

BAB I

PENDAHULUAN

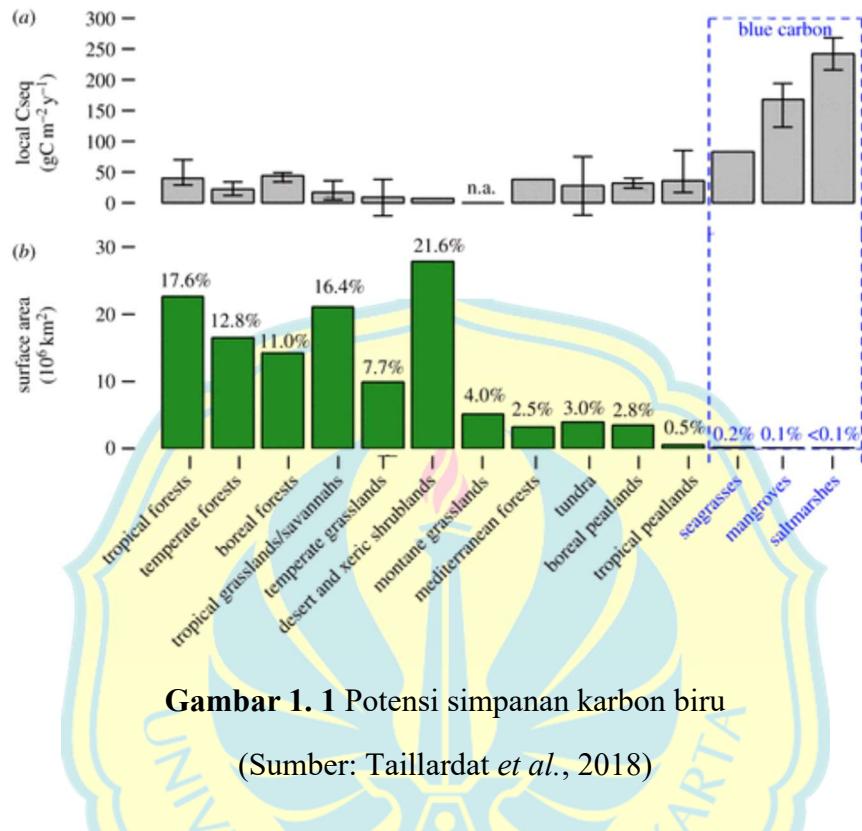
1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim global telah menjadi isu utama dalam beberapa dekade terakhir karena dampaknya yang luas terhadap lingkungan dan kehidupan manusia. Salah satu permasalahan utama adalah meningkatnya kadar karbon dioksida (CO_2) di atmosfer, yang memiliki dampak luas, bersifat permanen, dan sulit untuk dikembalikan ke kondisi semula (Zunnuraeni *et al.*, 2024). Kenaikan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer terutama dipicu oleh berbagai aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, serta perubahan tata guna lahan (Filonchyk *et al.*, 2024). Tanpa upaya mitigasi yang memadai, perubahan iklim dapat mengganggu keseimbangan ekosistem, mengancam ketahanan pangan, serta meningkatkan frekuensi dan intensitas bencana alam, seperti banjir dan badai tropis.

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki tanggung jawab yang signifikan dalam menjaga kualitas ekosistem pesisir dan laut. Komitmen Indonesia untuk mengurangi emisi gas rumah kaca telah tertuang dalam *Nationally Determined Contribution* (NDC) yang diperbarui pada tahun 2021, di mana Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi sebesar 29% dengan upaya sendiri dan hingga 41% dengan dukungan internasional pada tahun 2030 (UNFCCC, 2022). Ekosistem pesisir dan pulau-pulau kecil, seperti mangrove, padang lamun, dan *salt marsh*, memiliki kemampuan luar biasa dalam menyerap dan menyimpan karbon dalam jumlah besar (D. M. Alongi, 2014). Karbon yang tersimpan ini dikenal dengan istilah “*blue carbon*” atau karbon biru. Dalam konteks ini, pengelolaan ekosistem karbon biru, khususnya hutan mangrove, menjadi salah satu strategi mitigasi yang penting bagi Indonesia. Karbon biru berkontribusi secara signifikan dalam upaya mitigasi perubahan iklim dengan mengurangi kadar CO_2 di atmosfer.

Mangrove sebagai salah satu yang umum dijumpai di seluruh pulau di Indonesia memiliki adaptasi yang sangat luas terhadap salinitas dan mampu bertahan pada kondisi tanah tergenang dan kurang stabil (Subrata *et al.*, 2021). Mangrove

merupakan ekosistem yang kaya akan karbon dan memiliki peranan penting dalam regulasi iklim, yaitu dengan kemampuan menyimpan karbon dalam jumlah yang besar sebagai upaya mengimbangi emisi antropogenik CO₂ (Rivera *et al.*, 2017).



