

Scientific Article

KAJIAN KONSENTRASI PENGUNJUNG DAN INFRASTRUKTUR TERHADAP DINAMIKA KEMATIAN KOLEKSI POHON DI KEBUN RAYA BOGOR

Study of the visitor concentration and infrastructure on the dynamics of tree collection mortality in Bogor Botanic Gardens

Dwi Setyanti^{1*}, Nurhayati², Didit Okta Pribadi³

¹Direktorat Pengelolaan Koleksi Ilmiah - BRIN

Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46, Cibinong, Kabupaten Bogor 16911

²Departemen Arsitektur Lansekap, Fakultas Pertanian, IPB University

Jl. Meranti Kampus IPB, Kelurahan Dramaga, Kabupaten Bogor 16680

³Pusat Riset Ekonomi Perilaku dan Sirkuler - BRIN

Jl. Jenderal Gatot Subroto 10, Jakarta 12710

Informasi Artikel

Diterima/Received : 10 Januari 2023

Disetujui/Accepted : 17 Agustus 2023

Diterbitkan/Published : 30 Agustus 2023

*Koresponden E-mail :
 setyanti.uwie@gmail.com

DOI: [10.55981/bkr.2023.1362](https://doi.org/10.55981/bkr.2023.1362)

Cara mengutip

Setyanti D, Nurhayati, Pribadi DO. 2023.
 Kajian konsentrasi pengunjung dan infrastruktur terhadap dinamika kematian koleksi pohon di Kebun Raya Bogor. Buletin Kebun Raya 26(2): 52–61.
 DOI: [10.55981/bkr.2023.1362](https://doi.org/10.55981/bkr.2023.1362)

Kontributor

Kontributor Utama/Main author:

Dwi Setyanti

Nurhayati

Didit Okta Pribadi

Kontributor Anggota/Author member:

-

Keywords: Bogor Botanic Gardens, infrastructure, landscape management, plant collection, visitor

Kata Kunci: infrastruktur, Kebun Raya Bogor, koleksi tumbuhan, pengelolaan lanskap, pengunjung

Abstract

The death of the tree collection, one of the aspects of the dynamic documented collection, is an indicator of the sustainability of Bogor Botanic Gardens (BBG) landscape management. Visitors and infrastructure factors have yet to be studied directly. The study aimed to examine visitors' concentration and infrastructure development to support the sustainability of tree collections in BBG. The result was obtained by analyzing the dynamics of tree collection mortality to the spatial distribution of visitors' concentration and infrastructure development. The relationship between the tree collection mortality is separately and simultaneously described by linear regression, meanwhile, the variables' contribution is explained using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method to be tree management collection review material in BBG. Even though the relationship results are not statistically significant, the areas with high tree collection mortality need more attention in landscape management to sustain BBG tree collections, especially in visitor management and infrastructure development. An overview of landscape management for the sustainability of the BBG collection identified in the framework of the institution's objectives as conservation, research, education, tourism, and environmental services, is hoped that the perspective will become valuable input for planning and management of BBG in the future.

Abstrak

Kematian koleksi pohon sebagai salah satu aspek dinamika koleksi yang terdokumentasi menjadi salah satu indikator keberlanjutan pengelolaan lanskap Kebun Raya Bogor (KRB). Faktor pengunjung dan infrastruktur belum dikaji pengaruh langsungnya dengan kematian koleksi KRB. Penelitian ini bertujuan mengkaji konsentrasi pengunjung dan infrastruktur untuk mendukung pengelolaan keberlanjutan koleksi pohon di KRB. Hasil tersebut diperoleh dengan menganalisis dinamika kematian koleksi pohon terhadap sebaran spasial variabel konsentrasi pengunjung dan pembangunan infrastruktur. Hubungan antara kedua variabel terhadap kematian pohon koleksi baik secara terpisah maupun simultan diolah dengan regresi linear, sedangkan kontribusi kedua variabel terhadap koleksi mati dijelaskan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sehingga dapat menjadi bahan tinjauan pengelolaan koleksi pohon di KRB. Secara statistik, hubungan konsentrasi pengunjung dan pembangunan infrastruktur terhadap dinamika kematian koleksi pohon tidak signifikan, namun kawasan dengan mortalitas koleksi pohon yang tinggi perlu mendapat perhatian lebih dalam pengelolaan lanskap untuk kelestarian koleksi pohon, terutama dalam pengelolaan pengunjung dan pembangunan infrastruktur. Tinjauan pengelolaan lanskap untuk keberlanjutan koleksi KRB dari variabel konsentrasi pengunjung dan infrastruktur tersebut diidentifikasi dalam kerangka mencapai tujuan lembaga dalam konservasi, penelitian, pendidikan, wisata dan jasa lingkungan. Tinjauan pengelolaan lanskap tersebut diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam perencanaan dan pengelolaan KRB di masa mendatang.

PENDAHULUAN

Kebun Raya didefinisikan sebagai institusi yang mengelola koleksi tumbuhan hidup terdokumentasi yang ditata berdasarkan pola tertentu untuk tujuan konservasi, penelitian ilmiah, *display* pendidikan, wisata, dan jasa lingkungan (Jackson & Sutherland 2000; Perpres No. 93 Tahun 2011). Kebun Raya Bogor (KRB) dalam usahanya menjalankan fungsi konservasi tumbuhan hingga usianya yang ke-200 pada tahun 2017 tercatat memiliki 12.746 spesimen koleksi hidup, yang terdiri atas 219 suku, 1.229 marga dan 3.276 jenis, serta koleksi anggrek menyumbangkan sekitar 9.600 spesimen dari 106 marga dan 589 jenis (Ariati & Widyatmoko 2019). Dengan kekayaan tumbuhan tersebut, KRB menjadi ruang terbuka hijau terbesar yang masih tersisa di Kota Bogor dan dilengkapi pemandangan yang didominasi oleh lanskap yang datar diselingi dengan area bergelombang.

