

Scientific Article

## PENILAIAN KESEHATAN 12 POHON IKONIS DAN BERNILAI SEJARAH DI KEBUN RAYA BOGOR

Health assessment of 12 iconic and heritage trees in the Bogor Botanic Gardens

Arief Noor Rachmadiyanto\*, Muhammad Rifqi Hariri, Enggal Primananda, Agus Suhatman, Ucu Kuswara

Pusat Riset Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya – BRIN  
 Jl. Ir. H. Juanda No.13 Kota Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16003

### Informasi Artikel

Diterima/Received : 20 Agustus 2021  
 Ditetujui/Accepted : 1 Oktober 2021  
 Diterbitkan/Published : 30 Desember 2021

\*Koresponden E-mail :  
 ariefnoor20@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.14203/bkr.v24i3.745>

### Cara mengutip

Rachmadiyanto AN, Hariri MR, Primananda E, Suhatman A, Kuswara U. 2021. Penilaian kesehatan 12 pohon ikonis dan bernilai sejarah di Kebun Raya Bogor. Buletin Kebun Raya 24(3): 104–116.  
 DOI: <https://doi.org/10.14203/bkr.v24i3.745>

### Kontributor

#### Kontributor Utama/Main author:

Arief Noor Rachmadiyanto  
 Muhammad Rifqi Hariri  
 Enggal Primananda  
 Agus Suhatman  
 Ucu Kuswara

#### Kontributor Anggota/Author member:

-

**Keywords:** Bogor Botanic Gardens, heritage tree, iconic tree, tree health assessment

**Kata Kunci:** Kebun Raya Bogor, penilaian kesehatan pohon, pohon bernilai sejarah, pohon ikonis

### Abstract

Ex situ conservation is one of the efforts to overcome the threat and extinction of plant species in their natural habitats. Bogor Botanic Gardens is an ex situ conservation institution with iconic and historical value tree collections that need to be preserved. Tree health assessment is a technique for identifying tree health, providing recommendations, and mitigating its handling. This study aimed to assess the health of 12 iconic and heritage trees from the Bogor Botanic Gardens collection. The field survey used the purposive sampling method on trees categorized as iconic and heritage trees. The tree health assessment technique is carried out using two ways, namely visually (Forest Health Monitoring) and sound wave technology sonic tomography to detect the level of weathering of the trunk. The results showed that the health status of iconic and heritage trees was in the healthy category (67%), mild damage class (25%), moderate damage class (8%) with an average t/R ratio of 0.82. All trees were categorized as safe, except for *Koompassia excelsa*, dangerous (t/R ratio 0.28). Recommendations for handling iconic and heritage trees are routine observations using the visual method (1–2 months) and a sonic tomograph every year.

### Abstrak

Konservasi *ex situ* merupakan salah satu upaya untuk mengatasi keterancamannya dan kepunahan jenis tumbuhan di habitat alamnya. Kebun Raya Bogor merupakan lembaga konservasi *ex situ* yang memiliki koleksi pohon ikonis dan bernilai sejarah yang perlu dijaga kelestariannya. Penilaian kesehatan pohon merupakan teknik untuk mengidentifikasi kesehatannya, memberikan rekomendasi, dan mitigasi penanganannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menilai kesehatan 12 pohon ikonis dan bernilai sejarah koleksi Kebun Raya Bogor. Survei lapangan menggunakan metode *purposive sampling* pada pohon yang dikategorikan sebagai pohon ikonis dan bernilai sejarah. Teknik Penilaian kesehatan pohon dilakukan menggunakan dua cara yaitu secara visual (*Forest Health Monitoring*) dan teknologi gelombang suara *sonic tomograph* untuk mendeteksi tingkat pelapukan batang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa status kesehatan pohon ikonis dan bernilai sejarah termasuk kategori sehat (67%), kelas kerusakan ringan (25%), kelas kerusakan sedang (8%) dengan nilai rata-rata t/R *ratio* sebesar 0,82. Keseluruhan pohon dikategorikan aman, kecuali *Koompassia excelsa* dalam kondisi berbahaya (t/R *ratio* 0,28). Rekomendasi penanganan pohon ikonis dan bernilai sejarah adalah pengamatan rutin menggunakan metode visual (durasi 1–2 bulan) dan pengamatan menggunakan *Sonic tomograph* setiap tahunnya.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki kekayaan sumber daya alam dan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi, oleh karenanya dijuluki sebagai *megadiversity country* (Mittermeier *et al.* 2004; Prijono 2010). Akan tetapi, kerusakan hutan dan habitat alam juga berlangsung sangat cepat, sehingga tingkat keterancamannya dan kepunahan jenis tumbuhan di Indonesia dikategorikan sebagai yang tertinggi di dunia

(Kusmana & Hikmat 2015) dan terus meningkat dalam kurun waktu 2009–2018 (Widyatmoko 2019). Upaya konservasi saat ini merupakan sebuah keniscayaan untuk menyelamatkan hutan dan tumbuhan terancam punah baik dilakukan secara *in situ* maupun *ex situ*.

Kebun Raya Indonesia memiliki fungsi utama sebagai area konservasi tumbuhan secara *ex situ* dan merupakan benteng terakhir penyelamatan flora Indonesia terutama yang langka, terancam punah, dan endemik (Purnomo *et al.* 2010; Widyatmoko & Risna 2019).

Kebun Raya Bogor (KRB) hingga saat ini memiliki koleksi tumbuhan hidup dengan jumlah 9.201 individu dalam bentuk herba, perdu, liana dan pohon. Koleksi tumbuhan di KRB yang berhabitus pohon dan berumur lebih dari 60 tahun berjumlah 1.496 pohon, terdiri dari berbagai marga, memiliki keunikan perawakan morfologi yang berbeda-beda, dan tentunya masing-masing koleksi memiliki nilai historis yang monumental (Registrasi 2020).

Ikonik adalah sesuatu yang memiliki karakter sebagai ikon, lambang atau simbol, populer, dan dikenal masyarakat (Merriam-Webster 2021; Cambridge-dictionary 2021). Menurut KBBI (2021), ikonis berkaitan dengan gambar atau lambang yang langsung menimbulkan pertalian dengan benda yang dilambangkannya. Oleh karena itu, pohon ikonis (*iconic trees*) dapat diartikan pohon yang menjadi lambang atau simbol dan dikenal oleh masyarakat. Pohon-pohon ikonis ini menjadi salah satu objek tujuan wisata yang sangat menarik dan menjadi titik kumpul untuk berswafoto bagi pengunjung di KRB.

Pohon bernilai sejarah (*heritage trees*) merupakan pohon yang berukuran besar, tumbuh secara alami, dianggap memiliki nilai ilmiah dan sejarah yang luar biasa dan tidak tergantikan karena usia atau sejarahnya. Pohon bernilai sejarah ditetapkan berdasarkan kriteria, seperti usia, kelangkaan, ukuran, estetika/seni, botani, ekologis, dan historis (Coates 2006). Yaacob et al. (2016) menyebutkan bahwa identifikasi atau penggolongan pohon bernilai sejarah didasarkan pada morfologi dan bentuk fisik pohon, seperti (a) pohon tua, (b) memiliki diameter batang besar, (c) pohon tinggi, (d) bentuk tajuk, (e) laju pertumbuhan, (f) struktur dan vigor pohon. Cortés & Rodríguez (2016) juga mengategorikan pohon bernilai sejarah berupa pohon dengan umur  $\geq 60$  tahun. Kriteria lain yang dapat menambah nilai pohon bernilai sejarah adalah adanya informasi ilmiah seperti koleksi tipe. Koleksi tipe merupakan individu hidup yang menjadi sumber diperolehnya spesimen herbarium tipe, seperti halnya *holotype* dan *isotype* yang bersifat unik dan tidak tergantikan. Keunikan pada koleksi tipe dijadikan sebagai spesimen acuan atau jenis pembanding untuk mendeskripsikan jenis atau nama ilmiah tumbuhan baru (Daston 2004).

Beberapa pohon di KRB merupakan pohon ikonis, memiliki umur yang tua dan memiliki nilai sejarahnya sendiri, sehingga dapat disebut sebagai pohon ikonis dan bernilai sejarah (*iconic and heritage trees*, IH). Oleh karena itu menjadi sangat penting dilakukan kegiatan pemantauan dan perawatan berkala untuk memastikan kondisi

kesehatan pohon koleksi dan juga upaya mitigasi risiko kerusakan pohon yang dapat membahayakan keselamatan pengunjung.

