

Teknologi *Acoustic Tomograph* Untuk Deteksi Kondisi Pohon¹

Lina Karlinasari

Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB
Kampus IPB Darmaga, Bogor
Email: karlinasari@ipb.ac.id

Pendahuluan

Pohon merupakan bagian penting dari ekosistem. Di perkotaan, pohon mengambil peran tunggal dalam fungsi ekologi serta dekoratif dan estetika. Pohon sebagai suatu sistem vegetasi organik sangat rentan terhadap kerusakan biologis akibat serangan organisme serta kerusakan mekanis. Oleh karena itu, diperlukan adanya kesadaran untuk melakukan evaluasi kondisi pohon.

Secara tradisional, evaluasi kondisi pohon dapat dilakukan dengan mengamati kondisi kerusakan dan kesehatan secara visual. Tindakan yang diambil berdasarkan penilaian atas resiko yang muncul dari kondisi pohon tersebut yaitu pohon dipertahankan atau pohon ditebang. Dalam ilmu arborikultur, “tree risk assessment” (penilaian resiko pohon) dikembangkan berbagai teknik dan metode untuk melakukan penilaian pohon dan mengkuantifikasikan hasil penilaian tersebut (van Wassenaeer dan Richardson 2010). Pada beberapa dekade ini, ilmu pengetahuan dan teknologi yang berhubungan dengan penilaian resiko pohon, termasuk kegiatan pemeriksaan internal kondisi pohon, telah berkembang pesat. Hal ini merujuk pada perlunya informasi mendalam dari kondisi bagian dalam pohon yang sering tidak terdeteksi secara baik dari pengamatan visual. Berbagai metode digunakan untuk mendeteksi kondisi internal atau bagian dalam pohon, mulai dari yang sederhana yaitu penggunaan palu (*mallet*) dan teknik pengeboran hingga yang lebih teknis seperti pengembangan alat berbasis gelombang suara (akustik), x-rays, dan *pulse current meter* (Shigometer). Pada makalah ini akan disampaikan teknologi canggih berbasis gelombang suara yaitu *acoustic tomography*. Teknologi ini penting untuk aplikasi arborikultur perkotaan, kaitannya dengan kebutuhan mengurangi risiko tumbang pohon dan kepentingan menjaga pohon-pohon (terutama pohon besar).

¹ Makalah disampaikan pada “Lokakarya Mitigasi Pohon Tumbang di Perkotaan”; Bandung 18 Maret 2015

Deteksi Kondisi Internal Pohon

Dua jenis kegagalan (*failure*) pada pohon yang paling umum terjadi yaitu pengangkatan akar (*uprooting*) dan kerusakan batang (*breaking of stem or branches*) (Mattheck dan Breloer, 1994a). Kerusakan batang umumnya terjadi karena deteriorasi yaitu adanya pelapukan dan lubang, sementara itu *uprooting* merupakan terputus atau membusuk akar atau kegagalan *soilroot* antarmuka. Untuk kedua hal tersebut, metode visual dan kualitatif seringkali tidak cukup memadai dalam menilai kedua cacat ini, selain itu metode ini juga tidak memungkinkan untuk melakukan perhitungan risiko atau kerugian kekuatan.

Teknologi pengujian tanpa merusak (*non destructive testing/evaluation*, NDT/E) pada pohon merupakan teknologi yang dikembangkan dengan memberikan kerusakan minimal pada pohon sehingga tidak mengganggu fungsi metabolisme pohon. Teknologi NDT berbasis akustik atau gelombang suara merupakan teknologi yang direkomendasikan bagi para arboris untuk menduga dan mengkuantifikasi kondisi internal pohon. Prinsip teknologi berbasis akustik adalah dirambatkannya gelombang suara ke dalam suatu bahan, dimana suara merambat lebih cepat melalui kayu solid atau utuh dibandingkan dengan kayu yang mengalami busuk, retak, dan lubang. Hal ini mengacu pada ketidakteraturan kondisi bagian dalam pohon busuk (*decay*) akibat jamur dan serangan rayap serta organisme lain, dan adanya lubang pada batang pohon (luka dan lubang) tersebut. Tomografi (*tomography*) merujuk pada citra (*image*) suatu bagian dalam bahan yang dihasilkan dari gelombang yang menembus bagian dalam tersebut. Perangkat yang digunakan dalam tomografi disebut *tomograph*, sementara gambar yang dihasilkan adalah tomogram. ***Acoustic / sonic tomography*** adalah teknologi deteksi kesehatan pohon bagian dalam kayu berdasarkan citra (*image*) warna yang dihasilkan dari matriks kecepatan gelombang suara yang merambat di bagian dalam kayu.