Lanskap yang berkelanjutan dapat diartikan sebagai lanskap yang memiliki keseimbangan antar elemennya dan memiliki biodiversitas tinggi, baik genetik, jenis, maupun ekosistem (Cook & VanDerZanden 2011). Oleh karena itu, pengelolaan lanskap kebun raya untuk mempertahankan keragaman tersebut menjadi kewajiban bagi pengelola untuk mencapai kondisi ekosistem yang terjamin keberlanjutannya. Jumlah koleksi sebagai indikator keberlanjutan pengelolaan lanskap KRB terus berubah seiring dengan dokumentasi dinamika koleksi yang terjadi, seperti: penanaman koleksi baru, kematian, relokasi, maupun koleksi yang tumbuh kembali.

Kematian koleksi menyebabkan penurunan jumlah koleksi tumbuhan suatu kebun raya. Kematian tersebut diakibatkan oleh berbagai faktor, baik biotik maupun abiotik. Faktor biotik seperti hama dan penyakit tanaman telah diidentifikasi sebagai penyebab kerusakan pada bagian akar, batang maupun tajuk pohon koleksi (Helmanto *et al.* 2018). Faktor abiotik seperti bencana angin puting beliung diketahui menjadi penyebab kematian koleksi (Hidayat *et al.* 2007) dan kondisi kesuburan tanah di KRB telah diidentifikasi sebagai faktor yang mempengaruhi kesehatan koleksi (Rachmadiyanto *et al.* 2020). Di lembaga konservasi tumbuhan serupa, analisis parameter iklim terhadap kematian koleksi tumbuhan di Kebun Raya Cibodas (KRC) telah berhasil mengidentifikasi angin kencang saat cuaca ekstrem sebagai salah satu faktor abiotik penyebab pohon tumbang yang signifikan (Hidayat & Widyatmoko 2021). Informasi faktor-faktor penyebab kematian koleksi lainnya masih perlu ditelusuri lebih lanjut sebagai masukan untuk mendukung pengelolaan keberlanjutan koleksi di KRB.

Dimensi fungsi koleksi tumbuhan hidup yang dimiliki sebuah kebun raya untuk konservasi, *display* dan pendidikan membawa konsekuensi perluasan perannya

sebagai objek wisata publik terutama di area perkotaan (Krishnan & Novy 2016). Kebun Raya Bogor yang terletak di pusat Kota Bogor menjadi objek wisata yang penting karena mayoritas motivasi pengunjung untuk berwisata (Hengky & Kikvidze 2018). Konsentrasi pengunjung terhadap lokasi dan fitur KRB dapat menggambarkan konsentrasi pengunjung di beberapa titik (Hadi *et al.* 2017). Potensi pengaruh konsentrasi pengunjung terhadap koleksi tumbuhan memerlukan analisis lebih lanjut. Hal ini diperkuat oleh *Queensland Cooperative Research Centres for Sustainable Tourism Pty Ltd.* yang melaporkan tentang adanya potensi dampak pengunjung kawasan lindung dari segi jumlah, periode, kebisingan maupun aktivitas yang mempengaruhi kondisi kehidupan liar, baik flora maupun fauna (Hadwen *et al.* 2008).

Pembangunan infrastruktur untuk kepentingan hunian dan komersial secara global telah diidentifikasi dalam oleh *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) sebagai ancaman terbesar keempat terhadap kehidupan tumbuhan dan jamur (Lughadha *et al.* 2020). Pada skala kebun raya, terdapat potensi gangguan pembangunan infrastruktur terhadap koleksi tumbuhan karena berkembangnya kebutuhan pengelola maupun layanan pengunjung. Oleh karena itu, perlu analisis lebih lanjut terkait pembangunan infrastruktur kebun raya dengan mempertimbangkan fungsi utamanya sebagai kawasan konservasi untuk pertimbangan pengelolaan dalam merencanakan pembangunan di masa mendatang.

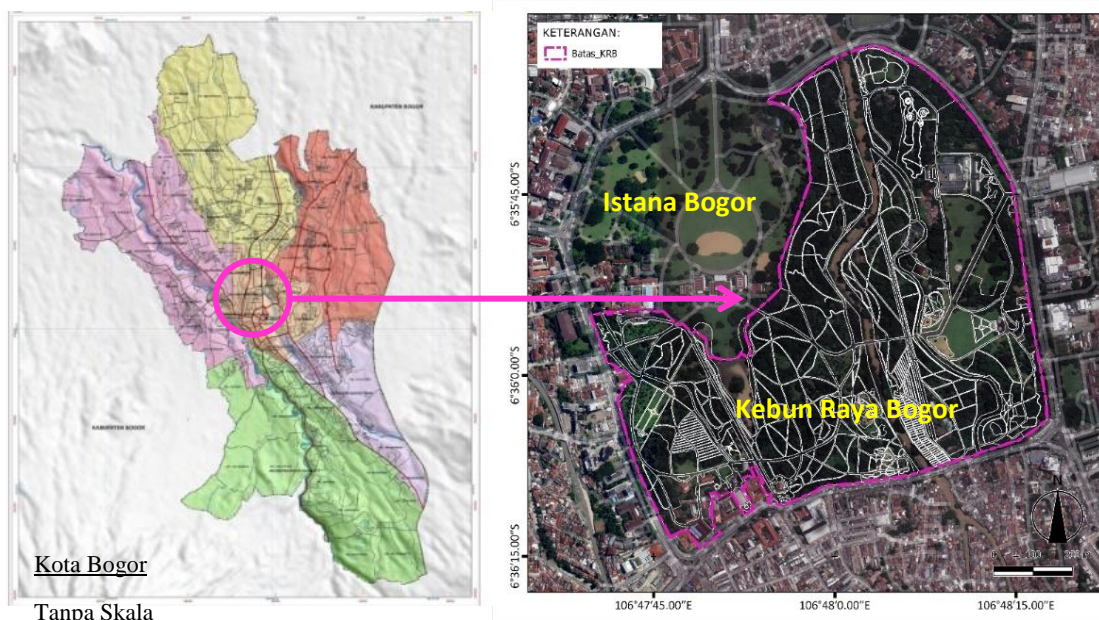
Kebun raya memiliki tugas utama melakukan konservasi tumbuhan, namun di sisi lain tidak dapat mengabaikan fungsinya sebagai destinasi wisata yang terus dibangun demi meningkatkan pelayanannya. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian konsentrasi pengunjung dan pembangunan infrastruktur untuk mendukung pengelolaan keberlanjutan koleksi pohon di KRB. Penelitian ini bertujuan mengkaji konsentrasi pengunjung dan pembangunan infrastruktur untuk mendukung pengelolaan keberlanjutan koleksi pohon di KRB. Hasil tersebut diperoleh dengan menganalisis dinamika kematian koleksi pohon terhadap sebaran spasial variabel konsentrasi pengunjung dan pembangunan infrastruktur. Hubungan antara kedua variabel terhadap kematian pohon koleksi baik secara terpisah maupun simultan diolah dengan regresi linear, sedangkan kontribusi kedua variabel terhadap koleksi mati dijelaskan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sehingga dapat menjadi bahan tinjauan pengelolaan koleksi pohon di KRB. Hasil analisis tersebut diharapkan dapat menjadi pertimbangan pengelola dalam menentukan strategi pengelolaan lanskap yang lebih baik di masa mendatang.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2019 – Oktober 2020 di Kebun Raya Bogor. Kawasan konservasi ini semula dikelola oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dan sejak tahun 2021 bergabung dalam Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Lokasi penelitian terletak di pusat Kota Bogor,

