

PENGUKURAN MODULUS ELASTISITAS KAYU MENGGUNAKAN GELOMBANG

MEASURING THE WOOD'S MODULUS ELASTICITY USING AUDIO SONIC WAVE

Viky Nurlaili*, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

Agus Purwanto, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: vikynurlaili@yahoo.com (corresponding author)

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara menentukan modulus elastisitas kayu dengan menggunakan gelombang audiosonik dan mengetahui nilai modulus elastisitas kayu sengon, kayu mahoni, dan kayu keruing. Cepat rambat gelombang dalam kayu diperoleh dengan metode standing wave. Pada standing wave terbentuk simpul dan perut. Cepat rambat gelombang dapat diperoleh dari pengukuran panjang gelombang dengan frekuensi tertentu. Nilai modulus elastisitas dinamis kayu diperoleh dari data cepat rambat gelombang audiosonik dalam kayu dan kerapatan kayu. Hasil analisis cepat rambat bunyi gelombang audiosonik pada kayu sengon sebesar $(152 \pm 2) \times 10^1$ m/s, kemudian kayu mahoni sebesar $(178 \pm 2) \times 10^1$ m/s, dan yang paling besar adalah kayu keruing sebesar $(189 \pm 2) \times 10^1$ m/s. Kerapatan kayu sengon adalah $(0,38 \pm 0,01) \times 10^3$ kg/m³, kayu mahoni $(0,55 \pm 0,02) \times 10^3$ kg/m³, dan kayu keruing $(0,76 \pm 0,02) \times 10^3$ kg/m³. Dari hasil cepat rambat gelombang audiosonik dalam kayu dan kerapatan kayu tersebut diperoleh modulus elastisitas dinamis kayu sengon sebesar $(88 \pm 2) \times 10^7$ kg/ms², kayu mahoni $(173 \pm 4) \times 10^7$ kg/ms², dan kayu keruing $(272 \pm 5) \times 10^7$ kg/ms².

Kata Kunci: Kayu, Modulus Elastisitas, dan Cepat Rambat Gelombang

Abstract. This research aimed to find out the way to determine wood's modulus elasticity using audio sonic waves and to find out the modulus elasticity of sengon "*Albazia falcataria* (L.) Fosberg," mahoni "*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq," and keruing "*Dipterocarpus* spp.". Standing wave was the method to find out the wave propagation speed in wood. In standing waves, there were nodes and antinodes. The wavelength of specific wave frequencies determined the speed of wave propagation. Wood density was measured by dividing wood mass concerning wood volume. Dynamic modulus elasticity of woods can be calculated from the audio sonic wave propagation speed on the woods and woods density. The result of audio sonic wave speed were $(152 \pm 2) \times 10^1$ m/s for sengon "*Albazia falcataria* (L.) Fosberg," $(178 \pm 2) \times 10^1$ m/s for mahoni "*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq", and $(189 \pm 2) \times 10^1$ m/s for keruing "*Dipterocarpus* spp.". Wood density of sengon "*Albazia falcataria* (L.) Fosberg" was $(0,38 \pm 0,01) \times 10^3$ kg/m³, mahoni "*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq" was $(0,55 \pm 0,02) \times 10^3$ kg/m³, and keruing "*Dipterocarpus* spp." was $(0,76 \pm 0,02) \times 10^3$ kg/m³. From those data, the result of dynamic woods elasticity modulus was $(88 \pm 2) \times 10^7$ kg/ms² for sengon "*Albazia falcataria* (L.) Fosberg", $(173 \pm 4) \times 10^7$ kg/ms² for mahoni "*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq", and $(272 \pm 5) \times 10^7$ kg/ms² for keruing "*Dipterocarpus* spp.".

