray*, *microwave ground penetration radar* serta metode defleksi (*Machine-Stress-Rated (MSR)*).

Pada metode gelombang suara terdapat dua cara pengujian yaitu (1) berdasarkan kecepatan suara (*speed of sound*); yang dikenal untuk menentukan MOE dinamis melalui konversi kecepatan ke MOE; dan (2) berdasarkan spektrum vibrasi (*vibration spectrum*); pengujian gelombang tegangan jenis ini dapat menggambarkan seluruh kondisi dan

karakteristik bahan karena hasil pengujian yang diperoleh berupa spektra frekuensi tunggal (*a single frequency spectrum*) yang dapat menghasilkan variabel-variabel bebas seperti maksimum energi, frekuensi dominan, frekuensi perpindahan dan perlambatan atau pelemahan (atenuasi). Variabel-variabel tersebut dapat dipilih sehingga diperoleh yang paling baik korelasinya dengan pengujian destruktif atau yang paling toleran terhadap kondisi lingkungan sekitar.

Kecepatan rambatan gelombang suara dipengaruhi oleh jenis kayu, kadar air, suhu dan arah rambatan gelombang (rambatan arah longitudinal, radial atau tangensial). Variabel spesifik kayu lainnya yang berpengaruh adalah miring serat, mata kayu dan pelapukan yang terjadi pada kayu. Kerapatan kayu tidak secara signifikan berpengaruh terhadap kecepatan suara, tetapi rasio antara modulus elastisitas (E) bahan dengan kerapatanlah yang lebih menentukan. Persamaan atau hubungan Christoffel : $v = (E/\rho)^{1/2}$ menjelaskan hal tersebut (Smith, 1989).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar air terhadap kecepatan gelombang ultrasonik dan keteguhan lentur dinamis dan statis 6 jenis kayu (sengon, mangium, durian, pinus, kempas dan rasamala).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan terhadap 6 jenis yang banyak dijumpai di pasaran daerah Jawa Barat, khususnya Bogor, yaitu sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen), mangium (*Acacia mangium* Willd), durian (*Durio zibethinus* Murr), pinus (*Pinus merkusii* Junghuhn & de Vriese), rasamala (*Altingia excelsa* Noronha) and kempas (*Koompassia malaccensis* Maing)

Contoh uji (CU) yang dibuat mengacu pada standar Inggris untuk contoh kayu bebas cacat (BS 373 : 1957). Sifat mekanis yang diuji adalah MOE (*Modulus of Elasticity*) dan MOR (*Modulus of Rupture*). Sementara sifat fisis yang diuji adalah kadar air (KA), berat jenis (BJ), dan kerapatan. Kadar air yang diukur dikelompokkan menurut beberapa kondisi kadar air, meliputi kadar air basah (KA > 30%), kadar air TJS (KA 25-30 %), kadar air kering udara (KA 15 – 20 %), dan kadar air kering oven (KO). Ulangan dari setiap kondisi kadar air adalah sebanyak lima kali untuk masing-masing kayu

Contoh uji diambil dari balok kecil yang berukuran 2x2x35 cm³. Ukuran CU 2x2x30 cm³ digunakan untuk pengujian kecepatan rambatan gelombang, kekakuan lentur dinamis (MOEd) dan keteguhan lentur statis (MOEs dan MOR) pada berbagai kondisi kadar air (setiap perubahan kadar air) sementara itu KA, BJ dan kerapatan setiap perubahan kondisi kadar air diambil dari dekat bagian yang mengalami kerusakan. CU 2x2x4 cm³ digunakan untuk mengetahui KA awal contoh uji. Untuk penyeragaman kadar air awal seluruh CU direndam dalam air semalam 1 minggu. Kadar air yang diukur dikelompokkan menurut beberapa kondisi kadar air, meliputi kadar air basah (KA > 30%), kadar air TJS (KA 25-30 %), kadar air kering udara (KA 15 – 20 %), dan kadar air kering oven atau tanur (KO/KT).

