

Analisis perubahan kesehatan ekosistem Kebun Raya di Provinsi Lampung

Rhezandhy Gunawan¹, Rahmat Safe'i^{1*},

¹Program Studi Magister Kehutanan, Jurusan Kehutanan, Pascasarjana Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,

*Email: rahmat.safei@fp.unila.ac.id

Artikel diterima : 12 September 2024. Revisi diterima: 10 Oktober 2024.

ABSTRACT

Monitoring changes in ecosystem conditions can be used as a form of evaluation of factors that influence sustainable management. The purpose of this study was to determine the final value of changes in the health of the Botanical Garden ecosystem in Lampung Province. The stages carried out in the study included: observation for determining dan creating measurement plots; parameter measurement dan final assessment of the health of the botanical garden ecosystem using the Forest Health Monitoring (FHM) technique. The results of the study showed that in the Liwa Botanical Garden (KRL) there was an increase in value dan category from the first to the second measurement, while in the ITERA Botanical Garden (KRI) there was a decrease. Ecologically, this increase dan decrease were influenced by the availability of nutrients dan tree pest dan disease factors. Both factors significantly affect tree conditions such as tree damage, canopy conditions, soil fertility, dan stdan productivity. In addition, the management dan stakeholders contributed to maintenance efforts for the Botanical Garden. Thus, the Botanical Garden in Lampung Province experienced fluctuations in the value of changes in ecosystem health conditions.

Key words: Botanical garden; ecosystem health; health changes; Lampung province.

ABSTRAK

Pemantauan perubahan kondisi ekosistem dapat dijadikan sebagai bentuk evaluasi terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi pengelolaan keberlanjutan. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui nilai akhir perubahan kesehatan ekosistem Kebun Raya di Provinsi Lampung. Tahapan yang dilakukan pada penelitian, antara lain: observasi untuk penetapan dan pembuatan plot ukur; pengukuran parameter dan penilaian akhir kesehatan ekosistem kebun raya menggunakan teknik *Forest Health Monitoring* (FHM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada Kebun Raya Liwa (KRL) terjadi kenaikan nilai dan kategori dari pengukuran pertama ke kedua, adapun pada Kebun Raya ITERA (KRI) mengalami penurunan. Secara ekologis, kenaikan dan penurunan ini dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, dan faktor hama penyakit pohon. Kedua faktor tersebut signifikan mempengaruhi kondisi pohon seperti kerusakan pohon, kondisi tajuk, kesuburan tanah, dan produktivitas tegakan. Selain itu pihak pengelola dan *stakeholders* memberikan kontribusi terhadap upaya pemeliharaan terhadap Kebun Raya. Dengan demikian, Kebun Raya di Provinsi Lampung mengalami fluktuasi nilai perubahan pada kondisi kesehatan ekosistem.

Kata kunci: Kebun raya; kesehatan ekosistem; perubahan kesehatan; provinsi Lampung.

PENDAHULUAN

Berkurangnya luasan tutupan lahan dan hutan menyebabkan potensi punahnya berbagai jenis spesies dan berimplikasi terhadap dampak lingkungan seperti efek gas rumah kaca atau GRK (Primack dkk, 2021). Sebagai upaya mengatasi permasalahan lingkungan dan sebagai upaya konservasi sumberdaya hayati, pemerintah telah mengeluarkan peraturan perundangan mengenai hal tersebut. Upaya konservasi dapat dibedakan menjadi konservasi *in-situ* (di habitat alaminya) dan konservasi *ex-situ* (di luar habitat alaminya). Mengacu pada UU No 5 Tahun 1990 tentang Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistem

(SDAHE), pada Pasal 13 menyatakan bahwa tidak hanya dapat dilakukan di habitatnya, melainkan upaya konservasi dan pengawetan jenis tumbuhan dan satwa juga dapat dilakukan di luar habitatnya atau biasa disebut konservasi *ex-situ*. Salah satu bentuk adanya upaya konservasi *ex-situ* yaitu kebun raya (Almeida dkk., 2024). Dalam dekade berikutnya, kebun raya memang telah memajukan penelitian perubahan iklim, sering kali melalui penggunaan alat-alat baru atau yang sudah disempurnakan yang memungkinkan peneliti memanfaatkan koleksi kebun raya yang masih hidup, yang masih bersejarah, dan yang masih berupa spesimen. Pada saat yang sama, muncul

tantangan ilmiah, konservasi, dan keterlibatan publik baru yang dapat diatasi oleh kebun raya (Primack dkk., 2021).

Salah satu fungsi penting pada kebun raya yaitu fungsi konservasi. Hal tersebut dilansir dalam Peraturan Presiden Nomor 93 Tahun 2011 tentang Kebun Raya. Pepohonan yang dikelola oleh kebun raya merupakan sumber utama konservasi *ex situ* bagi spesies yang terancam punah dan terutama untuk spesimen dari abad sebelumnya atau sebagai aset warisan yang tak tergantikan (D'Antraccoli dkk., 2023). Provinsi Lampung memiliki dua kawasan kebun raya yaitu Kebun Raya Liwa (KRL) dengan luas 86,7 Ha dan Kebun Raya Institut Teknologi Sumatera - ITERA (KRI) dengan luas 75,52 Ha (Chrisnawati dkk., 2021; Nabilah dkk., 2020). Kedua Kebun raya tersebut merupakan bagian dari empat Kebun Raya Daerah yang berada di Pulau Sumatera dan memiliki fungsi konservasi, jasa lingkungan, dan wisata edukasi atau pendidikan (Harianto dkk., 2021). Terdapat sebuah pernyataan "if you want to learn about plants go to a botanic garden", hal ini menunjukkan hubungan komunikasi yang mengarah pada pengetahuan ilmiah maupun tantangan konservasi keanekaragaman hayati (Gaio-Oliveira dkk., 2017). Selain fungsi-fungsi utama tersebut, Kebun Raya memiliki fungsi ekowisata. Pada beberapa penelitian, menyebutkan bahwa KRL dan KRI dinilai cukup memadai sebagai pengembangan ekowisata yang didukung beberapa kelengkapan fasilitas, koleksi tanaman, dan infrastruktur lainnya (Lalika dkk., 2020). Kebun Raya di Provinsi Lampung memiliki banyak jenis keragaman. Hal tersebut berpotensi terhadap upaya pelestarian hayati dan perlindungan lingkungan, sehingga perlu dijaga kondisi tanamannya.

