

Penilaian kesehatan visual dan internal pohon besar di Kebun Raya Eka Karya Bali

Visual and internal health assessment of large trees in the Eka Karya Bali Botanical Gardens

Komang Kartika Indi Swari^{1*}, I Ketut Ginantra¹, Siti Fatimah Hanum²

¹⁾ Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kuta Selatan, Badung – Bali, 80361

²⁾ Pusat Riset Konservasi Tumbuhan Kebun Raya dan Kehutanan - BRIN, Kebun Raya Eka Karya Bali, Candikuning, Baturiti, Tabanan – Bali, 82191.

*Email: kartikaindiswari19@gmail.com

Diterima 23 Februari 2022

Disetujui 25 April 2022

INTISARI

Kebun Raya Eka Karya Bali memiliki beberapa koleksi pohon besar dan tua yang telah mengalami tanda-tanda kerusakan dan beresiko membahayakan keselamatan pengunjung. Pemeriksaan kesehatan pohon sangat penting untuk mencegah resiko pohon tumbang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kesehatan pohon, serta hubungan antara kerusakan internal dan visual pohon di Kebun Raya Eka Karya Bali. Kriteria pohon sampel yaitu memiliki lingkaran batang lebih dari 250 cm dan tumbuh di lokasi yang ramai aktivitas pengunjung. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2021-Januari 2022 di Kebun Raya Eka Karya Bali. Pemeriksaan visual pohon dengan *Tree Risk Assesment Form* yang dimodifikasi, sedangkan pemeriksaan internal dengan *Arborsonic 3D Acoustic Tomograph*. Data visual dan internal dilanjutkan dengan skoring, kemudian dilakukan uji korelasi Pearson pada hasil visual dan internal. Hasil pemeriksaan kesehatan pohon secara visual diperoleh 19% pohon beresiko tinggi, 73% pohon resiko sedang, dan 8% pohon resiko rendah. Pemeriksaan secara internal yaitu 65% pohon beresiko rendah, 27% pohon resiko sedang, dan 8% resiko tinggi. Jenis yang beresiko tinggi pada kedua hasil yaitu *Prunus cerasoides* pada petak XIII.B No. 17 dan petak XII.A No. 3. Kerusakan internal dan kerusakan visual pohon memiliki hubungan atau korelasi positif yang kuat dengan nilai korelasi 0,691.

Kata Kunci: Kerusakan pohon, resiko pohon tumbang, Arborsonic 3D Acoustic Tomograph, tomogram batang

ABSTRACT

Eka Karya Bali Botanical Gardens has several large and old trees that have signs of damage and risk endangering visitors safety. Trees health assessments are very important to prevent the risk of fallen trees. This study aims to determine the trees health and the relationship between internal and visual damage to trees in the Eka Karya Bali Botanical Garden. The criteria for the sample tree is that the tree has a circumference of more than 250 cm, and grows in a location with a lot of visitor activity. The research was carried out from February 2021-January 2022 at the Eka Karya Bali Botanical Garden. Visual assessment of trees used a modified Tree Risk Assessment Form, while internal assessment used Arborsonic 3D Acoustic Tomograph. Visual and internal results were scored, then Pearson correlation was tested on visual

and internal results. The visual assessment results found 19% of high risk trees, 73% of medium risk trees, and 8% of low risk trees while the internal assessment found 65% low risk trees, 27% medium risk trees, and 8% high risk trees. The tree with a high risk for both results is *Prunus cerasoides* on plot XIII.B No. 17 and plot XII.A No. 3. Furthermore, internal and visual damage to trees have a strong positive relationship with a correlation value is 0.691.

Keywords: Tree damage, risk of fallen trees, Arborsonic 3D Acoustic Tomograph, trunk tomogram

PENDAHULUAN

Kebun Raya Eka Karya Bali mulai berdiri sejak tahun 1959, sehingga koleksi pohon yang berumur tua banyak ditemukan pada kawasan tersebut. Pohon besar dan berumur tua rentan mengalami kerusakan struktural yang berdampak pada penurunan fungsi fisiologis, laju pertumbuhan pohon, hingga kematian pohon. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pohon menjadi rentan untuk tumbang ataupun patah cabang ditambah dengan faktor kecepatan angin yang tinggi secara berkala, serta faktor lingkungan abiotik yang memperburuk kesehatan pohon (Zuhri et al., 2018). Tidak hanya itu, kerusakan pohon yang tidak terevaluasi dengan baik sangat membahayakan keselamatan pengunjung kebun raya, seperti salah satu kasus yang terjadi di Kebun Raya Bogor tahun 2015 yaitu tumbangnya pohon damar (*Agathis dammara*) yang mengakibatkan sebanyak tujuh orang meninggal dunia (Darussalam et al., 2021). Oleh karena itu kawasan pariwisata yang memiliki banyak pohon peneduh harus memonitoring kondisi kesehatan pohon untuk mencegah resiko pohon tumbang, khususnya pada pohon yang tumbuh di kawasan ramai aktivitas pengunjung.

Pohon yang memiliki resiko kerusakan tinggi menjadi prioritas utama dalam melakukan manajemen kesehatan pohon. Resiko kerusakan pohon bervariasi dari rendah ke tinggi. Penggolongan resiko pohon tersebut dapat diketahui setelah melakukan beberapa tindakan preventif pada pohon target (Rachmadiyanto et al., 2019). Tindakan preventif yang dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan pohon yang dapat menimbulkan kerugian material dan non material yaitu dengan pemeriksaan kesehatan

pohon secara visual dan internal. Pemeriksaan visual yaitu dengan mengamati kondisi fisik dari pohon sasaran menggunakan *Tree Risk Assessment Form* yang telah dimodifikasi dari pedoman ISA (*International Society of Arboriculture*) (Hanum et al., 2020a). Formulir tersebut berisi penilaian sistematis dari kesehatan akar, batang, dan kanopi pohon target. Hasil pemeriksaan visual kemudian dilengkapi dengan pemeriksaan kesehatan pohon menggunakan *Arborsonic 3D Acoustic Tomograph* untuk mengetahui kondisi kerusakan internal batang. Alat tersebut bersifat non destruktif, yang dapat memeriksa kondisi internal pohon berdasarkan cepat rambat gelombang suara pada satu lapisan ketinggian pohon yang kemudian digambarkan melalui citra warna. Gelombang suara akan merambat lebih cepat melalui kayu solid atau utuh dibandingkan dengan kayu yang mengalami kerusakan seperti busuk, retak, dan lubang (Nandika et al., 2020).

