

© Lina Karlinasari
Makalah Individu
Pengantar Falsafah Sains (PPS702)
Program Pascasarjana / S3
Institut Pertanian Bogor
November 2003

Posted 21 November 2003

Dosen:
Prof. Dr. Ir. Rudy C. Tarumingkeng (penanggung jawab)
Prof. Dr. Ir. Zahrial Coto

PENGUJIAN NONDESTRUKTIF KAYU- METODE *ULTRASONIC*- DAN *ACOUSTO- ULTRASONIC*

Oleh:

Lina Karlinasari

E061030041/IPK

E-mail: l_karlinasari@yahoo.com

Wood as natural raw material is becoming more and more important in our society, facing both environmental constraints issued from the use of fossil energy and new needs of raw material linked to the present demographic evolution.

There is an increasing demand in which nondestructive testing and evaluation (NDT/E) technologies are needed but to this stage not many has been fully developed and used commercially.

The ultrasonic-base methods applied to wood have been quite intensively developed during the last decade. Basically, both the stress wave propagation and the natural frequency vibration methods have been used for timber grading. To increase the sensitivity of the stress wave method, the acousto-ultrasonic, has been approached in the way to complete the initial time information. This method has been developed as an upgrading of stress wave ultrasonic technique. The basis non destructive variables are the speed of the low frequency wave, and the transmitted energy in the time domain. The acousto-ultrasonic (AU) method can be applied to forest management or log grading, at the planning level, project to project. It is also an efficient tool for the qualitative forest management for both natural and plantation forest.

Pendahuluan

Kayu yang merupakan bahan baku alami yang berasal dari hutan dan penting dalam kehidupan manusia, dewasa ini dihadapkan pada masalah pesatnya evolusi demografi. Masalah pelestarian hutan baik di negara maju ataupun negara berkembang menjadi perhatian penting, bahkan dukungan dana untuk keperluan masalah tersebut merupakan konsekuensi yang berani dari

transformasi produk-produk hutan melalui industri yang mengolah hasil hutan tersebut. Untuk mendukung skema tersebut paling tidak diperlukan pertimbangan penilaian terhadap kualitas pohon berdiri. Ada 2 target yang ingin dicapai dari penilaian tersebut yaitu: 1). Kualitas biologis internal pohon/kayu yang berkaitan dengan penurunan kualitas kayu, 2). Kualitas mekanis dari kayu teras yang didasarkan pada kekakuan dan kekuatan kayu berkaitan dengan penilaian produk kayu, khususnya untuk kayu konstruksi.

Kualitas kayu sebagai bahan baku merupakan hal yang penting dalam rangka memperoleh produk akhir yang berkualitas. Kualitas ini berhubungan erat dengan adanya pengaruh terhadap sifat-sifat dasar kayu seperti sifat anatomi, kimia, fisis, dan mekanis baik dalam satu pohon ataupun antar pohon. Identifikasi dini terhadap kualitas kayu baik pada pohon yang masih berdiri maupun terhadap suatu produk akhir kayu menjadi sangat menarik dalam rangka efektifitas dan efisiensi bahan, pekerjaan, dan biaya. Salah satu yang digunakan dalam pendeteksian kualitas dan kekuatan kayu adalah melalui metode *nondestructive testing/evaluation* (NDT/E).

Definisi

American Society of Nondestructive Testing (ANST) mendefinisikan NDT&E sebagai metode yang digunakan untuk menguji suatu benda, bahan, atau sistem tanpa merusaknya sehingga masih dapat dimanfaatkan untuk penggunaan selanjutnya. Sedangkan *The Canadian Institute of Nondestructive Testing* (CINDT) memberikan batasan sebagai suatu kesatuan metode pengujian teknik secara khusus yang menyediakan informasi data mengenai kondisi suatu bahan dan komponen tanpa menyebabkan kerusakan pada bahan dan komponen tersebut. Definisi lain untuk NDT&E adalah suatu metode yang tidak merusak fungsi dari struktur bahan dan dapat dilakukan re-testing pada lokasi yang sama untuk mengevaluasi perubahan sifatnya menurut waktu (Malik, *et al.*, 2002).