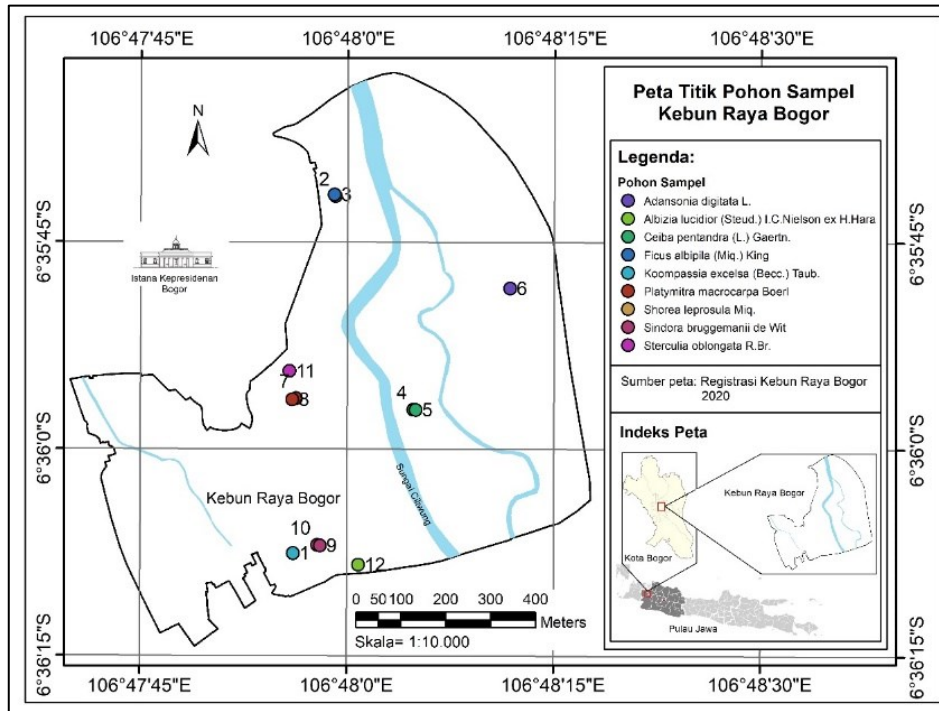
Penilaian kesehatan pohon (*tree risk assessment*) merupakan teknik untuk mengetahui kondisi kesehatan pohon secara visual dan mengidentifikasi potensi kerusakan yang menimbulkan kerugian (Mattheck & Breloer 1994). Inspeksi dan monitor koleksi dilakukan mengikuti kaidah-kaidah silvikultur dengan tujuan untuk menjaga kesehatan masing-masing individu pohon. Adapun tahapan yang harus diperhatikan diantaranya yaitu: tindakan mengendalikan (*controlling*), memfasilitasi (*facilitating*), melindungi (*protecting*) dan menyelamatkan (*salvaging*) (Nyland 2002). *Monitoring* kesehatan koleksi dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis tingkat kerusakan suatu pohon dan dampak yang ditimbulkan ketika pohon tersebut tumbang. Selain menilai risiko suatu pohon, kegiatan *monitoring* juga harus mempertimbangkan nilai konservasi, ikonis, dan sejarah dengan harapan agar koleksi tetap dipertahankan, namun dengan nilai risiko kerusakan yang rendah.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan beberapa koleksi KRB yang termasuk dalam kategori IH dan mengetahui kondisi kesehatan beberapa koleksi IH di KRB. Kondisi kesehatan IH dilakukan secara visual (*Forest Health Monitoring*) dan deteksi tingkat pelapukan batang menggunakan alat *PICUS 3 Sonic Tomograph*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai koleksi di KRB yang masuk dalam kategori IH serta meningkatkan nilai keakuratan dalam mendeteksi kesehatan pohon IH di KRB. Pengamatan menggunakan *sonic tomograph* mampu melakukan kuantifikasi dan visualisasi terhadap tingkat pelapukan pada batang pohon (Gocke 2017), sehingga dapat memberikan dukungan data yang lebih akurat dan ilmiah. Hasil analisis kombinasi kedua metode tersebut diharapkan mampu menghasilkan rekomendasi akurat dan terbaik dalam manajemen pengelolaan koleksi IH di KRB.

## BAHAN DAN METODE

### Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kebun Raya Bogor (106°47'40" – 106°48'18" BT dan 6°35'32" – 6°36'13" LS) pada bulan Januari–Juni 2021. KRB berlokasi di tengah Kota Bogor, Provinsi Jawa Barat, memiliki luas area 87 ha dan berada pada ketinggian 226–270 m di atas permukaan laut (dpl.) (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

#### Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *PiCUS 3 Sonic Tomograph*, diameter *tape*, kamera, truk *crane*, tangga, bor tanah dan sekop. Bahan yang digunakan adalah lembar pengamatan, paku, dan alkohol.

#### Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode *purposive sampling* pada pohon yang dikategorikan ikonik dan bernilai sejarah (IH). Dalam penelitian ini pohon ikonik merupakan pohon yang menjadi lambang atau simbol, dan dikenal oleh masyarakat, sedangkan pohon bernilai sejarah adalah pohon dengan umur  $\geq 60$  tahun dan atau memiliki nilai sejarah.

Penentuan pohon IH dilakukan dengan metode *screening data* koleksi yang diperoleh dari unit Registrasi KRB dan wawancara dengan narasumber ahli di KRB. Data tersebut kemudian dikelompokkan dengan cara memasukkan parameter kategori IH, sehingga diperoleh *output* data koleksi pohon di KRB dengan kategori IH. Pengamatan spesifik pohon sampel ditetapkan berdasarkan tingkat prioritas dan urgensi pengamatan risiko pohon berdasarkan kondisi kesehatan pohon dan tingginya intensitas kunjungan di sekitar pohon tersebut.

Pengamatan pohon sampel menggunakan metode analisis kesehatan pohon secara visual dan teknologi gelombang suara/*sonic tomograph* sebagai berikut:

a. Pengamatan koleksi secara visual meliputi karakteristik morfologi dan kuantifikasi penilaian risiko pohon. Parameter morfologi yang diamati yaitu tinggi pohon, diameter batang, diameter tajuk, rasio tajuk hidup (*Live Crown Ratio*/LCR), danutupan tajuk. Pengukuran

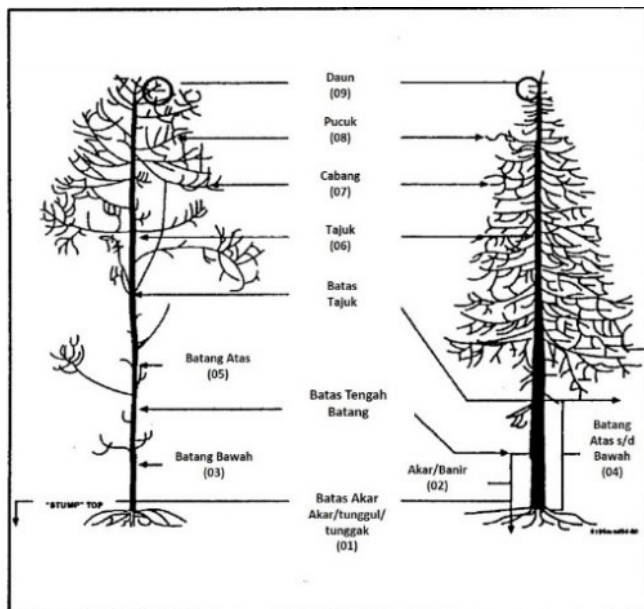
diameter batang dilakukan setinggi dada (1,3 m) atau 30 cm di atas banir pohon (Tallent-Halsell 1994). Kuantifikasi penilaian risiko pohon dilakukan menggunakan metode *Forest Health Monitoring* (FHM) dengan mendeskripsikan kondisi visual pohon (Tallent-Halsell 1994; Nuhamura & Kasno 2001). Penilaian kesehatan pohon ini dilakukan berdasarkan pembobotan terhadap parameter lokasi kerusakan (Gambar 2), tipe kerusakan, dan tingkat keparahan kerusakan (Tabel 1).