Contoh uji dengan kondisi basah ditimbang kemudian dikeringkan secara alami dalam ruangan sampai mencapai kadar air TJS dan kadar air kering udara. Selama proses pengeringan tersebut contoh uji ditimbang secara berkala sampai mencapai berat basah awal (BA) target. Menurut Haygreen dan Bowyer (1982) persamaan dasar kadar air dapat diubah kebentuk-bentuk yang mudah untuk digunakan di dalam kondisi-kondisi

lain. Bentuk ini sangat berguna untuk memperkirakan berat kering kayu basah apabila berat basah diketahui dan KA diperoleh dari CU atau dari suatu KA target.

Berat basah target dapat ditentukan berdasarkan penelitian Wang *et al.* (2003) dimana dikatakan bahwa penurunan kadar air selama proses pengeringan diikuti dengan penurunan berat spesimen. Hal ini terjadi pada spesimen longitudinal dan spesimen radial. Penurunan berat spesimen longitudinal saat penurunan kadar air dari kondisi basah ke kondisi titik jenuh serat (TJS) berkisar 10-15 gram. Sedangkan penurunan berat spesimen radial berkisar 5-8 gram. Ketika kadar air spesimen menurun dari kadar air titik jenuh serat ke kadar air kering udara, penurunan berat spesimen longitudinal berkisar 2-4 gram. Sedangkan spesimen radial mengalami penurunan berat berkisar 1-2 gram. Selanjutnya dapat diketahui berat kering tanur target (BKT target) melalui persamaan 1 yang kemudian dapat ditentukan KA kondisi sebenarnya (persamaan 2).

$$\text{BKT target} = \text{BA} \text{ penurunan} / (1 + (\% \text{ KA target} / 100)) \quad (1)$$

$$\text{KA} = ((\text{BA} - \text{BKT target}) / (\text{BKT target})) \times 100\% \quad (2)$$

Pengujian Non Destruktif. Alat yang digunakan untuk pengujian non destruktif metode gelombang ultrasonik adalah Sylvatest Duo dengan frekuensi 22kHz. Pengujian dilakukan dengan cara menempatkan 2 buah transduser pada kedua ujung contoh uji setelah dilakukan pelubangan berdiameter 5 mm sedalam ± 2 cm. Transduser terdiri dari transduser pengirim dan transduser penerima. Selanjutnya dengan dibangkitkan oleh alat, gelombang ultrasonik mengalir dari transduser pengirim yang kemudian akan diterima oleh transduser penerima. Waktu

tempuh gelombang dan panjang/jarak tempuh bahan tersebut dicatat untuk kemudian dihitung kecepatan gelombangnya. Pembacaan data dari alat dapat berupa kecepatan gelombang ultrasonik dan waktu tempuh, dimana waktu tempuh ini dapat dikonversi menggunakan persamaan 3. Ulangan pengukuran yang dilakukan adalah sebanyak tiga kali.

$$V_{us} = \frac{d}{t} \quad (3)$$

MOE dinamis (MOEd) diperoleh berdasarkan fungsi persamaan :

$$MOEd = \frac{V_{us}^2 \rho}{g} \quad (4)$$

dimana MOEd adalah modulus elastisitas dinamis (kg/cm^2), V_{us} adalah kecepatan gelombang ultrasonik (m/s), ρ adalah kerapatan kayu (kg/m^3), g adalah konstanta gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$), d adalah selisih jarak antar transduser (cm) dan t adalah waktu tempuh gelombang (μs)

Pengujian Destruktif. Pengujian keteguhan lentur statis dilakukan dengan memberikan beban tunggal di tengah bentang (*centre loading*) tegak lurus arah serat menggunakan alat uji mekanis UTM merk Instron dengan jarak sanda 14 kali tebal. Data yang diperoleh berupa beban dan defleksi yang terjadi. Beban maksimum diperoleh sampai contoh uji mengalami kerusakan. Hasil pengujian ini berupa modulus elastisitas statis (MOEs) dan kekuatan lentur patah atau MOR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisis kayu. Tabel 1 menampilkan rataan hasil pengujian kadar air, kerapatan, berat jenis serta kecepatan gelombang ultrasonik, sementara itu Gambar 1 menyajikan grafik hubungan antara perubahan kadar air dengan kecepatan gelombang ultrasonik untuk enam jenis kayu.