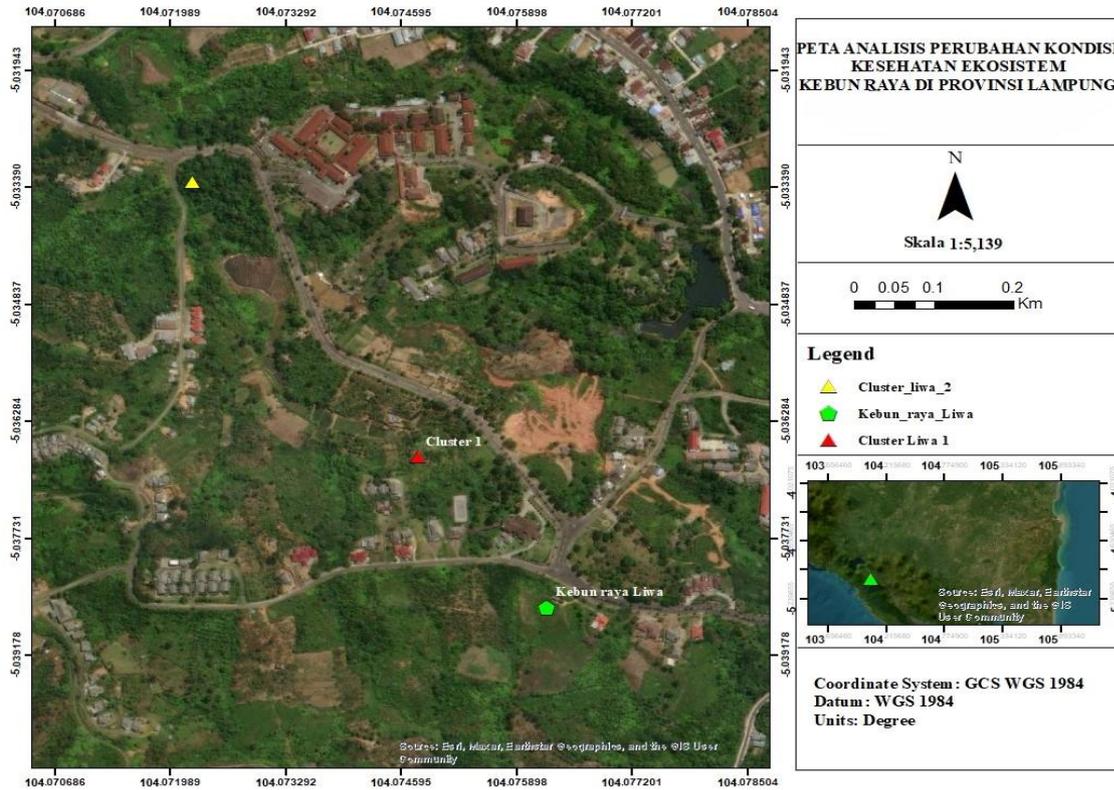
Upaya perlindungan terhadap tanaman diperlukan untuk meningkatkan meningkatkan kualitas dan kuantitas tanaman, serta menjaga kondisi kesehatan tanaman dari adanya hama dan penyakit (Ningrum & Retnosari, 2020). Peran dari setiap stakeholder memberikan kontribusi terhadap pengembangan Kebun Raya yang sedang

berkembang sesuai dengan konsep pengembangan dan masterplan kebun raya (Berlidanaldo dkk., 2021). Kebun raya berfokus pada peningkatan pengetahuan dan kesadaran akan keanekaragaman dan konservasi tanaman, serta kesadaran lingkungan (Gaio-Oliveira dkk., 2017). Menurut (D'Antraccoli dkk., 2023; Primack dkk., 2021), menyebutkan bahwa kebun raya memainkan peran penting terhadap fenomena perubahan iklim berkat adanya koleksi tanaman hidup. Menurut (Safe'i, 2021), penyebab lain terjadinya perubahan iklim yaitu kondisi ekosistem yang rusak. Oleh karena itu untuk mengetahui nilai mutu dan kualitas ekosistem kebun raya, diperlukan adanya pemantauan kondisi kesehatan ekosistem secara berkala dan periodik. Pemantauan ekosistem Kebun Raya di Provinsi Lampung sebelumnya telah dilakukan berdasarkan penelitian Safe'i dan Violita Tahun 2024. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kondisi kesehatan ekosistem di Kebun Raya Provinsi Lampung berada pada kategori sedang. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perlu adanya upaya peningkatan kualitas ekosistem kebun raya. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini untuk mendapatkan nilai perubahan dari kesehatan ekosistem Kebun Raya di Provinsi Lampung berdasarkan pengukuran pertama dan kedua.