Keywords: Woods, Modulus of elasticity, and Speed wave propagation

PENDAHULUAN

Kayu merupakan hasil hutan yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. Kayu memiliki beberapa komposisi sifat yang tidak dapat ditiru bahan-bahan lain. Pemilihan dan penggunaan kayu untuk suatu tujuan pemakaian memerlukan pengetahuan tentang sifat-sifat kayu. Sifat-sifat ini penting sekali dalam industri pengolahan kayu sebab dari pengetahuan sifat tersebut, tidak hanya dapat ditentukan pemanfaatannya dengan tepat, akan tetapi juga dapat ditentukan alternatif lain apabila jenis kayu yang dibutuhkan sulit diperoleh secara kontinyu atau terlalu mahal.

Pemanfaatan kayu telah dikenal sejak zaman dulu, mulai dari perabot rumah tangga (seperti meja, kursi, almari, dan lain-lain), sebagai bahan bakar (kayu bakar), dan sebagai bahan bangunan rumah. Namun dengan kemajuan teknologi, kayu juga dapat diproses menjadi barang lain seperti kertas, bahan sintetik, dan tekstil. Kayu juga banyak digunakan untuk bahan baku alat musik seperti gitar. Kayu memantulkan bunyi yang khas karena memiliki elastisitas tertentu. Karena kayu memiliki banyak manfaat, maka kebutuhan kayu semakin lama semakin meningkat.

Kayu memiliki sifat khusus yaitu kekakuan. Dalam dunia fisika, kekakuan disebut dengan elastisitas. Modulus elastisitas adalah sebuah ukuran yang digunakan untuk merepresentasikan kekakuan suatu bahan (Dieter, 1986). Modulus elastisitas kayu dapat diuji dengan metode gelombang audiosonik. Metode tersebut merupakan metode yang digunakan untuk menguji suatu bahan tanpa merusaknya, sehingga masih dapat dimanfaatkan untuk penggunaan selanjutnya. Selain itu metode gelombang audiosonik merupakan metode yang sangat murah dibandingkan dengan metode lain seperti pengujian dengan UTM (universal testing machine) dan MSR (machine stress rating). Sistem MSR belum tepat digunakan di Indonesia, karena harga mesin yang terlalu mahal dan penggunaannya terlalu rumit sehingga memerlukan keahlian tersendiri.

Sesuai dengan namanya metode gelombang audiosonik menggunakan gelombang bunyi. Bunyi memiliki frekuensi dan amplitudo tertentu. Gelombang audiosonik dari loudspeaker yang dilewatkan pada kayu, ditangkap oleh condenser microphone. Modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan (stress) dan regangan (strain). Untuk jenis bahan yang berbeda-beda, maka nilai modulus elastisitasnya juga berbeda-beda.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2016 hingga Mei 2016 di Laboratorium Getaran dan Gelombang yang berada di lantai dua Laboratorium Fisika FMIPA UNY. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: satu buah loudspeaker 2 inchi, satu buah condenser microphone, amplifier, audio frequency generator, laptop yang dilengkapi dengan software SpectraPLUS 5.0, dan neraca Ohaus tiga lengan. Bahan yang digunakan adalah 3 jenis kayu yaitu, kayu sengon (*Albazia falcataria*), kayu mahoni (*Swietenia mahagoni*), dan kayu keruing (*Dipterocarpus*) yang berbentuk balok dengan panjang 50 cm, penampang dengan ukuran (5×7) cm².

Teknik pengambilan data dilakukan dengan mengikuti tahapan seperti merangkai alat alat percobaan, mengatur frekuensi AFG, dan mengatur *software SpectraPLUS 5.0*. Tahapan merangkai alat percobaan diawali dengan menghubungkan AFG ke amplifier kemudian ke loudspeaker. Mengatur posisi loudspeaker dari ujung kayu pada jarak 0 cm. Mengatur condenser microphone pada jarak (1-50) cm dari loudspeaker dan jarak antar posisi adalah 1 cm. Menghubungkan condenser microphone tersebut ke laptop dengan *software SpectraPLUS 5.0*. Selanjutnya, AFG diatur pada frekuensi 4500 Hz, 5000 Hz, dan 5500 Hz. Mengatur volume suara yang dikeluarkan oleh loudspeaker pada nilai tertentu. Tahap mengatur *software SpectraPLUS 5.0* yakni *Software SpectraPLUS 5.0* digunakan untuk merekam hasil *output*

dengan memunculkan *window time series* dan *spectrum* pada menu *view*, serta *peak requery* dan *peak amplitude* pada menu *utilities*. Mengkalibrasi satuan pada menu *options*, *setting mono 16 bit*, *scaling linier*, serta *calibration level peak*, *unit millivolts*.