- b. Pengamatan *tomograph* batang utama pohon dilakukan menggunakan alat *PiCUS 3 Sonic Tomograph* untuk mengetahui tingkat pelapukan kayu dan merupakan indikator kesehatan pohon yang tidak terlihat dari ketampakan morfologi. Pohon-pohon yang harus segera diamati menggunakan *Sonic tomograph* yaitu jika terlihat adanya tanda-tanda kerusakan atau penyebab kerusakan yang muncul pada batang utama dan perakaran, di antaranya ada tidaknya rayap, jamur, liana, luka terbuka, kanker, *konk*, dan suara yang ditimbulkan dari palu karet yang dipukulkan pada batang. Parameter yang diamati adalah kepadatan kayu dan nilai *t/R ratio* (penyusutan dimensi pada arah tangensial terhadap arah radial kayu), yaitu pendugaan kehilangan kekuatan (*strength loss*) struktur batang pohon. Pengamatan dan prinsip kerja *PiCUS 3 Sonic Tomograph* disajikan dalam Gambar 3.
- c. Pengamatan kesuburan tapak dilakukan dengan mengambil sampel tanah di bawah tajuk pohon pada empat sisi mata angin dengan kedalaman 0–30 cm, kemudian dikomposit menjadi satu (Gambar 4). Metode pengambilan sampel tanah menggunakan *soil*

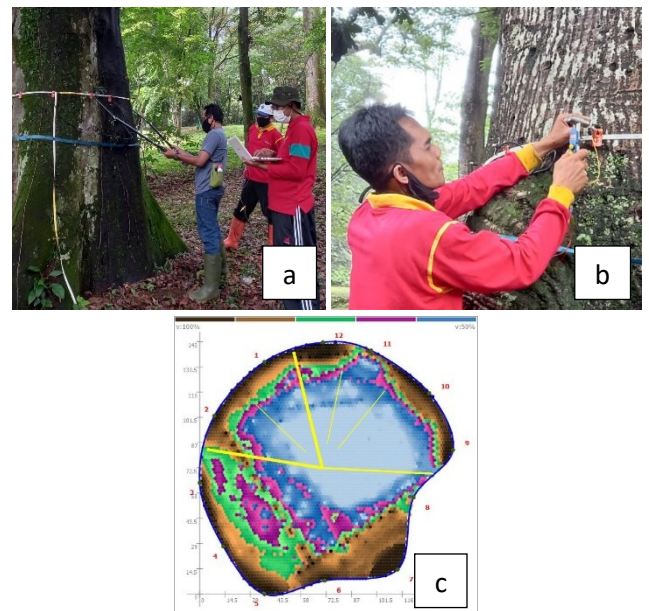
**Tabel 1.** Parameter deskripsi dan pembobotan penilaian risiko pohon berdasarkan lokasi, tipe, dan keparahan kerusakan

Deskripsi lokasi kerusakan			Deskripsi tipe kerusakan			Deskripsi keparahan kerusakan			
Kode	Deskripsi	Nilai/bobot	Kode	Deskripsi	Parameter	Nilai/bobot	Kode	Deskripsi	Nilai/bobot
1	Akar terbuka dan tunggak	2,0	01	Kanker, gal (puru)	$\geq 20\%$ dari penampang muka	1,9	0	0–9%	1,5
2	Akar/banir	2,0	02	Konk, tubuh buah (badan buah), indikator lain tentang lapuk lanjut	tidak ada, kecuali $\geq 20\%$ dari akar > 3 kaki (0,91 m) dari batang bawah	1,7	1	10–19%	1,1
3	Batang bawah	1,8	03	Luka terbuka	$\geq 20\%$ dari penampang muka	1,5	2	20–29%	1,2
4	Batang atas sampai batang bawah	1,8	04	Resinosis/gumosis	$\geq 20\%$ dari penampang muka	1,5	3	30–39%	1,3
5	Batang atas	1,6	05	Batang pecah	> 1,52 m panjang atau > 20% dari batang	1,5	4	40–49%	1,4
6	Pertajukan	1,2	06	Sarang rayap	$\geq 20\%$ dari penampang muka	1,5	5	50–59%	1,5
7	Cabang	1,0	07	Liana di batang	$\geq 20\%$ dari penampang muka	1,5	6	60–69%	1,6
8	Pucuk	1,0	11	Batang atau akar patah kurang dari 3 kaki (0,91 m) dari batang	tidak ada	2,0	7	70–79%	1,7
9	Daun	1,0	12	Brum (bagian berlebihan) pada akar atau batang	$\geq 20\%$ dari akar	1,6	8	80–89%	1,8
			13	Akar patah atau mati > 3 kaki (0,91 m) dari batang	$\geq 20\%$ dari akar	1,5	9	90–99%	1,9
			20	Liana di tajuk	$\geq 20\%$ dari LCR				
			21	Hilangnya ujung dominan, mati ujung	$\geq 1\%$ dari tajuk	1,3			
			22	Cabang patah atau mati	$\geq 20\%$ dari cabang atau tunas	1,0			
			23	Percabangan atau brum yang berlebihan	$\geq 20\%$ dari cabang atau brum	1,0			
			24	Daun kuncup atau tunas rusak	$\geq 30\%$ dari jumlah daun	1,0			
			25	Daun berubah warna (tidak hijau)	$\geq 30\%$ dari jumlah daun	1,0			
			31	Lain-lain	tidak ada	1,0			

Sumber: Tallent-Halsell (1994) dan Nuhamura & Kasno (2001)

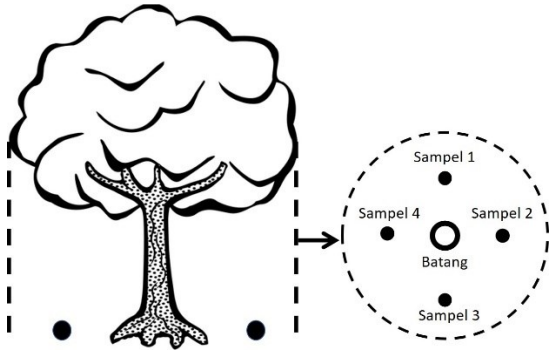


**Gambar 2.** Kode lokasi indikator kerusakan bagian-bagian pohon pada metode FHM (Tallent-Halsell 1994)



**Gambar 3.** Pengamatan dan prinsip kerja Picus 3 Sonic Tomograph: a. pemasangan sensor pada batang dan pengukuran dimensi penampang horizontal batang pohon dengan calliper; b. transfer gelombang suara pada sensor; c. hasil visualisasi horizontal pelapukan batang

ring sample untuk analisis fisika tanah dan pengeboran (tanah terusik) untuk analisis kimia tanah. Analisis tanah dilakukan di *Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology*, Bogor. Parameter yang diamati adalah tekstur tiga fraksi (pasir, liat, dan debu), C-organik, N-total, dan kapasitas tukar kation (KTK).



Gambar 4. Titik pengambilan sampel tanah

### Analisis data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan transformasi nilai dan pembobotan lokasi, tipe, dan keparahan kerusakan pohon (Tabel 1), kemudian diformulasi menjadi Nilai Indeks Kerusakan (NIK). Penghitungan NIK menggunakan persamaan berikut (Tallent-Halsell 1994; Nuhamura & Kasno 2001):

$$NIK = (x_1y_1z_1) + (x_2y_2z_2) + (x_3y_3z_3)$$

Keterangan:

x = nilai/bobot lokasi kerusakan

y = nilai/bobot tipe kerusakan

z = nilai/bobot keparahan kerusakan

1,2,3 = kerusakan ke i

Kategori kerusakan pohon digolongkan menjadi empat kelas kerusakan berdasarkan perhitungan NIK (Putra 2004; Rachmadiyahanto & Rinandio 2019), yaitu:

1. Sehat : < 5
2. Kerusakan ringan : 5–9,99
3. Kerusakan sedang : 10–14,99
4. Kerusakan berat : ≥ 15

Tabel 2. Daftar pohon ikonis dan bernilai sejarah di Kebun Raya Bogor

No.	Nama pohon	Kategori	No. Koleksi	Tahun tanam
1	<i>Koompassia excelsa</i> (Becc.) Taub.	Ikonis dan bernilai sejarah	I.I.58a	1914
2	<i>Shorea leprosula</i> Miq.	Ikonis dan bernilai sejarah	VIII.D.11	1866
3	<i>Ficus albipila</i> (Miq.) King	Ikonis dan bernilai sejarah	VIII.D.12	1866
4	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ikonis dan bernilai sejarah	XVI.H.20	1916
5	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ikonis dan bernilai sejarah	XVI.H.20a	1916
6	<i>Adansonia digitata</i> L.	Ikonis dan bernilai sejarah	XXI.A.17	1955
7	<i>Platymitra macrocarpa</i> Boerl	Bernilai sejarah	IV.G.53	1845
8	<i>Platymitra macrocarpa</i> Boerl	Bernilai sejarah	IV.G.53a	1845
9	<i>Sindora bruggemanii</i> de Wit	Bernilai sejarah	I.L.22	1942
10	<i>Sindora bruggemanii</i> de Wit	Bernilai sejarah	I.L.22a	1942
11	<i>Sterculia oblongata</i> R.Br.	Bernilai sejarah	IV.I.89a	1924
12	<i>Albizia lucidior</i> (Steud.) I.C.Nielson ex H.Hara	Bernilai sejarah	I.B.71	1841