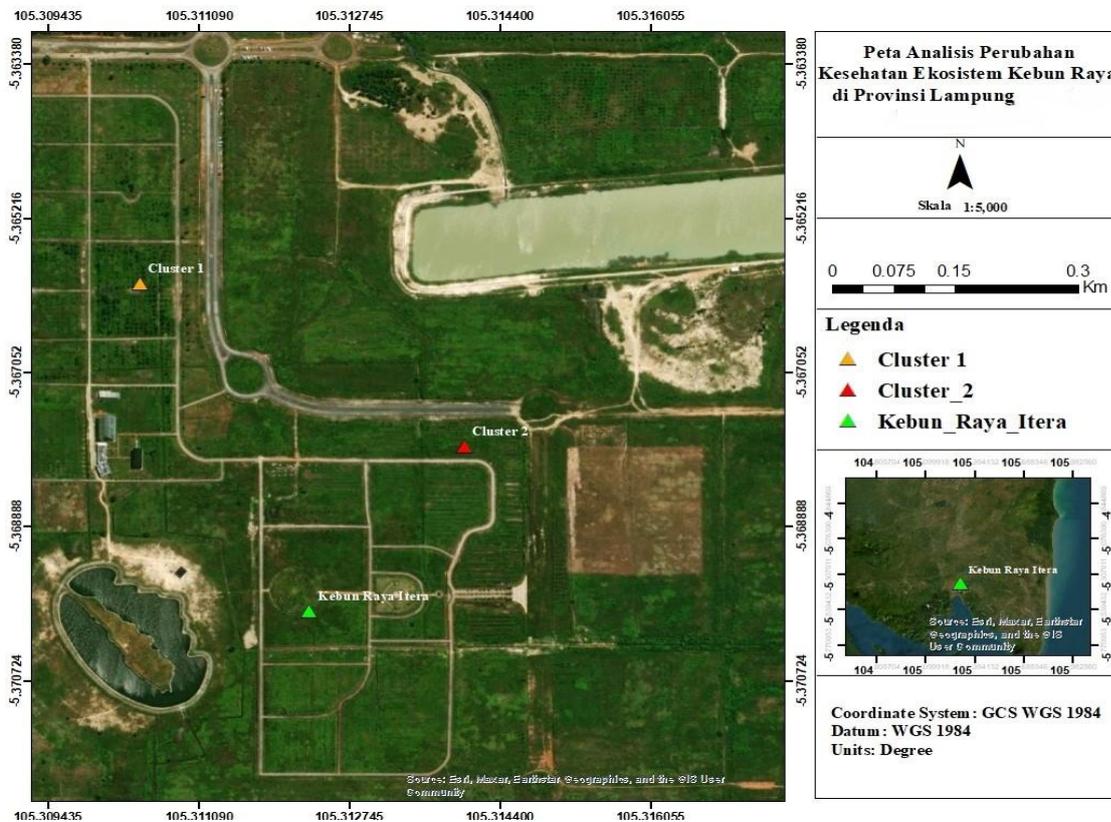
BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Juli-Agustus Tahun 2023 (Pengukuran Pertama) dan Tahun 2024 (Pengukuran Kedua). Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian berupa alat-alat inventarisasi hutan, seperti Haga meter, pita meter, roll meter, pH meter, papan jalan, label, *tally sheet*, dan ATK. Penelitian dilakukan di dua Kebun Raya yang berada di Provinsi Lampung, yaitu Kebun Raya Liwa dan Kebun Raya ITERA. Adapun titik koordinat dan lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Kebun raya Liwa Provinsi Lampung.



Gambar 2. Lokasi penelitian di Kebun Raya ITERA Provinsi Lampung.

Prosedur Penelitian

Penelitian menggunakan teknik *Forest Health Monitoring* (FHM) dengan beberapa tahapan penelitian, sebagai berikut.

Penetapan dan Pembuatan Plot Ukur

Berdasarkan teknik FHM, jenis plot ukur yang digunakan yaitu bentuk klaster plot FHM. Klaster plot FHM merupakan jenis plot ukur yang berbentuk lingkaran yang dimana pada satu klaster plot terasosiasi dari beberapa jenis plot ukur lainnya. Pada satu klaster plot terdiri atas tiga macam bentuk plot lingkaran, yaitu *annular plot*, subplot, dan mikro plot. Jenis-jenis plot ukur tersebut dibedakan berdasarkan fase pertumbuhan tanaman yang akan diambil pada dalam plot tersebut. *Annular plot* untuk jenis vegetasi pada fase pohon, subplot untuk jenis vegetasi pada fase tiang, dan mikro plot untuk jenis vegetasi pada fase pancang dan semai (Wati & Safe'i, 2024).

Penetapan plot ukur dilakukan secara *purposive sampling* dengan berbagai pertimbangan oleh peneliti. Penetapan titik koordinat dan jumlah plot didasarkan pada kondisi topografi, susunan dan persebaran vegetasi, tahun tanam, jarak tanam, dan dominansi fase pertumbuhan. Berdasarkan hal tersebut jumlah plot ukur pengamatan pada KRL sebanyak dua klaster dan pada KRI sebanyak dua klaster, sehingga total plot ukur pengamatan sebanyak empat klaster plot. Berdasarkan observasi lapangan, jumlah klaster plot tersebut dapat dipastikan dan tervalidasi sudah memenuhi ukuran populasi luasan dan susunan vegetasi pada Kebun Raya di Provinsi Lampung.

Pengukuran Parameter Kesehatan Ekosistem Kebun Raya

Pengukuran parameter berdasarkan pada teknik FHM yang mempertimbangkan kondisi ekologis ekosistem Kebun Raya (Safe'i & Violita, 2024). Pengukuran dilakukan sebanyak dua kali waktu pengukuran. Pengukuran pertama dilakukan pada Agustus Tahun 2023, sedangkan pengukuran kedua dilakukan pada Agustus 2024. Hal ini dilakukan untuk melihat perubahan baik pada masing-masing parameter maupun nilai akhir kesehatan ekosistem Kebun Raya di Provinsi Lampung. Adapun teknik dan deskripsi pengukuran indikator dan parameter sebagai berikut.

- 1) Vitalitas. Pada indikator vitalitas, terdapat dua parameter yang diukur, yaitu kerusakan pohon dan kondisi tajuk.

Parameter kerusakan pohon terdapat tiga variabel, yaitu tipe kerusakan, lokasi kerusakan, dan nilai ambang kerusakan. Adapun parameter kondisi tajuk terdapat lima variabel, yaitu *live crown ratio*, *canopy transparency*, *canopy density*, *crown diameter* dan *dieback* (Safe'i, dkk., 2024). Kedua parameter tersebut akan di skoring berdasarkan variabel pengukuran dan akan ditentukan nilai masing-masing untuk nilai kerusakan pohon dan nilai kondisi tajuk.

