

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada garis khatulistiwa, dengan kondisi seperti ini Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang sangat tinggi, terutama pada wilayah pesisir. Menurut Pushidrosal (2018) Indonesia memiliki garis pantai terpanjang kedua di dunia setelah Kanada, dengan panjang garis pantai 108.000 km. Keberadaan garis pantai yang panjang tersebut membuat Indonesia kaya akan flora dan fauna yang terdapat pada ekosistem pesisir. Salah satu keanekaragaman hayati khas ekosistem pesisir yaitu hutan mangrove yang tersebar pada tujuh pulau utama di Indonesia (Suhardi et al., 2024). Mangrove merupakan tumbuhan yang hidup pada daerah pasang surut, biasanya mangrove ditemukan pada muara sungai yang berbatasan langsung dengan laut (Djamaluddin, 2018). Mangrove merupakan ekosistem khas daerah pesisir pantai tropis dan subtropis (Veettil et al., 2018). Sebagai negara tropis, Indonesia memiliki luasan mangrove sekitar 21% dari ekosistem hutan mangrove global (Leal & Spalding, 2024).

Keberadaan hutan mangrove saat ini sedang terancam akibat rusaknya kondisi ekosistem mangrove. Bentuk ancaman tersebut berupa turunya luasan mangrove dan kondisi mangrove itu sendiri dari waktu ke waktu, dalam kurun waktu 2000-2014 Indonesia mengalami penurunan luas hutan mangrove sebesar 4,36 km<sup>2</sup> (Hamilton & Casey, 2016). Kerusakan hutan mangrove di Indonesia mencapai angka yang mengkhawatirkan, dari total luas hutan mangrove yang ada di Indonesia. Terdapat 48% hutan mangrove masih tergolong sehat sementara sisanya mengalami kerusakan (Winarso et al., 2020). Aktivitas manusia yang menjadi salah satu faktor rusaknya ekosistem mangrove, seperti alih fungsi lahan hutan mangrove menjadi tambak udang, urbanisasi dan eksploitasi hutan mangrove untuk kayu bakar (Frananda et al., 2015). Kerusakan ekosistem mangrove dapat menurunkan fungsi jasa ekosistem yang dihasilkan.

Mangrove merupakan ekosistem pesisir yang sangat vital, terdapat fungsi ekologis yang berperan penting dalam menjaga keanekaragaman hayati dan menyediakan berbagai jasa lingkungan yang dapat menunjang pembangunan

berkelanjutan ekosistem pesisir (Giri et al., 2007; Wang et al., 2019). Ekosistem mangrove banyak menyediakan nutrisi, tempat berlindung, mencari makan (*feeding ground*) dan sebagai zona berkembang biak bagi berbagai organisme sehingga ekosistem mangrove sangat penting dalam pemeliharaan ekosistem pesisir yang berkelanjutan (Baloloy et al., 2020). Selain itu manfaat penting ekosistem mangrove adalah sebagai penyumbang utama dalam penyimpanan karbon global dan berkontribusi secara signifikan dalam upaya mitigasi perubahan iklim (Bimrah et al., 2022; Cuenca-Ocay, 2024).

Kemampuan mangrove sebagai penyeimbang ekosistem pesisir dapat menyerap karbondioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer. Kapasitas penyerapan tersebut sangat dipengaruhi oleh parameter biofisik mangrove, meliputi produktivitas primer yang tinggi, total biomassa, siklus nitrogen dan evapotranspirasi (Juniansah et al., 2018). *Leaf area index* (LAI) merupakan salah satu parameter biofisik vegetasi yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kesehatan vegetasi, siklus karbon, pertumbuhan vegetasi, (Behera et al., 2024; Heumann, 2011; Qiao et al., 2019) dan dapat diukur baik secara langsung maupun tidak langsung (Song, 2013). LAI di definisikan sebagai luas sisi daun per satuan tanah (Green et al., 1997).