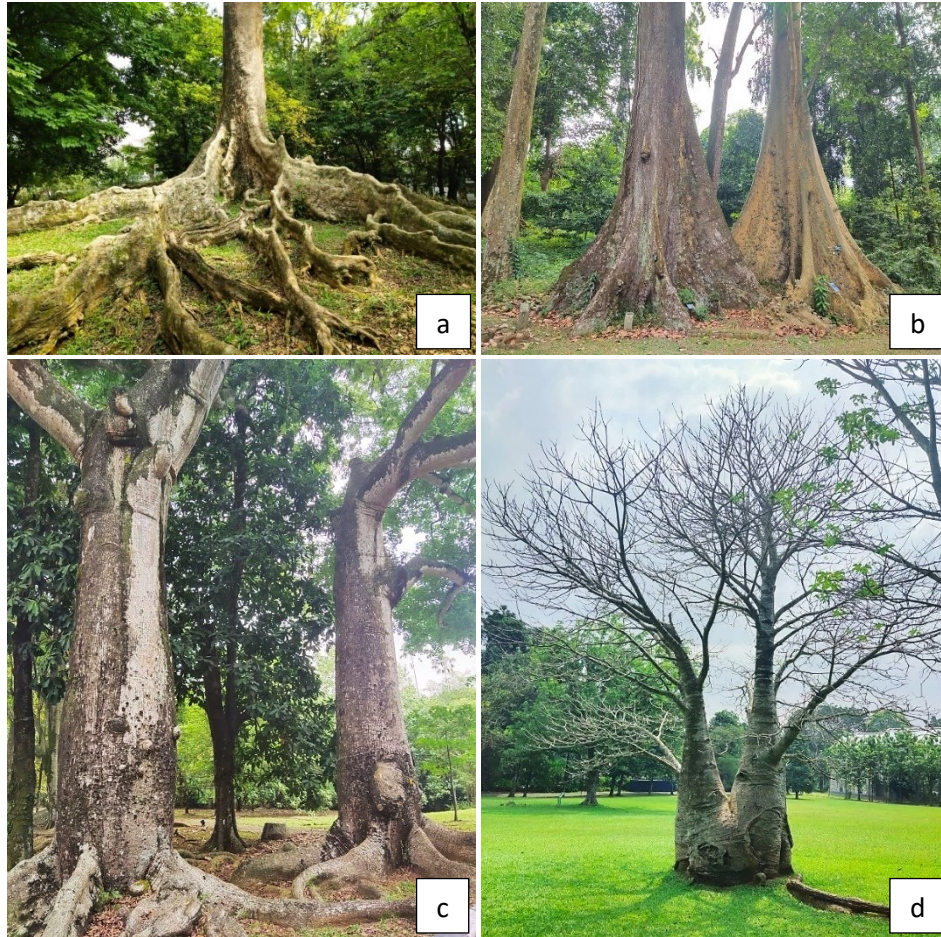
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pohon ikonis dan bernilai sejarah di Kebun Raya Bogor

Kebun Raya Bogor merupakan kebun raya tertua di Asia Tenggara yang didirikan sejak tahun 1817 (INC-UNESCO 2018; Rachmadiyahanto et al. 2020). Hasil penentuan pohon ikonis dan bernilai sejarah (IH) di KRB menunjukkan bahwa terdapat 12 individu pohon koleksi yang masuk dalam kategori tersebut (Tabel 2). Pohon-pohon yang dapat dikategorikan IH antara lain: pohon raja (*Koompassia excelsa* (Becc.) Taub.), pohon jodoh (*Shorea leprosula* Miq. dan *Ficus albipila* (Miq.) King), randu kembar (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.), dan baobab (*Adansonia digitata* L.) (Tabel 2, Gambar 5).

Pohon raja (*K. excelsa*) merupakan tumbuhan asli Thailand, Malaysia, Singapura, Brunei Darussalam, Filipina dan Indonesia (Sumatra dan Kalimantan) (POWO 2021). Di KRB, jenis ini ditanam pada tahun 1914. Pada awalnya terdapat dua pohon (no. koleksi I.I.58 dan I.I.58a), akan tetapi pohon I.I.58a mati kering pada tahun 1976. Individu yang masih hidup memiliki tinggi 36,1 m dengan diameter batang utama mencapai 150 cm. Keunikan dari pohon ini yang menjadikannya sebagai ikonis dan bernilai sejarah adalah struktur banir dan akar yang memiliki bentuk menarik dan artistik, sehingga menarik pengunjung untuk berswafoto dengan latar belakang akar banir pohon ini (Gambar 5a).

Pohon IH selanjutnya adalah pohon jodoh yang merupakan dua pohon dari jenis yang berbeda, yaitu *S. leprosula* dan *F. albipila* yang ditanam pada tahun 1866. Nilai IH dari kedua pohon ini adalah keragaan morfologi keduanya yang mirip (besar dan bentuknya), sehingga diidentikkan dengan sepasang jodoh laki-laki dan perempuan (Gambar 5b). Individu pohon *S. leprosula* memiliki warna batang utama yang lebih gelap dan tekstur kulit batang yang kasar, sehingga identik dengan laki-laki, sedangkan *F. albipila* berwarna lebih cerah dan tekstur



**Gambar 5.** Beberapa koleksi pohon ikonis dan bernilai sejarah di Kebun Raya Bogor: a. pohon raja (*K. excelsa*); b. pohon jodoh (*S. leprosula* dan *F. albipila*); c. randu kembar (*C. Pentandra*); d. baobab (*A. digitata*).

kulit batang yang halus, sehingga identik dengan perempuan. Keunikan tersebut ditambah dengan berbagai mitos yang muncul di masyarakat, jika ada pasangan yang datang di pohon ini maka akan bertemu/berjodoh dan langgeng (Faqih 2013; CNN Indonesia 2020).

Pohon IH selanjutnya yaitu pohon randu kembar (*C. pentandra*), penamaan ini diberikan karena kedua pohon ditanam secara bersamaan pada tahun 1916, tumbuh dan membentuk ketampakan morfologi batang mirip atau kembar (Gambar 5c). Diameter batang utamanya mencapai masing-masing 158 dan 176 cm dengan tinggi 14,9 m dan 25,3 m. Terakhir adalah pohon *A. digitata* atau yang dikenal masyarakat dengan nama baobab. Pohon ini ditanam pada tahun 1955, memiliki tinggi 7,7 m dengan diameter batang utama 217 cm. Pohon ini merupakan pohon asli Afrika dan tercatat mampu berusia hingga 1.275 tahun di Namibia (Patrut *et al.* 2007). Selain usianya yang tua, pohon ini memiliki bentuk yang menyerupai botol dan mampu menyimpan air 1.000–9.000 liter/pohon (Craig 1991).

#### Kesehatan pohon secara visual

Kesehatan pohon dapat dilihat secara visual dengan memperhatikan penampakan morfologi pohon tersebut

apakah ada gejala ketidaknormalan pertumbuhan/kecacatan fisik dan kerusakan biologis serta mekanis. Karakteristik morfologi pohon IH yang diamati dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 3.

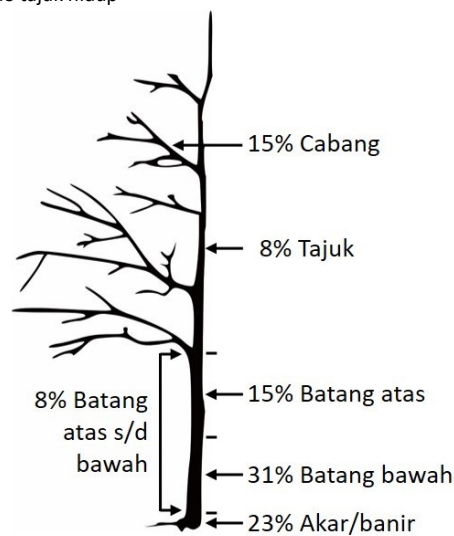
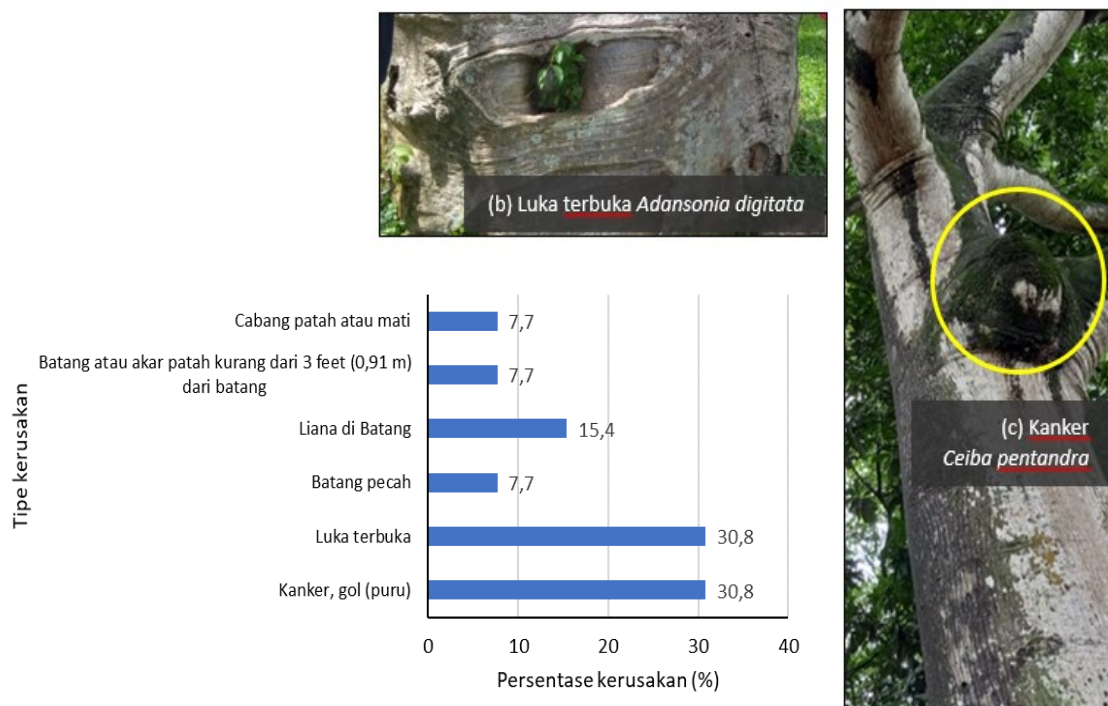
Berdasarkan hasil pengamatan secara visual menunjukkan bahwa 11 pohon memiliki vigor normal dan satu pohon yaitu *A. lucidior* tumbang pada tahun 2000, namun keluar tunas baru/terubusan pada tahun 2007 dengan membentuk tiga batang. Tinggi pohon IH rata-rata adalah 26,2 m dengan diameter rata-rata adalah 109,7 cm, sedangkan diameter tajuk IH memiliki rata-rata 24,7 m, LCR rata-rata 50,8% dengan tutupan tajuk rata-rata 65,4%. Data visual di atas menunjukkan bahwa secara umum kondisi pohon IH di KRB dalam kondisi baik dan vigornya normal.