- 2) Produktivitas. Produktivitas merupakan indikator yang diukur berdasarkan dimensi pertumbuhan batang pohon. Dimensi pertumbuhan yang diukur yaitu diameter pohon. Diameter pohon yang diukur akan diformulasikan untuk didapatkan nilai luas bidang dasar (LBDs) batang pohon.
- 3) Biodiversitas. Indikator biodiversitas menggambarkan nilai keragaman hayati pada ekosistem Kebun Raya. Indikator ini terbagi menjadi dua yaitu biodiversitas fauna dan biodiversitas flora. Pada penelitian ini indikator yang digunakan yaitu biodiversitas flora. Pengukuran parameter ini akan menggunakan formula *index shanon-wiener* atau H' (Chrisnawati dkk., 2021).
- 4) Kualitas Tapak. Indikator kualitas tapak untuk mendapatkan nilai kesuburan tanah berdasarkan pH tanah. Nilai pH tanah diukur menggunakan pH meter.

Pengolahan dan Analisis Data

Hasil akhir dari penelitian ini yaitu mendapatkan nilai komparasi nilai akhir kesehatan ekosistem Kebun Raya dari pengukuran pertama dan pengukuran kedua. Nilai akhir didapatkan melalui akumulasi perkalian antara nilai tertimbang dan nilai skor pada masing-masing parameter kesehatan ekosistem Kebun Raya (Safe'i & Violita, 2024). Nilai akhir ini kemudian dibuat interval dan dikategorikan (baik, sedang, buruk), untuk mendapatkan kategori akhir dari perubahan kesehatan ekosistem kebun raya. Adapun formula yang digunakan untuk menghitung nilai akhir kebun raya, sebagai berikut.

$$NKEK_r = \sum (NT \times NS)$$

Keterangan:

NKEKr = Nilai akhir kesehatan ekosistem kebun raya

NT = Nilai tertimbang parameter kesehatan ekosistem kebun raya

NS = Nilai skor parameter kesehatan ekosistem kebun raya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai kawasan konservasi *ex-situ*, Kebun Raya di Provinsi Lampung (KRL dan KRI) memegang peran penting terhadap upaya pelestarian dan pengawetan jenis-jenis tanaman. Berbagai jenis pohon dan komponen didalamnya yang berasosiasi berperan terhadap keberlangsungan fungsi ekosistem Kebun Raya (Dewi dkk., 2021). Pemantauan kondisi perubahan fenomena lingkungan terutama kesehatan ekosistem perlu diperlukan, untuk melihat kualitas ekosistem Kebun Raya di

Provinsi Lampung. Hal tersebut diharapkan mampu menjadi dasar pada proses pengambilan keputusan dalam pengelolaan berkelanjutan. Penelitian ini menekankan pada kondisi perubahan ekosistem kebun raya berdasarkan indikator ekologis yang dilakukan secara periodik. Adapun hasil pemantauan dan penilaian perubahan kondisi kesehatan ekosistem Kebun Raya di KRL dan KRI sebagai berikut.

Nilai Perubahan Parameter Kesehatan Ekosistem Kebun Raya

Pemantauan kondisi kesehatan ekosistem Kebun raya didasarkan pada pengukuran nilai parameter-parameter ekologis. Parameter yang diukur pada penelitian ini yaitu luas bidang dasar, kerusakan pohon, kondisi tajuk, biodiversitas flora, dan pH tanah. Adapun kondisi perubahan pada parameter kesehatan ekosistem Kebun Raya tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai perubahan masing-masing parameter kesehatan ekosistem Kebun Raya

Lokasi/ CL	LBDs		CLI (Cluster plot Level Index)		VCR (Visual Crown Ratio)		H'		pH Tanah	
	Pengukuran Ke-									
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
CL1	4.30	3.79	2.93	3.15	2.12	2.03	2.02	3.16	5.30	6.50
CL2	2.15	2.68	2.60	3.06	2.27	2.25	1.93	2.94	5.10	5.80
CL3	0.04	0.04	3.69	4.43	2.37	2.37	0.00	0.00	5.90	6.00
CL4	0.04	0.05	4.09	3.95	2.36	2.36	0.00	0.00	5.90	5.90

Keterangan: Data Primer (2024), CL1 dan CL2 = KRL, CL3 dan CL4 = KRI

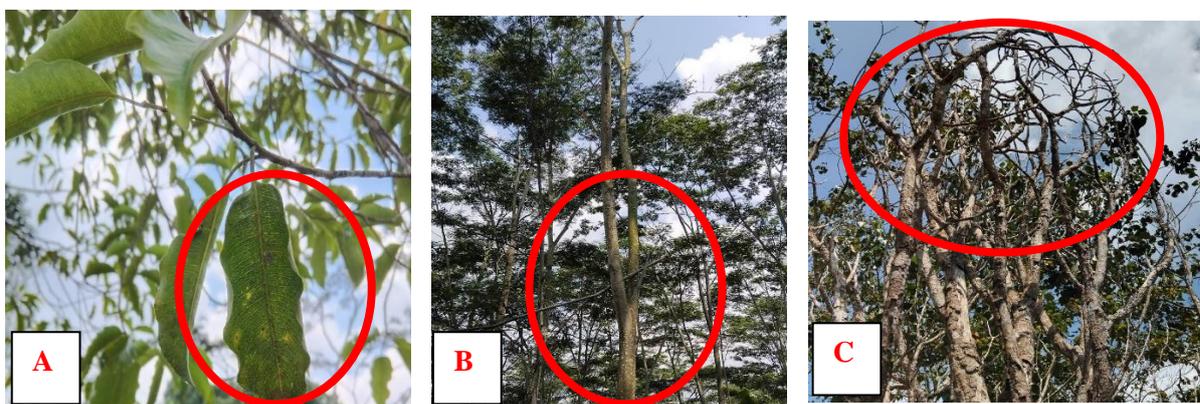
Tabel 1 menunjukkan nilai komparasi perubahan antara parameter-parameter kesehatan ekosistem di Kebun Raya Provinsi Lampung. Berdasarkan Tabel tersebut parameter dominan mengalami kenaikan nilai untuk pengukuran kedua. Namun, nilai-nilai parameter pada KRL masih lebih tinggi dibandingkan dengan KRI. Pada parameter LBDs, CL2 dan CL4 mengalami peningkatan, CL1 mengalami penurunan, dan CL3 mengalami tetap. Kondisi tersebut dapat menggambarkan bahwa nilai LBDs pada KRI cenderung stabil. LBDs berkaitan dengan pertumbuhan dari tegakan pohon di Kebun Raya. Besar kecilnya LBDs dipengaruhi beberapa faktor, seperti umur pohon, ukuran batang, dan jumlah individu pada tegakan (Pratama dkk., 2016; Safe'i & Syahiib, 2023). Terjadinya penurunan nilai LBDs pada lokasi penelitian diakibatkan karena pada plot pengukuran terdapat