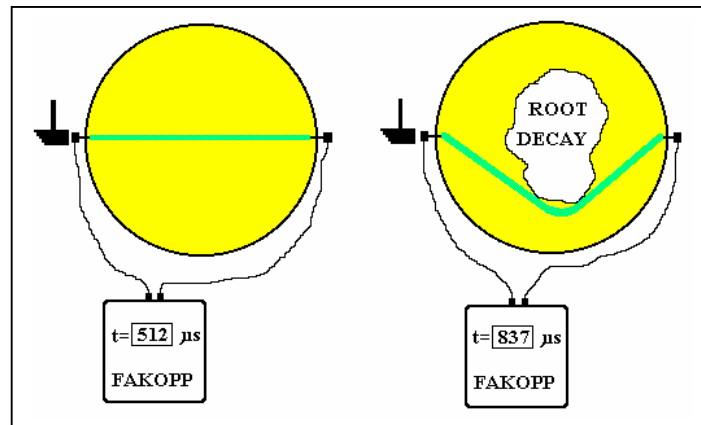
NDT digunakan tanpa merusak atau menyebabkan kerusakan terhadap suatu bahan atau produk karena pengujian yang dilakukan tidak mengganggu produk akhirnya, dimana NDT ini memberikan suatu keseimbangan antara kontrol terhadap kualitas dan efektifitas biaya. Sedangkan NDE lebih bersifat penilaian kuantitas secara alami, sebagai contoh adalah untuk cacat pada kayu, dimana tidak hanya lokasi cacat saja tetapi juga termasuk penentuan bentuk, ukuran, dan arah orientasi cacatnya. NDE dapat digunakan untuk penentuan sifat bahan seperti *fracture toughness*, *formidability*, dan sifat fisik kayu lainnya (Malik, *et al.*, 2002).

Metode NDT-E

- ***Stress wave* (Gelombang tegangan)**

Gelombang tegangan dihasilkan berdasarkan kecepatan suara yang bekerja pada suatu bahan dan dapat terefleksi pada permukaan bahan, cacat-cacat dalam dan batas-batas pada bagian bahan yang menyatu. Prinsip dari metode ini adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang tegangan mencapai jarak tertentu dari suatu bahan. Jika dimensi suatu bahan diketahui, maka waktu dari gelombang tegangan yang bekerja dapat dihitung dan digunakan untuk mengetahui lokasi diskontinuitas pada kayu atau produk kayu lainnya.

Waktu rambat dari gelombang tegangan pada kayu lapuk lebih lambat dibandingkan dengan kayu sehat (Gambar 1). Pada pengujian suatu bahan bila diperoleh waktu tempuh gelombang tegangan yang panjang pada suatu jarak tertentu maka dapat diduga pada lokasi tersebut terdapat pelapukan.



Gambar 1. Waktu tempuh gelombang tegangan kayu sehat dan kayu yang mengalami pelapukan

Umumnya metode gelombang tegangan ini digunakan untuk menentukan *modulus of elasticity* (MOE) dari komponen struktural. Dengan penentuan waktu rambat gelombang tegangan dan diketahuinya jarak dari dua buah transducer yang digunakan maka dapat ditentukan kecepatannya sehingga kemudian dapat digunakan untuk menghitung MOE dinamis (MOE_d) dari bahan. Nilai MOE dinamis ini berguna untuk memperkirakan kekuatan bahan tersebut melalui pendekatan korelasi statistik terhadap nilai MOE sebenarnya atau pengujian standar (MOE statis, MOE_s).

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{dan} \quad \text{MOE}_d = \rho \times v^2$$

dimana:

- MOE_d : *Modulus of Elasticity* dinamis (kg/cm²)
 ρ : kerapatan (kg/m³)
 v : kecepatan gelombang (m/s)
 d : jarak tempuh gelombang antara 2 transducer (m)
 t : waktu tempuh gelombang antara 2 transducer (s)