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh informasi bahwa kadar air basah tertinggi adalah kayu sengon (236%) diikuti kayu durian (131%), mangium (105%), pinus (69%), rasamala (48%) dan kempas (45%). Selain kerapatan kayu, karakteristik struktur anatomi terutama besar kecilnya ukuran sel penyusun serta ada tidaknya kandungan ekstraktif dan tilosis sangat berpengaruh terhadap kemampuan kayu untuk mengabsorpsi maupun mengeluarkan air. Kerapatan kayu didasarkan pada berat basahnya terhadap volume kayu. Penurunan kadar air dari kondisi jenuh serat (dinding sel jenuh air sementara rongga sel tidak mengandung air) ke kondisi kering akan menyebabkan berat kayu berkurang, dan selanjutnya akan menyebabkan penyusutan kayu, pada kondisi sebaliknya yang terjadi adalah pengembangan kayu (sifat higroskopis kayu). Sementara itu berat jenis didasarkan pada berat kering tanur kayu terhadap volume awalnya, sehingga berat jenis kayu pada titik jenuh serat dan kondisi di bawahnya relatif sama (Haygreen dan Bowyer, 1982; Kellog, 1989).

Tabel 1. Rataan sifat fisis dan kecepatan gelombang ultrasonik enam jenis kayu pada berbagai kadar air

Parameter	Jenis kayu					
	Sengon	Mangium	Durian	Pinus	Kempas	Rasamala
	<i>Kondisi Basah</i>					
KA (%)	236,50	105,45	131,13	68,91	45,27	48,30
ρ (g/cm ³)	0,71	0,78	0,87	1,10	1,00	1,05
BJ	0,21	0,38	0,39	0,64	0,69	0,71
Vus (m/s)	3103	4427	3747	4636	5694	4683
	<i>Kondisi Titik Jenuh Serat (TJS)</i>					
KA (%)	29,77	21,69	27,23	26,12	23,01	27,64
ρ (g/cm ³)	0,32	0,45	0,44	0,74	0,86	0,90
BJ	0,24	0,37	0,37	0,58	0,70	0,70
Vus (m/s)	5775	6109	5408	6059	5714	5553
	<i>Kondisi Kering Udara (KU)</i>					
KA (%)	17,52	15,82	14,11	13,56	14,02	14,11
ρ (g/cm ³)	0,30	0,44	0,49	0,69	0,86	0,81
BJ	0,25	0,39	0,43	0,61	0,75	0,71
Vus (m/s)	5903	6516	5691	6856	6104	6142
	<i>Kondisi Kering Tanur/Oven (KO)</i>					
KA (%)	1,19	1,94	0,90	0,75	0,58	1,14
ρ (g/cm ³)	0,30	0,64	0,57	0,71	0,82	0,88
BJ	0,29	0,62	0,56	0,70	0,81	0,87
Vus (m/s)	6233	6521	5572	6810	6020	5659

Gambar 1 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kecepatan rata-rata gelombang ultrasonik dengan semakin menurunnya kadar air. Pada kondisi basah kecepatan rata-rata rambatan gelombang secara berurutan adalah sebesar 3103 m/s, 3747 m/s, 4427 m/s, 4636 m/s, 4683 m/s dan 5694 m/s untuk jenis kayu sengon, durian, mangium, pinus, rasamala dan kempas. Sedangkan pada kondisi kering tanur kecepatan rata-rata rambatan gelombang kayu sengon, durian, mangium, pinus, rasamala dan kempas adalah 6233 m/s, 5572 m/s, 6521 m/s, 6810 m/s, 5659 m/s dan 6020 m/s.

Menurut Wang *et al.* (2003) kecepatan gelombang ultrasonik yang merambat melalui kayu meningkat dengan menurunnya kadar air dari keadaan titik jenuh serat ke keadaan kering oven, baik untuk spesimen longitudinal maupun