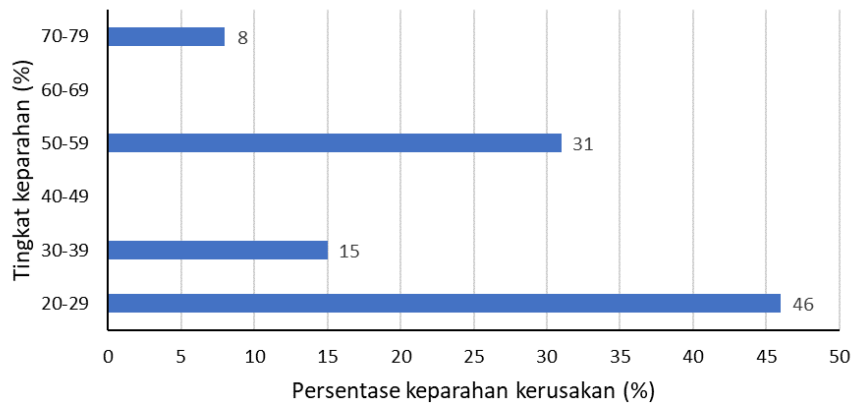
Pada metode FHM, kerusakan dibedakan menjadi tiga parameter yaitu lokasi (Gambar 6), tipe (Gambar 7) dan keparahan kerusakan (Gambar 8). Hasil pengamatan kesehatan pohon secara visual menunjukkan bahwa lokasi kerusakan didominasi pada bagian batang bawah yaitu 31%, sedangkan kerusakan lainnya ditemukan pada akar, batang atas, tajuk hingga cabang (Gambar 6). Lokasi kerusakan tidak ditemukan pada daun dan pucuk pohon IH.

**Tabel 3.** Karakteristik morfologi pohon ikonis dan bernilai sejarah di Kebun Raya Bogor

No.	Nama pohon	No. Koleksi	Tinggi (m)	Diameter batang (cm)	Diameter tajuk (m)	LCR (%)	Tutupan tajuk (%)
1	<i>Koompassia excelsa</i> (Becc.) Taub.	I.I.58a	36,1	150	24,4	50	80
2	<i>Shorea leprosula</i> Miq.	VIII.D.11	45,5	130	36,4	40	60
3	<i>Ficus albipila</i> (Miq.) King	VIII.D.12	38,0	80	33,4	50	50
4	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	XVI.H.20	14,9	158	25,5	30	40
5	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	XVI.H.20a	25,3	176	31,0	60	40
6	<i>Adansonia digitata</i> L.	XXI.A.17	7,7	217	10,3	80	75
7	<i>Platymitra macrocarpa</i> Boerl.	IV.G.53	37,2	102	25,5	40	80
8	<i>Platymitra macrocarpa</i> Boerl.	IV.G.53a	37,2	91	18,5	30	60
9	<i>Sindora bruggemanii</i> de Wit	I.L.22	36,2	90	28,0	60	90
10	<i>Sindora bruggemanii</i> de Wit	I.L.22a	24,9	130	36,5	80	90
11	<i>Sterculia oblongata</i> R.Br.	IV.I.89a	23,8	82	10,6	40	80
12	<i>Albizia lucidior</i> (Steud.) I.C.Nielson ex H.Hara	I.B.71	13,2*	19	16,8	50	40

Keterangan: \* terubusan; LCR = *live crown ratio*/rasio tajuk hidup

**Gambar 6.** Lokasi kerusakan pohon ikonis dan bernilai sejarah**Gambar 7.** Tipe kerusakan pohon ikonis dan bernilai sejarah: (a) persentase kerusakan; (b) luka terbuka *A. digitata*; (c) Kanker *C. Pentandra*



**Gambar 8.** Tingkat keparahan kerusakan pohon ikonis dan bernilai sejarah

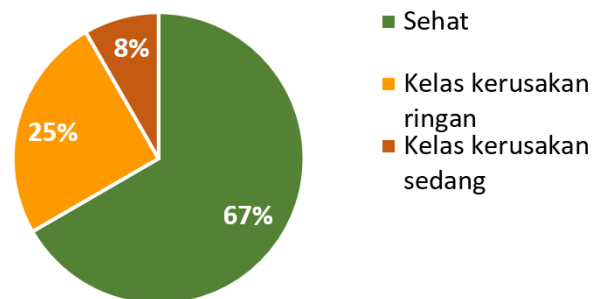
Kerusakan pada batang bawah menunjukkan kondisi berbahaya, karena kerusakan berada pada batang utama yang menjadi tumpuan vital untuk menopang berat tajuk di atasnya (Rachmadiyanto & Rinandio 2019; Turnip 2019). Sulistyantara (2014) mengemukakan bahwa pemicu terjadinya pohon tumbang salah satunya adalah gaya beban yang diterima melebihi kemampuan batang untuk menahannya. Kerusakan pada dua lokasi hanya ditemukan pada empat pohon dengan variasi kerusakan pada akar-batang tengah, batang bawah-atas, dan batang bawah-cabang.

Tipe kerusakan luka terbuka yang diamati menunjukkan persentase yang besar pada *A. digitata* (50%) dan kanker pada *C. pentandra* (70%) (Gambar 7b, c). Kedua kerusakan tersebut mendominasi dengan persentase 30,8% pada semua pohon IH (Gambar 7). Tipe kerusakan ini dikhawatirkan dapat juga memicu tumbuhnya jamur atau penyakit yang mampu melapukkan kayu pada batang utama. Luka terbuka pada batang dapat menjadi awal penyebab terjadinya pelapukan pohon (Rikto *et al.* 2010). Hal ini dikarenakan dengan terbukanya kulit batang menjadi peluang masuknya mikroorganisme penyebab pelapukan. Jika pelapukan berlanjut dan ukurannya meluas, maka kemampuan pohon untuk menopang berat bebannya akan berkurang dan meningkatkan potensi tumbang (Bhambani & Harsh 2012). Hasil penelitian Priadi (2006) menunjukkan pelapukan oleh jamur akan berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis kayu.

Tipe kerusakan yang disebabkan oleh liana banyak ditemukan pada batang (15%). Keberadaan liana ini tumbuh secara liar pada batang dan tidak dilakukan pembersihan. Adanya liana tersebut dapat mengganggu proses metabolisme pohon dan meningkatkan kelembapan batang, sehingga dapat memicu tumbuhnya jamur atau penyakit pada batang utama (Rachmadiyanto & Rinandio 2019). Tingkat keparahan didominasi pada rentang 20–29% (Gambar 8), artinya keparahan masih relatif rendah. Keparahan ini lebih mudah untuk ditangani

agar tidak menimbulkan kerusakan yang lebih buruk (Sumardi & Widyastuti 2004).

Hasil perhitungan nilai indeks kerusakan (NIK) menunjukkan bahwa terdapat 67% (8 pohon) IH yang diamati termasuk ke dalam kategori pohon sehat, sedangkan 25% (3 pohon) berada pada kategori pohon dengan kerusakan ringan dan 8% (1 pohon) dalam kategori kerusakan sedang (Gambar 9). Ketiga pohon yang teridentifikasi memiliki kerusakan ringan adalah *A. lucidior*, *P. macrocarpa*, dan *S. leprosula* yang memperlihatkan adanya dua titik lokasi kerusakan. Akar, batang bawah dan atas hingga batang pada tajuk merupakan lokasi kerusakan yang mendominasi pada ketiga pohon tersebut. Tipe kerusakan yang mendominasi adalah kanker dan luka terbuka pada batang. Kerusakan-kerusakan yang hanya ditemukan pada satu lokasi dimiliki oleh 47% IH yang tersebar dari bagian akar, batang hingga batang di dalam tajuk.



