

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi karbon dioksida di atmosfer akibat dari penggunaan bahan bakar fosil dan peralihan lahan. Contoh peralihan lahan yaitu perubahan ekosistem mangrove menjadi tambak atau kawasan permukiman yang dapat mengurangi kemampuan ekosistem untuk menyimpan karbon secara efektif. Houghton dan Castanho (2023) menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan dan aktivitas kehutanan tetap menghasilkan emisi karbon, terutama melalui pelepasan stok karbon yang tersimpan pada biomassa dan sedimen. Mangrove termasuk ekosistem yang sensitif terhadap perubahan tersebut karena proses akumulasi karbon terjadi dalam periode waktu yang panjang. Degradasi hutan mangrove dapat mengurangi kapasitas penyimpanan karbon baik di atas permukaan maupun dalam sedimen. Hilangnya mangrove juga dapat menyebabkan perubahan stabilitas sedimen karena akar yang berfungsi mengikat substrat menjadi berkurang. Kondisi ini memperkuat urgensi penelitian yang menilai kapasitas penyimpanan karbon berdasarkan perbedaan zonasi dan stasiun.

Sebagai salah satu upaya mitigasi terhadap peningkatan emisi karbon tersebut, ekosistem mangrove memiliki peran melalui kemampuannya dalam menyerap dan menyimpan karbon dalam jumlah besar. Howard *et al.* (2014) menyatakan bahwa simpanan karbon rata-rata 386 Mg C/ha, yaitu 3 - 5 kali lebih tinggi dibandingkan hutan daratan. Sekitar 80% karbon tersebut tersimpan di lapisan

tanah akibat proses dekomposisi bahan organik yang berlangsung lambat dalam kondisi anaerob. Selain itu, ekosistem mangrove juga berfungsi melindungi garis pantai dari abrasi dan menyediakan habitat bagi berbagai spesies pesisir. Oleh karena itu, pelestarian mangrove menjadi bagian penting dalam strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim baik di tingkat nasional maupun global.

Salah satu kawasan yang memiliki ekosistem mangrove dengan keanekaragaman tergolong sedang adalah Kepulauan Karimunjawa. Komposisi mangrove di Karimunjawa menurut penelitian Ulyah *et al.* (2022), meliputi *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora apiculata*, *Avicennia marina*, *Ceriops tagal*, *Ceriops decandra*, *Excoecaria agallocha*, dan *Lumnitzera racemosa* di berbagai lokasi. Dominasi *Rhizophora* pada tingkat pohon memberikan pengaruh besar terhadap nilai biomassa karena karakteristik batang yang lebih besar dan sistem perakaran yang kuat. Ngidu *et al.* (2023) menegaskan bahwa diameter batang merupakan variabel penentu biomassa paling konsisten pada berbagai jenis mangrove. Kusuma *et al.* (2024) menambahkan bahwa tegakan mangrove yang berumur lebih tua cenderung menyimpan biomassa dan karbon lebih tinggi dibanding tegakan muda. Pola pertumbuhan jenis mangrove di Karimunjawa memberikan dasar ilmiah untuk membedakan potensi biomassa antar zona dan stasiun. Informasi tersebut juga menjadi landasan untuk memahami perbedaan struktur tegakan yang muncul di sepanjang gradasi pasang surut.

Sejak 22 Februari 1999, pemerintah menetapkan kawasan konservasi Kepulauan Karimunjawa sebagai Taman Nasional Karimunjawa melalui Keputusan Menteri Kehutanan dan Perkebunan Nomor 78/Kpts-II/1999. Keputusan ini