sekitar 60 km arah selatan dari ibukota negara, Jakarta, dengan koordinat 6°35'33"–6°36'13" LS dan 106°47'40"–106°48'18" BT (Gambar 1). Luas lokasi penelitian total 87 hektar, dengan ketinggian tempat sekitar 257 mdpl. Curah hujan rata-rata tahunan berkisar antara 4.000–5.000 mm, dengan puncak tertinggi di Bulan Desember dan Januari. Suhu udara rata-rata 24°C, dengan kisaran 20–33°C (Ariati & Widyatmoko 2019).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Kebun Raya Bogor (Sumber: Googlemap dengan modifikasi, 2019)

Tahapan pelaksanaan

Objek penelitian adalah koleksi pohon karena merupakan elemen mayor yang membentuk rona lanskap. Data yang digunakan dalam penelitian berupa pohon koleksi mati, konsentrasi pengunjung dan infrastruktur terbangun di KRB. Data pohon koleksi mati yang digunakan berupa data selama 20 tahun (1999–2018), dengan atribut berupa lokasi (vak), nomor koleksi, nama jenis, suku, tahun kematian, dan penyebab kematian. Data koleksi tersebut diperoleh dari Unit Registrasi Koleksi Kebun Raya Bogor – BRIN. Data konsentrasi pengunjung adalah data tahun 2016 per vak yang telah diolah oleh Hadi *et al.* (2017). Penelitian tersebut juga mengidentifikasi konsentrasi pengunjung terhadap lokasi dan fitur lanskap di KRB menggunakan *GPS tracking* dan foto dengan informasi lokasi koordinat geografis atau *geotagged photos*. Jumlah *geotagged photos* per vak diolah kembali dan dikonversi ke dalam bentuk persentase.

Data infrastruktur bangunan per vak didapatkan dari Unit Registrasi Koleksi Kebun Raya Bogor – BRIN dalam bentuk data spasial peta kebun digital. Data-data tersebut kemudian dilengkapi dengan data geolokasi dan data foto kondisi lokasi pohon koleksi yang mati yang

berasal dari survei lapangan pada area terpilih untuk memverifikasi hasil pada tahap analisis.

Analisis data

Data sebaran spasial pohon koleksi mati, sebaran spasial konsentrasi pengunjung dan infrastruktur bangunan dalam bentuk titik geolokasi dianalisis dalam bentuk sebaran spasial persentase per vak. Data spasial kemudian dianalisis menggunakan bantuan perangkat lunak QGIS 3.6 dengan skala yang sama. Peta analisis yang dihasilkan yaitu: sebaran spasial pohon koleksi mati, sebaran spasial konsentrasi pengunjung, dan data luas infrastruktur bangunan per vak.

Data per vak yang memuat lokasi dan jumlah kematian pohon koleksi, konsentrasi pengunjung dan data infrastruktur bangunan dianalisis secara statistik menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk mendapatkan hubungan dalam bentuk persamaan regresi linear sederhana antara persentase kematian pohon dengan konsentrasi pengunjung dan kematian pohon dengan luas infrastruktur bangunan. Analisis regresi adalah studi tentang keterhubungan satu variabel dependen (terikat) dengan satu atau lebih variabel independen (variabel penjelas/bebas) untuk memprediksi rata-rata populasi atau nilai rata-rata variabel dependen

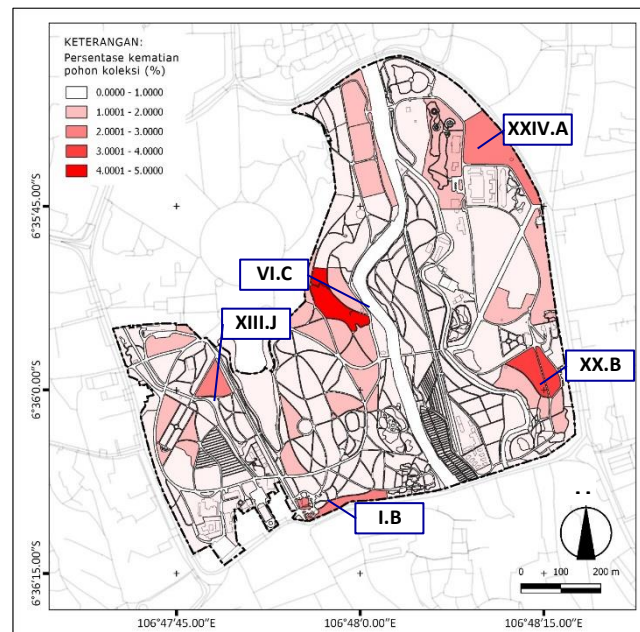
berdasarkan nilai variabel independen yang diketahui (Kutner *et al.* 2004). Dalam penelitian ini variabel dependen berupa pohon koleksi mati per vak, dan variabel independen masing-masing berupa konsentrasi pengunjung serta infrastruktur per vak. Ketiga data tersebut juga dianalisis secara simultan untuk mendapatkan persamaan regresi linear berganda. Analisis ini digunakan untuk melihat pengaruh kedua variabel independen terhadap jumlah pohon koleksi mati sebagai variabel dependen.

