

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mangrove merupakan ekosistem pesisir yang memiliki peran ekologis dan klimatologis yang sangat penting, terutama dalam menyerap dan menyimpan karbon. Di Bali, Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai menjadi kawasan konservasi mangrove yang strategis, namun menghadapi tekanan dari aktivitas antropogenik seperti alih fungsi lahan, pencemaran, dan pembangunan infrastruktur. Keberlanjutan ekosistem mangrove di Tahura terancam oleh pembangunan terminal *Liquified Natural Gas* (LNG) yang dikhawatirkan merusak habitat mangrove melalui pengerukan sedimentasi, peningkatan kekeruhan air, dan gangguan biota pesisir. Meski proyek ini diklaim mendukung energi bersih, dampak ekologis dan sosialnya perlu kajian mendalam. Selain itu, temuan pembangunan pabrik warga negara asing di kawasan konservasi Tahura menambah tantangan tata kelola yang dapat menyebabkan degradasi habitat mangrove, mengancam stok karbon, keanekaragaman hayati, dan keseimbangan ekosistem pesisir (Luh De Suryani, 2025; CNN Indonesia, 2025).

Salah satu tantangan dalam pengelolaan kawasan ini adalah kurangnya data kuantitatif mengenai stok karbon di atas permukaan (*Above Ground Biomass*), yang sangat dibutuhkan untuk mendukung kebijakan mitigasi perubahan iklim. Oleh karena itu, diperlukan metode yang efisien dan akurat untuk mengestimasi stok karbon mangrove secara spasial. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah pemanfaatan teknologi penginderaan jauh, khususnya citra radar Sentinel-1A, yang mampu merekam kondisi vegetasi tanpa terpengaruh oleh awan dan cuaca.

Citra Sentinel-1A menggunakan sensor *Synthetic Aperture Radar* (SAR) yang menghasilkan data *backscatter* dari permukaan bumi. Nilai *backscatter* ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur vegetasi dan estimasi biomassa, termasuk stok karbon mangrove. Dengan pendekatan regresi antara nilai *backscatter* dan data pengukuran lapangan, hubungan kuantitatif dapat dibangun untuk menghasilkan estimasi stok karbon secara spasial. Metode ini tidak hanya efisien dalam hal waktu dan biaya, tetapi juga memungkinkan pemantauan berkala terhadap kondisi ekosistem mangrove.

Penginderaan jauh (*Remote Sensing*) dengan memanfaatkan Sensor *Synthetic Aperture Radar* (SAR) dalam mengestimasi Stok karbon diatas permukaan mampu digunakan dengan melibatkan pengolahan citra Sentinel-1A dengan kanal VV dan VH, ekstraksi fitur tekstur, serta analisis regresi linier untuk menghubungkan nilai *backscatter* dengan data biomassa hasil pengukuran lapangan. Perhitungan biomassa dilakukan dengan melalui pemanenan dan pendataan inventarisasi hutan dengan menggunakan persamaan allometrik (Sutaryo, 2009).

Tahura Ngurah Rai merupakan kawasan hutan mangrove terbesar di Bali dengan luas sekitar 1.373 Ha yang mencakup wilayah Kota Denpasar dan Kabupaten Badung. Kawasan ini berfungsi sebagai pelindung garis pantai, habitat keanekaragaman hayati, serta penyangga kualitas udara dan air (Tanjungbenoa, 2024). Selain itu sebagai kawasan konservasi dan edukasi lingkungan, Tahura Ngurah Rai juga menjadi simbol harmonisasi antara manusia dan alam dalam konteks budaya Bali. Kawasan ini memiliki aksesibilitas yang baik dan dukungan data historis memadai, serta terdapat pusat edukasi lingkungan dan keterlibatan aktif masyarakat lokal dalam pengelolaan mangrove. Partisipasi masyarakat berupa penanaman, pembibitan, dan pelestarian mangrove memperkuat relevansi lokasi penelitian berbasis konservasi dan teknologi (Sugiyanti, 2020).

Dengan mempertimbangkan urgensi konservasi mangrove dan potensi teknologi penginderaan jauh. Estimasi Stok Karbon Mangrove di Atas Permukaan Menggunakan Citra Sentinel-1A di Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. Bertujuan untuk menganalisis hubungan regresi antara nilai *backscatter* citra Sentinel-1A dengan stok karbon hasil pengukuran lapangan, serta mengetahui total estimasi stok karbon mangrove di Tahura Ngurah Rai Bali tahun 2025.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, sebagai berikut.

1. Berapa besar nilai stok karbon di atas permukaan mangrove dan bagaimana distribusi spasialnya di wilayah penelitian?
2. Berapa akurat nilai estimasi stok karbon yang dihasilkan dari model berbasis citra Sentinel-1A apabila divalidasi terhadap data lapangan?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai peneliti:

1. Untuk Menganalisis hubungan regresi nilai *backscatter* citra Sentinel-1A dengan stok karbon di atas permukaan pada hasil pengukuran lapangan di Tahura Bali Ngurah Rai.
2. Untuk mengetahui total estimasi stok karbon diatas permukaan pada mangrove di Tahura Ngurah Rai Bali tahun 2026.