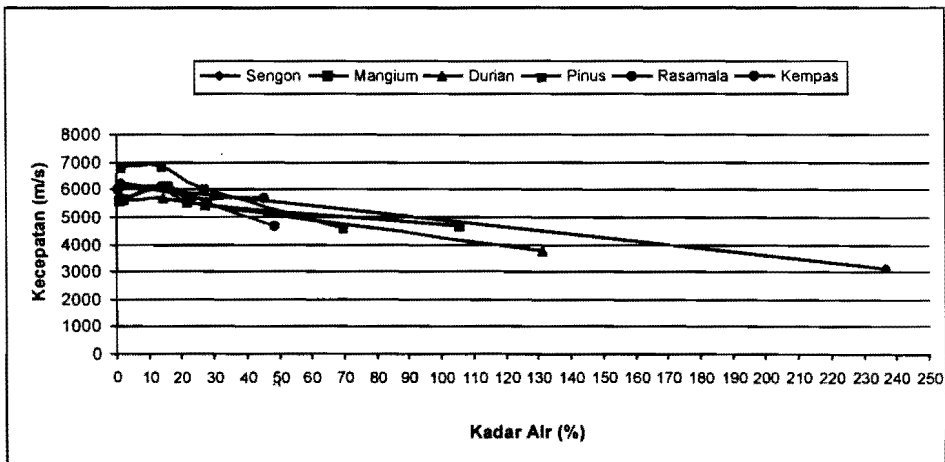
radial. Walaupun demikian, pengaruh kadar air terhadap kecepatan rambatan gelombang ultrasonik berbeda untuk keadaan di bawah dan di atas titik jenuh serat. Kecepatan gelombang ultrasonik hanya bervariasi sedikit dengan penurunan kadar air di atas titik jenuh serat, tetapi untuk kadar air di bawah titik jenuh serat penurunan kecepatan rambatan gelombang ultrasonik lebih besar. Selanjutnya ditegaskan oleh Sakai *et al.* (1991) dalam Van Dyk dan Rice (2005) pada spesimen longitudinal kecepatan rambatan gelombang ultrasonik mengalami penurunan secara linear dan dengan kemiringan yang cukup dari kadar air basah ke kondisi titik jenuh serat. Di bawah titik jenuh serat, kemiringan kurva meningkat tetapi tetap linear. Baik Sakai *et al.* (1991) maupun Mishiro (1996) dalam Van Dyk dan Rice (2005) menemukan bahwa gradien

kelembaban mempunyai efek yang sama terhadap gelombang ultrasonik seperti rata-rata kadar air yang mengalami penurunan karena terlepasnya ikatan antar molekul air (*desorption*). Bucur (1995) menyatakan bahwa kecepatan menurun secara drastis dengan kenaikan kadar air sampai titik jenuh serat dan setelah itu variasinya sangat kecil.

Pada kadar air rendah, yaitu KA kurang dari 18% air yang ada di dinding sel sebagai air terikat (*bound water*) merupakan media dimana gelombang ultrasonik disebarkan oleh dinding sel dan batas selnya. Pada kadar air yang lebih tinggi tapi di bawah titik jenuh serat, yaitu kisaran KA antara 18-30 % penyebaran pada batas dinding sel akan berperan dalam menghilangnya gelombang ultrasonik. Setelah titik jenuh serat, air bebas yang berada dalam rongga sel dan porositas kayu juga berfungsi sebagai faktor utama dalam penyebaran gelombang ultrasonik. Dengan demikian peningkatan kecepatan gelombang

ultrasonik dapat dihubungkan dengan adanya air terikat (*bound water*) sedangkan pelemahan dihubungkan dengan adanya air bebas (*free water*) dalam rongga sel.

Pada kasus penelitian yang dilakukan, hasil kecepatan gelombang ultrasonik untuk jenis kayu durian, pinus, kempas dan rasamala yang kadar air KO relatif lebih rendah sedikit dibandingkan dengan pada kondisi kering udara diduga disebabkan oleh saat pengukuran kecepatan gelombang sampel uji dalam pengaruh pengkondisian setelah sampel dilakukan pengovenan. Seperti disebutkan sebelumnya bahwa selain kadar air, suhu juga berpengaruh terhadap kecepatan rambatan gelombang ultrasonik. Penelitian yang dilakukan James tahun 1961 terhadap jenis kayu Douglas fir terjadi penurunan kecepatan 3-5% pada sampel kayu berkadar air 7% antara suhu pengujian 27°C ke 71°C dan 93°C (Kellog, 1989).