Variabel independen konsentrasi pengunjung dan infrastruktur kemudian dianalisis dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan perangkat lunak *Expert Choice 11* untuk menentukan variabel yang lebih mendominasi berdasar persepsi tiga orang responden ahli. Metode ini diawali tahapan mendefinisikan masalah dan ruang lingkungannya; menyusun struktur hierarki masalah, mulai dari menetapkan tujuan, kriteria hingga alternatif; menyusun matriks perbandingan berpasangan antar variabel; dan memberi bobot nilai pada matriks dengan membandingkan variabel kolom dengan variabel baris berdasarkan skala angka 1–9 yang telah ditetapkan (Saaty 2008). Untuk menghindari bias dari persepsi responden ahli, maka selain variabel konsentrasi pengunjung dan pembangunan infrastruktur, ditambahkan faktor kemiringan lahan sebagai faktor fisik dan kepadatan populasi pohon koleksi sebagai faktor biologis. Pemilihan kedua variabel tambahan tersebut dianggap mewakili karena kestabilan tegakan pohon dipengaruhi oleh faktor fisik seperti angin, topografi dan kondisi tanah; dan faktor fisiologis seperti: karakter jenis, dimensi pohon, respons pertumbuhan dan kesehatan koleksi, serta kepadatan tegakan pohon (Rohner *et al.* 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran spasial pohon koleksi mati

Distribusi sebaran koleksi mati berhabitus pohon yang dinyatakan dalam persentase per vak koleksi ditampilkan dalam Gambar 2. Persentase dihitung berdasarkan jumlah total pohon koleksi mati sejumlah 3.197 spesimen. Persentase terendah adalah 0% (0 spesimen) dan persentase tertinggi 4,22% (135 spesimen). Simbol warna digunakan untuk memudahkan interpretasi secara spasial di mana warna merah yang lebih tua menunjukkan persentase kematian koleksi yang lebih tinggi (Gambar 2).



Gambar 2. Peta sebaran pohon koleksi mati Kebun Raya Bogor tahun 2018

(Sumber: diolah kembali dari Setyanti *et al.* 2020)

Persentase dalam interval tertinggi pertama kematian pohon koleksi pada tahun 1999–2018 sebesar 4,22% (135 spesimen) terjadi di Vak VI.C yang didominasi oleh tegakan pohon koleksi suku Myrtaceae (jambu-jambuan) dan Clusiaceae (manggis-manggisan). Kondisi lapang pada Vak VI.C mempunyai topografi curam, kemiringan 25-45% (Gambar 3A). Jumlah kematian tertinggi didukung oleh fakta bahwa vak tersebut adalah vak yang mengalami dampak paling parah dalam bencana alam angin ribut pada tahun 2006, di mana tercatat lebih dari total 200 koleksi tumbuhan rusak dan mati, sehingga memaksa pengelola menutup kebun untuk sementara waktu (Hidayat *et al.* 2007). Koleksi tumbang dan/atau rusak karena terdampak di Vak VI.C. sebagian besar adalah anggota suku Clusiaceae, diantaranya: *Mesua ferrea* L., *Garcinia forbesii* King, *Garcinia celebica* L., dan *Garcinia nigrolineata* Planch. ex T.Anderson. Tingginya kematian koleksi tersebut sebagian besar disebabkan karena tumbang dan akibat faktor lingkungan abiotik seperti kekeringan dan bencana alam angin ribut (Setyanti *et al.* 2020).

Pada interval persentase peringkat kedua, lokasi kematian pohon koleksi terjadi pada Vak XX.B yang sebagian besar beranggotakan suku Lauraceae (medang-medangan) sebanyak 3,10% (99 spesimen). Lokasi tersebut merupakan lokasi yang terbuka dengan topografi datar dan drainase yang baik (Gambar 3B). Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, sebagian besar kematian pohon koleksi terjadi pada usia dewasa dan dalam waktu yang singkat dan ditandai dengan tanda bekas serangan hama (Gambar 3C). Koleksi suku Lauraceae yang mati pada vak tersebut antara lain *Litsea umbellata* (Lour.)

Merr., *Neolitsea cassiifolia* (Blume) Merr., *Cinnamomum dubium* Nees, dan *Cinnamomum* sp.

Pada interval peringkat ketiga, persentase kematian tertinggi terjadi pada tiga vak, yaitu: Vak XXIV.A sebesar 2,41% (77 spesimen) yang merupakan vak suku campuran, Vak I.B sebesar 2,41% (77 spesimen) yang ditempati oleh koleksi suku Fabaceae (polong-polongan), dan Vak XIII.J sebesar 2,25% (72 spesimen) yang ditempati oleh koleksi suku Araliaceae (ginseng-ginsengan). Kondisi masing-masing vak dengan kematian tertinggi ketiga

berbeda-beda. Vak XXIV.A (Gambar 3D) dan XIII.J (Gambar 3E) memiliki topografi datar, berdrainase buruk serta tergenang saat hujan dan tegakan pohon jarang, sedangkan Vak I.B memiliki kondisi topografi relatif datar, berdrainase baik dengan tegakan pohon yang rapat (Gambar 3F). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa kondisi fisik (tanah dan topografi) dan kepadatan tegakan pohon mempengaruhi kestabilan tegakan pohon (Rohner *et al.* 2017).



a. Vak VI.C



b. Vak XX.B

c. Tanda serangan hama penggerek batang pada *Cinnamomum* sp.

