

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim merupakan masalah global yang memengaruhi keberlanjutan kehidupan di Bumi dengan ditandai salah satu dampak utamanya yaitu peningkatan suhu rata-rata dan dampak lainnya meliputi naiknya permukaan air laut, cuaca ekstrem, dan perubahan ekosistem yang membahayakan keberlangsungan hidup masyarakat pesisir (Azzahra *et al.*, 2024). Masalah perubahan iklim yang sudah menjadi isu global selama ini dengan salah satu penyebabnya yaitu terlepasnya emisi gas rumah kaca ke lapisan atmosfer, meskipun berbagai upaya pencegahan yang telah diterapkan belum mampu untuk mengurangi jumlah gas rumah kaca yang masuk ke dalam atmosfer (Hanjaniputri *et al.*, 2016). Perubahan iklim sangat rentan dan rawan terjadi pada perairan dangkal pulau-pulau kecil, serta berpotensi mengalami polusi, kerusakan habitat, dan terjadinya perubahan ekosistem secara alami sehingga dalam pemanfaatannya perlu dikelola secara bijaksana dan berkelanjutan (Sari *et al.*, 2020).

Indonesia memiliki potensi besar pada ekosistem laut yang dapat dimanfaatkan untuk penyerapan gas CO<sub>2</sub> sebagai pemicu penyebab pemanasan global sehingga mengakibatkan perubahan iklim, salah satunya ekosistem lamun dengan sudut pandang ekologis memiliki peranan penting di wilayah pesisir seperti menjadi tempat perlindungan dan sumber makanan bagi tumbuhan dan hewan jenis ikan herbivora maupun ikan karang (Ismet *et al.*, 2014; Septiani *et al.*, 2022). Peran ekologis pada ekosistem lamun secara efektif berkontribusi pada pemeliharaan ekologis laut demi keberlanjutan biota laut (Sholihin *et al.*, 2023). Mengacu pada konsep karbon biru, ekosistem laut seperti mangrove, rawa payau, dan lamun dengan daya tampungnya dapat menyerap dua kali lipat lebih banyak karbon daripada ekosistem terrestrial dan satu hektar pada ekosistem lamun dapat menyerap 830 kg karbon per tahun, dapat dikatakan jumlah tersebut sebanding dengan emisi CO<sub>2</sub> dari kendaraan yang bergerak sepanjang 3,350 km (Yusuf, 2020). Untuk melakukan mitigasi pada dampak perubahan iklim dalam

konteks ekosistem lamun, Terdapat peranan yang dilakukan oleh sistem laut dan atmosfer secara efektif dalam mengurangi maupun menghilangkan karbon dengan proses pengendapan bahan organik pada sedimen maupun transportasi karbon ke perairan laut dalam di lepas landas kontingen (Short *et al.*, 2007). Kemampuan ekosistem lamun dalam menyimpan jumlah karbon dengan jumlah yang besar, hal itu berperan penting dalam pengendalian perubahan iklim (Wawo *et al.*, 2014).

Secara geografis, lamun tumbuh dengan luas dan tersebar di seluruh dunia mulai dari perairan tropis hingga sub-tropis. Namun, wilayah Indo-Pasifik dianggap memiliki keanekaragaman lamun tertinggi di dunia, dengan jumlah spesies yang jauh lebih banyak daripada kawasan lainnya (Short *et al.*, 2007). Sebagai negara yang berada pada daerah tropis, Indonesia mempunyai banyak jenis lamun dan luasan habitat padang lamun yang besar (Tomascik *et al.*, 1997; Yusuf, 2020). Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) memprediksi bahwa padang lamun yang ada di Indonesia kurang lebih dari 1,8 juta hektar yang sedang berlangsung dalam fase validasi pemetaan. Berdasarkan analisa data yang dilakukan oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) per oktober 2023, luas padang lamun yang sudah pada tahap terverifikasi melalui citra satelit maupun verifikasi hasil data lapangan (*ground truth*) di indonesia berjumlah 293.464 hektar (Utomo, 2025).