**Gambar 9.** Nilai indeks kerusakan pohon ikonis dan bernilai sejarah

Tingkat kesehatan IH didominasi pada kategori sehat ini didukung oleh kesuburan tapaknya (Tabel 4). Hampir seluruh IH memiliki kesuburan tapak yang relatif baik dan mampu mendukung pertumbuhan dan perkembangannya. Kandungan C-organik tanah rata-rata sedang hingga tinggi dan N total dengan rata-rata rendah hingga sedang. Kapasitas tukar kation (KTK) juga menunjukkan nilai antara rendah-tinggi, bervariasi pada masing-masing tapak IH. KTK menunjukkan kemampuan permukaan koloid tanah untuk menyerap atau



mempertukarkan kation, seperti Ca, Mg, K, Na, NH<sub>4</sub>, Fe, Al dan H (Damanik et al. 2010) dan sangat berpengaruh terhadap kesuburan tanah (Hardjowigeno 2010). Tekstur tanah rata-rata didominasi oleh liat (*clay*) yang mendukung terhadap penyediaan unsur hara kepada tanaman, karena

fraksi liat memiliki luas permukaan yang lebih tinggi, sehingga memiliki anion yang lebih banyak dan meningkatkan kapasitas tukar kation tanah (Mustafa et al. 2012).

**Tabel 4.** Kesuburan tapak pohon ikonis dan bernilai sejarah

No.	Nama pohon	No. Koleksi	N-total (%)	C-organik (%)	KTK (cmol(+))kg <sup>-1</sup>		Tekstur
1	<i>Koompassia excelsa</i> (Becc.) Taub.	I.I.58a	0,27 Sedang	4,51 Tinggi	17,20 Sedang		Liat
2	<i>Shorea leprosula</i> Miq.	VIII.D.11	0,30 Sedang	4,49 Tinggi	26,92 Tinggi		Liat
3	<i>Ficus albipila</i> (Miq.) King	VIII.D.12	0,30 Sedang	4,49 Tinggi	26,92 Tinggi		Liat
4	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	XVI.H.20	0,20 Rendah	2,68 Sedang	21,49 Sedang		Lempung berliat
5	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	XVI.H.20a	0,20 Rendah	2,66 Sedang	21,45 Sedang		Lempung berliat
6	<i>Adansonia digitata</i> L.	XXI.A.17	0,12 Rendah	2,24 Sedang	13,17 Rendah		Lempung berliat
7	<i>Platymitra macrocarpa</i> Boerl.	IV.G.53	0,25 Sedang	3,47 Tinggi	20,38 Sedang		Liat
8	<i>Platymitra macrocarpa</i> Boerl.	IV.G.53a	0,25 Sedang	3,40 Tinggi	20,28 Sedang		Liat
9	<i>Sindora bruggemaniai</i> de Wit	I.L.22	0,28 Sedang	4,37 Tinggi	17,00 Sedang		Liat
10	<i>Sindora bruggemaniai</i> de Wit	I.L.22a	0,29 Sedang	4,38 Tinggi	17,00 Sedang		Liat
11	<i>Sterculia oblongata</i> R.Br.	IV.I.89a	0,16 Rendah	2,50 Sedang	14,21 Rendah		Liat
12	<i>Albizia lucidior</i> (Steud.) I.C.Nielson ex H.Hara	I.B.71	0,24 Sedang	3,69 Tinggi	18,47 Sedang		Liat

**Tabel 5.** Tanda kerusakan pohon ikonis dan bernilai sejarah

No.	Nama pohon	Tanda visual pada batang utama					
		Rayap	Jamur	Liana	Luka terbuka	Kanker dan konk	Suara ketukan
1	<i>Koompassia excelsa</i> (Becc.) Taub.	V	-	-	-	-	V
2	<i>Shorea leprosula</i> Miq.	-	-	V	-	-	-
3	<i>Ficus albipila</i> (Miq.) King	-	-	-	-	-	-
4	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	-	-	-	-	V	-
5	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	-	-	-	-	V	-
6	<i>Adansonia digitata</i> L.	-	-	-	V	-	V
7	<i>Platymitra macrocarpa</i> Boerl.	-	-	V	-	-	-
8	<i>Platymitra macrocarpa</i> Boerl.	-	-	-	-	-	-
9	<i>Sindora bruggemaniai</i> de Wit	-	-	-	-	-	-
10	<i>Sindora bruggemaniai</i> de Wit	-	-	-	V	-	-
11	<i>Sterculia oblongata</i> R.Br.	-	-	-	-	-	-
12	<i>Albizia lucidior</i> (Steud.) I.C.Nielson ex H.Hara	-	-	-	-	-	-

Keterangan: V = ditemukan tanda visual; - = tidak ditemukan tanda visual

Tanda kerusakan pohon secara visual pada batang utama dari metode FHM disajikan dalam Tabel 5. Tanda tersebut meliputi munculnya batang tubuh jamur, liana, adanya hama rayap, luka terbuka dan suara yang ditimbulkan pada batang dengan ketukan palu. Munculnya tanda-tanda pada batang utama tersebut dapat menjadi dugaan telah terjadi pelapukan atau gerowong. Tubuh buah seperti munculnya jamur genus *Ganoderma* telah dikenal oleh *arborist* sebagai penyebab pembusukan di berbagai pohon di dunia (Flood et al. 2000; Schwarze & Ferner 2012) dan dapat menyebabkan kehilangan kekuatan mekanik batang (Schwarze & Fink 1994; Schwarze 2000). Keberadaan liana juga dapat meningkatkan kelembapan batang yang dapat memicu tumbuhnya jamur atau penyakit pada batang utama (Rachmadiyah & Rinandio 2019). Tanda selanjutnya

adalah keberadaan rayap yang menjadi tanda bahwa batang telah mengalami pelapukan. Kayu lapuk dapat mengeluarkan senyawa yang membuat preferensi rayap untuk makan dan membuat sarang (Bignell et al. 2010).

Kemunculan tanda pelapukan tersebut belum dapat menentukan tingkat pelapukan dan status kondisi kayu di dalamnya, karena tidak terlihat secara visual. Dengan demikian perlu adanya pengamatan lebih detail mengenai kondisi kayu pada batang utama dengan alat bantu. *Tomograph* merupakan teknik non destruktif berdasarkan rambatan suara yang dapat digunakan untuk mengevaluasi batang pohon (Chuang & Wang 2001; Karlinsari et al. 2011; Ahmad et al. 2012). *Sonic tomograph* merupakan teknologi yang relatif baru yang digunakan *arborist* untuk mengetahui struktur internal batang yang dapat mendukung pembuatan keputusan dalam *tree risk*

assessment (Zwart 2018). Diharapkan dengan diketahuinya kondisi tersebut, manajemen mampu melakukan mitigasi untuk meminimalkan kerusakan pohon secara mekanis seperti tumbang maupun patah batang utama.

#### Kesehatan pohon berdasarkan *sonic tomograph*

Pengamatan kesehatan pohon menggunakan alat PiCUS 3 *Sonic Tomograph* pada 11 IH. Satu pohon *A. lucidior* tidak dilakukan pengecekan karena pohon tersebut merupakan terubusan dari batang utama yang telah tumbang dan diameternya belum mencukupi untuk dilakukan pengecekan menggunakan *sonic tomograph*. Hasil pengamatan menggunakan *sonic tomograph* menunjukkan 10 pohon IH masih dalam kategori sehat, ditandai dengan kelapukan kayu < 30% dan t/R ratio > 30% (Tabel 6). Akan tetapi, pada satu pohon yaitu *K. excelsa* menunjukkan bahwa kondisi kayu mengalami pelapukan 52% dan menyisakan kayu solid hanya 33% dengan t/R ratio 0,28. Hal tersebut merupakan indikator bahwa kondisi batang utama *K. excelsa* berada dalam kategori berbahaya. Pohon dikategorikan berbahaya ketika t/R ratio < 30% (Mattheck & Breloer 1996).