d. Vak XXIV.A



e. Vak XIII.J



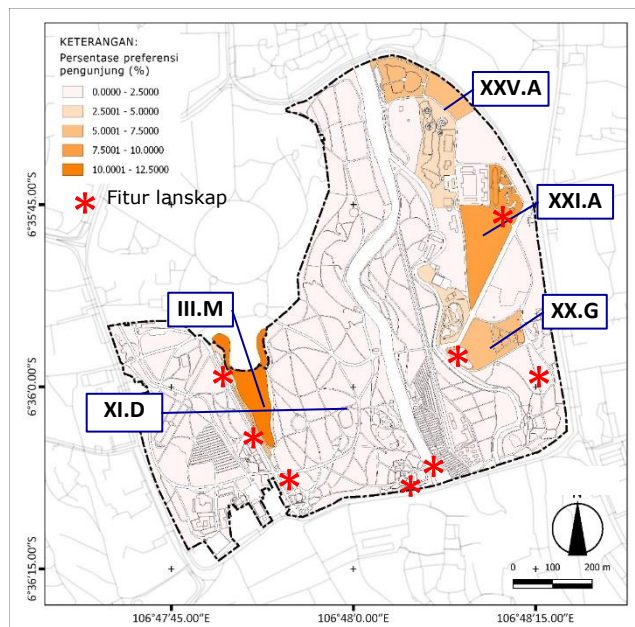
f. Vak I.B

Gambar 3. Kondisi vak terpilih yang banyak terdapat pohon koleksi mati di Kebun Raya Bogor

Sebaran spasial konsentrasi pengunjung

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hadi *et al.* (2017), telah diidentifikasi lokasi vak dengan konsentrasi tinggi atau *hotspot* pengunjung KRB. Analisis ini berdasarkan total 1.710 foto yang diambil oleh

responden dengan informasi lokasi koordinat geografis dan ditampilkan kembali dengan simbol konsentrasi pengunjung dalam gradasi warna (Gambar 4).



Gambar 4. Peta sebaran spasial konsentrasi pengunjung Kebun Raya Bogor
(Sumber: diolah kembali dari Hadi *et al.* 2017)

Vak III.M (area Kolam Gunting atau Srigunting Pond) mempunyai persentase jumlah pengunjung tertinggi, yaitu 10,93%. Area dengan latar belakang bangunan Istana Bogor tersebut merupakan daya tarik utama yang disukai pengunjung untuk berfoto. Vak XXI.A dengan persentase 8,49% termasuk dalam interval konsentrasi pengunjung terbanyak kedua, meliputi area lapangan rumput (*lawn*) dan Griya Anggrek (*Orchid Interior Garden*).

Pada interval konsentrasi tertinggi ketiga, secara berurutan terdapat tiga vak dengan kunjungan yang cukup tinggi, yaitu: Vak XX.G dengan persentase 7,32% meliputi area Kolam Teratai Raksasa (*Lotus Pond*), Vak XI.D dengan persentase 5,61% karena terdapat plaza yang luas dengan latar belakang Kolam Gunting, dan Vak XXV.A dengan persentase 5,56% karena terdapat fitur Taman Bhinneka yang memiliki hamparan rumput dan pemandangan yang indah.

Beberapa *hotspot* konsentrasi pengunjung pada penelitian sebelumnya tidak terrepresentasikan dengan baik karena titik pengambilan foto terbagi sesuai lokasi vak koleksi, misalnya Monumen Lady Raffles (Vak XIII.F), Taman Meksiko (Vak II.O dan Vak II.O.I sampai II.O.X), Koleksi Kayu Manis (Vak Lauraceae – XX.B) dan Fitur Jembatan Merah (Taman Meksiko).

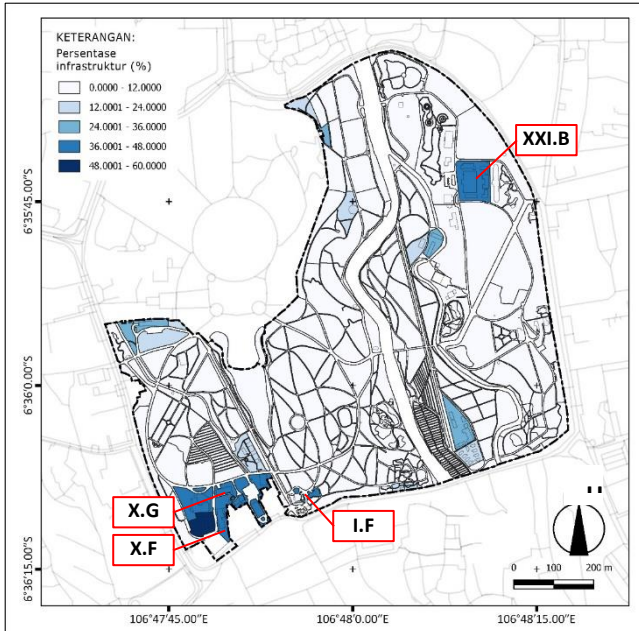
Sebanyak 45,91% foto responden sebagai pengunjung KRB menjadikan tumbuhan sebagai objeknya, meskipun sebagian besar bukan koleksi melainkan tanaman yang ditujukan untuk keindahan. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak terjadi banyak gangguan kunjungan terhadap koleksi terutama yang berhabitus pohon. Penyebab tidak signifikannya gangguan pengunjung terhadap koleksi dipertegas oleh penelitian

sebelumnya yang menyatakan bahwa persepsi pengunjung secara umum terhadap KRB adalah sebagai tempat rekreasi. Di area perkotaan, penataan *display* kebun raya yang indah dan menarik turut berkontribusi positif meningkatkan kunjungan rekreasi publik (Krishnan & Novy 2016). Di sisi lain, hal tersebut juga dapat mengindikasikan kurangnya penyadartahuan masyarakat tentang fungsi utama KRB sebagai tempat konservasi tumbuhan, penelitian dan pendidikan oleh pengelola (Mamiri & Gunawan 2020).

Sebaran spasial konsentrasi infrastruktur

Keberadaan infrastruktur bangunan di KRB telah dievaluasi kembali pada tahun 2003 melalui kegiatan Penyusunan Masterplan Kebun Raya Nasional oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) (2003). Penataan ruang terbangun KRB dalam masterplan tersebut tidak mengalami perubahan yang signifikan karena didominasi oleh kegiatan penataan kembali dan revitalisasi bangunan, sehingga pengembangan di masa mendatang tidak menutup rona lanskap dengan lahan terbangun. Sebagai contoh, penataan kembali kompleks Rumah Kaca Induk untuk Taman Anggrek dan Laboratorium Kultur Jaringan dilaksanakan di lokasi semula dan diselesaikan oleh PUPR pada akhir tahun 2020 (Kementerian PUPR 2022).