Menurut Zuhri et al., (2018), pemeriksaan kesehatan pohon yang dilakukan secara visual ataupun internal tidak selalu memiliki korelasi yang dekat, artinya pohon yang terlihat rusak di luar belum tentu mengalami kerusakan secara internal. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kesehatan pohon besar di Kebun Raya Eka Karya Bali tepatnya pada kawasan ramai aktivitas pengunjung, serta mengetahui korelasi antara hasil pemeriksaan kesehatan pohon secara internal dan visual. Hasil korelasi yang diperoleh dari kedua metode pemeriksaan diharapkan dapat menjadi dasar dalam melakukan manajemen pohon yang baik di kawasan pariwisata, sehingga para pengelola dapat menentukan langkah lanjutan yang harus dilakukan terhadap kondisi kesehatan pohon tersebut secara cepat dan akurat untuk tetap

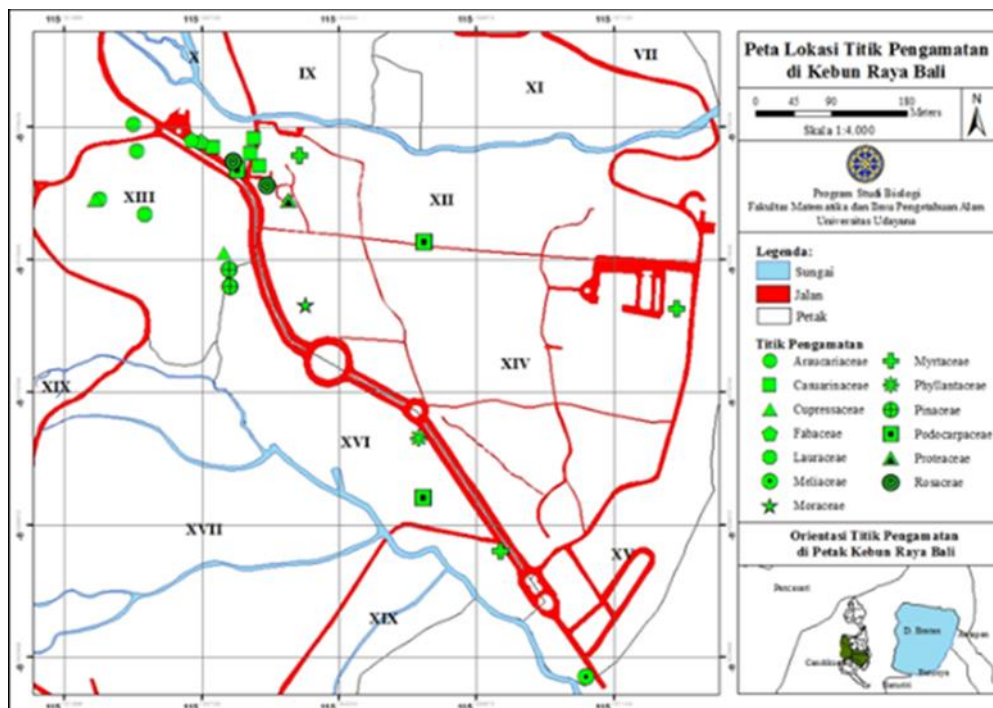
menjaga keamanan para pengunjung dari bahaya pohon tumbang.

MATERI DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2021 – Januari 2022 di Kebun Raya Eka Karya Bali, Desa Candikuning, Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan. Luas area penelitian adalah

157,5 hektar. Pohon sampel sebanyak 26 pohon terdiri atas 17 jenis dari 13 suku yang tersebar di kawasan yang ramai aktivitas pengunjung kebun raya. Suku pohon sampel yaitu Araucariaceae, Casuarinaceae, Cupressaceae, Podocarpaceae, Lauraceae, Meliaceae, Moraceae, Phyllantaceae, Pinaceae, Fabaceae, Proteaceae, Rosaceae, dan Myrtaceae yang dicirikan dengan simbol-simbol berwarna hijau pada peta. Sebaran suku pohon sampel yang diperiksa kesehatannya secara visual dan internal disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi sebaran pohon sampel di Kebun Raya Eka Karya Bali

Bahan dan alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi satu set peralatan *ArborSonic 3D Acoustic Tomograph* (paku sensor, palu karet, palu baja, *amplifier*, kabel, dan komputer yang terhubung ke *ArboSonic*), roll meter (20 m) untuk mengukur lingkaran batang pohon, kamera digital, *Nikon Forestry Pro (Laser Rangefinder)* untuk mengukur ketinggian pohon, GPS GARMIN 78s (*Global Positioning System*) sebagai penanda titik lokasi sampel, Microsoft Excel 2016 dan SPSS versi 25. Pemeriksaan pohon secara visual dilakukan dengan menggunakan *Tree Risk Assessment Form* dari penelitian Hanum et al., (2020) dengan berbasis skoring (Tabel 2.), form

tersebut telah dimodifikasi dari pedoman *International Society of Arboriculture (ISA)*. Jumlah sampel pohon besar disesuaikan dengan jumlah pohon besar (lingkar batang > 250 cm) yang ditemukan di lokasi beresiko tinggi pada Kebun Raya Eka Karya Bali. Jenis pohon sampel yang dilakukan pemeriksaan kesehatan pohon secara visual dan internal disajikan pada Lampiran 1.

Pemeriksaan kesehatan visual

Penilaian *tree risk assessment form* dilakukan dengan memutar pohon 360° dan melihat kondisi pohon dari atas hingga bawah. Pencatatan data pohon meliputi nama jenis pohon, lokasi, pengukuran tinggi pohon, dan penentuan DBH.

Nilai DBH dapat diperoleh dari keliling lingkaran batang pada ketinggian 130 cm kemudian dibagi dengan π (3,14). Parameter yang diamati yaitu kepadatan aktivitas manusia (*occupancy rate*), topografi, kondisi tanah, paparan angin, densitas tajuk, tipe percabangan, dan tutupan cabang. Data pemeriksaan visual kemudian dimasukkan ke dalam Microsoft Excel 2016, dan diberikan skor. Parameter tersebut memiliki skornya masing-masing yang bernilai dari 1-3, dari masing-

masing skor kemudian dilakukan penjumlahan skor untuk mendapatkan total skor sesuai dengan kategori resiko pohon rendah, sedang, dan tinggi. Kategori pohon yang beresiko rendah menunjukkan total skor pada kisaran 7-11, pohon dengan kerusakan yang beresiko sedang memiliki skor pada kisaran 12-16, sedangkan pohon yang bersiko tinggi yaitu dengan kisaran 17-21 (Hanum et al., 2020). Skor *tree risk assessment form* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Skor *tree risk assessment form*, (Hanum et al., 2020)

Parameter	Skor = 1	Skor =2	Skor =3
Kepadatan aktivitas	Kadang-kadang	Sering	Konstan
Topografi	Datar	Lereng < 45°	Lereng > 45°
Kondisi Tanah	Gembur	Perkerasan sebagian	Perkerasan penuh
Paparan angin	Terlindungi	Sebagian	Penuh
Densitas tajuk	Jarang: 1-33%	Normal: 34-66%	Padat: 67-100%
Tipe percabangan	Normal	<i>Codominant</i>	Kembar
Tutupan cabang	Tidak ada/ hanya lumut/epifit/liana	Lumut+epiphyt/ lumut+liana/epifit+liana	Lumut+epifit+liana

Pemeriksaan kesehatan internal

Alat *ArborSonic 3D Acoustic Tomograph* digunakan untuk observasi internal kondisi pohon target. Kondisi internal batang digambarkan melalui citra warna hijau (batang utuh), kuning dan merah (batang lapuk), dan biru (batang berlubang). Penilaian yang akurat tentang kondisi internal pohon akan lebih efektif dengan melakukan beberapa lapisan ketinggian/*layer* pengujian. Pengambilan *layer* pengujian dilakukan dengan jarak minimal 20 cm antar lapisan ketinggian untuk menghindari hasil tomogram yang berdekatan. Hasil observasi dengan alat tersebut dibagi menjadi beberapa kategori penentuan tingkat resiko pohon yaitu kategori tinggi dengan persentase kayu lapuk di atas 60%, kategori sedang dengan persentase kayu lapuk diantara 30-60%, dan kerusakan kategori rendah jika persentase kayu lapuk di bawah 30% (Helmanto et al., 2018).