Vegetasi mangrove dikenal sebagai jenis tanaman hijau sepanjang tahun (*evergreen*), namun tetap menunjukkan pola perubahan musiman dalam tingkat kehijauannya (Guzman et al., 2018). Tingkat kehijauan ini diketahui memiliki korelasi positif dengan nilai LAI (Younes et al., 2020). Penelitian mengenai analisis LAI secara musiman telah dilakukan oleh Tillack et al., (2014) yang dilakukan dari bulan april sampai november 2011 berdasarkan tahapan fenologi vegetasi menggunakan citra *RapidEye*. Hasil dari penelitian menunjukkan terdapat variasi nilai LAI secara musiman dengan terjadi peningkatan pada bulan April hingga mencapai nilai maksimum pada bulan Juli dan kembali menurun hingga bulan November. Sejalan dengan penelitian Perez et al. (2022), yang mengamati bahwa kenaikan nilai LAI terjadi setelah musim hujan, yaitu pada awal musim panas antara bulan Mei hingga Juli, sedangkan penurunan nilai LAI terjadi pada akhir musim panas akibat tingginya tekanan kondisi cuaca pada periode tersebut.

Vegetasi merupakan komponen penting dalam ekosistem darat yang dapat digunakan untuk memahami perubahan lingkungan global (Ma et al., 2023; Piao et

al., 2003; Speed et al., 2022). Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi dinamika vegetasi adalah perbedaan musim, yang secara tidak langsung dapat berdampak pada pertumbuhan vegetasi dan memengaruhi penyerapan karbon (Bonan & Doney, 2018; Liu et al., 2024). Di Indonesia, musim secara umum dibedakan menjadi dua, yaitu musim kemarau dan penghujan yang diklasifikasikan berdasarkan pola curah hujannya (Chang, 2004; Yuniasih et al., 2023). Variabilitas curah hujan memiliki pengaruh terhadap parameter biofisik vegetasi, dan diketahui menjadi faktor utama yang mendorong perubahan nilai LAI (Ma et al., 2023). Namun, respon vegetasi terhadap perubahan musim tidak selalu terjadi secara langsung (Ma et al., 2023; Perez et al., 2022; Guzman et al., 2018). Oleh karena itu, pemetaan dan estimasi LAI mangrove secara multitemporal pada musim yang berbeda menjadi penting untuk mendukung upaya pemantauan dan analisis kuantitatif terhadap struktur dan fungsi ekosistem hutan mangrove.

Hutan mangrove memiliki medan sulit dan luasnya area hutan mangrove serta vegetasi yang masih rapat, metode pengukuran lapangan secara langsung seringkali dianggap kurang efektif dan efisien. Hal ini dikarenakan membutuhkan banyak tenaga, waktu yang lama, serta biaya yang tinggi (Bréda, 2008). Oleh karena itu, diperlukan penggunaan metode yang lebih efektif untuk menjawab permasalahan pada pengukuran LAI. Penginderaan jauh memiliki potensi untuk memberikan solusi terhadap permasalahan yang ada dalam pengukuran LAI karena dinilai lebih efisien dari segi waktu, biaya, dan tenaga (Hati et al., 2024). Pendekatan penginderaan jauh dapat menjadi alternatif dalam monitoring hutan mangrove, karena memiliki potensi yang tinggi dalam melakukan deteksi, identifikasi, serta memantau kondisi perubahan mangrove (Green et al., 1998; Kuenzer et al., 2011).

Penginderaan jauh merupakan teknologi yang dapat membantu untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena di permukaan bumi melalui analisis data tanpa kontak langsung dengan objek yang dikaji (Lillesand et al., 2015). Dalam kegiatan pemantauan kondisi hutan mangrove, penginderaan jauh memiliki kelebihan, antara lain cakupan skala yang luas, waktu yang relatif cepat, serta kemampuan untuk diperbarui secara berkala karena dapat merekam data multitemporal (Prenzel, 2004). Selain itu, penginderaan jauh tidak hanya berfungsi sebagai alat ekstraksi informasi dan data, tetapi juga sebagai

kerangka kerja dan solusi terkait masalah aspek keruangan, lingkungan dan kewilayahan (Danoedoro, 2012).