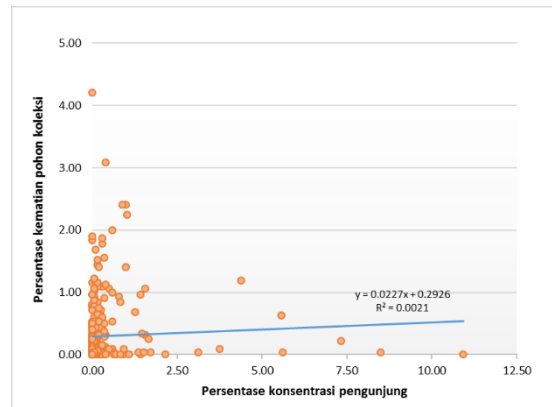
Secara umum, area terbangun di KRB telah mengikuti panduan internasional perencanaan dan desain kebun raya sebagai sebuah kawasan konservasi, yaitu penyusunan massa bangunan secara berkelompok dalam rangka menyediakan ruang yang lebih luas bagi area bervegetasi (Kumble & Houston 2009). Konsentrasi infrastruktur bangunan terbagi pada beberapa area di KRB ditunjukkan pada Gambar 5. Vak yang memiliki bangunan paling padat pada interval persentase tertinggi adalah Vak X.F. Tutupan lahan bangunan pada lokasi tersebut sebesar 58,05% tutupan lahan. Bangunan pada lokasi ini termasuk zona penelitian yaitu kompleks Laboratorium Mikrobiologi yang sudah dialihfungsikan menjadi bagian dari kantor pengelola. Area pada interval urutan ketiga sebaran pembangunan infrastruktur adalah Vak X.G, XXI.B, dan I.F. Vak X.G mempunyai tutupan bangunan sebesar 46,24%, yaitu: bangunan Gedung Konservasi, Laboratorium Treub, Bank Biji, dan *Guesthouse* Nusa Indah. Dalam masterplan KRB, kompleks ini berfungsi sebagai penerimaan pengunjung dan pendidikan karena termasuk dalam zona penerima. Vak XXI.B dengan persentase infrastruktur bangunan sebesar 41,40%, termasuk dalam zona penelitian dan didominasi oleh bangunan Rumah Kaca Anggrek dan Laboratorium Kultur Jaringan. Vak I.F mempunyai persentase bangunan sebesar 40,78% karena mempunyai infrastruktur Gedung Graha Sambhrama dalam zona penerima utama KRB.



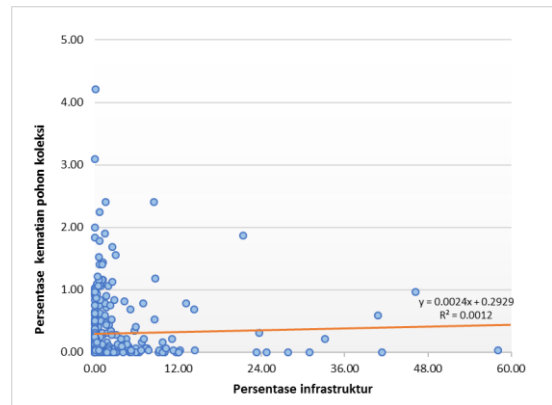
Gambar 5. Peta sebaran spasial pembangunan infrastruktur Kebun Raya Bogor

Hubungan kematian pohon koleksi dengan konsentrasi pengunjung

Koleksi kebun raya mempunyai kriteria ilmiah dan sistem pendokumentasian koleksi tumbuhan yang spesifik sebagai prinsip dasar yang harus dipenuhi. Konsep keilmiah inilah yang membedakan kebun raya dengan taman ornamental biasa (Jackson & Sutherland 2000). Di KRB, sistem pendokumentasian dilaksanakan oleh Unit Registrasi Koleksi, sehingga memungkinkan analisis terhadap data kematian pohon koleksi mulai tahun 1999 hingga 2018. Data kematian dalam bentuk persentase per vak dibandingkan dengan persentase pengunjung per vak menggunakan metode regresi linear dan menghasilkan persamaan $Y = 0,2926 + 0,0227X$. Kemiringan positif grafik regresi linear pada Gambar 6A menunjukkan hubungan berbanding lurus antara kedua variabel, namun tidak signifikan. Konsentrasi pengunjung pada lokasi vak sangat sedikit mempengaruhi peningkatan kematian koleksi sebesar 0,21%, yang dikonfirmasi oleh nilai $R^2 = 0,0012$. Sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya terhadap perilaku vandalisme oleh pengunjung yang telah dilakukan di KR Cibodas terhadap tumbuhan, gangguan hanya berupa aktivitas mengambil atau mematahkan bagian tanaman (Permatasari & Munandar 2020). Aktivitas vandalisme terhadap tumbuhan terbukti meningkat seiring dengan tingginya jumlah pengunjung. Objek yang paling rentan terdampak gangguan vandalisme adalah tanaman penutup tanah, sedangkan pohon menempati peringkat ketiga objek terdampak vandalisme setelah semak. Tindakan vandalisme pengunjung kebun raya terhadap pohon belum pada taraf yang dapat menyebabkan kematian.



a. terhadap konsentrasi pengunjung



b. terhadap konsentrasi infrastruktur

Gambar 6. Grafik hubungan antara kematian pohon koleksi terhadap konsentrasi pengunjung dan infrastruktur

Hubungan kematian pohon koleksi dengan konsentrasi infrastruktur

Data kematian koleksi tanaman dalam bentuk persentase per vak dibandingkan dengan persentase luasan infrastruktur pada masing-masing vak untuk membuktikan pengaruh pembangunan terhadap pohon koleksi. Analisis regresi linear menghasilkan persamaan $Y = 0,2929 + 0,0024X$ dengan kemiringan positif yang landai (Gambar 6B). Hal ini mengindikasikan pengaruh konsentrasi infrastruktur tidak signifikan. Hanya sejumlah 0,12% kematian koleksi yang dipengaruhi oleh adanya konsentrasi infrastruktur dengan nilai $R^2=0,0012$. Di sisi lain, penelitian mengenai pengaruh aktivitas pembangunan infrastruktur terhadap pohon perkotaan membuktikan bahwa kegiatan tersebut sangat mempengaruhi kondisi area perakaran yang dapat mempengaruhi kesehatan dan umur pohon (Watson *et al.* 2014). Kecilnya hubungan antara keberadaan infrastruktur dan kematian koleksi di KRB mengindikasikan prioritas pengelola telah mengutamakan aspek konservasi tumbuhan, sehingga aktivitas pembangunan infrastruktur diusahakan seminimal mungkin mengganggu keselamatan koleksi. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian pelaksanaan komponen pengelolaan pengunjung yang berkelanjutan di KRB. Pengelola KRB memperoleh nilai tinggi dalam dua