***Acoustic tomography* pada pohon**

Acoustic tomography merupakan langkah maju dalam deteksi kondisi internal pohon berdasarkan informasi struktur *cross-section* penampang pohon yang dilalui oleh gelombang suara. Metode ini meminimalkan adanya kerusakan pada struktur dan biologi pada serat batang. Saat ini tercatat tiga produsen alat NDT *acoustic tomography* komersial yang banyak digunakan seperti disampaikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat NDT *acoustic tomography*

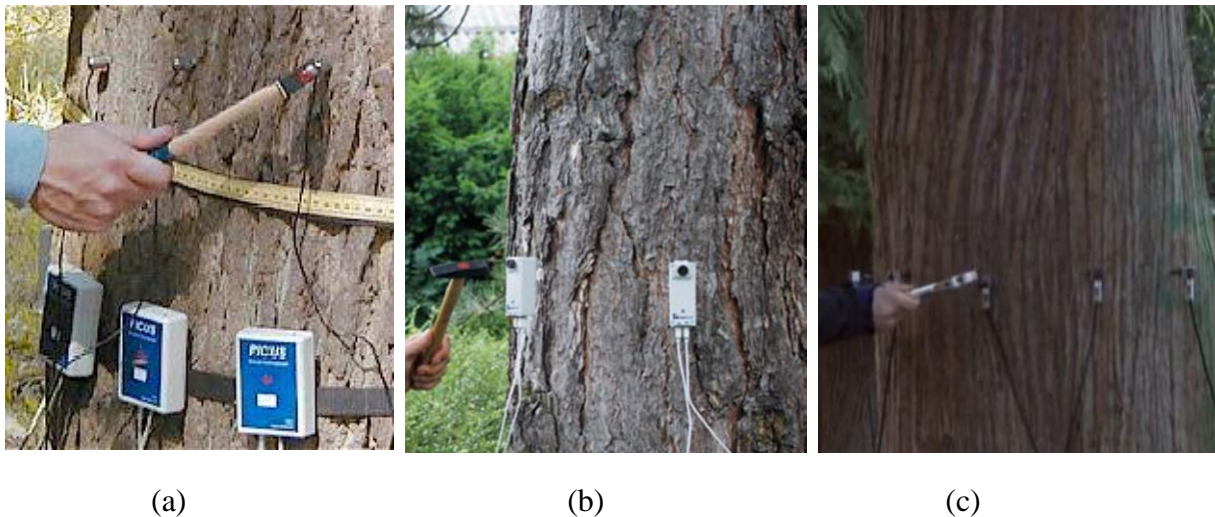
Perusahaan	Nama alat	Home page
Argus electronic GmbH	PiCUS® <i>Sonic Tomograph</i>	www.argus-electronic.de
Rinntech	Arbotom® <i>Tree Tomography</i>	www.rinntech.de
Fakopp Enterprise	Fakopp ArborSonic 3D <i>Acoustic Tomograph</i>	www.fakopp.com

Dalam penggunaan alat *acoustic tomography*, tahap pertama yang dilakukan adalah menduga kerusakan atau cacat yang terjadi pada pohon berdasarkan pengamatan visual. Bisa juga dilakukan pada pohon yang dinilai secara visual baik tetapi ada pertimbangan lain yang memerlukan evaluasi kondisi internal pohon, misalnya pertimbangan lokasi pohon yang strategis yang banyak bersinggungan dengan manusia. Evaluasi dimulai dengan menempatkan sejumlah sensor pada sekeliling batang pohon. Sensor dimasukkan ke dalam batang pohon hingga masuk menyentuh kambium. Semakin banyak sensor yang digunakan maka cakupan wilayah matriks kecepatan gelombang suara akan semakin luas sehingga deteksi pada penampang *cross-section* penampang pohon akan semakin presisi. Dalam hal ini geometri (bentuk dan ukuran) harus diukur secara tepat karena menyangkut data jarak dan waktu tempuh gelombang suara untuk menentukan kecepatan gelombang suara (Gambar 1).