Gambar 1. Hubungan antara perubahan kadar air kayu dengan kecepatan gelombang rambatan ultrasonik

Tabel 2. Rataan keteguhan lentur dinamis dan statis enam jenis kayu pada berbagai kadar air

Parameter	Jenis kayu					
	Sengon	Mangium	Durian	Pinus	Kempas	Rasamala
	<i>Kondisi Basah</i>					
MOEd kg/cm ²)	69060	155413	127531	246058	331810	237092
MOEs kg/cm ²)	26343	68712	56643	75442	119542	120113
MOR kg/cm ²)	297,8	502,6	498,1	614,9	1024,5	985,8
	<i>Kondisi Titik Jenuh Serat (TJS)</i>					
MOEd kg/cm ²)	109674	171228	132442	2755752	268095	281694
MOEs kg/cm ²)	22377	63355	56705	99663	126103	118016
MOR kg/cm ²)	287,0	535,0	494,7	723,5	1002,8	942,4
	<i>Kondisi Kering Udara (KU)</i>					
MOEd kg/cm ²)	105739	191168	160460	332701	325884	312947
MOEs kg/cm ²)	34647	57578	66218	110851	132598	97978
MOR kg/cm ²)	343,1	592,9	661,8	1111,8	1285,3	1175,3
	<i>Kondisi Kering Tanur/Oven</i>					
MOEd kg/cm ²)	117276	276261	179542	333887	302766	288314
MOEs kg/cm ²)	48437	73596	66371	120308	136889	110584
MOR kg/cm ²)	608,1	933,3	791,4	1736,4	1365,5	1628,3

Keteguhan lentur dinamis dan statis. Tabel 2 menyajikan rata-rata hasil keteguhan lentur dinamis dan statis, sementara itu Gambar 2 dan 3 menunjukkan kekakuan lentur dinamis (MOE_d) statis (MOEs) dan kekakuan lentur statis (MOEs) pada keenam jenis kayu yang semakin meningkat dengan menurunnya kadar air dari kondisi kadar air titik jenuh serat ke kondisi kadar air kering tanur.

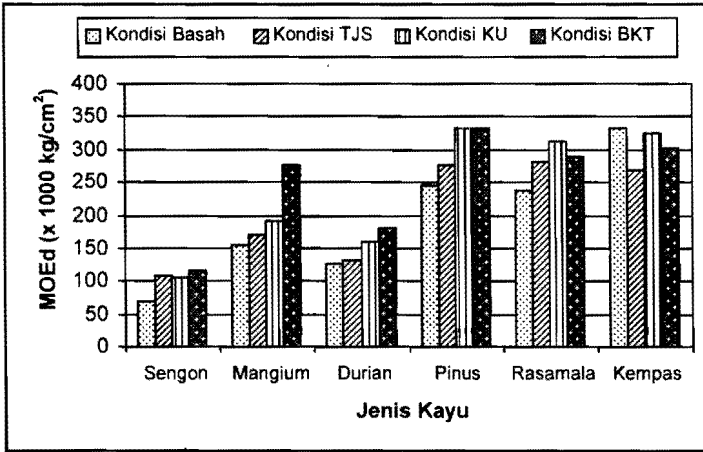
Schniewind (1989) menyatakan bahwa di atas kondisi titik jenuh serat (sekitar 28%) kadar air tidak berpengaruh terhadap sifat elastisitas bahan, tetapi penurunan kadar air di bawah nilai TJS menyebabkan modulus elastisitas atau kekakuan kayu meningkat. Modulus Young pada kayu sejajar serat akan meningkat 30% dari kayu pada kondisi TJS ke kayu yang berkadar air 12%.

Pada kondisi CU kering udara (14-17%) diperoleh hasil rata-rata MOEd lebih tinggi dibandingkan nilai MOEs. Secara berurutan MOEd kayu sengon, mangium,

