BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi Krisis iklim saat ini telah menjadi realitas biofisik yang dampaknya dapat dirasakan langsung dalam kehidupan kita sehari hari. Kita menghadapi peningkatan anomali cuaca ekstrem, pergeseran musim hujan, serta suhu global yang kian mengancam batas kritis 1,5°C dari Paris Agreement (IPCC, 2021). Akar utama dari ketidakstabilan sistem iklim ini adalah akumulasi gas rumah kaca (GRK), khususnya karbon dioksida (CO_2). Peningkatan emisi ini sebagian besar didorong oleh intervensi antropogenik, di mana deforestasi dan perubahan penggunaan tata lahan menjadi penyumbang terbesarnya (WMO, 2024). Kondisi ini tidak hanya berdampak pada sistem ekologi global, tetapi juga memicu konsekuensi sosial-ekonomi yang luas, khususnya pada negara berkembang yang memiliki ketergantungan tinggi terhadap sumber daya alam.

Sebagai respons terhadap krisis tersebut diatas, sektor *Forestry and Other Land Use* (FOLU) menempati posisi strategis dalam peta jalan mitigasi global. Ekosistem darat maupun pesisir secara alami berperan menyerap karbon lewat fotosintesis, lalu menguncinya ke dalam biomassa dan tanah untuk jangka waktu yang panjang (Pan et al., 2011). Oleh karena itu, Kawasan Konservasi seperti Taman Nasional Bali Barat yang merupakan satu satunya Kawasan Konservasi Di Pulau Bali memiliki fungsi kawasan sebagai penyerap karbon (*carbon sink*) melalui perlindungan ekosistem kini diandalkan sebagai salah satu tulang punggung strategi mitigasi iklim dunia (Griscom et al., 2017)

Indonesia, sebagai negara tropis dengan kekayaan lanskap yang tinggi, memegang peran strategis dalam menjaga stabilitas iklim dunia dan sering di sebut sebagai paru paru dunia. Komitmen nasional melalui dokumen *Indonesia's FOLU Net Sink 2030* menargetkan agar sektor kehutanan dan penggunaan lahan mampu menyerap emisi karbon setidaknya sebesar atau bahkan melebihi emisi yang dihasilkan pada akhir

dekade ini (KLHK, 2022). Target ambisius ini menempatkan perlindungan ekosistem alami di kawasan konservasi sebagai pilar utama, yang keberhasilan implementasinya sangat bergantung pada ketersediaan data stok karbon yang akurat, terukur, dan berbasis kondisi lokal (Dharmawan et al., 2020).

Konsep stok karbon (*carbon stock*) merujuk pada jumlah karbon yang tersimpan dalam suatu ekosistem pada waktu tertentu, baik dalam biomassa vegetasi di atas permukaan (*aboveground biomass*), biomassa bawah permukaan (*belowground biomass*), serasah, kayu mati, maupun karbon organik tanah (IPCC, 2006). Distribusi stok karbon antar kolam ini tidak bersifat homogen, melainkan sangat bervariasi bergantung pada tipe ekosistem, struktur vegetasi, dan karakteristik edafik (tanah) penyusunnya. Oleh karena itu, analisis pemetaan distribusi spasial pada bentang alam yang kompleks menjadi sangat esensial untuk merumuskan kebijakan berbasis bukti (*evidence-based planning*).

Taman Nasional Bali Barat (TNBB) merupakan mikrokosmos ekosistem tropis yang sangat ideal untuk kajian ini karena mengintegrasikan lanskap pesisir hingga daratan dalam satu kesatuan. Secara ekologis, kawasan ini tersusun atas gradien empat tipe ekosistem utama, yaitu hutan musim seluas **12.218,89** ha, hutan hujan seluas **1.274,07** ha, hutan mangrove seluas **500,88** ha, dan hutan pantai seluas **21,86** ha (Balai Taman Nasional Bali Barat, 2025). Kombinasi luasan dan karakteristik keempat ekosistem ini menciptakan dinamika pertukaran karbon yang sangat spesifik, mulai dari fiksasi biomassa kanopi besar di hutan daratan hingga akumulasi sedimen *blue carbon* yang masif di zona pasang surut.