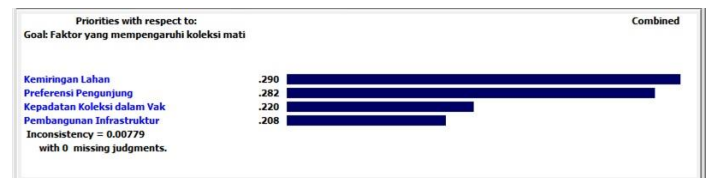
komponen yaitu mengembangkan infrastruktur tanpa merusak sumber daya alam dan terus menerus meningkatkan kepuasan pengunjung (Hengky & Kikvidze 2018)

Hubungan kematian pohon koleksi dengan konsentrasi pengunjung dan pembangunan infrastruktur

Menurut Hidayat & Widyatmoko (2021), analisis regresi linear berganda terbukti dapat menjelaskan hubungan yang signifikan antara kematian koleksi dan kecepatan angin maksimum sebagai salah satu faktor iklim mikro di KRC. Pada penelitian ini, analisis hubungan kedua variabel konsentrasi pengunjung dan pembangunan infrastruktur terhadap kematian pohon koleksi menghasilkan persamaan $Y = 0,2863 + 0,0236X_1 + 0,0224X_2$ dengan $R^2 = 0,0033$, $F\text{-hit} = 0,5477$, dan $\text{Sig-F} = 0,5788$. Nilai konstanta pada variabel konsentrasi pengunjung yang lebih besar daripada variabel pembangunan infrastruktur menggambarkan proporsi kontribusi masing-masing variabel. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa pengaruh kedua variabel secara simultan tidak signifikan terhadap kematian pohon koleksi yaitu hanya 0,33% pengaruh simultan kedua variabel terhadap kematian pohon koleksi, sehingga sebagian besar kematian koleksi pohon kemungkinan besar dipengaruhi oleh faktor lain.

Analisis variabel yang berpengaruh terhadap kematian koleksi dengan *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

Berdasarkan hasil analisis secara statistik baik secara terpisah maupun simultan, variabel konsentrasi pengunjung dan pembangunan infrastruktur berpengaruh kecil terhadap kematian pohon koleksi. Untuk memverifikasi hasil tersebut, analisis secara deskriptif dilakukan melalui wawancara persepsi terhadap responden ahli di bidang konservasi tumbuhan. Berdasarkan hasil AHP yang telah dikombinasikan dari ketiga responden (Gambar 7), variabel konsentrasi pengunjung menduduki peringkat kedua dengan kontribusi sebesar (2,82%) dan pembangunan infrastruktur menduduki peringkat keempat (20,8%). Menurut responden, faktor fisik yang diwakili oleh kemiringan lahan menjadi faktor yang lebih berpengaruh dari kedua variabel yang diteliti yaitu sebesar 29,0%. Faktor fisiologis yang diwakili oleh kepadatan koleksi dalam vak dinilai lebih berpengaruh yaitu sebesar 22,0% dari variabel pembangunan infrastruktur, namun lebih tidak berpengaruh dari variabel konsentrasi pengunjung. Hasil analisis AHP menguatkan hasil analisis regresi linear berganda bahwa variabel konsentrasi pengunjung lebih besar daripada pembangunan infrastruktur.



Gambar 7. Hasil AHP terhadap variabel yang mempengaruhi kematian koleksi pohon

Tinjauan pengelolaan lanskap untuk keberlanjutan koleksi

Berdasarkan hasil kajian konsentrasi pengunjung dan infrastruktur, kedua variabel hendaknya menjadi pertimbangan bagi pengelola KRB dalam mengelola lanskap untuk keberlanjutan koleksi. Area-area dengan sebaran spasial kematian koleksi pohon, konsentrasi pengunjung dan tutupan infrastruktur yang tinggi perlu mendapatkan perhatian lebih dalam kegiatan pemeliharaan lanskap sehari-hari, mulai dari penyadartahuan mengenai pentingnya konservasi koleksi KRB melalui berbagai media, penerapan teknik hortikultura hingga penerapan pembatasan pengunjung untuk membatasi ekspose koleksi rawan terhadap publik jika diperlukan. Kontribusi pembangunan infrastruktur terhadap koleksi yang tidak terlalu besar mengindikasikan bahwa gangguan pada saat pengembangan sarana dan prasarana ada, namun telah diupayakan seminimal mungkin menimbulkan dampak negatif. Kepadatan koleksi dalam vak berkaitan dengan kompetisi nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan koleksi. Hal ini masih perlu penelitian lanjutan dengan metode yang lebih akurat karena tegakan KRB terdiri dari pohon koleksi dan non koleksi, di mana data mengenai pohon non koleksi tidak terdokumentasi. Faktor kemiringan lahan yang mendominasi sesuai dengan analisis spasial sebaran koleksi mati pada Gambar 2 di mana vak dengan kemiringan yang curam memiliki tingkat kematian koleksi tertinggi. Oleh karena itu, pengelola hendaknya menghindari praktik penanaman koleksi baru pada lahan miring atau sebaiknya, memilih jenis-jenis koleksi tertentu yang secara spesifik membutuhkan kemiringan untuk keseimbangan aerasi dan drainasenya. Rekomendasi berdasarkan hasil kajian tersebut dapat menjadi pertimbangan pengelola dalam melaksanakan kegiatan pengelolaan lanskap sehingga menjamin keberlanjutan koleksi pohon KRB di masa mendatang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Konsentrasi pengunjung dan pembangunan infrastruktur tidak berpengaruh signifikan terhadap kematian koleksi baik secara terpisah maupun simultan. Meskipun demikian, area-area dengan kematian koleksi pohon yang tinggi perlu mendapatkan perhatian lebih dalam pengelolaan lanskap terutama dalam pengelolaan