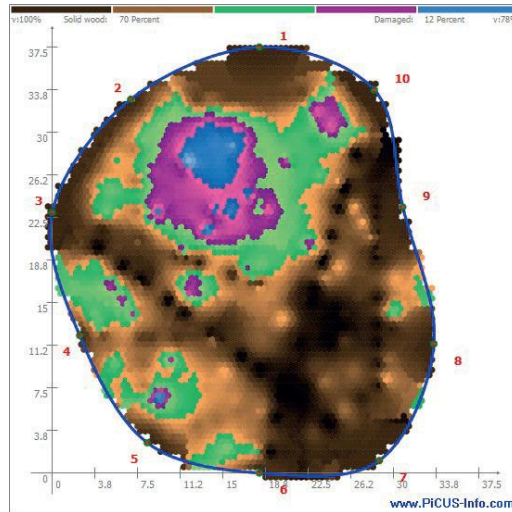
Gambar 1. Geometri penampang batang pohon dan penempatan transduser atau sensor
(Sumber: PiCUS® *sonic tomograph*)

Gelombang suara yang merambat pada kayu dibangkitkan oleh pukulan menggunakan palu (Gambar 2). Pukulan pada satu sensor pengirim signal suara (*transmitter*) akan diterima oleh sensor-sensor lainnya yang berlaku sebagai penerima signal suara (*receiver*). Begitu seterusnya untuk pemukulan pada setiap sensor (Gambar 1).

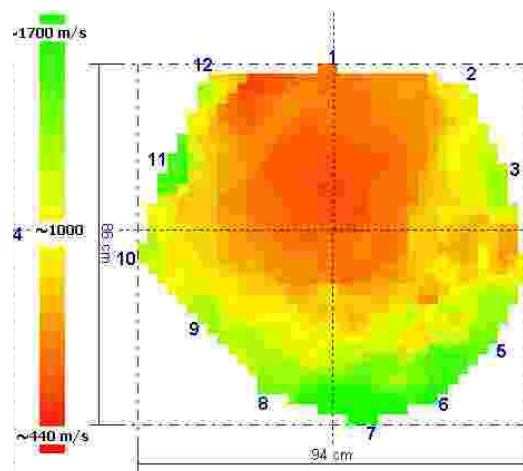


Gambar 2. Pemukulan sensor untuk membangkitkan gelombang suara: (a) PiCUS®, (b) Arbotom®, (c) Fakopp Arborsonic