mengubah fungsi kawasan Cagar Alam Karimunjawa dan perairan di sekitarnya menjadi taman nasional seluas 111.625 ha. Penetapan tersebut bertujuan melindungi keanekaragaman hayati laut dan darat, termasuk hutan mangrove yang menjadi habitat berbagai spesies pesisir serta berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim. Mangrove di kawasan Taman Nasional Karimunjawa memiliki sebaran yang luas dengan Pulau Kemujan sebagai salah satu lokasi keberadaan ekosistem tersebut. Pulau Kemujan merupakan salah satu pulau utama di Kepulauan Karimunjawa yang berada dalam kerangka pengelolaan konservasi Taman Nasional Karimunjawa sebagaimana ditetapkan melalui Keputusan Menteri Kehutanan dan Perkebunan Nomor 78/Kpts-II/1999 (Kementerian Kehutanan dan Perkebunan, 1999). Luas daratan Pulau Kemujan yang berupa ekosistem hutan mangrove tercatat sebesar 222,20 ha, sehingga wilayah ini relevan sebagai lokasi penelitian biomassa dan simpanan karbon mangrove (Balai TN Karimunjawa, 1999).

Perbedaan zonasi mangrove memengaruhi variasi biomassa karena setiap zona memiliki kondisi fisik, kimia, dan biologis yang berbeda. Zona dekat laut memiliki tingkat genangan tinggi dan substrat yang lebih lunak. *Rhizophora* sering mendominasi zona ini karena akar tunjangnya dapat menopang batang pada sedimen yang tidak stabil. Mughofar *et al.* (2018) menyebutkan bahwa zona tengah sering ditempati *Avicennia* dan *Xylocarpus* yang toleran terhadap fluktuasi pasang surut. Zona darat biasanya memiliki sedimen yang lebih stabil dan salinitas lebih rendah sehingga sering ditempati jenis seperti *Lumnitzera*. Perbedaan karakter lingkungan ini mengakibatkan akumulasi biomassa yang tidak seragam antar zona. Alongi (2014) menjelaskan bahwa zonasi menghasilkan perbedaan signifikan dalam

produktivitas primer, struktur tegakan, dan akumulasi karbon jangka panjang. Informasi zonasi sangat penting dalam interpretasi nilai biomassa dan menjadi langkah dasar untuk menentukan prioritas konservasi dan rehabilitasi.

Nekromassa juga menjadi komponen penyimpanan karbon yang penting meskipun sering terabaikan dalam perhitungan karbon biru. Nekromassa meliputi batang mati, cabang patah, dan kayu lapuk yang mengalami dekomposisi secara perlahan. Donato *et al.* (2012) mencatat bahwa nekromassa menyimpan karbon dalam periode lebih panjang karena proses penguraiannya lebih lambat di lingkungan tergenang dan minim oksigen. Jumlah nekromassa dapat menjadi indikator kondisi ekosistem. Jumlah yang tinggi dapat menandakan adanya gangguan seperti badai, gelombang tinggi, atau kematian alami pohon. Jumlah yang rendah dapat mengindikasikan penebangan atau pembersihan area. Analisis nekromassa dapat memberikan gambaran tambahan mengenai stabilitas ekosistem dan tingkat gangguan di setiap stasiun penelitian.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengukur cadangan karbon pada ekosistem mangrove di Indonesia dengan lokasi dan pendekatan yang berbeda. Suryono *et al.* (2018) meneliti kawasan mangrove di Perancak, Bali, dan melaporkan biomassa total sebesar 312,64 ton/ha serta karbon sedimen sebesar 359,24 ton/ha. Namun, penelitian tersebut belum membandingkan biomassa dan nekromassa pada perbedaan zona. Kusuma *et al.* (2023) melaporkan karbon tersimpan pada nekromassa mangrove di pesisir Lampung sebesar 5,57–11,19 kg C/m², atau setara 55,7–111,9 ton C/ha, tetapi penelitian tersebut belum mengkaji variasi nekromassa antar zona ekosistem. Di sisi lain, Cahyaningrum *et al.* (2014) melakukan penelitian

di Pulau Kemujan, Karimunjawa menghasilkan nilai biomassa mangrove sebesar 182,4 ton/ha dan karbon tersimpan sebesar 91,2 ton/ha. Beberapa stasiun pengamatan yang telah penulis lakukan memiliki kesamaan lokasi dengan penelitian Cahyaningrum, tetapi penelitian tahun 2014 tersebut belum menghitung nekromassa maupun membandingkan perbedaan zona antarstasiun.