Penggunaan citra satelit dalam perolehan data dan informasi terdapat prinsip resolusi yang terdiri dari resolusi spasial, temporal, radiometrik dan resolusi spektral (Danoedoro, 2012). Ketersediaan data dalam jumlah besar dengan berbagai resolusi spasial, temporal dan spektral merupakan salah satu perkembangan teknologi penginderaan jauh. Salah satu citra satelit yang dapat digunakan untuk monitoring hutan mangrove adalah citra *PlanetScope SuperDove*. Citra tersebut memiliki resolusi spasial 3 meter pada saluran multispektral yang terdiri saluran *Coastal Blue, Blue, Green I, Green II, Yellow, Red, Red-Edge dan Near Infrared (NIR)* (Planet Labs, 2022). Kelebihan dari citra *PlanetScope SuperDove* adalah memiliki resolusi temporal harian yang dapat merekam kembali pada area yang sama pada waktu satu hari. Oleh sebab itu, *PlanetScope SuperDove* menjadi salah satu pilihan untuk kegiatan monitoring hutan mangrove (Blanchard et al., 2024).

Pemetaan LAI mangrove melalui penginderaan jauh dapat menggunakan pendekatan semi empiris yaitu dengan menilai dua variabel yang saling berhubungan. Dua variabel tersebut adalah nilai piksel citra dan nilai LAI mangrove yang diukur di lapangan (Kamal et al., 2016). Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian Ramsey & Jensen (2016) bahwa terdapat korelasi yang positif antara nilai LAI di lapangan dengan indeks vegetasi berupa *normalized different vegetation index* (NDVI). Kajian indeks vegetasi telah banyak digunakan dalam penelitian terkait hubungan indeks vegetasi dan LAI mangrove. Namun, tidak semua indeks vegetasi memiliki hubungan yang kuat dengan LAI karena setiap indeks vegetasi memiliki karakteristik yang berbeda-beda dalam merespon nilai spektral.

Citra *PlanetScope SuperDove* dapat digunakan untuk melakukan pengamatan *leaf area index* (LAI) hutan mangrove. Hal tersebut dapat dilakukan karena *PlanetScope SuperDove* memiliki 8 saluran multispektral yang dapat digunakan untuk mengeksplorasi berbagai indeks vegetasi (Galvão et al., 2024). Terdapat berbagai indeks vegetasi yang dapat digunakan seperti, *Normalized Differenced Vegetation Index* (NDVI), *Enhanced Vegetation Index* (EVI), dan *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) *Normalized Difference Red-Edge Index* (NDRE), *Modified Enhanced Vegetation Index* (MEVI), *Soil Adjusted Red-Edge Index*

(SARE) (Kamal et al., 2016; Li et al., 2023). Penggunaan indeks-indeks tersebut memanfaatkan perbedaan reflektansi spektral pada berbagai panjang gelombang, terutama pada rentang saluran merah dan inframerah dekat yang memiliki korelasi dengan klorofil vegetasi (Matsushita et al., 2007; Sun et al., 2020). Selain kedua saluran tersebut, penggunaan saluran Red-edge memiliki potensi untuk mengestimasi LAI (Dong et al., 2019; Sun et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi nilai LAI mangrove secara multi-temporal setiap bulan sepanjang tahun 2024 pada dua musim utama di Indonesia, yaitu musim kemarau dan musim penghujan menggunakan citra *PlanetScope SuperDove*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berbagai indeks vegetasi dapat digunakan untuk mengestimasi LAI hutan mangrove. Namun dalam penggunaan indeks vegetasi memiliki pengaruh terhadap hasil estimasi LAI hutan mangrove. Termasuk indeks vegetasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Normalized Differenced Vegetation Index* (NDVI), *Enhanced Vegetation Index* (EVI), dan *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), *Normalized Difference Red-Edge Index* (NDRE), *Modified Enhanced Vegetation Index* (MEVI), *Soil Adjusted Red-Edge Index* (SARE). Keenam indeks vegetasi tersebut dapat digunakan untuk mengestimasi nilai LAI mangrove. Meskipun demikian, keenam transformasi indeks tersebut perlu dikaji lagi penggunaannya terkait penelitian estimasi LAI hutan mangrove.