Kesenjangan (*gap*) utama yang dipecahkan dalam penelitian ini adalah terbatasnya data empiris yang presisi. Studi-studi terdahulu umumnya masih mengandalkan pendekatan *Tier 1* menggunakan nilai *default* global atau persamaan alometrik pantropis yang sering kali menghasilkan bias estimasi pada ekosistem lokal (Gibbs et al., 2007). Untuk mengatasi ketidakpastian tersebut, estimasi biomassa dalam penelitian ini ditingkatkan ke level *Tier 2* dengan menggunakan persamaan alometrik

nasional spesifik Indonesia (Manuri et al., 2014) untuk ekosistem daratan, dan standar regional Asia Tenggara (Komiyama et al., 2005) untuk ekosistem mangrove.

Lebih lanjut, penelitian ini juga mengklarifikasi hubungan kausalitas ekologis yang sering kali mengalami kerancuan matematis dalam inventarisasi karbon. Dinamika retensi karbon tanah sangat bergantung pada kepadatan fisik tanah atau *Bulk Density*, sementara kapasitas akumulasi biomassa atas tanah sering kali secara keliru diasumsikan berbanding lurus dengan kerapatan jumlah poho. Pembuktian empiris terhadap hubungan variabel-variabel murni ini diperlukan untuk menghindari bias dalam penarikan kesimpulan manajerial (Gibbs et al., 2007).

Ketersediaan data kuantitatif yang memenuhi prinsip TACCC (*Transparent, Accurate, Consistent, Comparable, and Complete*) sangat krusial di era kebijakan Nilai Ekonomi Karbon (NEK). Kawasan konservasi tidak lagi sekadar entitas ekologi, melainkan aset mitigasi yang valuasinya diatur secara ketat melalui Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 (Republik Indonesia, 2021). Tanpa adanya arsitektur data *baseline* karbon yang tervalidasi secara statistik, kontribusi kawasan TNBB dalam mekanisme perdagangan karbon maupun insentif fiskal berbasis kinerja akan sulit dipertanggungjawabkan.

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian mengenai distribusi potensi stok karbon pada empat ekosistem utama di TNBB ini telah dilaksanakan secara komprehensif. Sintesis data biofisik dan spasial yang dihasilkan dari penelitian ini dirancang untuk merumuskan strategi mitigasi perubahan iklim berbasis ekosistem (*ecosystem-based mitigation*). Strategi ini mengintegrasikan perlindungan ekosistem bersendi kearifan lokal seperti *Awig-awig* dan filosofi *Tri Hita Karana* (Arnyana & Utami, 2022), untuk memastikan pengelolaan kawasan konservasi berkontribusi nyata dalam menekan pemanasan global.

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian mengenai distribusi potensi stok karbon pada empat ekosistem utama di TNBB ini telah dilaksanakan secara komprehensif. Sintesis data biofisik dan spasial yang dihasilkan dari penelitian ini dirancang untuk merumuskan strategi mitigasi perubahan iklim berbasis ekosistem

(*ecosystem-based mitigation*). Strategi ini mengintegrasikan perlindungan ekosistem bersendi kearifan lokal seperti *Awig-awig* dan filosofi *Tri Hita Karana* (Arnyana & Utami, 2022), untuk memastikan pengelolaan kawasan konservasi berkontribusi nyata dalam menekan pemanasan global.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Terbatasnya data empiris stok karbon berbasis lapangan di TNBB yang sebelumnya masih banyak mengandalkan pendekatan *Tier 1* (pantropis), sehingga belum merepresentasikan akurasi kondisi lokal.
2. Belum adanya pemetaan distribusi dan komparasi spasial stok karbon secara komprehensif di antara empat ekosistem utama (hutan musim, hutan hujan, mangrove, dan hutan pantai) dalam satu bentang lanskap kawasan.
3. Kerap diabaikannya perhitungan komponen karbon di bawah permukaan (*below-ground*), khususnya Karbon Organik Tanah (SOC) dan serasah, yang justru merupakan kompartemen penyimpan karbon terbesar pada ekosistem tertentu.
4. Perlunya pembuktian empiris untuk meluruskan asumsi keliru mengenai hubungan kausalitas ekologis, khususnya pengaruh kepadatan fisik tanah terhadap persentase konsentrasi C-organik, serta hubungan kerapatan jumlah pohon terhadap total akumulasi biomassa di berbagai tipe Ekosistem TNBB.
5. Belum tersedianya strategi mitigasi perubahan iklim berbasis ekosistem (*ecosystem-based mitigation*) yang didasarkan pada data saintifik *carbon baseline* spesifik untuk TNBB guna mendukung kebijakan Nilai Ekonomi Karbon (NEK).
6. Keterbatasan data yang memenuhi prinsip TACCC (Transparent, Accurate, Consistent, Comparable, and Complete)

   Ketersediaan data stok karbon yang belum memenuhi standar kualitas internasional menjadi kendala dalam mendukung mekanisme kebijakan seperti Nilai Ekonomi Karbon (NEK).