Ekosistem lamun menjadi dampak nyata dari perubahan iklim yang disebabkan oleh peningkatan suhu, hal tersebut dapat mempengaruhi penyebaran dan perkembangbiakan lamun. Selain itu juga terjadi hilangnya tutupan lamun secara dominan pada muara sungai maupun perairan dangkal sehingga dapat mengancam kelangsungan hidup lamun secara keseluruhan. Perbedaan yang terjadi pada ekosistem lamun di indonesia, seperti masih rendahnya perhatian dan pengelolaannya dibandingkan dengan ekosistem mangrove maupun terumbu karang yang mengakibatkan rentan akan gangguan maupun tekanan (Poedjirahajoe *et al.*, 2013). Kerusakan pada ekosistem lamun disebabkan oleh faktor alami maupun dampak dari aktivitas manusia. Secara alami, degradasi terjadi karena dinamika pasang surut, interaksi ekologis antara populasi dan komunitas yang hidup di dalamnya, pergerakan sedimen yang dapat berpengaruh terhadap stabilitas substrat, serta adanya serangan penyakit dan herbivora yang memakan lamun

(Harnianti *et al.*, 2017). Pencemaran lingkungan yang terjadi pada ekosistem lamun secara langsung maupun tidak langsung diakibatkan oleh aktivitas manusia yang bertujuan dalam meningkatkan ekonomi berdampak pada penurunan luas area dan degradasi ekosistem lamun (Fahrudin, Muh., Prihatini, A., Jondani, 2024). Aktivitas seperti pengerukan dasar substrat saat mencari kerang-kerangan dan menggunakan alat tangkap seperti jaring pada area ekosistem lamun. Hal ini dapat membuat ekosistem lamun sewaktu-waktu akan terjadi kerusakan (Fahrudin *et al.*, 2023). Meskipun peran dari ekosistem lamun itu sangat penting, namun masih kurangnya perhatian sehingga perlu adanya upaya pengelolaan dan konservasi secara berkelanjutan (Arkham *et al.*, 2016). Salah satu prasyarat terpenting untuk upaya dalam pengelolaan ekosistem lamun yang efektif adalah pengetahuan tentang informasi distribusi spasialnya (Levin *et al.*, 2014).

Penginderaan jauh atau biasa disebut *remote sensing* adalah bidang ilmu yang bertujuan untuk mempelajari lebih lanjut tentang objek, lokasi, atau fenomena tertentu melalui analisis data citra atau gambar yang dikumpulkan oleh sensor tanpa berinteraksi dengan objek yang diamati. Teknologi di bidang ini telah berkembang pesat, yang membuat pengumpulan data lebih mudah dan lebih akurat untuk berbagai tujuan (Kurniati & Sugara, 2023). Salah satu metode yang berhasil untuk memetakan dan melacak padang lamun adalah penggunaan teknologi penginderaan jarak jauh. Dalam menganalisis perubahan ekosistem dari waktu ke waktu didukung oleh informasi spasial dan temporal tentang kondisi lamun yang dapat dikumpulkan menggunakan teknik ini. Data penginderaan jarak jauh dapat menghasilkan informasi tentang identifikasi spesies, estimasi biomassa, persentase tutupan, dan dinamika perubahan tutupan lamun secara berkelanjutan (Ginting & Arjasakusuma, 2021). Kemampuan untuk menyediakan data dengan cepat dan mencakup area yang luas menjadikan bukti seberapa efektif dan efisien metode penginderaan jauh dalam pengumpulan data spasial. Metode ini sering digunakan sebagai alternatif untuk pendekatan survei konvensional, seperti survei transek. Keunggulan utama penginderaan jauh terletak pada kemampuannya merekam dan memantau area yang luas dalam waktu singkat dengan biaya terjangkau, sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu metode yang sangat potensial untuk mendeteksi dan memetakan

sebaran lamun (Huda *et al.*, 2024; Rosalina *et al.*, 2022). Penggunaan teknologi penginderaan jauh yang dipadukan dengan data in situ dapat menghasilkan informasi mengenai lamun secara komprehensif, salah satunya mengenai distribusinya (Indriana *et al.*, 2020).