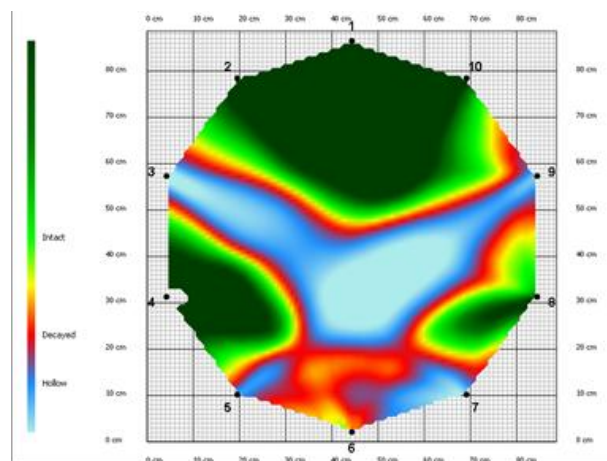
Setiap sensor terhubung dengan kabel pada laptop yang terinstalasi dengan perangkat lunak yang sesuai. Analisis data mengacu pada matriks kecepatan gelombang suara. Gelombang suara merambat berdasarkan diferensiasi kecepatan ketika melalui udara, kayu solid, dan kayu lapuk. Selanjutnya, perangkat lunak memetakan citra warna atau tomogram berdasarkan kecepatan gelombang suara tersebut (Gambar 3). Pada alat PiCUS® (Gambar 3a) warna coklat-hitam atau gelap (*solid wood*) menunjukkan kayu solid atau utuh dengan kecepatan gelombang suara yang tercepat, warna hijau menunjukkan inisiasi serangan jamur dan pelapukan, warna ungu-biru (*damaged wood*) menunjukkan pelapukan lanjut hingga terdeteksi adanya lubang didasarkan pada kecepatan gelombang suara yang lambat. Warna pada alat Arbotom® (Gambar 3b) berdasarkan gradasi warna merujuk pada informasi kecepatan gelombang suaranya, yaitu warna hijau menunjukkan kecepatan gelombang suara yang cepat diikuti gradasi warna kuning, oranye, merah yang merupakan kecepatan gelombang suara melambat. Sementara itu pada alat Fakopp Arborsonic (Gambar 3c), tomogram memberikan informasi kondisi bagian dalam kayu terdiri atas kondisi berlubang (*hollow*) yang ditunjukkan oleh warna biru, lapuk (*decayed*) warna merah-kuning, dan kondisi penampang batang solid (*intact*) yang berwarna hijau.



(a) Tomogram PiCUS®



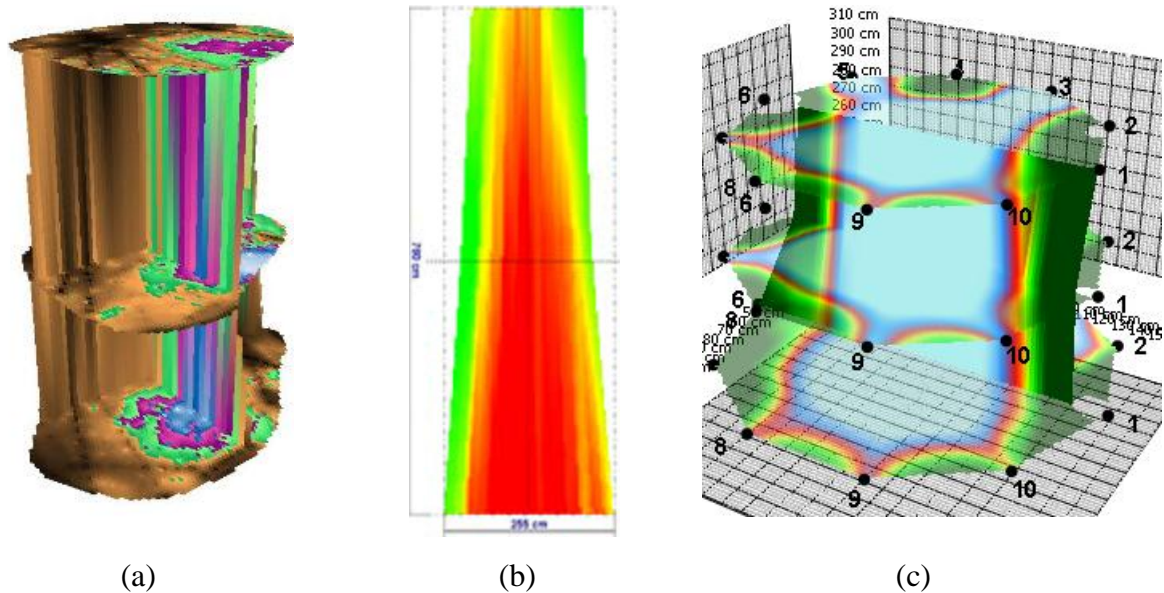
(b) Tomogram Arbotom®



(c) Tomogram Fakopp Arborsonic

Gambar 3. Contoh hasil tomography 3 alat NDT: (a) PiCUS®, (b) Arbotom®, (c) Fakopp Arborsonic

Saat ini ketiga alat NDT *acoustic tomograph* di atas telah dilengkapi dengan tampilan 3 dimensi (3D) berdasarkan level ketinggian pengukurannya. Contoh tomogram 3D disampaikan pada Gambar 4.