Gambar 1. 1 Potensi simpanan karbon biru

(Sumber: Taillardat *et al.*, 2018)

Ekosistem mangrove mampu menyimpan karbon tiga hingga empat kali lebih banyak dibandingkan dengan hutan tropis daratan (Melati, 2021). Mangrove menyimpan karbon di berbagai kompartemen, termasuk lapisan tanah di bawahnya, biomassa hidup di atas permukaan tanah (seperti daun, batang, dan cabang), serta di bawah tanah (akar). Selain itu, karbon juga tersimpan dalam biomassa mati, seperti serasah dan kayu yang membusuk. Karbon biru dapat diserap dalam jangka waktu singkat (puluhan tahun) melalui biomassa, sementara dalam sedimen, penyimpanannya berlangsung lebih lama, hingga ribuan tahun (McLeod *et al.*, 2011).

Indonesia juga merupakan negara dengan luas ekosistem mangrove terbesar di dunia (FAO, 2020). Namun, luas mangrove di Indonesia terus mengalami penurunan akibat berbagai tekanan, baik dari faktor alami maupun antropogenik.

Konversi lahan mangrove menjadi tambak, permukiman, atau infrastruktur lainnya, serta dampak perubahan iklim seperti kenaikan permukaan laut, berdampak signifikan terhadap keberadaan dan fungsi ekosistem mangrove (Murdiyarsa *et al.*, 2015). Faktor-faktor penyebab deforestasi di wilayah pesisir dan pulau kecil salah satunya adalah konversi lahan yang akan dimanfaatkan oleh warga sekitar untuk memenuhi kebutuhan hidup mereka. Selain itu, abrasi tidak bisa kita lepaskan dari lingkup permasalahan yang sering terjadi di kawasan pesisir maupun pulau kecil. Penurunan luas tutupan mangrove tidak hanya mengurangi kapasitas penyimpanan karbon, tetapi juga dapat menyebabkan pelepasan karbon yang telah tersimpan kembali ke atmosfer (Adame *et al.*, 2021). Ketika mangrove terdegradasi atau hilang, karbon yang tersimpan dalam sedimen dan biomassa dapat teroksidasi dan dilepaskan ke atmosfer sebagai CO₂, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan emisi karbon. Penelitian menunjukkan bahwa deforestasi mangrove dapat melepaskan 0,02-0,12 Petagram karbon per tahun secara global, setara dengan 2-10% dari total emisi deforestasi global (Donato *et al.*, 2011).

Salah satu kawasan pulau kecil yang mengalami tekanan lingkungan yang signifikan adalah Kepulauan Tanakeke, yang terletak di Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Pulau ini merupakan salah satu pulau kecil dengan ekosistem mangrove yang luas, namun menghadapi berbagai ancaman antropogenik. Sejak tahun 1980-an hingga 2000-an, sekitar 60% lahan mangrove di Kepulauan Tanakeke telah dikonversi menjadi tambak udang dan ikan tanpa memperhatikan kelestarian lingkungan (Anhar *et al.*, 2019). Selain itu, eksploitasi kayu mangrove untuk bahan bakar dan pembangunan infrastruktur perikanan semakin memperburuk kondisi lingkungan di kawasan ini (Setiawan, 2018). Kayu mangrove juga banyak digunakan sebagai tiang untuk alat tangkap ikan tradisional seperti jaring sero atau jermal, serta sebagai penyangga dalam budidaya rumput laut (Hermawan & Setiawan, 2018). Hilangnya tutupan mangrove di Kepulauan Tanakeke tidak hanya berdampak pada degradasi ekosistem, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca akibat pelepasan karbon dari sedimen yang terganggu.

Mengingat dinamika perubahan tutupan mangrove yang kompleks dan peran pentingnya dalam menyimpan karbon, diperlukan pendekatan pemantauan yang sistematis dan komprehensif. Analisis spasial-temporal melalui teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan pemetaan perubahan luasan tutupan mangrove secara berkala dengan cakupan area yang luas dan biaya yang relatif efisien (Kuenzer *et al.*, 2011). Integrasi data penginderaan jauh multi-temporal dengan teknik pemodelan spasial dapat menganalisis pola perubahan historis dan memprediksi tren di masa depan (Giri *et al.*, 2011a). Model *Machine Learning* yang diproses melalui *Google Earth Engine* (GEE), seperti *Random Forest* (RF) telah terbukti efektif dalam mengklasifikasikan tutupan mangrove (Nandika *et al.*, 2023). Sementara itu, algoritma *Markov Chain* dapat digunakan untuk memprediksi probabilitas perubahan tutupan lahan mangrove dari satu kategori ke kategori lainnya berdasarkan pola perubahan historis (Gharaibeh *et al.*, 2020).

Prediksi stok karbon biru dihitung berdasarkan hasil prediksi perubahan mangrove di tahun 2030 dengan menggunakan *Blue Carbon Model* pada perangkat lunak InVEST. Model ini memiliki keunggulan karena dapat mengintegrasikan data spasial tutupan lahan multi-temporal dengan parameter karbon spesifik untuk masing-masing kelas lahan. InVEST juga mampu mensimulasikan dinamika perubahan stok karbon akibat transisi tutupan lahan, baik akumulasi maupun emisi karbon, secara sistematis dan berbasis ekosistem. Selain itu, pendekatan InVEST telah banyak digunakan dalam penelitian berbasis jasa ekosistem, sehingga hasil prediksi karbon biru dapat dibandingkan secara konsisten dengan studi serupa di tingkat nasional maupun global (Shi *et al.*, 2024).

