

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim global akibat antropogenik merupakan tantangan ekologis terbesar pada abad ini. Pembangunan perkotaan yang masif secara persisten mengalihkan fungsi lahan alami menjadi kawasan pemukiman, komersial, dan pariwisata. Hal ini berdampak langsung pada berkurangnya luasan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Walaupun pembangunan fisik memberikan keuntungan dari segi ekonomi, hilangnya tutupan vegetasi memicu degradasi ekologis berupa penurunan kapasitas lingkungan dalam menjaga keseimbangan biogeokimia alami (Darliana dkk., 2023).

Salah satu dampak krusial hilangnya RTH adalah melesatnya konsentrasi emisi gas rumah kaca di atmosfer, khususnya karbon dioksida (CO_2) dari pembakaran bahan bakar fosil pada sektor transportasi dan industri (Setiawan & Hermana, 2013; Darliana dkk., 2023). Peningkatan CO_2 secara langsung memperparah fenomena *Urban Heat Island* (UHI) dan meningkatkan suhu mikro perkotaan. Gaya hidup modern memicu tingginya konsumsi energi dan mobilitas manusia, sehingga emisi antropogenik yang dihasilkan terus melebihi daya dukung lingkungan (Dapas, 2015; *Global Footprint Network*, 2023).

Secara biologis, vegetasi memiliki peran sentral sebagai agen *carbon sink* (penyerap karbon) alami melalui proses fisiologis fotosintesis. Dalam fotosintesis, molekul CO_2 dari udara diserap oleh daun melalui stomata dan difiksasi oleh enzim *Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase-oxygenase* (RuBisCO) dalam Siklus Calvin menjadi senyawa karbon organik (glukosa). Senyawa karbon organik ini kemudian ditranslokasikan dan ditimbun sebagai jaringan struktural (seperti lignin dan selulosa) dalam bentuk biomassa tanaman, baik *above-ground biomass* (batang, dahan, daun) maupun *below-ground biomass* (akar) (Hutabarat dkk., 2022; Yuliasari dkk., 2021). Setiap spesies tumbuhan memiliki kemampuan metabolisme, laju transpirasi, kerapatan kayu (*wood density*), dan arsitektur tajuk yang berbeda-beda dalam menyerap serta mengamankan karbon (Suprianto dkk., 2023).

Sebagai kawasan konservasi *ex-situ* sekaligus RTH di tengah kepadatan Kota Bandung, Bandung Zoo (Kebun Binatang Bandung) memegang fungsi biologis dan ekologis yang sangat penting. Kawasan ini ditumbuhi oleh beraneka ragam spesies pohon tua berukuran besar yang

membentuk strata kanopi kompleks. Keberadaan struktur vegetasi ini berpotensi besar dalam menjalankan fiksasi karbon dan menyediakan jasa ekosistem (*ecosystem services*), seperti pemeliharaan mikroklimat, penyedia oksigen (O_2), penahan erosi, dan habitat keanekaragaman hayati perkotaan. Namun di sisi lain, tingginya aktivitas pengunjung, penggunaan kendaraan bermotor, konsumsi energi operasional, serta limbah biologis satwa di kawasan Bandung Zoo menghasilkan akumulasi emisi CO_2 mikro yang signifikan (Lestari dkk., 2021).

Keseimbangan antara beban emisi antropogenik (*ecological footprint*) dan kemampuan fiksasi biologis vegetasi (*biocapacity*) dapat dianalisis secara kuantitatif melalui pendekatan neraca karbon (Wackernagel, 2011; *Global Footprint Network*, 2023). Biokapasitas vegetasi dihitung menggunakan pendekatan metode non-destruktif melalui persamaan alometrik berbasis parameter morfometri biologis, seperti diameter setinggi dada (*Diameter at Breast Height/DBH*), tinggi pohon, dan kerapatan massa kayu spesies (Suprianto dkk., 2023).

Meskipun kajian emisi karbon dan inventarisasi vegetasi secara terpisah sudah banyak dilakukan, penelitian yang secara komprehensif mengintegrasikan dinamika biologis serapan karbon vegetasi dengan estimasi emisi antropogenik pengunjung dalam satu kawasan konservasi RTH di Indonesia masih sangat terbatas. Tanpa adanya pemetaan neraca karbon secara presisi, pengelola kawasan tidak memiliki basis data ilmiah untuk menentukan apakah kawasan tersebut berada dalam kondisi *surplus* (berfungsi sebagai pembersih udara) atau justru *defisit* karbon (menjadi sumber polutan).