beberapa individu pohon yang mati. Hal tersebut secara langsung mempengaruhi nilai LBDs. Pada CL3 dan CL4 (KRI) memiliki nilai pertumbuhan LBDs yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan KRL, karena komposisi tegakan pada KRI cenderung homogen dengan umur tanam yang lebih muda dari KRL. Selain itu, jarak tanam pada tegakan di KRI jauh lebih besar dibandingkan dengan KRL, sehingga mempengaruhi komposisi atau jumlah individu pada tegakan yang berada di dalam plot ukur.

Selain parameter LBDs, nilai CLI atau kerusakan pohon menunjukkan peningkatan pada hasil pengukuran kedua. Menurut (Safe'i, Danrian, Sariatna, dkk., 2024), kerusakan pohon dilihat berdasarkan tiga variabel, antara lain tipe kerusakan, lokasi kerusakan, dan tingkat keparahan. Semakin banyaknya ditemukan tipe penyakit pada tegakan pohon, maka nilai CLI

akan semakin besar. Hal tersebutlah yang menunjukkan besarnya nilai CLI pada hasil pengamatan (Tabel 1), dimana banyaknya ditemukan tipe kerusakan. Pada lokasi penelitian dominansi tipe kerusakan yang ditemukan adalah cabang patah/mati; daun berubah warna; daun, pucuk, atau tunas rusak. Adanya kerusakan

tersebut dapat dipengaruhi oleh seluruh parameter ekologis, dimana kerusakan pada daun bersumber pada proses fotosintesis. Proses fotosintesis membutuhkan unsur hara dan sumber makanan yang tercukupi untuk proses pertumbuhan pohon (Nuranisa dkk., 2020). Bentuk visual dari kerusakan tersebut dapat dilihat Pada Gambar 3.



Gambar 3. (A) Tipe kerusakan daun berubah warna, (B) Tipe kerusakan cabang patah/mati, (C) Tipe kerusakan daun, pucuk, atau tunas rusak.

Ketiga tipe kerusakan dari Gambar diatas merupakan tipe kerusakan dominan yang ditemukan di Kebun Raya. Selain kurangnya ketersediaan unsur hara, penyebab kerusakan dapat diakibatkan oleh hama dan penyakit. Adanya hama dan penyakit merupakan penyebab utama terjadinya kerusakan pada pohon di Kebun Raya (Ningrum & Retnosari, 2020). Hama dan penyakit dapat terjadi secara internal (genetik) dan eksternal. Gangguan hama dan penyakit yang menimbulkan kerusakan pohon di Kebun Raya Provinsi Lampung yaitu adanya beberapa sarang serangga pada bagian pohon, terutama pada bagian batang. Kondisi kerusakan pohon berkaitan dengan kondisi tajuk pohon. Kedua parameter tersebut memiliki pengaruh terhadap kondisi vitalitas dan fungsi suatu pohon (Wati & Safe'i, 2024). Berbeda dengan parameter sebelumnya, parameter kondisi tajuk cenderung mengalami penurunan. Penurunan kondisi tajuk ini (nilai VCR) salah satunya dipengaruhi adanya kerusakan pada pohon. Kerusakan signifikan yang mempengaruhi nilai VCR yaitu adanya kerusakan pada bagian tajuk pohon, seperti cabang patah, mati atau hilangnya daun, dan adanya mati pucuk (Safe'i, Danrian, Maryono, dkk., 2024; Safe'i, Danrian, Sriatna, dkk., 2024). Terjadinya kerusakan pada kondisi tajuk akan mempengaruhi proses pertumbuhan pohon, karena pada bagian tajuk khususnya daun terjadinya proses fotosintesis. Fotosintesis merupakan proses

penting terhadap pertumbuhan suatu pohon (Nuranisa dkk., 2020). Dengan demikian, penting dilakukan pemeliharaan terhadap individu pohon yang mengalami kerusakan, seperti pemberian Organisasi Pengganggu Tumbuhan (OPT) ramah lingkungan. Disisi lain, adanya Kebun Raya memiliki peran khusus dalam mendeteksi adanya hama dan penyakit tanaman, sehingga banyak di antaranya yang mengubah jangkauannya akibat perubahan iklim (Primack dkk., 2021; Smith dkk., 2019). Upaya pemeliharaan terhadap vegetasi yang terkena hama dan penyakit secara langsung akan berkontribusi terhadap pelestarian keragaman jenis vegetasi (Barrios dkk., 2018).

Keanekaragaman hayati menjadi salah satu parameter untuk mengetahui kondisi kesehatan pada Kebun Raya. Ekosistem yang sehat akan berimplikasi terhadap tingginya nilai keberagaman (H') pada ekosistem tersebut, karena flora dan fauna mendapatkan ketersediaan pangan dan habitat yang sangat cukup pada kondisi ekosistem yang baik (Almeida dkk., 2024). Pada hasil penelitian (Tabel 1), dapat dilihat bahwa nilai keragaman jenis vegetasi di KRL cenderung mengalami peningkatan. Sementara itu, nilai H' pada KRI masih sama karena pada tegakan di lokasi tersebut homogen, hanya terdapat tegakan pohon sengon laut. Pada KRI terbagi menjadi beberapa blok, dimana pada tiap-tiap blok cenderung memiliki tegakan yang homogen. Pemilihan lokasi pada tegakan sengon di KRI ini

juga didasarkan pada umur, dimana hanya pada tegakan ini vegetasi yang sudah berada pada fase pohon. Secara umum, adanya perubahan nilai keanekaragaman menunjukkan bahwa prose pengadaan dan pengayaan jenis cukup baik, sehingga perlu untuk dipertahankan dan dilestarikan. Keanekaragaman koleksi dan spesimen hidup di kebun raya dapat membantu peneliti mendokumentasikan plastisitas dan peran sifat fungsional tanaman dalam respons iklim dalam dan antar spesies (Primack dkk., 2021).