Taman Nasional Karimunjawa merupakan salah satu kawasan ekosistem mangrove yang terdapat di Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Hutan mangrove merupakan ekosistem pesisir yang sangat penting. Perubahan penggunaan lahan mangrove menjadi non-mangrove merupakan ancaman serius yang dapat merusak fungsi ekologisnya. Salah satu parameter biofisik untuk mengetahui kondisi kesehatan hutan mangrove adalah *Leaf Area Index* (LAI). Pengukuran LAI secara konvensional di lapangan membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup besar. Sebagai alternatif, data penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk melakukan pemetaan LAI yang lebih efisien dan efektif. Citra *PlanetScope SuperDove* memiliki resolusi spasial 3 meter dengan delapan saluran yang dapat digunakan untuk estimasi LAI.

LAI merupakan parameter penting yang menggambarkan kondisi dan dinamika ekosistem hutan mangrove. LAI dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti komposisi spesies, tahap pertumbuhan, kondisi habitat, dan perubahan musim. Pemetaan LAI menggunakan teknologi penginderaan jauh memungkinkan kita untuk memantau kesehatan dan fungsi ekosistem mangrove.

Berdasarkan uraian di atas, terdapat beberapa rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat berbagai indeks vegetasi yang dapat dijadikan sebagai proxy untuk mengestimasi *leaf area index* (LAI) mangrove sehingga dalam penggunaannya perlu dikaji lagi. Oleh sebab itu, diperlukan eksplorasi lebih lanjut mengenai penggunaan indeks vegetasi dalam mengestimasi LAI.
2. Performa *PlanetScope SuperDove* dalam mengestimasi LAI masih belum banyak dikaji sehingga diperlukan penelitian untuk melihat performa citra *PlanetScope SuperDove* tersebut.
3. Musim menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi struktur vegetasi, sehingga diperlukan kajian untuk melihat pengaruh dari musim terhadap dinamika vegetasi salah satunya parameter biofisik berupa LAI.

### **1.3 Pertanyaan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijabarkan, maka diperoleh pertanyaan penelitian sebagai berikut.

1. Transformasi indeks apa yang paling akurat untuk mengestimasi LAI berdasarkan citra *PlanetScope SuperDove* ?
2. Bagaimana sebaran *leaf area index* (LAI) mangrove berdasarkan citra *PlanetScope Superdove* ?
3. Bagaimana kondisi multitemporal LAI mangrove pada musim yang berbeda berdasarkan citra *PlanetScope Superdove* ?

### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Menentukan transformasi indeks yang paling akurat untuk mengestimasi LAI berdasarkan citra *PlanetScope SuperDove*.
2. Memetakan sebaran LAI mangrove berdasarkan citra *PlanetScope SuperDove*.
3. Menganalisis perubahan pada variasi LAI mangrove pada musim yang berbeda berdasarkan citra *PlanetScope Superdove*.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

### **1.5.1 Manfaat Teoritis**

Manfaat penelitian ini secara teroiritis terdiri dari:

1. Memberikan informasi mengenai distribusi spasial LAI hutan mangrove di Taman Nasional Karimunjawa pada musim yang berbeda berdasarkan citra *PlanetScope SuperDove*.
2. Memberikan gambaran mengenai variasi LAI hutan mangrove di Taman Nasional Karimunjawa pada musim yang berbeda berdasarkan citra *PlanetScope SuperDove*.

### **1.5.2 Manfaat Praktis**

Hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi terkait penggunaan indeks yang paling baik dalam menjelaskan hubungan terkait respon spektral vegetasi mangrove dengan hasil pengukuran LAI di Taman Nasional Karimunjawa, Kabupaten Jepara dan dapat memberikan gambaran terkait pengambilan kebijakan terkait konservasi ekosistem mangrove yang dapat mendukung program *Sustainable Development Goals (SDGs) point 13 mengenai climate action* dan *point 14 mengenai life below water*.