7. Belum adanya strategi mitigasi perubahan iklim berbasis ekosistem yang spesifik untuk TNBB

   Meskipun TNBB memiliki potensi stok karbon yang tinggi, belum tersedia strategi berbasis data ilmiah yang dapat mengoptimalkan peran masing-masing ekosistem dalam mitigasi perubahan iklim.

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini lebih fokus dan mendalam, pembatasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. **Lokasi:** Terbatas pada empat tipe ekosistem utama di TNBB: Hutan Mangrove, Hutan Pantai, Hutan Musim, dan Hutan Hujan Dataran Rendah.
2. **Objek Pengukuran:** Berfokus pada kuantifikasi 5 *carbon pools* (biomassa atas, biomassa bawah, kayu mati, serasah, dan tanah pada empat tipe ekosistem, Hutan Pantai, Hutan Musim, Hutan Hujan dataran Rendah dan Hutan Mangrove.
3. **Kedalaman Analisis:** Analisis karbon tanah dibatasi pada kedalaman 0-30 cm, yang dianggap sebagai lapisan paling aktif dalam dinamika pertukaran karbon organik.
4. **Metode Alometrik:** Perhitungan biomassa menggunakan pendekatan *Tier 2* melalui persamaan alometrik nasional (Manuri et al., 2014) untuk ekosistem daratan dan alometrik (Komiyama et al., 2005) untuk ekosistem mangrove.

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana distribusi potensi stok karbon pada empat ekosistem utama di Taman Nasional Bali Barat?
2. Bagaimana perbandingan potensi stok karbon antar ekosistem tersebut?
3. Bagaimana pengaruh faktor edafik berupa kepadatan tanah (*Bulk Density*) terhadap persentase kandungan C-Organik, serta bagaimana hubungan antara kerapatan jumlah tegakan pohon dengan total akumulasi Biomassa Atas Tanah (AGB)?

4. Bagaimana kontribusi relatif masing-masing ekosistem terhadap total potensi penyimpanan karbon di bentang alam Taman Nasional Bali Barat?
5. Bagaimana hasil analisis distribusi stok karbon dapat digunakan untuk merumuskan strategi mitigasi perubahan iklim berbasis ekosistem di Taman Nasional Bali Barat?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis distribusi potensi stok karbon pada empat ekosistem utama di Taman Nasional Bali Barat.
2. Mengidentifikasi dan membandingkan potensi stok karbon antar ekosistem di Taman Nasional Bali Barat.
3. Menganalisis pengaruh kepadatan tanah (*Bulk Density*) terhadap persentase kandungan C-Organik, serta menguji korelasi antara kerapatan jumlah tegakan pohon dengan total Biomassa Atas Tanah (AGB).
4. Menganalisis kontribusi relatif masing-masing ekosistem terhadap total cadangan penyimpanan karbon di Taman Nasional Bali Barat.
5. Merumuskan rekomendasi strategi mitigasi perubahan iklim berbasis ekosistem berdasarkan data spasial dan biofisik kawasan.

1.6 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dan manfaat yang signifikan, baik secara teoretis maupun praktis, antara lain sebagai berikut

1. **Manfaat Akademis:** Memberikan kontribusi pada ilmu lingkungan melalui penyediaan data *baseline* karbon yang akurat dan tervalidasi, serta menjadi referensi metodologi pengukuran karbon multi-ekosistem bagi peneliti selanjutnya.
2. **Manfaat Praktis:** Dapat di aplikasi dalam sisitem Smarta Patrol Taman Nasional Bali Barat dalam Upaya perlindunga Ekosistem, pengusulan insentif fiskal karbon, dan pengambilan kebijakan dalam pengelolaan kawasa konservasi berbasis zonasi.