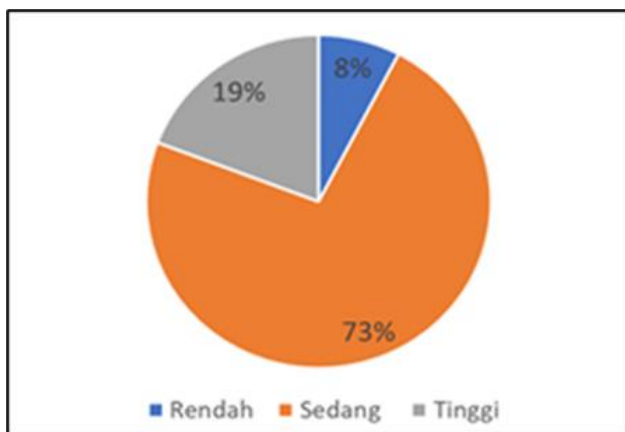
Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan kesehatan pohon secara visual dan internal kemudian dilakukan analisis uji korelasi Karl Pearson dengan aplikasi SPSS versi 25. Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara hasil pemeriksaan visual dan internal. Uji korelasi untuk data pemeriksaan kesehatan pohon secara visual dan internal dapat dilakukan setelah skor kategori resiko pohon dikonversi menjadi skala 1-3. Resiko pohon baik pada hasil visual dan internal memiliki resiko rendah dengan skor 1, resiko pohon sedang dengan skor 2, dan resiko pohon tinggi skor 3 (Tabel 2.). Uji Korelasi Pearson akan dihasilkan nilai koefisien korelasi di antara -1 sampai 1. Apabila nilai koefisien korelasi yang dihasilkan adalah -1, artinya variabel berkorelasi negatif sempurna. Apabila nilai koefisien korelasi adalah 1, artinya variabel berkorelasi positif sempurna (Safitri, 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesehatan Pohon secara Visual

Parameter yang diamati pada pemeriksaan kesehatan pohon secara visual dengan *Tree Risk Assessment Form*. Berdasarkan hasil pengamatan dengan parameter tersebut diperoleh persentase kategori resiko pohon secara visual pada 26 pohon sampel yang disajikan pada Gambar 2. Hasil pemeriksaan visual menunjukkan bahwa dari 26 total pohon sampel diperoleh pohon dengan kategori resiko sedang berjumlah 19 pohon (73%), beresiko rendah berjumlah 2 pohon (8%), dan resiko tinggi berjumlah 5 pohon (19%).



Gambar 2. Persentase kategori resiko pohon secara visual

Beberapa parameter memegang peranan penting dalam manajemen kesehatan pohon di kebun raya seperti kondisi tanah, topografi, kerapatan tajuk, tipe cabang utama, dan arah terpaan angin. Jenis-jenis yang memiliki resiko tinggi pada pengamatan visual meliputi *Dacrycarpus imbricatus* yang terletak pada petak XIII.B No. 30, *Castanospernum australe* pada petak XIII.B No. 6, dan petak XIII.B No. 6b, *Prunus cerasoides* pada petak XIII.B No. 17, dan petak XII.A No. 3. Penyebab pohon menjadi beresiko tinggi di pengamatan visual yaitu karena pohon tumbuh di kondisi tanah yang mengalami perkerasan penuh atau pada tanah yang telah diaspal, berada di topografi lahan hingga 45° atau lebih, kerapatan tajuk yang tinggi, memiliki cabang utama tipe menggarpu ataupun tipe kembar, serta pohon mendapatkan terpaan angin dari segala arah.

Kondisi tanah mempengaruhi daya cengkram akar. Kurniasari, (2019) menyatakan bahwa adanya penjangkaran dan penguatan akar ke tanah yang lebih dalam akan memberikan efek stabilitas

pada pohon sehingga pohon tidak mudah tumbang. Lebih lanjut Ruba et al., (2015) menyatakan bahwa, kondisi tanah yang gembur strukturnya berongga dan tidak padat, sehingga akar lebih mudah memperoleh oksigen serta pertumbuhan memanjang pada akar tidak terganggu dan penguatan akar ke tanah dapat menjangkau lebih dalam. Pohon yang hidup pada kondisi tanah yang telah mengalami perkerasan penuh akan mengalami gangguan pertumbuhan panjang akar, sehingga menyebabkan penjangkaran akar yang dangkal. Teori tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pohon dengan resiko rendah hidup di kondisi tanah gembur, sedangkan pohon dengan resiko tinggi hidup di kondisi tanah yang mengalami perkerasan penuh.

Pemeriksaan kesehatan visual dengan memperhatikan aspek topografi dilakukan karena gaya berat (gravitasi) lahan yang datar berbeda dengan lahan yang miring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pohon yang beresiko sedang hingga tinggi berada di kemiringan lahan hingga 45° atau lebih, sebab gaya berat bekerja lebih tinggi pada lahan yang miring dibandingkan lahan yang datar (Suryanto & Wawan, 2017). Perbedaan tersebut menyebabkan pohon yang sebelumnya telah mengalami gejala kerusakan dan ditambah dengan adanya terpaan angin kencang secara berkala membuat pohon lebih beresiko untuk patah ataupun tumbang.

Parameter lain yang menunjukkan resiko pohon untuk tumbang yaitu berdasarkan kondisi tutupan tajuk. Persentase kerapatan tajuk rendah yaitu berkisar 1-33%, kerapatan tajuk normal yaitu 34-66%, sedangkan kerapatan tajuk tinggi sebesar 67-100%. Kerapatan tajuk yang tinggi mengakibatkan terjadinya benturan antar tajuk mengikuti arah hembusan angin, dan tajuk cenderung condong ke satu arah atau tidak seimbang. Salah satu contoh pohon sampel yang memiliki kerapatan tajuk tinggi dengan persentase sebesar 67% yaitu jenis *Cupressus cashmeriana* pada petak XIII.E No. 52. Pohon yang tinggi dengan tajuk yang rapat dan tidak

seimbang beresiko tinggi untuk tumbang ataupun patah cabang (Ningrum, 2020).