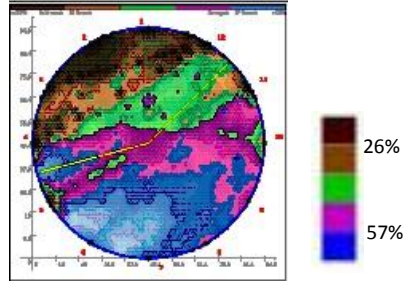


Gambar 4. Contoh hasil *tomograph* 3D: (a) PiCUS®, (b) Arbotom®, (c) Fakopp Arborsonic

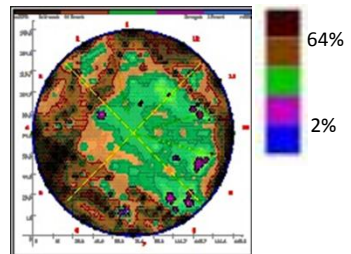
Studi yang dilakukan (Smiley dan Fraedrich 1992; Mattheck dan Breloer 1994b) menyimpulkan stabilitas pohon dapat didekati dengan perhitungan dugaan kehilangan kekuatan (*estimating strength loss*) akibat adanya pelapukan dan rongga pada penampang batang pohon. Nilai ini didasarkan pada rasio ketebalan bagian kayu yang sehat (t) dengan jari-jarinya (R) pada penampang *cross-section* batang kayu. Nilai t/R ini harus memenuhi aturan 70:30, yaitu bagian kayu yang sehat melebihi atau sama dengan 30% atau 0,30 atau sekitar 1/3 bagian dari jari-jari penampang kayunya. Walaupun demikian keputusan untuk menyatakan suatu pohon layak ditebang atau tidak perlu pertimbangan analisis resiko pohon. Berkaitan dengan hal tersebut, bukan berarti hasil tomogram langsung menunjukkan kondisi rasio t/R . Perhitungan menunjukkan persentase kayu solid (*solid wood*) 50% pada hasil tomogram setara dengan batas 30% pada rasio t/R .

Contoh Kondisi Visual Pohon dan Hasil *Tomography*

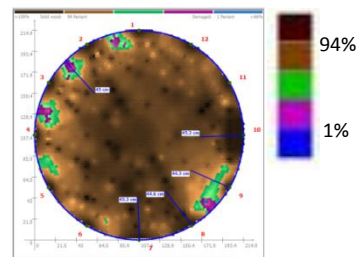
Berikut disampaikan beberapa kondisi visual pohon berikut tomogramnya .



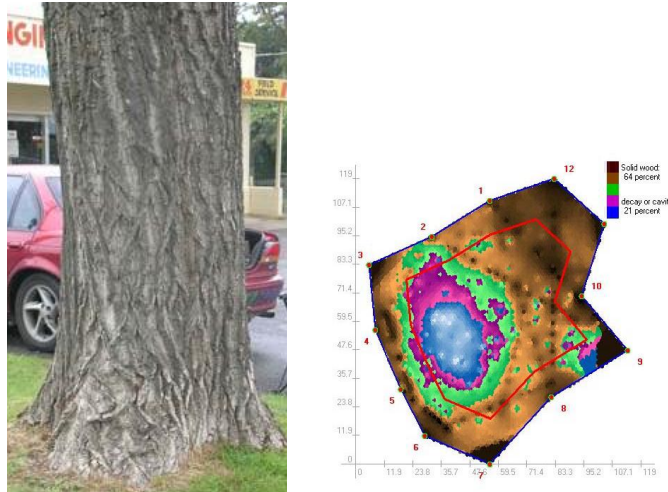
(a) Sumber: Kebun Binatang Ragunan (2014)