Pengendalian deforestasi mangrove merupakan prioritas utama dalam mendukung upaya mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Salah satu bentuk komitmen nasional terhadap isu ini tercermin dalam Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon, yang mendorong pemanfaatan jasa lingkungan termasuk karbon biru dalam skema perdagangan karbon nasional (Peraturan Presiden Republik Indonesia, 2021). Tahun 2030 menjadi tonggak penting yang sejalan dengan inisiatif global

Mangrove Breakthrough, yang diluncurkan pada Konferensi Perubahan Iklim COP27 oleh *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). Inisiatif ini menargetkan perlindungan, restorasi, dan peningkatan area mangrove seluas 15 juta hektare, serta mobilisasi pendanaan konservasi sebesar USD 4 miliar hingga tahun 2030. Dengan demikian, proyeksi perubahan tutupan mangrove di Kepulauan Tanakeke pada tahun tersebut menjadi sangat relevan, tidak hanya dalam mendukung pencapaian target konservasi global, tetapi juga sebagai kontribusi ilmiah terhadap upaya mitigasi perubahan iklim berbasis ekosistem.

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi stok karbon biru pada tahun 2030 berdasarkan perubahan tutupan mangrove pada tahun 2010-2025 di Kepulauan Tanakeke. Tahun 2030 dipilih karena merupakan tahun target dalam berbagai kebijakan nasional dan internasional terkait mitigasi perubahan iklim. Selain itu, dengan data historis 2010-2025, penting untuk melihat bagaimana tren perubahan mangrove dan stok karbon biru akan berlanjut dalam 5 tahun ke depan yang merupakan masa krusial dalam pengambilan keputusan kebijakan berbasis ekosistem. Harapannya penelitian ini akan memberikan wawasan berharga bagi masyarakat dan pemangku kepentingan dalam upaya pelestarian mangrove, termasuk dalam mengidentifikasi kawasan prioritas untuk preservasi, konservasi, dan restorasi berdasarkan potensi penyimpanan karbonnya. Lebih lanjut, penelitian ini juga berkontribusi pada pengembangan metodologi yang lebih presisi dan efisien dalam memperkirakan stok karbon biru di ekosistem mangrove. Metode yang digunakan dapat diadaptasi untuk diterapkan pada wilayah pesisir dan pulau kecil lain.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, permasalahan yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terjadinya peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂) akibat konversi mangrove menjadi tambak dan permukiman di Kepulauan Tanakeke, yang menyebabkan penurunan kapasitas penyimpanan karbon biru.

2. Penurunan tutupan mangrove yang terus berlangsung dalam periode 2010-2025 namun belum didukung oleh strategi pengelolaan dan restorasi yang efektif.
3. Belum optimalnya pemanfaatan teknologi penginderaan jauh, SIG, dan pemodelan spasial untuk memantau perubahan tutupan mangrove dan prediksi stok karbon biru secara sistematis di Kepulauan Tanakeke.

1.3 Pembatasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada analisis biofisik perubahan tutupan mangrove dan prediksi stok karbon biru berbasis data spasial, tanpa membahas aspek sosial-ekonomi masyarakat. Periode analisis adalah tahun 2010-2025 dan prediksi tahun 2030 menggunakan pemodelan CA-Markov dan InVEST. Perhitungan karbon terbatas pada kompartemen biomassa dan tanah sesuai parameter model *Coastal Blue Carbon* InVEST.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah yang dapat diajukan untuk penelitian ini adalah “Bagaimana proyeksi stok karbon biru yang tersimpan pada tahun 2030 berdasarkan perubahan tutupan mangrove di Kepulauan Tanakeke pada tahun 2010-2025 sebagai bagian dari upaya mitigasi perubahan iklim?”

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

- a. Menambah wawasan dalam kajian geografi, khususnya terkait analisis spasial-temporal perubahan tutupan mangrove dan prediksi stok karbon biru.
- b. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya terkait peran mangrove dalam mitigasi perubahan iklim dan pengelolaan pesisir maupun pulau kecil yang berkelanjutan.

2. Manfaat Praktis

- a. Memberikan informasi kepada masyarakat dan pemangku kepentingan untuk mendukung perencanaan tata ruang wilayah pesisir maupun pulau kecil serta upaya konservasi mangrove.
- b. Menyediakan data perubahan tutupan lahan dan prediksi stok karbon biru sebagai dasar dalam mitigasi perubahan iklim berbasis ekosistem.
- c. Proyeksi perubahan mangrove dapat digunakan untuk zonasi konservasi, restorasi, dan kebijakan tata ruang rendah emisi.