Pohon *Ficus benjamina* yang terletak pada petak XIV.A No.2 memiliki resiko rendah karena tumbuh dikelilingi oleh jenis-jenis pohon yang tinggi seperti *Dacrycarpus imbricatus*, dan *Syzygium polyanthum*, sehingga menyebabkan *F. benjamina* sangat terlindung oleh paparan angin yang terhembus dari segala arah. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Prasetio et al., (2021), yang menyatakan bahwa pohon target yang terlindungi oleh pohon-pohon tinggi disekelilingnya memiliki resiko rendah untuk tumbang karena pohon tersebut tidak mendapatkan terpaan angin secara langsung.

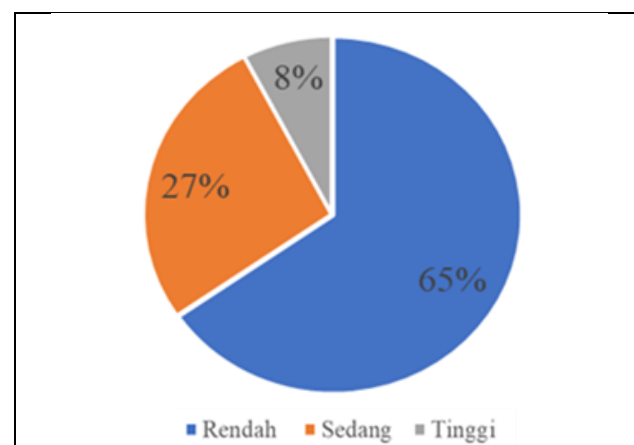
Parameter tipe cabang utama yang beresiko tinggi pada penelitian yaitu cabang utama menggarpu dan cabang utama tipe kembar. Cabang utama menggarpu artinya tipe percabangan menyerupai bentuk garpu yang dimana batang pohon pada bagian pangkal masih menjadi satu kemudian cabang terbagi menjadi dua cabang yang sama besar di bagian tengah batang pohon. Tipe cabang kembar artinya pada satu pohon terdapat dua atau lebih batang yang sama besarnya. Pohon dengan tipe cabang utama menggarpu dan kembar perlu dilakukan pemangkasan apabila terdeteksi mengalami perlubangan untuk mencegah resiko patah cabang (Xuan et al., 2021).

Kerusakan lapuk mendominasi pada keseluruhan sampel pohon yang diperiksa yaitu sebanyak 18 pohon. Penyebab kerusakan lapuk pada pohon yaitu karena adanya epifit yang membuat air hujan menjadi tertampung pada bagian yang ditumbuhi epifit. Kehadiran paku epifit dapat meningkatkan resiko pohon inang terkena serangan jamur pelapuk kayu yang menguraikan komponen utama kayu seperti lignin dan selulosa, karena kondisi yang lembab dan basah (Munasirah et al., 2018). Berdasarkan data yang diperoleh dari BMKG Stasiun Pengamatan Iklim Kembang Merta, Kabupaten Tabanan, Kebun Raya Eka Karya Bali menerima curah hujan rata-rata pada tahun 2021 yaitu

sebesar 224,25 mm, suhu udara rata-rata yaitu 19,33°C, dan kelembaban udara rata-rata yaitu 84,74 %. Rentang curah hujan, suhu, dan kelembaban rata-rata tersebut menunjukkan bahwa iklim di Kebun Raya Bali sangat basah sehingga pertumbuhan epifit menjadi meningkat. Hasil tersebut didukung oleh penelitian Rahayu, (2021), yang menyatakan bahwa curah hujan rata-rata di Kebun Raya Eka Karya Bali selama tahun 2009-2019 yaitu sebesar 287,42 mm dan nilai Quotient (Q) sebesar 0,125 tergolong dalam kategori iklim tipe A (sangat basah), berdasarkan kriteria iklim Schmitdh – Ferguson.

Kesehatan pohon secara internal

Kategori resiko pohon dinilai berdasarkan hasil persentase kayu lapuk yang dihasilkan dari data tomogram. Berdasarkan hasil pemeriksaan kesehatan pohon secara internal dengan alat *ArborSonic 3D Acoustic Tomograph* diperoleh hasil bahwa terdapat 17 pohon yang beresiko rendah (65%), kemudian sebanyak 7 pohon beresiko sedang (27%), dan sebanyak 2 pohon beresiko tinggi (8%) (Gambar 3).



Gambar 3. Persentase kategori resiko pohon secara internal

Kompilasi hasil penilaian resiko pohon secara visual dan internal dilakukan untuk mengetahui keterkaitan antara kedua hasil yang telah diperoleh. Skor yang digunakan pada hasil visual dan internal yaitu skor 1 (resiko rendah), skor 2 (resiko sedang), dan skor 3 (resiko tinggi). Data kompilasi penilaian resiko pohon baik secara visual dan internal disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Internal Pohon

No	Nama Jenis	Keterangan	Pemeriksaan Internal (Arborsonic)					Kategori Kerusakan	
			T1 (cm)	% Kerusakan	T2 (cm)	% Kerusakan	Skor maksimal	Visual	Internal
1	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> (Podocarpaceae)	Petak XII.B	100	1	130	2	2	2	1
2	<i>Macadamia hildebrandtii</i> (Proteaceae)	Petak XII.A No. 4	85	0	184	4	4	2	1
3	<i>Ficus benjamina</i> (Moraceae)	Petak XIV.A No. 2	85	5	170	12	12	1	1
4	<i>Casuarina junghuhniana</i> (Casuarinaceae)	Petak XIII.B No. 28a	70	24	90	4	24	2	1
5	<i>Casuarina junghuhniana</i> (Casuarinaceae)	Petak XIII.B No. 28b	28	24	165	2	24	2	1
6	<i>Araucaria biqwillii</i> (Araucariaceae)	Petak XIII.M No.3	130	3	0	0	3	2	1
7	<i>Cupressus cashmeriana</i> (Cupressaceae)	Petak XIII.E No. 52	130	10	0	0	10	2	1
8	<i>Pinus caribaea</i> (Pinaceae)	Petak XIII G. No.2	130	6	0	0	6	2	1
9	<i>Pinus caribaea</i> (Pinaceae)	Petak XIII G. No.2a	50	4	130	0	4	2	1
10	<i>Agathis borneensis</i> (Araucariaceae)	Petak XIII E. No.38	50	1	130	0	1	2	1
11	<i>Agathis</i> sp. (Araucariaceae)	Petak XIII C. No.15	50	1	130	3	3	2	1
12	<i>Eucalyptus microcorys</i> (Myrtaceae)	Petak XIV D. No.16	50	0	130	0	0	2	1
13	<i>Syzygium polyanthum</i> (Myrtaceae)	Petak XVI A.	185	3	0	0	3	2	1
14	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> (Podocarpaceae)	Petak XVI A.	120	0	170	0	0	2	1
15	<i>Biscovia javanica</i> (Phyllanthaceae)	Petak XVI A.	50	0	130	0	0	2	1
16	<i>Syzygium polyanthum</i> (Myrtaceae)	Petak XII B.	145	0	165	0	0	1	1
17	<i>Toona sureni</i> (Meliaceae)	(Gerbang KR)	120	0	150	0	0	2	1
18	<i>Cinnamomum camphora</i> (Lauraceae)	Petak XIII E. No.33	100	1	130	18	32	2	2
19	<i>Cupressus lusitanica</i> (Cupressaceae)	Petak XIII C. No.30	50	53	130	55	55	2	2
20	<i>Casuarina junghuhniana</i> (Casuarinaceae)	Petak XIII.B No. 28c	0	43	40	50	50	2	2