Analisi data dilakukan dengan melakukan pengukuran cepat rambat gelombang audiosonik, kerapatan kayu, dan modulus elastisitas kayu. Pengukuran cepat rambat gelombang pada kayu menggunakan metode standing wave yang terbentuk akibat gelombang datang dari loudspeaker dan gelombang pantulan dari kayu yang akan diukur cepat rambatnya. Cepat rambat gelombang audiosonik pada kayu diukur dengan menggunakan satu buah condenser microphone dengan jarak pengukuran (1-50) cm dan jarak antar titik posisi adalah 1 cm. Perekaman bunyi dilakukan dengan laptop yang dilengkapi dengan *software SpectraPLUS 5.0*. Pengukuran kerapatan kayu dilakukan dengan menimbang massa sampel kayu. Kemudian mengukur panjang, lebar, dan tebal kayu untuk memperoleh volume dari sampel kayu. Kerapatan kayu diukur dengan membagi massa kayu dengan volume kayu. Selanjutnya, Pengukuran modulus elastisitas dinamis kayu dilakukan dengan cara menghitung cepat rambat gelombang dan kerapatan masing-masing kayu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengukuran Cepat Rambat Gelombang Audiosonik Kayu

Berikut adalah data cepat rambat gelombang bunyi (Tabel 1):

Tabel 1. Data cepat rambat gelombang bunyi

Jenis Kayu	f (Hz)	v (m/s)	Δv (m/s)
Sengon	4505,82	1532	45
		1532	45
		1532	45
	5006,47	1502	50
		1502	50
		1502	50
	5501,73	1540	55
		1540	55
		1540	55
Mahoni	4505,82	1802	45
		1802	45
		1802	45
	5006,47	1702	50
		1802	50
		1752	50
	5501,73	1761	55
		1651	55
		1706	55
Keruing	4505,82	1892	45
		1892	45
		1892	45
	5001,09	1900	50
		1900	50
		1900	50
	5501,73	1762	55
		1872	55
		1817	55

Dari tabel di atas yang bercetak tebal adalah data yang tidak saling tumpang tindih.

Maka data yang bercetak tebal tersebut tidak diikuti ke dalam rata-rata berbobot. Cepat rambat bunyi rata-rata pada kayu sengon yaitu sebesar $(152 \pm 2) \times 10^1$ m/s, kemudian pada kayu mahoni sebesar $(178 \pm 2) \times 10^1$ m/s, dan yang paling besar adalah pada kayu keruing sebesar $(189 \pm 2) \times 10^1$ m/s. Cepat rambat gelombang bunyi pada kayu dipengaruhi oleh kerapatan kayu tersebut; semakin rapat partikel kayu tersebut, maka semakin cepat gelombang bunyi merambat.

B. Pengukuran Kerapatan Kayu

Berikut adalah data hasil pengukuran kerapatan kayu (Tabel 2):

Tabel 2. Data hasil pengukuran kerapatan kayu

Jenis Kayu	$v (\times 10^{-5} m^3)$	$m (\times 10^{-2} kg)$	$\rho (\times 10^3 kg / m^3)$	$\Delta\rho (\times 10^3 kg / m^3)$
Sengon	5,85	2,22	0,38	0,01
Mahoni	4,88	2,67	0,55	0,02
Keruing	6,53	4,99	0,76	0,02

Hasil pengukuran kerapatan kayu tersebut sesuai dengan daftar kerapatan kayu menurut PKKI (Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia) tahun 1961. Berikut perbandingan hasil pengukuran dengan daftar PKKI tahun 1961 (Tabel 3).