Pengukuran biomassa di lapangan umumnya berfokus pada komponen batang karena bagian tersebut menyimpan karbon dalam jumlah paling besar. Ngidu *et al.* (2023) menjelaskan bahwa batang memiliki kandungan lignin dan selulosa paling tinggi dibanding daun dan cabang. Pengukuran biomassa akar lebih sulit dilakukan karena memerlukan metode destruktif dan prosedur yang lebih kompleks. Karena itu, beberapa pedoman internasional termasuk IPCC 2014 lebih mengutamakan pengukuran biomassa di atas tanah. Metode ini dianggap efisien dan menghasilkan estimasi karbon yang representatif pada tingkat tegakan. Penelitian yang fokus pada biomassa dan nekromassa akan memberikan gambaran yang lebih menyeluruh tentang potensi karbon pada tingkat zonasi dan stasiun.

Analisis biomassa dan nekromassa pada tingkat zona dan stasiun di Kemujan penting untuk mendukung pendekatan pengelolaan berbasis bukti. Data distribusi biomassa dapat mengidentifikasi zona dengan nilai karbon rendah yang dapat diprioritaskan dalam kegiatan rehabilitasi. Pendekatan rehabilitasi berbasis zonasi memiliki peluang keberhasilan lebih tinggi karena jenis mangrove dapat disesuaikan dengan kondisi lingkungan. Alongi (2020) mengemukakan bahwa program restorasi mangrove yang mempertimbangkan zonasi menunjukkan tingkat kelangsungan hidup lebih tinggi dibanding penanaman tanpa mempertimbangkan kondisi ekologis.

Hasil penelitian di Kemujan dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan konservasi, pemantauan perubahan ekosistem, dan implementasi kebijakan pengelolaan karbon biru secara berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Merujuk pada latar belakang yang telah disusun, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian yaitu:

1. Bagaimana komposisi jenis mangrove pada setiap stasiun dan zona di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa?
2. Berapa cadangan karbon mangrove yang terestimasi pada setiap stasiun di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa?
3. Berapa cadangan karbon mangrove yang terestimasi pada setiap zona di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa?
4. Berapa total cadangan karbon mangrove yang terestimasi di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa?
5. Bagaimana pengaruh perbedaan stasiun dan zona terhadap variasi cadangan karbon biomassa dan nekromassa mangrove di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa?

1.3 Tujuan

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan tujuan penelitian yaitu:

1. Menganalisis komposisi jenis mangrove pada setiap stasiun dan zona di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa.
2. Mengestimasi cadangan karbon mangrove pada setiap stasiun di Pulau

Kemujan, Kepulauan Karimunjawa.

3. Mengestimasi cadangan karbon mangrove pada setiap zona di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa.
4. Mengestimasi total cadangan karbon mangrove di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa.
5. Menganalisis pengaruh perbedaan stasiun dan zona terhadap variasi cadangan karbon biomassa dan nekromassa mangrove di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar ilmiah untuk menganalisis hubungan biomassa dan nekromassa mangrove terhadap penyerapan karbon dan pengurangan emisi gas rumah kaca. Data penelitian ini juga dapat mendukung kebijakan pengelolaan mangrove di Pulau Kemujan, strategi pelestarian ekosistem yang lebih efektif, serta pengelolaan sumber daya pesisir yang berkelanjutan. Selain itu, penelitian ini sejalan dengan SDG 13, SDG 14, dan SDG 15 dalam mendukung aksi iklim serta konservasi ekosistem laut dan darat.