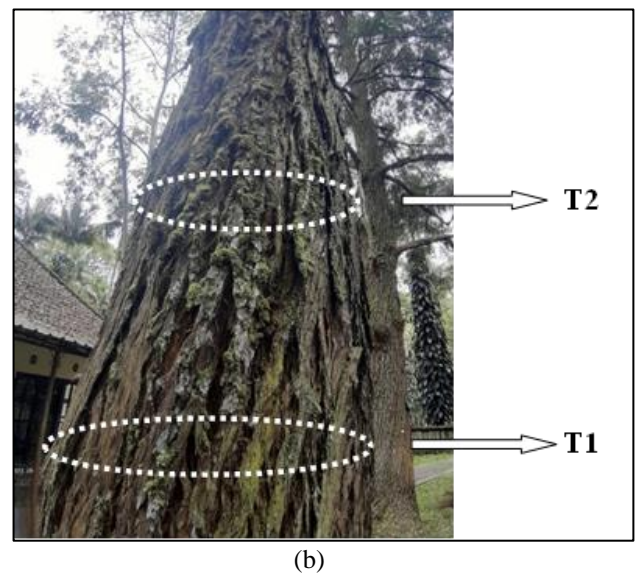
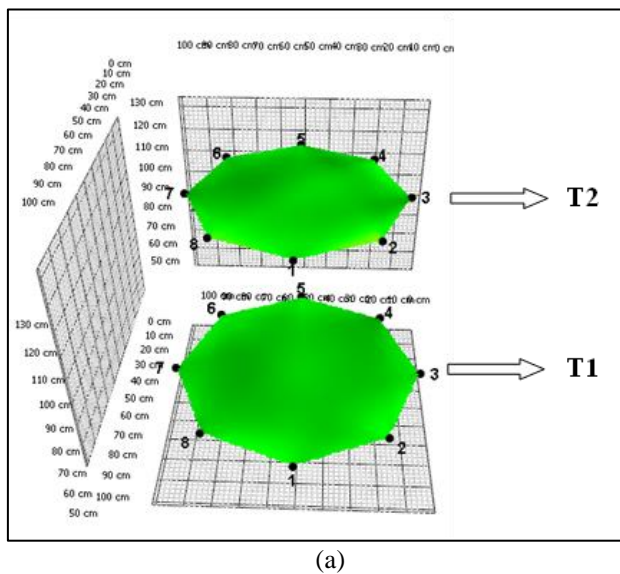
21	<i>Casuarina junghuhniana</i> (Casuarinaceae)	Petak XIII.B	30	48	50	38	48	2	2
22	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> (Podocarpaceae)	Petak XIII.B No. 30	50	30	130	47	47	3	2
23	<i>Castanospermum australe</i> (Fabaceae)	Petak XIII.B No. 6	10	31	50	1	31	3	2
24	<i>Castanospermum australe</i> (Fabaceae)	Petak XIII.B No. 6b	50	31	129	14	31	3	2
25	<i>Prunus cerasoides</i> (Rosaceae)	Petak XIII.B No. 17	50	64	90	44	64	3	3
26	<i>Prunus cerasoides</i> (Rosaceae)	Petak XII.A No. 3	50	62	100	73	73	3	3

Keterangan: T1) Tinggi layer pertama, T2) tinggi layer kedua, kategori kerusakan skor 1 (rendah), skor 2 (sedang), skor 3 (tinggi)

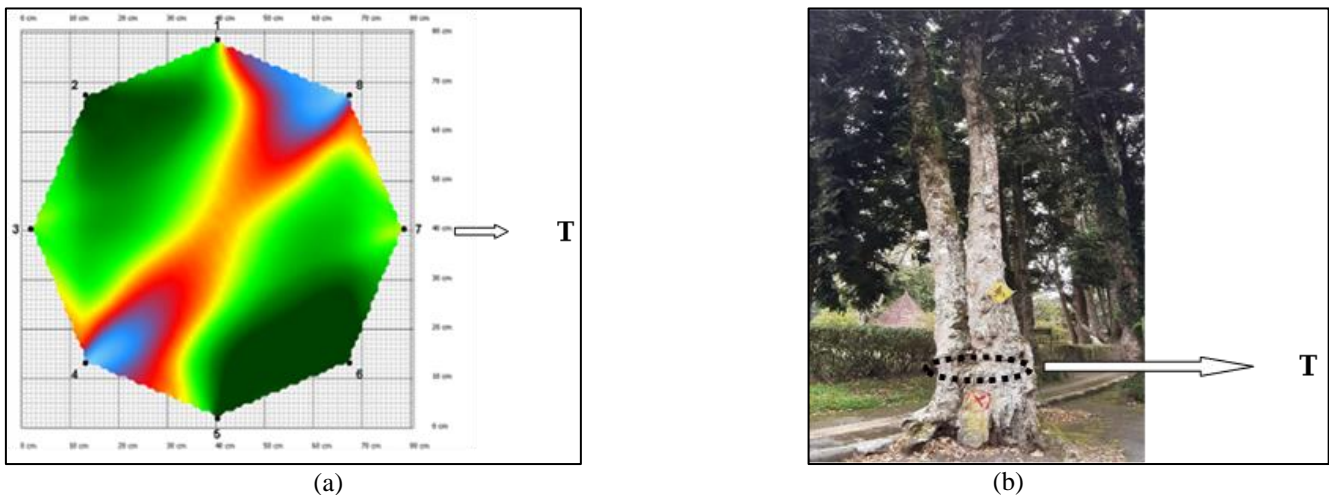
Pemeriksaan internal pohon dilakukan pada beberapa lapisan ketinggian pohon atau *layer*. Berdasarkan hasil pada Tabel 3, seluruh pohon sampel memiliki T1 dan T2 dengan ketinggian pohon yang berbeda, karena setiap pohon sampel mengalami panjang perlubangan yang berbeda. Penentuan lapisan ketinggian pohon kedua atau T2 ditetapkan berdasarkan adanya bagian pohon yang terdeteksi secara visual mengalami pelapukan. Maka dari itu, apabila ada bagian yang memiliki tanda pelapukan secara visual dapat dibuktikan kebenarannya dengan pemeriksaan internal pohon. Persentase kayu lapuk yang dihasilkan pada setiap lapisan ketinggian pohon kemudian diklasifikasikan ke kategori kerusakan rendah, sedang, dan tinggi.