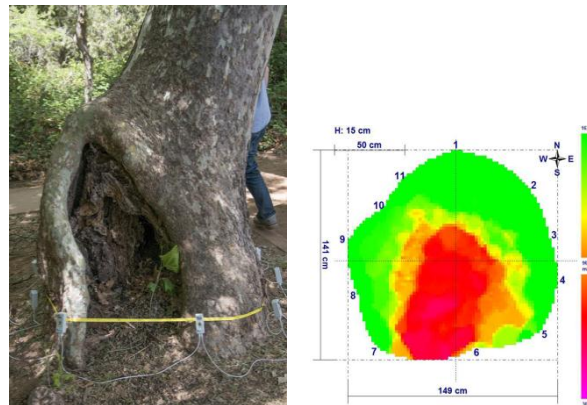
(b) Sumber: Kebun Binatang Ragunan (2014)



(c) Sumber: Kedubes Amerika (2012)



(d) Sumber: Enspec Environment and Risk (2003)



(e) Sumber: Technical tree inspection case study from Hazard Tree Conference, Sedona (2013)

Gambar 5. Contoh hasil penilaian visual dan tomogram menggunakan alat PiCUS® (a b,c,d), dan Arbotom® (e)

Pada Gambar 5a penilaian visual pohon di Kebun Binatang Ragunan (2014) menunjukkan kondisi lapuk lanjut dengan batang yang sudah keropos akibat serangan jamur hingga ketinggian ± 200 cm dari permukaan tanah. Dari hasil tomogramnya diperoleh kondisi kayu lapuk-lubang mencapai 57% dan kondisi kayu solidnya adalah 26%. Sementara itu, pada Gambar 5b berdasarkan penilaian visual pohon mengalami serangan rayap parah dengan indikasi adanya gumpalan tanah pada batang pohonnya. Hasil tomogramnya menunjukkan kondisi kayu lapuk lanjut hanya 2% dengan kayu solid mencapai 64% dan sisanya (digambarkan oleh citra berwarna hijau) merupakan inisiasi dari serangan lapuk yang ada pada penampang batang pohon. Gambar 5c adalah pohon di kedubes Amerika yang merupakan pohon monumental dengan kondisi pohon masih tegak berdiri dengan pada sepanjang batang dan cabangnya dipenuhi tumbuhan merambat. Informasi tomogramnya

menunjukkan kondisi *solid wood* 94% dan *damaged wood* sebesar 1%. Pohon di wilayah Wellington Shire Council Victoria (2003) pada Gambar 5d menunjukkan kondisi visual pohon tampak sehat tanpa indikasi adanya kerusakan. Hasil tomogramnya menunjukkan kondisi kayu lapuk-lubang 21% dan kondisi kayu solidnya adalah 64%. Gambar 5e menggunakan alat Arbotom® mengkonfirmasi kondisi visual batang pohon yang memiliki lubang ditandai dengan tomogram berwarna merah ungu dengan kecepatan gelombang suara mencapai 300 m/detik, dan bagian batang pohon solid dengan tomogram berwarna hijau dengan kecepatan gelombang suara sekitar 1600 m/detik.

Kesimpulan

Acoustic tomograph merupakan alat pengujian non destruktif (NDT) atau tanpa merusak berbasis gelombang suara yang diterapkan pada pohon untuk menduga kondisi bagian dalam atau internal pohon melalui citra (*image*) warna yang dihasilkannya. Alat ini sangat membantu untuk menganalisis kondisi pohon beresiko. Kombinasi penilaian visual dan evaluasi *tomography* memberikan informasi yang komprehensif untuk mempertimbangkan keputusan yang tepat terhadap penanganan suatu pohon dalam rangka mengurangi risiko tumbang dan kepentingan menjaga pohon-pohon (terutama pohon besar).

Rujukan

- Mattheck, C dan H. Breloer. 1994a. Field guide for visual assessment. *Arboricultural Journal*. 18:1-23.
- Mattheck, C. dan H. Breloer. 1994b. *The body language of trees: A handbook for failure analysis*. Her Majesty's Stationary Office, London. 240 p.
- Smiley, E.T dan B. Fraedrich. 1992. Determining strength loss from decay. *Journal of Arboriculture*. 18(4): 201-204
- van Wassenaeer, P. dan M. Richardson. 2009. A review of tree risk assessment using minimally invasive technologies and two case studies. *Arboricultural Journal*. 32(4): 275-292.