- **Ultrasonic dan Acousto-Ultrasonic**

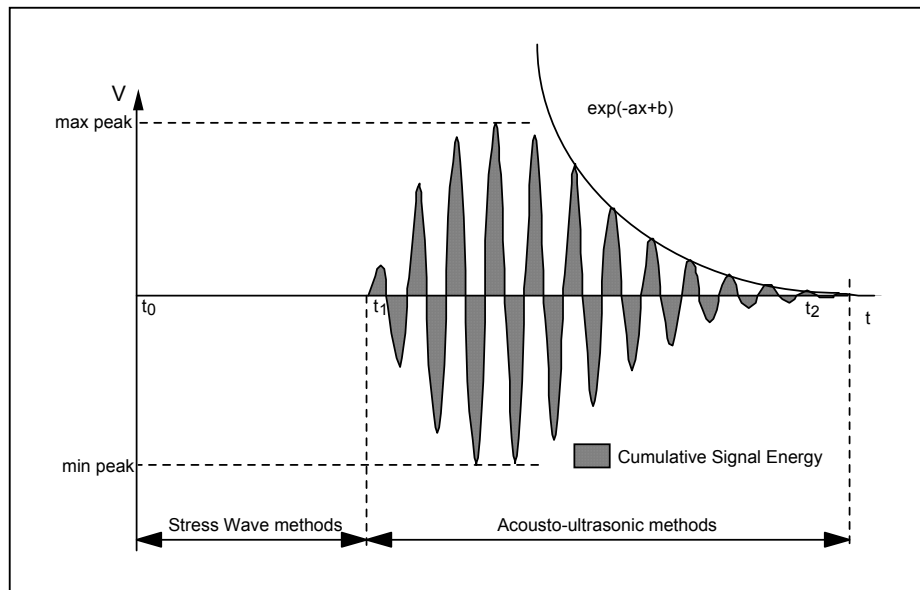
Metode ultrasonik merupakan peningkatan dari metode gelombang tegangan (*stress wave*). Variabel dasar yang digunakan dalam metode ultrasonik adalah kecepatan gelombang frekuensi ultrasonik, sedangkan pada *acousto ultrasonic* (AU) selain kecepatan gelombang, transmisi energi pada saat rambatan terjadi juga dihitung (Sandoz, *et al.*, 2002). Parameter akustik dari suatu kayu adalah: *sound velocity* (kecepatan suara); *acoustic impedance* (impedansi akustik), *damping* dan *logarithmic decrement*.

Gelombang frekuensi yang biasa digunakan dengan teknik ultrasonik umumnya adalah sebesar > 20 kHz (Malik, *et al.*, 2002 dan Sandoz, *et al.*, 2000, 2002).

Menurut ASTM E1495, metode ultrasonik dapat digunakan hanya untuk mengukur ruang pada kayu atau diskontinuitas, sedangkan dengan teknologi AU dapat diukur cacat kayu dan variasi kekuatan pada kayu dan komposit kayu, terutama sambungan perekatan. Metode AU ini merupakan kombinasi dari *acoustic emission* (AE) dengan analisis signal dari metode ultrasonik.

Pendekatan dasar dari metode AU adalah pengukuran terhadap suatu bahan dengan menggunakan faktor gelombang tegangan (*stress wave factor*, SWF). Faktor gelombang tegangan (SWF) merupakan kehilangan energi relative (*attenuation*) atau penyebaran energi (*propagation*) dari perambatan gelombang tegangan yang melewati bahan (Kawamoto dan Williams, 2002)

Sandoz, *et al.* (2000, 2002) menyatakan bahwa dengan menggunakan metode AU yang dihitung adalah kecepatan gelombang transmisi dan energy puncak maksimal yang melewati bahan seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Analisa signal *acousto-ultrasonic* untuk menghitung kecepatan dan energi puncak maksimal dari gelombang transmisi (Sandoz, *et al.*, 2002)

Kecepatan suara yang dihasilkan berkorelasi dengan MOE, sedangkan energy yang timbul berkorelasi dengan cacat yang muncul seperti mata kayu, arah serat, pelapukan, dan pengurangan luasan akibat retak dan pecah. Nilai maksimal dari puncak muncul berkaitan dengan respon akustik kayu terhadap cacat yang ditemui. Selain itu dapat diuji berapa sifat fisis kayu seperti kerapatan, kadar air, dan kelembaban internal.

Penerapan pengujian dengan metode ini dapat dilakukan pada arah radial dan longitudinal, baik pada pohon berdiri maupun produk kayu dalam rangka melakukan penilaian terhadap kualitasnya.