Citra Sentinel-2 merupakan opsi baru untuk penyediaan informasi permukaan bumi. Selain mudah diakses dan gratis (*open source*), citra ini memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi daripada citra yang lainnya dengan ukuran 10 x 10 meter per piksel (Risman *et al.*, 2024). Citra Sentinel-2A dipilih dikarenakan tersedianya data citra dengan resolusi sangat tinggi sehingga informasi mengenai objek pada permukaan bumi diperoleh secara detail. Citra Sentinel-2A memiliki resolusi spasial 10 meter dianggap dapat membedakan objek dengan lebih akurat yang dapat dimanfaatkan untuk pemetaan, monitoring maupun menganalisis suatu perubahan, salah satunya pemetaan seperti lamun. Citra Sentinel-2A dapat diakses dengan cepat dan mudah menggunakan platform komputasi awan seperti *google earth engine*. Ketersediaan prasarana *cloud computing* yang kuat pada *google earth engine* memungkinkan pemrosesan dan analisis citra Sentinel-2A secara efisien dan penskalaannya sesuai kebutuhan (Laura *et al.*, 2020; Simarmata *et al.*, 2023).

Tidak ada satu pun teknik pemodelan spasial yang dapat digunakan untuk semua wilayah. Masalah ini memerlukan eksplorasi lebih lanjut terhadap strategi baru yang dianggap menjanjikan untuk mengembangkan model spasial. Teknik berbasis pembelajaran mesin atau *machine learning* adalah salah satu dari banyak pendekatan yang telah digunakan dalam pemodelan spasial dan menjadi alternatif sehingga teknik ini semakin populer karena kapasitasnya untuk mengelola kompleksitas data spasial (Mizan *et al.*, 2021). Saat ini terdapat banyak variabilitas dalam pengembangan algoritma klasifikasi citra dalam penginderaan jarak jauh, yang mencakup metode berbasis objek hingga berbasis piksel. Selain itu, klasifikasi terbimbing dan tak terbimbing merupakan dua metode utama yang menjadi dasar pemisahan teknik klasifikasi. Ketersediaan data citra saat ini telah tumbuh secara dramatis seiring dengan kemajuan teknologi satelit yang pesat, walaupun teknik klasifikasi utama tersebut belum berhasil mengelola dan mengekstrak informasi dari sejumlah besar data secara efektif. Algoritma *machine learning* terbimbing

memainkan peran penting dalam memeriksa data citra secara menyeluruh dan mengungkap hubungan tersembunyi antara berbagai variabel masukan (parameter) dan variabel keluaran (hasil klasifikasi) dan menjadi opsi dalam mengatasi kesulitan yang ditimbulkan oleh banyaknya data citra satelit membuat teknik ini dapat digunakan terutama untuk mendukung mengenai pemetaan multitemporal (Farda, 2017). Kemampuan pengolahan data multivariat dan tingginya akurasi hasil klasifikasi dipengaruhi oleh karakteristik data dan konfigurasi parameter tiap algoritma *machine learning*, algoritma seperti *random forest*, *support vector machine*, dan *classification and regression tree* umum digunakan dalam pemetaan habitat pesisir (Floyd et al., 2026; Meister & Qu, 2024).

Nusa Tenggara Barat merupakan provinsi yang memiliki pulau-pulau kecil dengan jumlah yang banyak. Salah satunya Pulau Kelapa yang terletak di wilayah Kabupaten Bima dengan potensi ekosistem padang lamun yang signifikan di perairan sekitarnya. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Marliana *et al.*, 2021) mengatakan bahwa hasil pengukuran rata-rata persentase tutupan lamun dari 8 stasiun yang tersebar di bagian utara dan timur Pulau Kelapa sebesar 52,31% tergolong tidak sehat. Penelitian sebelumnya juga mengatakan adanya faktor antropogenik pada bagian utara seperti berlabuh kapal dengan jumlah yang banyak di pesisir pulau dan penangkapan ikan dengan jaring menjadi penyebab kerusakan ekosistem membuat pengaruh pada kondisi pertumbuhan lamun. Hal ini menunjukkan apabila tekanan tersebut mengalami peningkatan, ekosistem lamun berpotensi mengalami degradasi secara signifikan sehingga perlu adanya pembaruan data mengenai kondisi dan distribusi padang lamun di Pulau Kelapa.