1.3.1 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin dicapai penelit

1. Menjadi bahan pendukung dalam penyusunan kebijakan lingkungan dan inventarisasi gas rumah kaca pada skala lokal maupun regional
2. memberikan informasi kuantitatif tentang besaran stok karbon di atas permukaan pada ekosistem mangrove di Tahura Bali, yang sangat penting untuk mendukung upaya mitigasi perubahan iklim melalui pengurangan emisi karbon dari kawasan pesisir.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya fokus pada estimasi stok karbon mangrove di atas permukaan tanah (*Aboveground Biomassa*) tanpa melibatkan stok karbon bawah permukaan (*Belowground Biomassa*).
2. Data yang digunakan dalam estimasi stok karbon berupa citra satelit Sentinel-1A dengan analisis citra SAR (*Synthetic Aperture Radar*).
3. Penelitian hanya menggunakan citra satelit Sentinel-1A dengan polarisasi VH dan metode *sigma nought* untuk estimasi stok karbon di atas permukaan.
4. Pengukuran hanya dilakukan pada vegetasi mangrove yang berukuran pohon dengan diameter lebih dari 20 cm ($DBH > 20$ cm).
5. Penelitian ini tidak mencakup analisis temporal atau perubahan stok karbon secara berulang dalam jangka waktu tertentu, melainkan estimasi stok karbon pada satu waktu pengambilan citra.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian sebagai berikut:

1. **BAB I PENDAHULUAN**, bagian ini berisikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan
2. **BAB II DASAR TEORI**, bagian ini berisikan mengenai dasar teori-teori yang berkaitan dengan penelitian.
3. **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**, bagian ini berisikan penjelasan mengenai bagaimana penelitian ini dilakukan. Dimulai dari proses pengumpulan data, pengolahan data hingga hasil akhir yang menjadi ujuan utama dari penelitian ini dilakukan
4. **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**, bagian ini berisikan hasil pengolahan data serta pembahasan akan tiap hasil yang telah diperoleh.
5. **BAB V PENUTUP**, bagian ini berisikan kesimpulan dari penelitian serta saran yang dapat digunakan oleh penulis selanjutnya

1.6 Penelitian Terdahulu

Adapun Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini antara lain:

1. Husna *et al.* (2019) melakukan penelitian berjudul “Estimasi Cadangan Karbon Biomassa di Atas Permukaan pada Tegakan Mangrove Menggunakan Pengindraan Jauh di Tongke-Tongke, Sulawesi Selatan.” Penelitian ini memanfaatkan citra multispektral (Landsat) dan radar (PALSAR) untuk memperkirakan stok karbon hutan mangrove. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kedua sensor tersebut mampu meningkatkan akurasi estimasi dibandingkan penggunaan satu sensor saja, dengan total cadangan karbon berkisar antara 5.662,85 ton hingga 6.431,46 ton.
2. Nikmah Fitria Nuraini *et al.* (2022) yang berjudul “Estimasi Stok Karbon di Atas Permukaan Menggunakan Citra Sentinel-1A di Hutan Mangrove Karang Sewu, Bali” menggunakan citra *Synthetic Aperture Radar* (SAR) Sentinel-1A C-Band dengan polarisasi VH dan VV. Model estimasi karbon terbaik yang diperoleh adalah model polinomial dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,3347 dan tingkat kesalahan (RMSE) sebesar 0,7. Nilai total stok

karbon yang dihasilkan sebesar 59,85 ton/ha. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan citra radar Sentinel-1A cukup efektif untuk mengestimasi stok karbon pada hutan mangrove.

3. Setiawati *et al.* (2024) berjudul “Estimasi Stok Karbon Ekosistem Mangrove Sebagai Upaya Pengelolaan Blue Carbon di Desa Riding Panjang, Kabupaten Bangka” dilakukan dengan metode *non-destructive sampling* menggunakan plot lingkaran berdiameter 14 meter. Hasil penelitian menemukan delapan spesies mangrove dominan, di antaranya *Rhizophora mucronata* dan *R. apiculata*. Nilai rata-rata biomassa mangrove mencapai 115,09 Mg/ha dengan total stok karbon sebesar 252,38 MgC/ha, yang terdiri atas 40,63 MgC/ha di atas permukaan tanah, 13,45 MgC/ha di bawah permukaan tanah, dan 198,30 MgC/ha dalam sedimen. Penelitian ini memperlihatkan pentingnya pengukuran karbon mangrove sebagai bagian dari pengelolaan ekosistem *blue carbon* di wilayah pesisir.
4. Mahasani *et al.* (2021) berjudul “*Estimation and Mapping of Above-Ground Biomass of Mangrove Forest Using ALOS-2 PALSAR-2 in Benoa Bay, Bali*” menggunakan citra ALOS-2 PALSAR-2 (L-Band) polarisasi HV untuk memodelkan biomassa mangrove. Hasil penelitian menunjukkan nilai korelasi sebesar 0,82 dengan koefisien determinasi (R^2) 0,68, serta validasi model dengan korelasi 0,90 dan R^2 0,82. Total potensi biomassa mangrove diperkirakan sebesar 364.241,87 Mg dengan stok karbon sebesar 171.193,67 MgC, yang menunjukkan kemampuan tinggi sensor L-Band dalam estimasi biomassa dan karbon mangrove secara spasial.
5. Wedayana *et al.* (2023) melakukan penelitian estimasi simpanan karbon hutan mangrove di TAHURA Ngurah Rai, Bali dengan memanfaatkan citra SAR Sentinel-1 berpolarisasi VH. Penelitian ini mengombinasikan data citra dengan data lapangan dari 30 plot berukuran 10×10 m. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan antara nilai hamburan balik (backscatter) citra SAR dengan biomassa di atas permukaan tanah (AGB), dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,59 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,36. Berdasarkan model regresi yang dihasilkan, diperoleh estimasi total AGB sebesar 427.081,42 ton/ha dan simpanan karbon sebesar 200.728,07 ton/ha.