Selain terhadap kondisi internal tegakan, kondisi kesehatan ekosistem dapat dipengaruhi oleh kondisi eksternal atau lingkungan, salah satunya yaitu kondisi tanah atau kualitas tapak (van Bruggen dkk., 2019). Kondisi tapak dapat menggambarkan tingkat kesuburan tanah yang mengarah pada ketersediaan bahan organik. Bahan organik ini akan berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi vegetasi yang diserap melalui perakaran. Nutrisi ini lah yang menjadi bahan dasar utama pada proses fotosintesis, sehingga mempengaruhi produktivitas tegakan (Mazur dkk., 2019). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait kesehatan hutan, parameter pada kondisi tapak terbagi menjadi pH dan Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran nilai pH tanah di KRL dan KRI. Pada hasil penelitian (Tabel 1), cenderung mengalami peningkatan nilai pH tanah. Namun, secara umum nilai pH tanah pada pengukuran kesatu dan kedua masih masuk pada kategori asam. Menurut (van Bruggen dkk., 2019, nilai pH yang terlalu masam atau basa akan mengganggu proses pertumbuhan pada pohon, sehingga perlu adanya perlakuan pembenahan tanah menggunakan pemberian pupuk organik. Pemberian pupuk organik akan memberikan

stimulasi bahan organik terhadap peningkatan kapasitas tukar pH tanah dan kation tanah (Caroline dkk., 2024). Selain dipengaruhi oleh mikroorganisme tanah, kesuburan tanah juga dapat dipengaruhi adanya faktor lingkungan seperti perubahan iklim. Pada dasarnya perubahan iklim memberikan kontribusi besar terhadap perubahan dan anomali pada lingkungan (Primack dkk., 202). Terdapat beberapa faktor akibat adanya perubahan iklim, yaitu iklim dapat secara bersamaan memberikan tekanan pada pohon-pohon di kebun: polutan udara, penyegelan tanah, pemadatan tanah, ruang perakaran yang terbatas, patogen, dan hama (D'Antraccoli dkk., 2023).

Nilai Akhir Perubahan Kesehatan Ekosistem Kebun Raya

Penilaian nilai akhir kesehatan ekosistem dihitung berdasarkan akumulasi perkalian nilai tertimbang dan nilai skor parameter (Wati & Safe'i, 2024). Ketika nilai kesehatan ekosistem didapatkan kemudian dilakukan kategorisasi untuk masing-masing klaster plot. Besar kecilnya nilai akhir akan dipengaruhi besar kecilnya nilai pada masing-masing parameter pengukuran. Berdasarkan observasi lokasi penelitian, kondisi geografis Kebun raya diasumsikan mirip dengan tipe kawasan konservasi lainnya, sehingga nilai tertimbang yang digunakan mengacu pada referensi penelitian yang telah dilakukan. Selain itu, hal tersebut yang menjadikan alasan terhadap penentuan parameter-parameter ekologis yang digunakan. Adapun nilai akhir dan kategori perubahan kondisi kesehatan ekosistem Kebun Raya di Provinsi Lampung (KRL dan KRI) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai akhir perubahan dan kategori kesehatan ekosistem Kebun Raya

Klaster Plot	Nilai Akhir Kesehatan Hutan							
	Kebun Raya Liwa				Kebun Raya ITERA			
	Pengukuran Ke-		Pengukuran Ke-		Pengukuran Ke-		Pengukuran Ke-	
1	Kategori	2	Kategori	1	Kategori	2	Kategori	
CL1	7.89	Sedang	10.32	Baik	6.18	Sedang	3.75	Buruk
CL2	7.61	Sedang	8.57	Baik	5.64	Buruk	4.29	Buruk

Perubahan kondisi ekosistem dapat menggambarkan keberhasilan dari pengelolaan yang dilakukan pada rentang waktu tertentu. Perlu adanya penilaian terhadap kondisi kesehatan ekosistem kebun raya. Penilaian terhadap kondisi perubahan aspek lingkungan ini menjadi dasar evaluasi para *stakeholders* terhadap pengelolaan

khususnya pada Kebun Raya di Provinsi Lampung. Penilaian pada vegetasi koleksi merupakan langkah pertama untuk mengetahui upaya mana yang harus dioptimalkan demi konservasi (Almeida dkk., 2024). Berdasarkan pengukuran pertama pada Kebun Raya, menunjukkan bahwa kondisi kesehatan ekosistem

di kebun raya Provinsi Lampung berada pada kategori sedang cukup baik (Safe'i & Violita, 2024). Status kesehatan hutan perlu terus dijaga dan ditingkatkan, mengingat keberadaan kebun raya memberikan banyak manfaat bagi lingkungan sekitar dan masyarakat. Tabel 2 menunjukkan adanya perubahan fluktuatif pada nilai akhir pengukuran kesehatan hutan. Pada KRL mengalami kenaikan nilai dan kategori kesehatan hutan, sedangkan pada KRI mengalami penurunan nilai akhir. Kondisi tersebut menggambarkan bahwa pengelolaan di KRL lebih baik dibandingkan KRI. Hal tersebut terjadi karena KRL merupakan kebun raya yang lebih lama didirikan dibandingkan dengan KRI, sehingga sistem pengelolaan yang dilakukan sudah lebih kompleks. Inilah yang menjadikan bahwa adanya *stakeholders* penting terhadap ketercapaian pengelolaan di Kebun Raya. Peran *stakeholders* dibutuhkan untuk mendukung dalam proses pembangunan di kebun raya (Berlidanaldo dkk., 2021). Tidak hanya dari adanya infrastruktur, pembangunan dan pengembangan kebun raya perlu melihat dan melibatkan aspek kesadaran, pemahaman, tindakan, dan sikap terhadap upaya pelestarian keanekaragaman hayati. Jumlah tanaman yang berada di KRL dan KRI masing-masing sudah mencapai lebih dari 2.000 spesimen. Jumlah ini perlu ditingkatkan lagi dengan melakukan pengayaan dan pengadaan jenis-jenis tanaman lain, terutama tanaman endemik Lampung dan tanaman langka (Lalika dkk., 2020).