Kondisi internal batang beresiko rendah

Berdasarkan pemeriksaan kesehatan pohon secara internal, diperoleh 17 pohon atau sebanyak (65%) pohon yang beresiko rendah dari keseluruhan pohon sampel (Gambar 3). Jenis pohon yang beresiko rendah dapat dilihat pada Tabel 3. Pohon sampel yang memiliki kategori resiko rendah dengan skor 1 (Tabel 3) salah satunya yaitu jenis *Eucalyptus microcorys* pada petak XIV D. No.16. Jenis tersebut memiliki persentase kerusakan sebesar 0% pada setiap lapisan ketinggian pohon (*layer*) yang diambil (Gambar 4a).



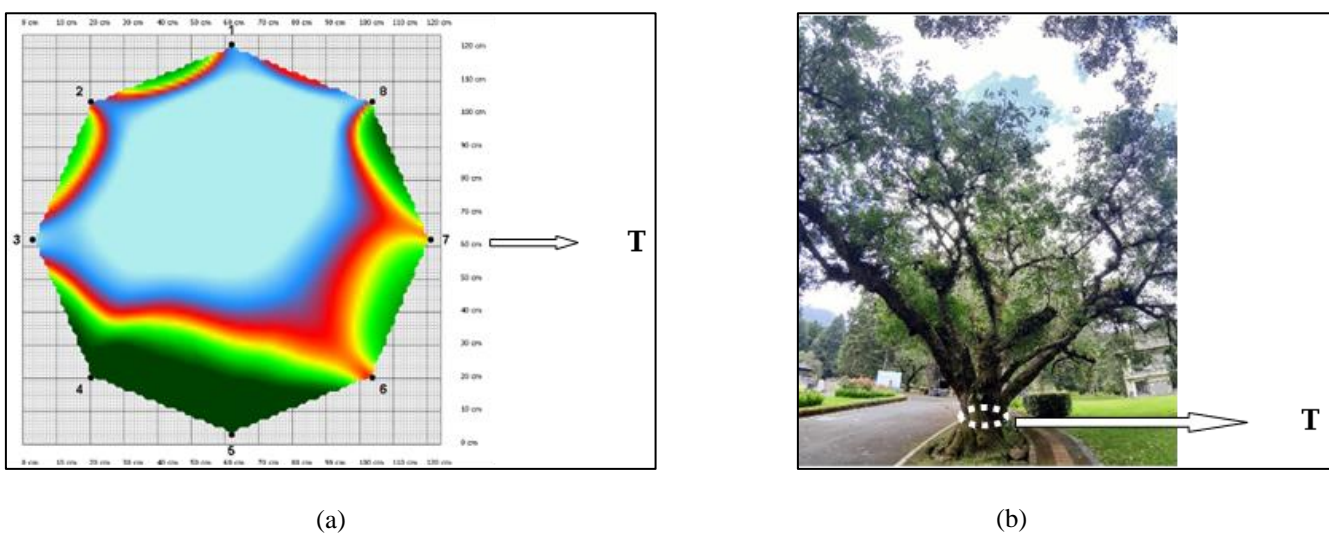
Gambar 4. Batang *Eucalyptus microcorys* (a) hasil tomogram *E. microcorys* dengan arborsonic, (b) kondisi visual *E. microcorys*. Keterangan: (T1) lapisan ketinggian pemeriksaan pertama, (T2) lapisan ketinggian pemeriksaan kedua.



Gambar 5. Batang *Castanospermum australe* (a) Hasil tomogram batang *C. australe*, (b) kondisi visual batang *C. australe*. Keterangan: (T1) lapisan ketinggian pemeriksaan pertama

Pemeriksaan kondisi kesehatan pohon secara visual memang terlihat adanya batang gerowong pada bagian yang menampilkan warna biru di hasil tomogram, khususnya pada ketinggian pohon 50 cm diatas permukaan tanah (Gambar 5b). Berdasarkan database ICRAF <http://db.worldagroforestry.org/>, batang kayu *C. australe* memiliki nilai *wood density* sebesar 0,68 (g/cm³). Sedangkan dalam klasifikasi kekuatan kayu menurut Oey (1990), rentang kerapatan kayunya masuk dalam kategori kelas kuat II. Bagian batang gerowong diamati, batang tersebut dipenuhi bubuk-bubuk kayu yang sudah lapuk dan ditemukan lubang bekas serangan hama

penggerek. Kondisi kerusakan yang terjadi pada bagian pangkal batang harus segera ditangani dengan melakukan pengisian menggunakan semen bagian yang telah berlubang atau yang disebut (*Cavity treatment*). Cara tersebut dilakukan untuk mencegah perlubangan yang lebih luas pada batang. Tidak hanya itu, *cavity treatment* juga dapat menopang keseimbangan pohon agar tidak mudah tumbang ketika mendapatkan terpaan angin secara berkala (Indrawati & Nurhasan, 2021). Terlebih pohon tersebut berada di lokasi yang sangat beresiko bagi keselamatan pengunjung kebun raya karena letaknya di pinggir jalan utama.



Gambar 6. Batang *Prunus cerasoides* (a) Hasil tomogram batang *P. cerasoides*, (b) kondisi visual batang *P. cerasoides*. Keterangan: (T2) lapisan ketinggian pemeriksaan kedua.

Kondisi internal batang beresiko tinggi

Pemeriksaan kesehatan pohon secara internal diperoleh 2 pohon atau sebanyak (8%) pohon yang beresiko sedang dari keseluruhan pohon sampel (Gambar 3). Pohon sampel yang memiliki kategori resiko tinggi dengan skor 3 (Tabel 3) meliputi jenis *Prunus cerasoides* yang terletak pada petak XIII.B No. 17 dan petak XII.A No. 3. Hasil tomogram batang pohon *P. cerasoides* pada petak XII.A No. 3 disajikan pada Gambar 6a yang menunjukkan bahwa kondisi internal batang menghasilkan citra warna biru yang artinya batang telah mengalami kondisi berlubang dengan persentase kerusakan sebesar 73% pada ketinggian pohon (T2) 100 cm di atas permukaan tanah.

Pohon sampel yang memiliki kategori resiko tinggi dengan skor 3 meliputi jenis *Prunus cerasoides* yang terletak pada petak XIII.B No. 17 dan petak XII.A No. 3. Hasil tomogram batang pohon *P. cerasoides* pada petak XII.A No. 3 disajikan pada Gambar 6. Berdasarkan database ICRAF (*International Council for Research in Agroforestry*), batang *P. cerasoides* memiliki nilai *wood density* sebesar 0,63 (g/cm³) dalam klasifikasi kekuatan kayu menurut Oey (1990), rentang tersebut masuk dalam kategori kelas kuat II, meskipun kelas kuat kayu dalam kategori yang baik tidak menjamin pohon tersebut tidak mengalami kerusakan pada bagian internal. Hal tersebut dapat disebabkan karena umur pohon yang sudah tua, dan kondisi lingkungan di Kebun Raya Eka Karya Bali yang sangat basah dapat memperburuk kondisi kerusakan pohon. Kerusakan pada bagian internal dapat dipengaruhi oleh adanya epifit, hama perusak tumbuhan, penyakit, dan jamur patogen.