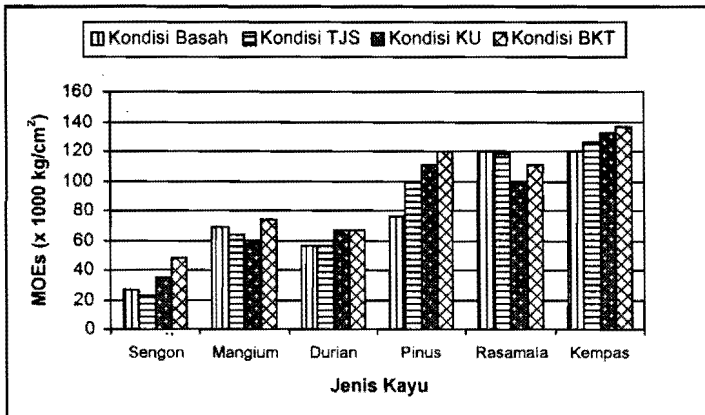
durian, pinus, rasamala, kempas lebih besar 32,77%, 30,12%, 41,27%, 33,32%, 31,31%, 40,69% dari MOEs. Sementara itu penelitian Bodig dan Jayne (1982) dengan jenis kayu *West Coast hemlock*, *Coast Douglas fir*, *Inland Douglas fir* menghasilkan nilai pengujian dinamis (MOEd) yang lebih tinggi 5-10% daripada nilai pengujian statisnya (MOEs). Penelitian Bucur (1995) pada jenis kayu *spruce* dan *beech* menghasilkan nilai pengujian dinamis (MOEd) yang lebih tinggi 10% daripada nilai pengujian statis (MOEs). Penelitian Oliveira *et al.* (2002) dengan jenis kayu *jatoba* dan *cupuiba* menghasilkan nilai pengujian dinamis (MOEd) yang lebih tinggi 20% daripada nilai pengujian statis (MOEs). Selanjutnya Penelitian Karlinsari *et al.* (2005) dengan jenis kayu aghathis, mangium, manii, meranti, pinus dan sengon menghasilkan nilai pengujian dinamis (MOEd) yang lebih tinggi 50% daripada nilai pengujian statis (MOEs).

Sementara itu berdasarkan hasil penelitian ini, nilai MOE dinamis untuk seluruh contoh uji rata-rata lebih tinggi 35% dibandingkan nilai rata-rata MOE statis. Nilai pengujian secara non destruktif yang

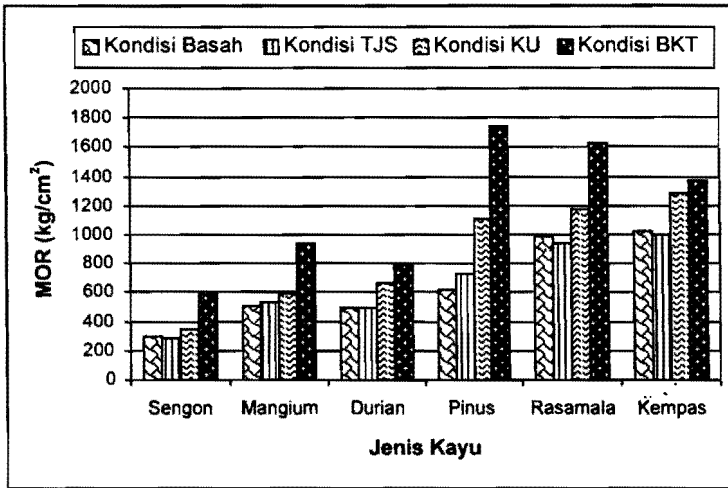
lebih tinggi dibandingkan secara destruktif adalah karena faktor visko-elastisitas bahan dan adanya pengaruh efek *creep* pada pengujian secara defleksi (Bodig dan Jayne, 1982).



Gambar 2. MOEd enam jenis kayu pada berbagai kondisi kadar air



Gambar 3. MOEs enam jenis kayu pada berbagai kondisi kadar air



Gambar 4. MOR enam jenis kayu pada berbagai kondisi kadar air

Selanjutnya Gambar 4 menunjukkan kekuatan lentur patah (MOR) kayu yang semakin meningkat seiring dengan menurunnya kadar air. Hal ini menandakan bahwa dengan semakin menurunnya kadar air terutama di bawah TJS kekuatan kayu semakin kuat. Penelitian-penelitian berkaitan dengan kekuatan kayu menyimpulkan bahwa kerapatan, berat jenis dan persentase volume serat merupakan peubah yang memegang peranan sebagai indikator sifat mekanis. Haygreen dan Bowyer (1982) menyatakan bahwa semakin tinggi berat jenis kayu maka semakin banyak zat kayu pada dinding sel yang berarti semakin tebal dinding sel tersebut. Karena kekuatan kayu terletak pada dinding sel, maka semakin tebal dinding sel semakin kuat kayu tersebut.