Konservasi eks situ telah menjadi penting, namun tantangan spesies yang terancam punah semakin besar di kebun botani, terutama kebun botani tropis, yang tidak cukup untuk melindungi flora yang beragam tersebut dan berperan terhadap perubahan iklim (Almeida dkk., 2024). Sebagai objek eduwisata, adanya kebun raya memberikan sarana dan fasilitas terkait dengan keanekaragaman tumbuhan dan ancaman yang disebabkan oleh perubahan iklim global serta membuka jalan bagi kebutuhan mendesak akan konservasi tumbuhan (Elaine dkk., 2014; Gaio-Oliveira dkk., 2017). Selain sebagai kawasan untuk melindungi spesies flora, adanya Kebun Raya di Provinsi Lampung menjadikan peluang dalam sektor eduwisata dan ekowisata. Adanya pengembangan ekowisata Kebun Raya, secara tidak langsung membawa perubahan terhadap perilaku masyarakat atau wisatawan. Semakin banyak wisatawan yang berkunjung maka akan berpotensi semakin tinggi kerusakan lingkungan

akibat sampah, sehingga hal tersebut memicu masyarakat dan wisatawan setempat untuk dapat melakukan pengelolaan sampah yang baik (Berlidanaldo dkk., 2021; Harianto dkk., 2021). Penekanan diberikan bahwa sangatlah penting dilakukan pemantauan dan evaluasi terhadap kondisi ekologis Kebun Raya, terutama pada kondisi perubahan kesehatan Ekosistem.

Pemantauan terhadap spesimen sangat penting untuk mengidentifikasi dan mengumpulkan informasi secara akurat, karena mengetahui informasi tersebut penting terhadap pengelolaan kebun raya dan terhadap nilai konservasi tumbuhan (Almeida dkk., 2024). Kondisi kesehatan kebun raya yang baik dapat membantu menciptakan lingkungan yang baik bagi lingkungan di sekitarnya. Kondisi tajuk yang baik dapat membantu mempercepat proses penyerapan CO₂, sehingga berperan terhadap pemanasan global (Safe'i & Violita, 2024). Peran konservasi penting kebun raya dalam menumbuhkan dan melestarikan tanaman langka dan terancam punah akan meningkat karena lebih banyak spesies terancam oleh perubahan iklim (Primack dkk., 2021). Pengelolaan berkelanjutan penting dilakukan dan diterapkan pada pengelolaan Kebun Raya. Aspek yang perlu diperhatikan yaitu peningkatan pengelolaan pohon. Hal tersebut memberikan fungsi terhadap tiga hal, yaitu untuk mengurangi ancaman iklim, untuk merancang proyek guna memutuskan secara rasional spesies mana yang akan diinvestasikan waktu dan sumber dayanya, dan untuk menerapkan pengelolaan berkelanjutan (D'Antraccoli dkk., 2023). Perlu adanya upaya yang intensif terhadap kegiatan perencanaan, pengelolaan, dan teknik silvikultur yang tepat serta tindakan yang perlu dilakukan pada kebun raya yang memiliki nilai indikator ekologi yang rendah (Safe'i & Violita, 2024). Hal tersebut bertujuan untuk meningkatkan nilai kualitas ekologis yang akan datang pada kebun raya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan dalam penelitian kami melalui hibah penelitian dari Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) tahun 2024 pada skema Penelitian Dasar-Penelitian Tesis Magister dengan kontrak induk nomor 057/E5/PG.02.00.PL/2024 Tanggal