Hasil tomogram (Gambar 6a) menunjukkan bahwa kondisi internal batang menghasilkan citra warna biru yang artinya batang telah mengalami kondisi berlubang dengan persentase kerusakan yaitu sebesar 73% pada ketinggian pohon (T2) yaitu 100 cm di atas permukaan tanah. Pohon *P. cerasoides* pada petak XII.A No. 3 memiliki resiko yang tinggi untuk tumbang karena kondisi batangnya yang tidak seimbang serta memiliki

banyak percabangan. Pemangkasan sangat diperlukan pada pohon tersebut untuk mencegah resiko pohon tumbang yang membahayakan keselamatan pengunjung. Kondisi lingkungan di daerah dataran tinggi menyebabkan kelembaban udara relatif tinggi ketika musim hujan, hal tersebut mendatangkan peluang besar terjadinya serangan jamur pada celah percabangan batang, dan pada bagian batang yang dipenuhi oleh lumut. Serangan jamur pelapuk kayu dapat membahayakan kesehatan pohon karena mampu menguraikan komponen utama kayu seperti lignin dan selulosa (Hasibuan et al., 2021). Pohon *P. cerasoides* menjadi pohon inang yang paling banyak ditumbuhi epifit diantara pohon sampel lainnya. Beberapa epifit yang ditemukan meliputi anggrek *Rhynchostylis retusa*, anggrek *Vanda tricolor*, paku *Davallia pentaphylla*, paku *Pyrosia atrascens*, paku *Goniophlebium subauriculatum*, lichens, lumut *Papillaria crocea*, dan *Dischidia immortalis*. Tumbuhan epifit hidup menempel pada pohon inang, menyerap nutrisi, serta air melalui akarnya. Epifit mampu memproduksi makanan sendiri, meskipun begitu, keberadaannya secara tidak langsung dapat memperburuk kondisi kesehatan pohon inang (Savira et al., 2021). Hal tersebut disebabkan karena aliran air hujan yang jatuh melalui batang akan tergenang pada bagian yang ditumbuhi epifit, sehingga menyebabkan pohon menjadi lapuk dan berlubang dalam jangka waktu yang panjang.

Korelasi penilaian kesehatan pohon internal dan visual

Uji korelasi Karl Pearson digunakan dalam penelitian ini untuk dapat menunjukkan hubungan antara kerusakan internal dengan kerusakan visual pohon yang ada di Kebun Raya Eka Karya Bali. Berdasarkan uji Karl Pearson, diperoleh nilai korelasi sebesar 0,691. Menurut Sugiyono (2007) rentang nilai tersebut berada dalam kategori korelasi positif yang kuat antara kedua variabel yaitu hasil pemeriksaan visual dan pemeriksaan internal (Tabel 4).

Tabel 4. Nilai korelasi hasil pemeriksaan visual dan internal

		Visual	Internal
Visual	Pearson Correlation	1	.691**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	26	26
Interna 1	Pearson Correlation	.691**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	26	26

Keterangan: **) Korelasi signifikan pada level 0.01 (2-tailed).

Hasil yang telah diperoleh pada Tabel 4 membuktikan bahwa manajemen kesehatan pohon di kebun raya akan lebih efektif dan akurat hasilnya jika dilakukan dengan dua metode pemeriksaan, yaitu pemeriksaan visual menggunakan *Tree Risk Assessment Form* yang telah dimodifikasi dari pedoman ISA (*International Society of Arboriculture*) dan didukung dengan pemeriksaan internal kesehatan pohon menggunakan alat *Arborsonic*. Hal tersebut dikarenakan hasil pemeriksaan secara visual saja belum dapat membuktikan kondisi kerusakan internal yang telah terjadi pada pohon target, maka dari itu kedua metode tersebut sangat penting dilakukan secara berkala pada pohon yang tumbuh pada kawasan ramai pengunjung di Kebun Raya Eka Karya Bali. Informasi yang diperoleh dari hasil pemeriksaan kesehatan pohon dapat bermanfaat untuk menentukan langkah lanjutan dalam pencegahan resiko pohon tumbang yang dapat membahayakan nyawa pengunjung.

SIMPULAN

Pemeriksaan kesehatan pohon besar dengan lingkaran batang >250 cm di Kebun Raya Eka Karya Bali terdiri atas 26 pohon sampel yang ditemukan pada kawasan ramai aktivitas pengunjung. Pemeriksaan secara visual dengan *Tree Risk Assessment Form* ditemukan sebanyak 19% pohon beresiko tinggi, 73% pohon beresiko sedang, dan 8% pohon beresiko rendah. Pemeriksaan secara internal dengan alat *Arborsonic* ditemukan sebanyak 65% pohon yang beresiko rendah, 27% pohon yang beresiko sedang, dan 8% beresiko tinggi. Jenis yang

beresiko tinggi baik dalam pemeriksaan visual maupun internal yaitu *Prunus cerasoides* yang terletak pada petak XIII.B No. 17 dan petak XII.A No. 3. Secara umum, kerusakan yang mendominasi pada pohon sampel adalah lapuk, karena kondisi iklim di kebun raya sangat basah sehingga memicu pertumbuhan epifit yang tinggi. Kerusakan internal dan kerusakan visual pohon memiliki hubungan atau korelasi positif yang kuat yaitu dengan nilai korelasi Pearson sebesar 0,691. Hasil tersebut telah membuktikan bahwa kedua metode pemeriksaan kesehatan pohon cukup efektif untuk mengetahui kondisi kerusakan pohon, sehingga dapat ditentukan langkah lanjutan dalam mencegah resiko pohon tumbang yang membahayakan keselamatan pengunjung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Kebun Raya Eka Karya Bali yang telah memberikan izin, dan fasilitas untuk jalannya penelitian ini. Terima kasih saya ucapkan kepada Dr. Ir. Made Ria Defiani, M.Sc. (Hons), Drs. I Ketut Sundra, M.Si., Dr. Ni Made Suartini, S.Si., M.Si., atas saran beserta masukan yang telah diberikan, dan juga saya ucapkan terima kasih kepada Ayyu Rahayu, M.P., atas bantuannya dalam penelitian ini.

KEPUSTAKAAN

- Badan Metereologi, Klimatologi dan Geofisika. 2021. *Laporan Iklim Tahunan*. Tidak dipublikasi, Stasiun Kembang Merta, Baturiti, Tabanan.
- Cristina M, Albuquerque DJ, Juliano N, Vasconcelos S, Almeida V, André A, Christoforo L, Antonio F, Lahr R. 2020. Evaluation of *Eucalyptus microcorys* wood properties. *Advances in Forestry Science* 7(4): 1197-1202.
- Darussalam AD, Sugiyanto DR, Lubis DP. 2021. Analisis krisis public relations pada peristiwa tumbangnya pohon di Kebun Raya Bogor. *PRofesi Humas Jurnal Ilmiah Ilmu Hubungan Masyarakat* 5(2): 251. DOI: 10.24198/prh.v5i2.29439