KESIMPULAN

Kecepatan rambatan gelombang ultrasonik semakin meningkat dengan menurunnya kadar air dari kondisi kadar air basah ke kondisi kering tanur. Peningkatan

kecepatan yang paling nyata terjadi dari kondisi titik jenuh serat ke kondisi kering udara

MOEd, MOEs dan MOR keenam enam jenis kayu (sengon, mangium, durian, pinus, kempas dan rasamala) cenderung meningkat dengan menurunnya kadar air terutama dari kondisi titik jenuh serat ke kondisi kering tanur.

Pada kondisi CU kering udara (14-17%) diperoleh hasil rata-rata MOEd lebih tinggi dibandingkan nilai MOEs. Secara berurutan MOEd kayu sengon, mangium, durian, pinus, rasamala, kempas lebih besar 32,77%, 30,12%, 41,27%, 33,32%, 31,31%, 40,69% dari MOEs.

Hasil pengujian MOEd (non destruktif) untuk seluruh jenis kayu rata-rata lebih tinggi 35% dari MOEs (destruktif).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Hibah Penelitian Program Hibah Kompetisi A2 Tahun 2005 Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB.

DAFTAR PUSTAKA

- [BS] British Standard (1957). *Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber*. BS373: 1957.
- Bodig J, Jayne BA (1982). *Mechanics of Wood and Wood Composites*. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Bodig J (2000). *The Process of NDE Research for Wood and Wood Composites*. Dalam: Prosiding: 12th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood. 13-15 September 2000. University of Western Hungary, Sopron. Hungary. Hal: 7-22.
- Bucur V (1995) *Acoustic of wood*. Institute National de la Recherche Agronomique Centre de Recherches Forestieres. Nancy. France.
- Haygreen JG, Bowyer JL (1982). *Forest Products and Wood Science An Introduction*. The Iowa State University Press, Ames. IOWA.
- Karlinasari L, Surjokusumo S, Hadi YS, Nugroho N (2005) *Non Destructive Testing on six Tropical Woods Using Ultrasonic Method* Dalam Prosiding: 6th International Wood Science Symposium. 28-30 August 2005. Bali. Indonesia. Hal: 109-116
- Kellogg RM (1989) *Density and Porosity*. Dalam: *Concise Encyclopedia of Wood and Wood-Based Materials*. Ed. Arno P. Schniewind. Pergamon Press. Oxford. England. Hal: 79-82
- Malik SAM, Al-Matterneh HMA, Nurudin MF (2002). *Review of Non destructive Testing and Evaluation on Timber, Wood and Wood Products*. Dalam Prosiding: *The 7th World Conference on Timber Engineering*. 12-15 Agustus 2002. Shah Alam. Malaysia. Hal: 346-353.
- Oliveira FGR., de Campos JAO, Sales A (2002) *Ultrasonic Measurements in Brazilian Hardwoods*. *Material Research Journal*. Vol. 5 No 1: 51-55.
- Ross RJ, Brashaw BK, Pellerin RF (1998). *Nondestructive Evaluation of Wood*. *Forest Products Journal*. Vol. 48:1: 14-19.
- Schniewind AP (1989). *Deformation Under Load*. Dalam: *Concise Encyclopedia of Wood and Wood-Based Materials*. Ed. Arno P. Schniewind. Pergamon Press. Oxford. England. Hal: 75-79.
- Smith WR (1989) *Acoustic Properties*. Dalam: *Concise Encyclopedia of Wood and Wood-Based Materials*. Ed. Arno P. Schniewind. Pergamon Press. Oxford. England. Hal: 5-9
- Van Dyk H, Rice RW (2005). *Ultrasonic Wave Velocity As a Moisture Indicator in Frozen Lumber*. *Forest Prod. J.* 55 (6) : 68 - 72
- Wang SY, Lin CJ, Chiu CM (2003). *Adjusted Dynamic Modulus of Elasticity in Taiwania Plantation Wood*. *Holzforschung* 57: 547-552.