**Tabel 6.** Hasil pengamatan *sonic tomograph* pada pohon ikonis dan bernilai sejarah

No.	Nama pohon	Kayu solid (%)	Kayu lapuk (%)	t/R ratio
1	<i>Koompassia excelsa</i> (Becc.) Taub.	33	52	0,28
2	<i>Shorea leprosula</i> Miq.	82	3	0,83
3	<i>Ficus albipila</i> (Miq.) King	81	1	0,90
4	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	83	2	0,86
5	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	83	1	0,90
6	<i>Adansonia digitata</i> L.	64	23	0,52
7	<i>Platymitra macrocarpa</i> Boerl.	96	0	1,00
8	<i>Platymitra macrocarpa</i> Boerl.	98	0	1,00
9	<i>Sindora bruggemanii</i> de Wit	93	1	0,90
10	<i>Sindora bruggemanii</i> de Wit	87	2	0,86
11	<i>Sterculia oblongata</i> R.Br.	100	0	1,00

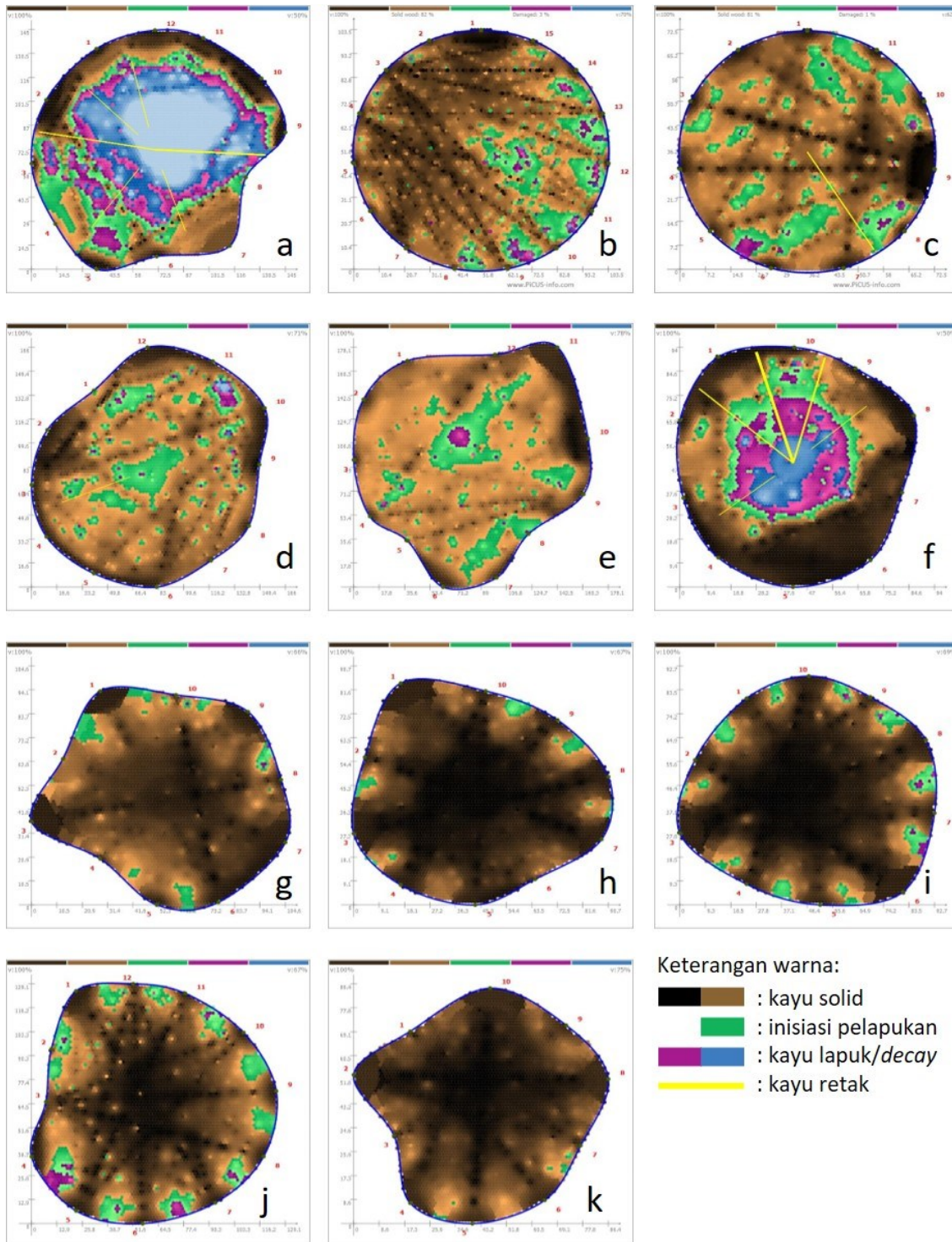
Hasil pengamatan menggunakan alat *PiCUS 3 Sonic Tomograph* juga mendeteksi adanya keretakan pada batang utama, yaitu pada pohon *K. excelsa*, *F. albipila*, dan *A. digitata*. Keretakan ditandai garis warna kuning (Gambar 10). Pada pohon *K. excelsa* terdeteksi memiliki keretakan membentang dari titik 2–3 hingga 8–9, dan terdapat empat keretakan kecil lainnya. Pada pohon *A. digitata* juga terdeteksi tiga keretakan besar dan dua keretakan kecil, sedangkan pada pohon *F. albipila* hanya terdeteksi satu keretakan kecil. Keretakan tersebut menandakan bahwa pohon memiliki potensi patah batang lebih tinggi dibandingkan batang pohon yang solid atau tidak terdeteksi keretakan.

Kondisi batang utama pada pohon *K. excelsa* tidak berkorelasi dengan hasil pengamatan secara visual. Terlihat bahwa hasil nilai indeks kerusakan secara visual adalah 3,6 yang artinya sehat. Akan tetapi saat dilakukan pengamatan lebih detail menggunakan alat *sonic tomograph*, kondisi batang utamanya telah mengalami pelapukan. Oleh karena itu, khusus untuk *K. excelsa* perlu adanya penambahan papan informasi peringatan dan pembatasan akses pengunjung. Hal tersebut sekaligus menandakan bahwa kombinasi pengamatan visual dan alat merupakan teknik paling akurat untuk menentukan kondisi kesehatan pohon. Pohon dapat dikatakan sehat secara visual dengan tidak banyak dijumpai kerusakan yang terlihat di bagian luar, akan tetapi masih terdapat kemungkinan bahwa batang utamanya telah mengalami pelapukan atau gerowong di bagian dalam.

Berdasarkan hasil penelitian ini, direkomendasikan pengamatan pertama dilakukan secara visual, diikuti dengan pengecekan pelapukan batang utama menggunakan palu yang dipukulkan pada batang utama. Jika suara yang dihasilkan berbunyi nyaring atau seperti suara benda kosong yang dipukul (*kentongan*), maka perlu dilakukan pengamatan lanjutan yang lebih detail menggunakan alat *PiCUS 3 Sonic Tomograph*. Sebaliknya, jika suara yang dihasilkan berbunyi seperti kayu solid atau padat, maka pengamatan menggunakan alat *tomograph* tidak perlu dilakukan. Teknik ini dapat menjadi deteksi dini kondisi batang utama sehingga dapat mengefisienkan waktu dan teknik dalam pengecekan kesehatan pohon.

## KESIMPULAN

Terdapat 12 individu pohon koleksi Kebun Raya Bogor yang masuk dalam kategori pohon ikonis dan bernilai sejarah. Pohon ikonis dan bernilai sejarah di Kebun Raya Bogor memiliki status kesehatan pohon kategori sehat (67%), kelas kerusakan ringan (25%), dan kelas kerusakan sedang (8%). Kondisi batang utama pada 10 IH rata-rata memiliki t/R ratio 0,82 dengan status sehat dan satu pohon (*Koompassia excelsa*) dalam kondisi berbahaya dengan t/R ratio 0,28. Kombinasi pengamatan visual dan alat *sonic tomograph* merupakan teknik yang paling akurat untuk menentukan kesehatan pohon di atas permukaan tanah. Kombinasi teknik tersebut tidak hanya melihat secara visual di bagian luar saja, akan tetapi dapat mengetahui kondisi kayu bagian dalam batang utama yang menjadi penopang berat tajuk pohon di atasnya. Rekomendasi penanganan IH adalah pengamatan rutin menggunakan metode visual pada seluruh IH dengan durasi 1–2 bulan sekali dan pengamatan *sonic tomograph* setiap tahunnya.