Masih adanya keterbatasan data mengenai sebaran padang lamun di Pulau Kelapa yang masih jarang diteliti. Keterbatasan informasi tersebut menjadi penting dikarenakan berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Nusa Tenggara Barat tentang Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) tahun 2017-2037 bahwa Pulau Kelapa diarahkan menjadi kawasan yang masuk prioritas untuk konservasi (Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat, 2017). Pulau Kelapa kini telah ditetapkan sebagai kawasan konservasi melalui Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 57 Tahun 2025 (Kementerian Kelautan dan Perikanan

Republik Indonesia, 2025). Penetapan kawasan konservasi tersebut memerlukan informasi spasial mengenai habitat yang penting untuk dijadikan dasar dalam upaya pengelolaan yang efektif, salah satunya distribusi lamun. Penelitian yang dilakukan umumnya melalui pendekatan konvensional dengan survei lapangan, sementara pemanfaatan penginderaan jauh untuk pemetaan spasial yang mengintegrasikan teknologi *google earth engine* masih relatif sedikit. Belum adanya pemetaan mengenai distribusi spasial lamun dan data terbaru mengenai tutupan lamun pada wilayah penelitian sehingga penelitian ini dilakukan. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi dalam menghasilkan informasi mengenai distribusi lamun dan pengembangan metode berbasis *machine learning*. Selain itu, juga mendukung ketersediaan data spasial yang akurat dan terbaru sebagai salah satu dasar informasi yang diperlukan untuk mendukung pemantauan dan penilaian kondisi ekosistem, serta penyusunan strategi pengelolaan kawasan konservasi perairan Pulau Kelapa secara berkelanjutan.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari latar belakang permasalahan tersebut, dapat diidentifikasi mengenai permasalahan tersebut, antara lain:

1. Bagaimana informasi mengenai persebaran padang lamun yang ada di Pulau Kelapa?
2. Bagaimana pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan *machine learning* dalam pemetaan distribusi spasial lamun di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil secara akurat, khususnya di Pulau Kelapa?
3. Bagaimana hasil akurasi algoritma *machine learning* (*random forest*, *support vector machine*, dan *classification and regression tree*) dalam meningkatkan akurasi pada pemetaan distribusi padang lamun menggunakan data citra satelit?
4. Seberapa besar persentase tutupan padang lamun yang ada di Pulau Kelapa saat ini?

## 1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah penelitian ini hanya dilakukan di wilayah pesisir Pulau Kelapa, Kabupaten Bima, Provinsi Nusa Tenggara Barat

dan data utama yang digunakan adalah citra satelit Sentinel-2A dengan resolusi spasial 10 meter pada perekaman tahun 2025 yang diperoleh melalui platform *google earth engine*. Analisis difokuskan pada pemetaan distribusi spasial berbasis machine learning dan persentase tutupan lamun tahun 2025, tanpa menilai secara rinci parameter ekologi lainnya seperti parameter fisik, biomassa maupun kualitas air. Teknik klasifikasi yang digunakan terbatas pada metode klasifikasi terbimbing atau *supervised* berbasis algoritma *machine learning* serta data *in situ* dan referensi yang digunakan sebagai data pelatihan dan validasi diperoleh melalui survei lapangan atau data sekunder yang tersedia.

#### **1.4 Rumusan Masalah**

Berdasarkan dari hasil identifikasi masalah tersebut, dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana pemetaan distribusi spasial lamun berbasis *machine learning* menggunakan citra Sentinel-2A melalui *google earth engine* dan persentase tutupan padang lamun terkini di Pulau Kelapa, Kabupaten Bima, berdasarkan hasil survei lapangan?

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat Teoritis:

1. Menambah literatur dan referensi ilmiah terkait pemanfaatan citra Sentinel-2A untuk pemetaan ekosistem pesisir, khususnya padang lamun.
2. Menambah referensi terkait penggunaan metode klasifikasi berbasis *machine learning* dalam konteks penginderaan jauh untuk pemetaan ekosistem pesisir.
3. Menyediakan studi kasus terkini mengenai pemetaan lamun pada wilayah tropis dengan karakteristik perairan dangkal.

Manfaat Praktis:

1. Memberikan kontribusi data spasial distribusi lamun dan persentase tutupan lamun di Pulau Kelapa sebagai dasar untuk upaya pengelolaan sumber daya pesisir yang efektif dan berkelanjutan.
2. Menyediakan informasi awal bagi lembaga penelitian atau instansi lokal dalam melakukan pemantauan kondisi ekosistem lamun.

3. Menjadi acuan untuk pengambilan keputusan dalam upaya pengelolaan kawasan konservasi mengenai sebaran lamun di daerah yang terdampak perubahan iklim.
4. Mendorong perhatian pemangku kebijakan terhadap pentingnya pelestarian lamun sebagai bagian dari strategi mitigasi perubahan iklim.