- Hanum SF, Darma IDP, Atmaja MB, Oktavia GAE. 2020a. Tree Risk Assessment with Sonic Tomograph Method at Bali Botanical Garden. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* **26(3)**: 233–243. DOI: 10.7226/JTFM.26.3.233
- Hanum SF, Iryadi R, Rahayu A, Bangun TM, Darma IDP, Sutomo. 2020b. Wood decay diagnostic of *Joannesia princeps* Vellozo at Bali Botanical Garden using arborsonic acoustic 3D tomograph. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **935(1)**. DOI: 10.1088/1757-899X/935/1/012069
- Hasibuan IR, Antara NS, Wijaya IMM. 2021. Isolasi dan Karakterisasi Jamur Pelapuk Putih Pendegradasi Lignin dari Limbah Cair Pulp dan Kayu Lapuk Eukaliptus (*Eucalyptus* sp). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri* **9(1)**: 119. DOI: 10.24843/jrma.2021.v09.i01.p12
- Helmanto H, Kristiati E, Wardhani FF, Zulkarnaen RN, Sahromi, Mujahidin, Rachmadiyah AN, Abdurachman. 2018. Tree health assessment of *Agathis borneensis* Warb. in Bogor Botanical Garden using arborsonic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **203(1)**. DOI: 10.1088/1755-1315/203/1/012032
- ICRAF (*International Council for Research in Agroforestry*). 2021. *Wood density database*. Diakses tanggal 12 September 2021 pada <http://db.worldagroforestry.org/>
- Indrawati I, Nurhasan N. 2021. The damage trees study for a good and save roadside greenery planning in Surakarta City, Central Java. *Journal of Physics: Conference Series* **1858(1)**. DOI: 10.1088/1742-6596/1858/1/012057
- Kurniasari L. 2019. Suksesi Vegetasi di Area Pasca Longsor Desa Banaran Kecamatan Pulung Kabupaten Ponorogo yang Dimanfaatkan sebagai Kajian Sumber Belajar Biologi. SKRIPSI. Universitas Muhammadiyah. Malang.
- Munasirah, Hendra M, Susanto D. 2018. Studi Produktivitas Air Aliran Batang Dan Lolosan Tajuk Pada Tegakan Mahang (*Macaranga gigantea*) Dan Bangkirai (*Shorea laevis*) di Kebun Raya UNMUL Samarinda, Kalimantan Timur. *Bioprospek* **13(2)**: 39–48
- Nandika D, Kusuma H, Kusumawardhani DT, Rumiati E, Tata, Karlinasari L, Siregar IZ. 2020. Health assessment of large and old trees in Ragunan Zoo, Jakarta. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **935(1)**. DOI: 10.1088/1757-899X/935/1/012072
- Ningrum LW. 2020. Pemantauan Pohon Beresiko Patah / Tumbang di Sepanjang Pagar Utara Kebun Raya Purwodadi Kebun Raya Purwodadi (KR Purwodadi) yang miring, atau mengalami kerusakan secara situ, pendidikan lingkungan, penelitian, dan beresiko patah / tumbang ini dilaku. *Prosiding Seminar Nasional Biologi di Era Pandemi COVID-19*. Gowa, 243–252. DOI: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/psb/>
- Oey D. 1990. *Berat jenis dari jenis-jenis kayu Indonesia untuk keperluan praktek*. Lembaga Penelitian Hasil Hutan: Bogor.
- Prasetio RN, Peran SB, Bakri S. 2021. Analisis Kesesuaian Fungsi Pohon dan Model Arsitekturnya di Rumah Sakit Idaman Banjarbaru. *Jurnal Sylva Scientiae* **04(1)**: 138–151
- Rachmadiyah AN, Helmanto H, Rinandio DS, Abdurachman. 2019. Tree Health Analyzing of Malvaceae Collections in Bogor Botanical Gardens. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **298(1)**. DOI: 10.1088/1755-1315/298/1/012017
- Rahayu A. 2021. Analysis of Cinnamomum Land Suitability and The Conservation Efforts at Eka Karya Bali Botanic Garden. *Agrikultura* **31(3)**: 214. DOI: 10.24198/agrikultura.v31i3.30546
- Ruba VCF, Utami NWF, Adnyana GM. 2015. Pemeliharaan Fisik Taman Nostalgia Kota Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Arsitektur Lansekap* **1(2)**: 58. DOI: 10.24843/jal.2015.v01.i02.p02
- Safitri WR. 2016. Analisa korelasi pearson dalam menentukan hubungan antara kejadian demam berdarah dengue dengan kepadatan penduduk di kota Surabaya pada tahun 2011–2014. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* **16**: 21–29
- Savira EN, Indriyanto, Asmarahman C. 2021. (Pteridophyte) in the collection block of wan

- abdul rachman great forest park. *Rimba Lestari* **01(01)**: 23–34
- Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Administrasi*, CV Alfabeta: Bandung.
- Suryanto, Wawan. 2017. Pengaruh Kemiringan Lahan dan *Mucuna bracteata* terhadap Aliran permukaan dan Erosi di PT Perkebunan Nusantara V Kebun Lubuk Dalam. *Jurnal FAPERTA* **4(1)**: 1–15
- Xuan Y, Xu L, Liu G, Zhou J. 2021. The potential influence of tree crown structure on the ginkgo harvest. *Forests* **12(3)**. DOI: 10.3390/f12030366
- Zuhri M, Sunandar D, Rustandi U, Nadhifah A, Kurniawati F, Iskandar EAP. 2018. The detection of wood decay of trees collection *Agathis borneensis* and *Castanopsis argentea* at the public area in Cibodas Botanical Garden. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **203(1)**. DOI: 10.1088/1755-1315/203/1/012034

Lampiran 1. Jenis-jenis pohon sampel yang diperiksa

No.	Nama Ilmiah	Suku	Nama Lokal	Jumlah Sampel
1.	<i>Casuarina junghuhniana</i>	Casuarinaceae	Cemara gunung	4
2.	<i>Dacrycarpus imbricatus</i>	Podocarpaceae	Jamuju	3
3.	<i>Castanospermum australe</i>	Fabaceae	Kacang hitam	2
4.	<i>Pinus caribaea</i>	Pinaceae	Pinus	2
5.	<i>Prunus cerasoides</i>	Rosaceae	Sakura	2
6.	<i>Syzygium polyanthum</i>	Myrtaceae	Salam	2
7.	<i>Agathis borneensis</i>	Araucariaceae	Damar	1
8.	<i>Agathis</i> sp.	Araucariaceae	Damar	1
9.	<i>Araucaria bidwillii</i>	Araucariaceae	Bunya-bunya	1
10.	<i>Bischofia javanica</i>	Phyllantaceae	Gintungan	1
11.	<i>Cinnamomum camphora</i>	Lauraceae	Kamper	1
12.	<i>Cupressus cashmeriana</i>	Cupressaceae	Cemara	1
13.	<i>Cupressus lusitanica</i>	Cupressaceae	Cemara	1
14.	<i>Eucalyptus microcorys</i>	Myrtaceae	Eukaliptus	1
15.	<i>Ficus benjamina</i>	Moraceae	Beringin	1
16.	<i>Macadamia hildebrandii</i>	Proteaceae	Maladewa	1
17.	<i>Toona sureni</i>	Meliaceae	Suren	1