**Gambar 10.** Visualisasi tomograph pohon ikonis dan bernilai sejarah. (a) *K. excelsa* (I.I.58a); (b) *S. leprosula* (VIII.D.11); (c) *F. albipila* (VIII.D.12); (d) *C. pentandra* (XVI.H.20); (e) *C. pentandra* (XVI.H.20a); (f) *A. digitata* (XXI.A.17); (g) *P. macrocarpa* (IV.G.53); (h) *P. macrocarpa* (IV.G.53a); (i) *S. bruggemania* (I.L.22); (j) *S. bruggemania* (I.L.22a); (k) *S. oblongata* (IV.I.89a).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Pusat Penelitian Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya – LIPI yang telah memberikan dana penelitian dalam program *In-house Research* tahun 2021.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad NI, Almuin N, Mohammad F. 2012. Ultrasonic characterization of standing tree. [http://www.ndt.net/article/wcndt2021/papers/51\\_5\\_Ahmad.pdf](http://www.ndt.net/article/wcndt2021/papers/51_5_Ahmad.pdf).
- Bhambani K, Harsh NSK. 2012. Assessment of tree health along Trevor Road, New Forest Area, DehraDun a

- case study on tree health assessment. Lap Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, kota? United Kingdom.
- Bignell DE, Abe T, Higashi M. 2010. Introduction to symbiosis. *In*: Abe T, Bignell D, Higashi M. (ed.) Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology. Springer, Dordrecht. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-3223-9>.
- Cambridge-dictionary. 2021. Iconic. <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/iconic> (diakses 11 November 2020).
- Chuang ST, Wang SY. 2001. Evaluation of standing tree quality of Japanese cedar grown with different spacing using stress wave and ultrasonic-wave methods. *Journal of Wood Science* 47: 245–253.
- CNN Indonesia. 2020. Mitos jembatan putus cinta dan pohon jodoh di Kebun Raya Bogor. <https://www.cnnindonesia.com/gaya-hidup/20201010122414-269-556820/mitos-jembatan-putus-cinta-pohon-jodoh-di-kebun-raya-bogor> (diakses 17 Mei 2021).
- Coates PA. 2006. American perceptions of immigrant and invasive species: Strangers on the Land. University of California Press, Berkeley, California.
- Cortés Y, Rodríguez NL. 2016. Approaches to environmental economic valuation of Bogota heritage trees. VII<sup>th</sup> GECAMB-Conference on Environmental Management and Accounting, The Portuguese CSEAR Conference, 3<sup>rd</sup>–4<sup>th</sup> November 2016, Barcelos, Portugal.
- Craig GM. 1991. The Agriculture of the Sudan. Oxford University Press, Oxford.
- Damanik MMB, Bachtiar EH, Fauzi, Sariffudin, Hanum H. 2010. Kesuburan tanah dan pemupukan. USU Press, Medan.
- Daston L. 2004. Type specimens and scientific memory. *Critical Inquiry* 31(1): 153–182. DOI: <https://doi.org/10.1086/427306>.
- Faqih F. 2013. Cerita pohon jodoh di Kebun Raya Bogor. <https://www.merdeka.com/peristiwa/cerita-pohon-jodoh-di-kebun-raya-bogor.html> (diakses 17 Mei 2021).
- Flood D, Bridge PD, Holderness M. 2000. Ganoderma diseases of perennial crops. CABI Publishing, Wallingford.
- Gocke L. 2017. Pcus sonic tomograph, software manual Q74. Argus Electronic GmbH. Kota? Germany.
- Hardjowigeno S. 2010. Ilmu tanah. Akademika Pressindo, Jakarta.
- Indonesian National Commission (INC) for UNESCO. 2018. Kebun Raya Bogor, Submission tentative list to world heritage list nominations. <https://whc.unesco.org/en/tentativelists/6353/> (diakses 13 Desember 2020).
- Karlinasari L, Mardiyanti IL, Nandika D. 2011. Ultrasonic wave propagation characteristics of standing tree in urban area. Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium. 151–157.
- KBBI–Kamus Besar Bahasa Indonesia. 2021. ikonis. <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/ikonis> (diakses 29 Oktober 2021).
- Kusmana C, Hikmat A. 2015. Keanekaragaman hayati flora di Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 5(2): 187–198. DOI: <https://doi.org/10.29244/jpsl.5.2.187>.
- Mattheck C, Breloer H. 1994. Field guide for visual tree assessment (VTA). *Arboricultural Journal* 18(1): 1–23. DOI: 10.1080/03071375.1994.9746995.
- Mattheck C, Breloer H. 1996. The body language of trees: a handbook for failure analysis. H.M. Stationery Office, Michigan.
- Merriam-Webster. 2021. Iconic. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/iconic> (diakses 11 November 2020).
- Mittermeier RA, Gil PR, Hoggmann M, Pilgrim J, Brooks T, Mittermeier CG, Lamoreux J, da Fonseca GAB. 2004. Hotspots revisited. earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Cemex Conservation Book Series, Conservation International.
- Mustafa M, Asmita A, Ansar M, Masyhur S. 2012. Dasar dasar ilmu tanah. Program Studi Agroteknologi Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Nuhamura ST, Kasno. 2001. Present status of forest vitality. *In*: Stuckle IC, Siregar CA, Supriyanto, Kartana J. (ed.) Forest health monitoring to monitor sustainability of Indonesian tropical rain forest: Volume II. ITTO and SEAMEO BIOTROP.
- Nyland RD. 2002. Silviculture: concepts and application second edition. McGraw-Hill, New York.
- Patrut A, von Reden KF, Alberts AH, Pohlman J, Wittmann R, Gerlach D, Xu L, Mitchell CS. 2007. Radiocarbon dating of a very large African baobab. *Tree Physiology* 27(11):1569–1574. DOI:10.1093/treephys/27.11.1569.
- POWO–Plants of the world online. 2021. *Koompassia excelsa* (Becc.) Taub. <http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:501262-1> (diakses 17 Mei 2021).
- Priadi T. 2006. Degradasi fisis dan mekanis kayu oleh mikroorganisme di wilayah Kota Bogor. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan* 19(1): 1–8.

- Prijono SN. 2010. Indonesia negara mega biodiversity di dunia. <http://lipi.go.id/berita/indonesia-negara-mega-biodiversity-di-dunia-/5181> (diakses 10 Agustus 2021).
- Purnomo DW, Hendrian R, Witono JR, Kusuma YWC, Risna RA, Siregar M. 2010. Pencapaian Kebun Raya Indonesia dalam target 8 Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). Buletin Kebun Raya 13(2): 40–50.
- Putra IE. 2004. Pengembangan metode penilaian kesehatan hutan alam produksi. Tesis. Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor.
- Rachmadiyanto AN, Rinandio DS. 2019. Identifikasi kesehatan *Intsia spp.* pada konservasi *ex-situ*. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas 5(2): 383–389. DOI: 10.13057/psnmbi/m050242.
- Rachmadiyanto AN, Wanda IF, Rinandio DS, Magandhi M. 2020. Evaluasi kesuburan tanah pada berbagai tutupan lahan di Kebun Raya Bogor. Buletin Kebun Raya 23(2): 114–125. DOI: <https://doi.org/10.14203/bkr.v23i2.263>.
- Registrasi. 2020. Data registrasi Pusat Penelitian Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya-LIPI. (data tidak dipublikasi).
- Rikto, Hermawan R, Kasno. 2010. Tipe kerusakan pohon hutan kota (studi kasus : hutan kota bentuk jalur hijau, Kota Bogor - Jawa Barat). Skripsi. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Schwarze FWMR. 2000. Holzersetzungsstrategieen von Pilzen und ihre Bedeutung fur die Fauledynamik im lebenden Baum. Habilitationsschrift Univ. Freiburg. Germany.
- Schwarze FWMR, Ferner D. 2012. *Ganoderma* on trees—differentiation of species and studies of invasiveness. Arboricultural Journal 27(1): 59–77. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/03071375.2003.974736> 2.
- Schwarze FWMR, Fink S. 1994. Ermittlung der Holzersetzung am lebenden Baum-Moglichkeiten und Grenzen verschiedener Diagnose-methoden zur Erfassung von Holzersetzungsmustern. Neue Landschaft 39: 82–193.
- Sulistiyantara B. 2014. Upaya menurunkan resiko pohon tumbang. Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan 1(1):7–11.
- Sumardi SM, Widyastuti. 2004. Dasar-dasar perlindungan hutan. Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- Tallent-Halsell NG. 1994. Forest Health Monitoring-Field Methods Guide. EPA/620/R-94/027. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC.
- Turnip PP. 2019. Monitoring kesehatan pohon Tanjung (*Mimusops elengi* Linn) di kampus Universitas Sumatera Utara. Skripsi. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- Widyatmoko D. 2019. Strategi dan inovasi konservasi tumbuhan Indonesia untuk pemanfaatan secara berkelanjutan. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek (SNPBS) ke-IV. Hal 1–22.
- Widyatmoko D, Risna RA. 2019. Toward the Indonesian redlist book: species priority setting for conservation of Indonesian threatened plants. International Conference on Biological Science (Advances in Biological Science: Respect to biodiversity from molecular to ecosystem for better human prosperity). Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 16<sup>th</sup>–17<sup>th</sup> October 2009.
- Yaacob WNAHWA, Hassan H, Hassan K, Nayan NM. 2016. The Morphology of heritage trees in Colonial Town: Taiping Lake Garden, Perak, Malaysia. Procedia – Social and Behavioral Sciences 222: 621–630.
- Zwart DC. 2018. Sonic tomography. The Bartlett Tree Research Laboratories. <https://www.bartlett.com/resources/Sonic-Tomography.pdf>.