Keterbatasan muncul biasanya dari sensitivitas *coupling transducer* terhadap permukaan kayu, karenanya teknologi yang harus dikembangkan adalah peningkatan sensitivitas dan

penggunaan *transducer* yang lebih banyak untuk memperluas cakupan pengujian (Sandoz, *et al.*, 2002).

Variabel yang mempengaruhi gelombang ultrasonik

Ada beberapa variabel yang mempengaruhi aliran gelombang ultrasonik pada kayu, antara lain: karakteristik mikrostruktural kayu, dan komposisi kimia yang disebabkan oleh perbedaan jenis kayu (konifer atau dikotyledon), kondisi tanah, dan cuaca (Olievera, *et al.*, 2002; W.R. Smith, 1989). Lebih dalam beberapa faktor yang dapat dicatat mempengaruhi kecepatan gelombang ultrasonik adalah:

1. Kadar air; peningkatan kadar air menyebabkan peningkatan kecepatan gelombang
2. Arah serat; kecepatan gelombang lebih cepat pada arah longitudinal (searah serat), diikuti arah radial, dan yang terlama adalah pada arah tangensial. Selain itu semakin panjang serat semakin cepat gelombang mengalir
3. Dinding sel dengan porositas dan permeabilitas yang tinggi akan memperlambat kecepatan gelombang ultrasonik
4. Semakin besar kerapatan kayu semakin cepat gelombang ultrasoniknya
5. Daerah kristalin pada dinding sel (kaya akan selulosa) lebih cepat mengalirkan gelombang ultrasonik dibandingkan dengan daerah amorph (kaya akan lignin dan hemiselulosa)

Penutup

Metode gelombang tegangan ultrasonik telah berkembang pada pendekatan akustik (*acousto-ultrasonic*, AU) dimana tidak hanya mengukur kecepatan gelombangnya saja tetapi juga sampai pada pengukuran energi yang terjadi. Selanjutnya dengan dua variable dasar yang diukur tersebut, maka pengujian terhadap arah radial dan longitudinal suatu bahan menjadi lebih akurat.

Aplikasi AU terhadap pohon berdiri menggunakan pengujian secara radial telah berhasil mendeteksi secara akurat cacat dalam yang terjadi. Sedangkan pada aplikasi longitudinal pada pemilahan kayu, menghasilkan pendugaan kekuatan kayu yang sangat memuaskan.

Daftar Pustaka

- ASTM E1495-97. *Standard guide for acousto-ultrasonic assessment of composites, laminates, and bonded joints*.
- Kawamoto, S. dan Williams, R.S. 2002. *Acoustic Emission and Acousto-Ultrasonic Techniques for Wood and Wood-Based Composites: A Review*. USDA. General Technical Report, FPL-GTR 134. USA.
- Malik, S.A.M., H.M.A. Al-Matterneh, dan M.F. Nurudin. 2002. *Review of Nondestructive Testing and Evaluation on Timber, Wood and Wood Product*. Dalam Prosiding: *The 7th World Conference on Timber Engineering*. 12-15 Agustus 2002. Shah Alam. Malaysia. Hal: 346-353.
- Oliveira, F.G.R., J.A.O. de Campos, dan A. Sales. 2002. *Evaluation of Mechanical Properties of Wood Using Ultrasonic Measurements*. Dalam Prosiding: *The 7th World Conference on Timber Engineering*. 12-15 Agustus 2002. Shah Alam. Malaysia. Hal: 110-117.
- Smith, W.R. 1989. *Acoustic Properties*. *Concise Encyclopedia of Wood and Wood-Based Materials*. A.P. Schniewind, R.W. Chan, dan M.B. Bever, Eds. Pergamon Press. Hal. 4-8.
- Sandoz, J-L, Benoit, Y., dan Demay, L. 2000. *Standing Tree Quality Assessments Using Acousto-Ultrasonic*. Braunschweig.
- Sandoz, J-L, Benoit, Y., dan Demay, L. 2002. *High Performance Timber by Ultrasonic Grading*. In Proceeding: *The 7th World Conference on Timber Engineering*, WCTE 2002. August 12-15. Shah Alam. Malaysia. Hal. 328-333.