11 Juni 2024, dan kontrak turunan nomor 574/UN26.21/PN/2024 Tanggal 19 Juni 2024. kepentingan terhadap artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Almeida, T.M.H. de, Coelho, M.A.N. dan Peixoto, A.L. 2024. Rio de Janeiro Botanical Garden: Biodiversity Conservation in a Tropical Arboretum, *Journal of Zoological dan Botanical Gardens*, 5(3), pp. 378–394. doi:10.3390/jzbg5030026.
- Barrios, E., Valencia, V., Jonsson, M., Brauman, A., Hairiah, K., Mortimer, P.E. dan Okubo, S. 2018. Contribution of trees to the conservation of biodiversity dan ecosystem services in agricultural landscapes, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services dan Management*, 14(1), pp. 1–16. doi:10.1080/21513732.2017.1399167.
- Berlidanaldo, M., Chodiq, A. dan Fryantoni, D. 2021. Kolaborasi dan Sinergitas Antar Stakeholder dalam Pembangunan Berkelanjutan Sektor Pariwisata Di Kebun Raya Cibinong, *INOBIS: Jurnal Inovasi Bisnis Dan Manajemen Indonesia*, 4(2), pp. 221–234. doi:10.31842/jurnalnobis.v4i2.179.
- Caroline, A.C., Hayati, R. dan Agustine, L. 2024. Pengaruh Kombinasi Penggunaan Biochar Dan Pupuk Kotoran Terhadap Ketersediaan Nutrisi N, P, K Serta Pertumbuhan Jagung (*Zea Mays L.*) Pada Tanah Aluvial, *Jurnal Agriovet*, 6(2), pp. 73–92. doi:10.51158/agriovet.v6i2.1123.
- Chrisnawati, L., Putri, AS. dan Haryanto, H. 2021. Inventarisasi Tanaman Buah Di Kawasan Taman Buah Kebun Raya Liwa, *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 7(1), pp. 50–55. doi:10.23917/bioeksperimen.v7i1.10808.
- D'Antraccoli, M., Weiger, N., Cocchi, L. dan Peruzzi, L. 2023. The Trees of the Pisa Botanic Garden under Climate Change Scenarios: What Are We Walking into?, *Sustainability (Switzerland)*, 15(5), pp. 1–11. doi:10.3390/su15054585.
- Dewi, L., Dhia, ANB., Afifah, A., Susetya, FR., Miftahulhasanah, L., Sharen, N. dan Choerunisa, S. 2021. Dampak lingkungan dan sosial terhadap minat wisatawan di Kebun Raya Bogor, *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(3), pp. 977–986. doi:10.47492/jip.v2i3.789.
- Elaine, R., Asimina, V., Suzanne, K., Julia, W., Justin, D., Gail, B. dan Costantino, B. 2014. Strategies for Embedding Inquiry-Based Teaching dan Learning in Botanic Gardens: Evidence from the Inquire Project, in *Inquiry-based Learning for Faculty dan Institutional Development: A Conceptual dan Practical Resource for Educators*. Emerald Group Publishing Limited, pp. 175–199. doi:10.1108/S2055-364120140000001010.
- Gaio-Oliveira, G., Delicado, A. dan Martins-Loução, MA. 2017. Botanic Gardens as Communicators of Plant Diversity dan Conservation, *Botanical Review*, 83(3), pp. 282–302. doi:10.1007/s12229-017-9186-1.
- Harianto, SP., Tsani, MK., Santoso, T., Masruri, NW. dan Winarno, GD. 2021. Penilaian Wisatawan Terhadap Komponen Destinasi Wisata: Atraksi, Amenitas, Aksesibilitas dan Pelayanan Tambahan Pada Objek Wisata Kebun Raya Liwa, *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 15(1), pp. 13–27. doi:10.22146/jik.v15i1.1515.
- Lalika, HB., Herwanti, S., Febryano, IG. dan Winarno, GD. 2020. Persepsi Pengunjung Terhadap Pengembangan Ekowisata di Kebun raya Liwa (Visitors' Perception Towards Ecotourism Development in Liwa Botanical Garden), *Jurnal Belantara*, 3(1), pp. 25–31.
- Mazur, VA., Myalkovsky, RO., Mazur, KV., Pansyryeva, HV. dan Alekseev, OO. 2019. Influence of the photosynthetic productivity dan seed productivity of white lupine plants, *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), pp. 665–670.
- Nabilah, R., Rahayu, Y. dan Akbar, TW. 2020. Konsep Desain Ekologis Pada Zonasi Taman Tematik Bambu Di Kebun Raya Institut Teknologi Sumatera, *Jurnal Arsitektur*, 10(2), p. 57. doi:10.36448/jaubl.v10i2.1340.
- Ningrum, LW. dan Retnosari, D. 2020. Monitoring Hama Dan Penyakit Tanaman Dalam Perlindungan Koleksi Tanaman Di Kebun Raya Purwodadi, *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 7(2), pp. 305–314. doi:10.21776/ub.jtsl.2020.007.2.15.
- Nuranisa, S., Suidiana, E. dan Yani, E. (2020) Hubungan Umur Dengan Biomassa, Stok Karbon Dioksida, Tegakan Pohon Duku (*Lansium Parasiticum*) Di Desa Kalikajar

- Kecamatan Kaligondang Kabupaten Purbalingga, *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 2(1), pp. 146–151. doi:10.20884/1.bioe.2020.2.1.1866.
- Pratama, MI., Delvian dan Hartini, KS. 2016. Cadangan Vegetasi dan Cadangan Karbon Tegakan di Kawasan Hutan Cagar Alam Lembah Harau Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat, *Peronema Forestry Science Journal*, 5(1), pp. 19–27.
- Primack, RB., Ellwood, ER., Gallinat, AS. dan Miller-Rushing, AJ. 2021. The growing dan vital role of botanical gardens in climate change research, *New Phytologist*, 231(3), pp. 917–932. doi:10.1111/nph.17410.
- Safe'i, R. 2021. Tingkat Kesehatan Hutan Mangrove dalam Hubungannya dengan Perubahan Iklim (Studi Kasus Mangrove Pesisir Timur Kabupaten Lampung Timur), *Jurnal Hutan Tropis*, 9(3), pp. 325–332. doi:10.20527/jht.v9i3.12333.
- Safe'i, R., Danrian, R., Maryono, T., Tapasya, S. dan Gdanadipoera, FHM. 2024. Assessment of Tree Damage with the Forest Health Monitoring (FHM) Method dan the Convolutional Neural Network (CNN) Method', *IOP Conference Series: Earth dan Environmental Science*, 1352(1), pp. 1–6. doi:10.1088/1755-1315/1352/1/012049.
- Safe'i, R., Danrian, R., Sriatna, DA. dan Tarigan, FR. 2024. Classification of Density dan Transparency of Needle Leaves Types Using AlexNet dan VGG16 Architecture, *Ingenierie Des Systemes d'Information*, 29(3), pp. 929–939. doi:10.18280/isi.290313.
- Safe'i, R. dan Syahiib, AN. 2023. Optimization of Mangrove Ecosystem Services Based on Comparison of Stdan Carbon Stock Estimates in Climate Change Mitigation, *International Journal of Environmental Impacts*, 6(4), pp. 197–205. doi:10.18280/ije.060404.
- Safe'i, R. dan Violita, CY. 2024. 'Assessing Ecosystem Health in Botanical Gardens', *International Journal of Sustainable Development dan Planning*, 19(6), pp. 2243–2249. doi:10.18280/ijstdp.190623.
- Smith, L., Primack, RB., Zipf, L., Pardo, S., Gallinat, AS. dan Panchen, ZA. 2019. Leaf longevity in temperate evergreen species is related to phylogeny dan leaf size, *Oecologia*, 191(3), pp. 483–491. doi:10.1007/s00442-019-04492-z.
- van Bruggen, AHC., Goss, EM., Havelaar, A., van Diepeningen, AD., Finckh, MR. dan Morris, JG. 2019. One Health - Cycling of diverse microbial communities as a connecting force for soil, plant, animal, human dan ecosystem health, *Science of the Total Environment*, 664, pp. 927–937. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.02.091.
- Wati, F. dan Safe'i, R. 2024. Health analysis of mangrove forest based on vitality indicators (case study in Purworejo mangrove forest, Pasir Sakti District, East Lampung Regency), *IOP Conference Series: Earth dan Environmental Science*, 1352(1), pp. 1–7. doi:10.1088/1755-1315/1352/1/012015.