Tabel 3. Data perbandingan nilai kerapatan kayu berdasarkan kelas kuat kayu

Jenis Kayu	Kelas Kuat Kayu	ρ Pengukuran	ρ PKKI ($\times 10^3 kg / m^3$)
Sengon	IV-V	0,38	$\leq 0,40$
Mahoni	II-III	0,55	0,40-0,90
Keruing	I-II	0,76	$\geq 0,60$

C. Pengukuran Modulus Elastisitas Kayu

Berikut adalah hasil perhitungan modulus elastisitas dinamis kayu (Tabel 4):

Tabel 4. Data hasil perhitungan modulus elastisitas dinamis kayu

Jenis Kayu	$E (\times 10^7 kg/ms^2)$	$\Delta E (\times 10^7 kg/ms^2)$
Sengon	88	2
Mahoni	173	4
Keruing	272	5

Tabel 5. Data perbandingan hasil pengukuran modulus elastisitas menggunakan gelombang audiosonik dengan gelombang ultrasonik dalam buku Bucur, V. (2006).

$\rho (\times 10^1 m / s)$	$v (\times 10^3 kg / m^3)$	$E (\times 10^7 kg / ms^2)$	$\rho (\times 10^3 kg / m^3)$	$v (\times 10^3 kg / m^3)$	$E (\times 10^7 kg / ms^2)$
0,38	152	88	0,38	159	91
0,55	178	173	0,63	160	160
0,76	189	272	0,76	190	260

Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas dinamis kayu terbesar terdapat pada kayu keruing sebesar $(272 \pm 5) \times 10^7 \text{ kg/ms}^2$, kemudian pada kayu mahoni sebesar $(173 \pm 4) \times 10^7 \text{ kg/ms}^2$, dan terendah terdapat pada kayu sengon $(88 \pm 2) \times 10^7 \text{ kg/ms}^2$. Hasil perhitungan modulus elastisitas kayu menggunakan gelombang audiosonik tersebut sesuai dengan hasil perhitungan modulus elastisitas kayu menggunakan gelombang ultrasonik dalam buku Bucur, V. (2006: 177-180). Berikut perbandingan hasil perhitungan modulus elastisitas kayu menggunakan gelombang audiosonik dengan perhitungan modulus elastisitas kayu menggunakan gelombang ultrasonik berdasarkan kerapatan kayunya (Tabel 5):

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penentuan modulus elastisitas kayu dengan menggunakan gelombang audiosonik dapat dilakukan dengan memaparkan gelombang audiosonik pada kayu hingga terbentuk *standing wave*. Pada *standing wave* terbentuk simpul dan perut. Kemudian menentukan panjang gelombang bunyi pada medium kayu dengan cara mengukur jarak antar simpul. Apabila diketahui panjang gelombang dengan frekuensi tertentu dapat diperoleh cepat rambat dari gelombang tersebut. Modulus elastisitas sebuah kayu dapat ditentukan berdasarkan cepat rambatnya.
2. Nilai modulus elastisitas masing-masing kayu sebagai berikut
 - a. Kayu Sengon : $(88 \pm 2) \times 10^7 \text{ kg/ms}^2$
 - b. Kayu Mahoni: $(173 \pm 4) \times 10^7 \text{ kg/ms}^2$
 - c. Kayu Keruing: $(272 \pm 5) \times 10^7 \text{ kg/ms}^2$

Penelitian ini hanya menitikberatkan pada modulus elastisitas kayu sengon, mahoni, dan keruing. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya untuk jenis kayu yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

Springer-Verlag Berlin Heidelberg. (2006). *Acoustics of Wood*. New York: Bucur, V. Springer Series in Wood Science

Mc Graw – Hill, Inc. (1986). “*Mechanical Metallurgy*”, 3rd edition. *Forest Products Laboratory. 2012. Wood handbook – wood as an engineering material*. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S Department of Agriculture: Dieter, G. E.

Antony Rowe Ltd, Chippenham. (2009). *Vibrations and Waves*. Wiltshire: King, G.C