pengunjung dan pengembangan infrastruktur. Area-area tersebut adalah Vak VI.C, XX.B, XXIV.A, XIII.J, dan I.B. Penelitian lanjutan untuk mengidentifikasi variabel lain yang berpengaruh terhadap koleksi kebun raya sangat diperlukan untuk mendapatkan praktik terbaik dalam pengelolaan lanskap yang berkelanjutan di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada pengelola Program *Degree by Research* BRIN (dahulu LIPI) yang telah memberikan dukungan beasiswa dan semua pihak yang telah berperan dalam penelitian ini, terutama seluruh civitas Kebun Raya Bogor – BRIN yang telah menjaga semangat untuk terus belajar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariati SR, Widyatmoko D. 2019. Bogor Botanic Gardens. *Sibbaldia: The International Journal of Botanic Garden Horticulture* 17: 11–28. doi:10.24823/sibbaldia.2019.265.
- Cook TW, VanDerZanden AM. 2011. *Sustainable Landscape Management: Design, Construction, and Maintenance*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey
- Hadi AA, Mizuuchi Y, Setyanti D, Honjo T, Furuya K. 2017. Identifying visitor preferences for locations and features in Bogor Botanical Garden, Indonesia, using GPS Tracking and geotagged photos. *Journal of Architecture & Environment* 16(1): 47–60. doi:10.12962/j2355262x.v16i1.a3029.
- Hadwen WL, Arthington AH, Boonington PI, Wade L. 2008. Detecting visitor impacts in and around aquatic ecosystems within protected areas. *Cooperative Research Centres for Sustainable Tourism Pty Ltd., Queensland*.
- Helmanto H, Rachmadiyanto AN, Rinandio DS, Zulkarnaen RN. 2018. Pengurangan resiko pohon tumbang melalui analisis kesehatan pohon di lingkungan PKT Kebun Raya-LIPI. *Warta Kebun Raya* 16(2): 3–12. doi:10.13140/RG.2.2.12206.56644.
- Hengky SH, Kikvidze Z. 2018. Tourism sustainability in the Bogor Botanical Gardens, Indonesia. *Urban Forestry & Urban Greening* 30: 8–11. doi:10.1016/j.ufug.2018.01.007.
- Hidayat IW, Widyatmoko D. 2021. Microclimate-based mortality analysis of the Cibodas Botanic Gardens plant collection. *Jurnal Natural* 21(3): 142–149. doi:10.24815/jn.v21i3.21323.
- Hidayat S, Putri WU, Isnaini Y, Kusuma YWC. 2007. Koleksi Sayang, Koleksi Tumbang: Mengenang Bencana Angin Puting Beliung 1 Juni 2006. Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor.
- Jackson PW, Sutherland LA. 2000. *International Agenda for Botanic Gardens in Conservation*. Botanic Gardens Conservation International, Kew.
- Kementerian PUPR. 2003. *Executive Summary Masterplan Kebun Raya Bogor*. Kementerian PUPR, Jakarta.
- Kementerian PUPR. 2022. Kementerian PUPR selesaikan pekerjaan lanjutan penataan Kebun Raya Bogor sebagai pusat konservasi tanaman anggrek. <https://pu.go.id/berita/kementerian-pupr-selesaikan-pekerjaan-lanjutan-penataan-kebun-raya-bogor-sebagai-pusat-konservasi-tanaman-anggrek>. (diakses 20 Juni 2022).
- Krishnan S, Novy A. 2016. The role of botanic gardens in the twenty-first century. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 11. doi:10.1079/PAVSNNR201611023.
- Kumble PA, Houston CC. 2009. The elements of a conservation botanic garden for ecotourism: Belize Botanic Garden as a case study. *Journal of Landscape Studies* 2: 1–15.
- Kutner MH, Nachtsheim CJ, Neter J. 2004. *Applied Linear Regression Models* 4th ed. McGraw-Hill Companies, New York.
- Lughadha EN, Bachman SP, Leão TCC, Forest F, Halley JM, Moat J, Acedo C, Bacon KL, Brewer RFA, Gâteblé G, et al. 2020. Extinction risk and threats to plants and fungi. *Plants People Planet* 2(5): 389–408. doi:10.1002/ppp3.10146.
- Mamiri SA, Gunawan A. 2020. Persepsi dan preferensi pengunjung terhadap fungsi dan lokasi objek-objek rekreasi di Kebun Raya Bogor. *In: Munandar A, Kusumoarto A, Gunawan A (editor). Manajemen Lanskap: Tinjauan Riset Manajemen Lanskap dan Lingkungan*. IPB Press, Bogor.
- Perpres No. 93 Tahun. 2011. Peraturan Presiden (PERPRES) No. 93 Tahun 2011 tentang Kebun Raya.
- Permatasari AE, Munandar A. 2020. Identifikasi Hubungan Perilaku Vandalisme dengan setting pada Kebun Raya Cibodas, Kabupaten Cianjur. *In: Munandar A, Kusumoarto A, Gunawan A (editor). Manajemen Lanskap: Tinjauan Riset Manajemen Lanskap dan Lingkungan*. IPB Press, Bogor
- 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:10.14203/bkr.v23i2.263.
- Rohner B, Waldner P, Lischke H, Thürig E. 2017. Non-linear mixed models for tree growth: Combining climate, site, stand, management, and nutrient effects. *Dalam 125th IUFRO Anniversary Congress -*

- Book of Abstracts. Freiburg: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg.
- Saaty TL. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal Services Sciences* 1(1): 83–98.
- Setyanti D, Nurhayati, Pribadi DO. 2020. Mapping the dynamics of dead trees collection to support sustainable landscape management at Bogor Botanic Gardens. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 501(1). doi:10.1088/1755-1315/501/1/012020.
- Watson GW, Hewitt AM, Custic M, Lo M. 2014. The management of tree root systems in urban and suburban settings II: A review of strategies to mitigate human impacts. *Arboriculture and Urban Forestry* 40(5): 249–271. doi:10.48044/jauf.2014.025.