Penelitian ini dirancang untuk menganalisis emisi karbon antropogenik dari aktivitas pariwisata, menginventarisasi struktur dan karakteristik kebiologian vegetasi, mengkalkulasi simpanan biomassa serta kapasitas fiksasi CO_2 melalui persamaan alometrik, dan menentukan status neraca karbon di Bandung Zoo.

Secara filosofis dan spiritual, penelitian ini sejalan dengan prinsip kelestarian alam dalam Islam. Manusia diamanahkan sebagai *khalifah fil ardh* (pemelihara bumi) yang berkewajiban menjaga keseimbangan ekosistem (mizan). Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an:

“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).” (QS. Ar-Rum: 41)

Ayat ini memperingatkan bahwa gangguan pada jalur biogeokimia dan pencemaran udara merupakan konsekuensi eksplorasi manusia yang tidak terkendali. Oleh karena itu, mengkaji dan memelihara kemampuan biologis vegetasi Bandung Zoo dalam menyerap karbon

merupakan bentuk nyata pelaksanaan amanah keagamaan dan ekologis demi mewujudkan kawasan wisata yang berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

- 1) Berapa besar emisi karbon (CO_2) yang dihasilkan dari aktivitas pengunjung dan operasional di kawasan Bandung Zoo?
- 2) Bagaimana struktur kebiologian dan karakteristik vegetasi (spesies, kerapatan kayu, indeks keanekaragaman, dan arsitektur tajuk) yang terdapat di kawasan Bandung Zoo?
- 3) Seberapa besar estimasi biomassa dan kapasitas fiksasi karbon (CO_2) oleh vegetasi di Bandung Zoo berdasarkan persamaan alometrik spesies?
- 4) Bagaimana kondisi neraca karbon di kawasan Bandung Zoo, apakah mengalami status *surplus* atau *defisit* karbon?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1) Menganalisis kuantitas emisi karbon yang bersumber dari mobilitas pengunjung dan kegiatan operasional di kawasan Bandung Zoo.
- 2) Mengidentifikasi keanekaragaman jenis, struktur kebiologian, serta tutupan vegetasi di kawasan Bandung Zoo.
- 3) Mengestimasi akumulasi biomassa dan kemampuan penyerapan karbon (CO_2) vegetasi menggunakan parameter alometrik biologis.
- 4) Menyusun neraca karbon kawasan untuk menentukan status ekologis (*surplus* atau *defisit*) Bandung Zoo.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini memperkaya khazanah ilmu Ekologi dan Fisiologi Tumbuhan, khususnya dalam domain ekologi perkotaan (*urban ecology*) dan mitigasi perubahan iklim. Penelitian ini memperjelas pemahaman mengenai hubungan timbal balik (*interaksi*) antara tekanan antropogenik manusia dengan respon biologis tumbuhan dalam proses sekuestrasi karbon. Selain itu, metodologi ini dapat memperkuat materi pembelajaran ekologi mengenai alir energi, siklus biogeokimia karbon, serta penentuan daya dukung lingkungan berbasis biomassa vegetasi.

1.4.2 Manfaat Praktis

Penelitian ini memberikan kontribusi praktis yang signifikan bagi pengelola Bandung Zoo dan pemerintah daerah setempat sebagai acuan ilmiah kuantitatif dalam merancang tata kelola kawasan hijau berbasis *carbon neutral*. Data kuantifikasi emisi dan biokapasitas vegetasi dapat dimanfaatkan secara langsung untuk menentukan arah kebijakan konservasi, seperti penataan komposisi spesies pohon penyerap karbon tinggi, perencanaan zonasi pergerakan pengunjung, serta pengelolaan jalur transportasi harian yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, analisis kemampuan serapan biologis vegetasi ini menjadi landasan strategis dalam menjaga serta mempertahankan keberadaan pohon-pohon tua berukuran besar agar fungsi ekologis kawasan sebagai penyangga iklim mikro perkotaan tetap optimal.

Di sisi lain, hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan secara praktis sebagai sarana edukasi publik untuk meningkatkan kesadaran lingkungan (*environmental awareness*) masyarakat dan wisatawan yang berkunjung. Melalui penyampaian data potensi penyerapan karbon oleh pohon, pengunjung dapat secara langsung memahami keterkaitan antara aktivitas wisata, jejak emisi yang mereka hasilkan, dan peran vital jaringan vegetasi dalam memitigasi dampak perubahan iklim. Informasi ini diharapkan mampu mendorong perubahan perilaku wisatawan agar lebih peduli terhadap kelestarian ekosistem dan kebersihan udara di kawasan konservasi maupun di lingkungan sehari-hari.