

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Rumput laut merupakan salah satu sumber daya hayati laut yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem laut dan mendukung keberlanjutan lingkungan pesisir seperti menyerap karbon dioksida dan produksi oksigen yang berkontribusi terhadap pengurangan dampak perubahan iklim global [1]. Selain itu, rumput laut menyediakan berbagai jasa ekosistem seperti perlindungan habitat bagi organisme laut, penyerapan nutrisi berlebih, serta peningkatan kualitas air laut [2], [3]. Rumput laut juga memiliki manfaat bagi manusia karena kandungannya dan senyawanya yang dimanfaatkan sebagai sumber pangan, farmasi, dan juga kosmetik [4]. Salah satu jenis rumput laut yang banyak dibudidayakan adalah *Kappaphycus alvarezii*, yaitu makroalga merah tropis yang tumbuh subur di perairan Asia Tenggara seperti Indonesia, Filipina, dan Malaysia karena kondisi lingkungan yang hangat dan kaya nutrisi [5]. Di Indonesia, keberadaan dan pemanfaatan *Kappaphycus alvarezii* salah satunya terdapat di Kecamatan Moro, Kabupaten Karimun, Provinsi Kepulauan Riau [6]. Jenis rumput laut ini dikenal memiliki kandungan karaginan dengan kualitas gel yang lebih tinggi serta komposisi biokimia dan aktivitas antioksidan yang lebih unggul dibandingkan jenis rumput laut lainnya [7].

Kualitas hasil pasca panen rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dipengaruhi oleh kadar air, yang berperan terhadap daya tahan dan indeks mutu produk akhir [8]. Kadar air yang tidak terkontrol dapat menyebabkan penurunan mutu karaginan akibat degradasi termal dan aktivitas mikroba, serta berdampak pada kekuatan gel dan stabilitas produk selama penyimpanan [9]. Fluktuasi kadar air lingkungan berpengaruh signifikan terhadap kandungan dan kualitas karaginan, sehingga pengendalian dan pemantauan kadar air menjadi aspek penting dalam pengolahan rumput laut [10].

Pada pengukuran kadar air rumput laut, diperlukan proses penurunan kadar air secara terkontrol agar variasi kadar air dapat diamati secara sistematis. Salah satu pendekatan yang umum digunakan untuk menghasilkan variasi kadar air tersebut adalah pengeringan dengan metode oven hingga mencapai berat konstan

[11]. Variasi kadar air pada material biologis berair dapat diukur menggunakan pendekatan spektroskopi reflektansi, yaitu teknik yang mendeteksi cahaya pantul dari permukaan material, di mana bentuk dan intensitas spektrum reflektansi dipengaruhi oleh sifat optik permukaan, struktur mikro, dan komposisi kimia material [12]. Ginneken & Vries [13] menunjukkan bahwa variasi kadar air pada rumput laut menghasilkan perbedaan respons reflektansi yang signifikan, khususnya pada wilayah *near-infrared* (NIR), sehingga memungkinkan estimasi kadar air secara cepat dan non-destruktif. Meskipun demikian, instrumen hiperspektral dan spektrofotometer laboratorium umumnya memiliki keterbatasan berupa biaya tinggi, kebutuhan kalibrasi kompleks, dan ukuran yang kurang portabel sehingga sulit diterapkan di lapangan [14].

Salah satu studi yang menerapkan pendekatan spektroskopi reflektansi praktis pada rumput laut adalah penelitian oleh Kusuma *et al.* [15] yang menggunakan sensor AS7265x untuk mengkarakterisasi respons spektral *Kappaphycus alvarezii*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya perbedaan intensitas reflektansi yang konsisten pada beberapa kanal spektral seiring perubahan kadar air, sehingga mengindikasikan keterkaitan antara karakteristik spektral dan kadar air rumput laut. Namun, analisis yang digunakan masih terbatas pada regresi linear berganda, sehingga berpotensi belum mampu menangkap hubungan non-linear dan interaksi kompleks antar kanal spektral dari hasil keluaran sensor AS7265x yang bersifat multivariat. Keterbatasan ini membuat diperlukannya pendekatan analisis yang lebih fleksibel dan adaptif untuk memodelkan hubungan kompleks antara data spektral dan kadar air secara lebih akurat.

Machine learning menawarkan pendekatan komputasional yang mampu memodelkan hubungan kompleks dan non-linear, sehingga sesuai untuk data berdimensi tinggi dan multivariat [16]. Beberapa algoritma *machine learning* seperti *Random Forest*, *k-Nearest Neighbor* (KNN), dan *Artificial Neural Network* (ANN) terbukti mampu menganalisis data yang kompleks dan bersifat multivariat [17], [18]. Setiap algoritma memiliki karakteristik, keunggulan, dan keterbatasan yang berbeda dalam menangani data spektral, sehingga evaluasi dan perbandingan

performa antar model menjadi aspek yang penting untuk menentukan pendekatan yang paling sesuai.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada pemodelan prediktif kadar air rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menggunakan data spektral yang diperoleh dari sensor AS7265x. Perangkat akuisisi spektral yang digunakan pada penelitian ini menggunakan perangkat yang sama digunakan pada penelitian Kusuma et al. [15], sehingga penelitian tidak berfokus pada pengembangan alat baru, melainkan pada pemanfaatan data spektral yang diperoleh untuk analisis lanjutan berbasis *machine learning*. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penerapan dan evaluasi komparatif beberapa algoritma *machine learning*, seperti *Random Forest*, *K-Nearest Neighbor*, dan *Artificial Neural Network*, untuk menentukan pendekatan yang paling sesuai dalam memprediksi kadar air rumput laut berbasis data spektral AS7265x.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang, permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana memanfaatkan data spektral AS7265x secara optimal sebagai masukan dalam algoritma *machine learning* untuk memprediksi kadar air rumput laut *Kappaphycus alvarezii*, serta menganalisis perbedaan kinerja beberapa algoritma *machine learning*, seperti *Random Forest*, *k-Nearest Neighbor* (KNN), dan *Artificial Neural Network* (ANN), dalam memprediksi kadar air rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. Selain itu, perlunya evaluasi performa model secara sistematis menggunakan metrik kuantitatif yang konsisten untuk menilai tingkat akurasi, kesalahan prediksi, dan kemampuan generalisasi model, sehingga dapat ditentukan pendekatan yang paling sesuai serta kelayakan data spektral AS7265x sebagai basis pemodelan prediktif kadar air.

C. Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada pemodelan dan evaluasi prediksi kadar air rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menggunakan data spektral reflektansi yang diperoleh dari sensor multispektral AS7265x. Data yang digunakan berupa intensitas reflektansi pada 18 kanal panjang gelombang di wilayah cahaya tampak hingga *near-infrared*, tanpa analisis mendalam terhadap aspek fisik atau optik

sensor. Penelitian ini tidak bertujuan untuk merancang, memodifikasi, atau mengkalibrasi perangkat keras AS7265x, melainkan memanfaatkan data spektral yang dihasilkan sebagai masukan dalam algoritma *machine learning*. Analisis dibatasi pada penerapan dan perbandingan algoritma *Random Forest*, *k-Nearest Neighbor* (KNN), dan *Artificial Neural Network* (ANN) dengan evaluasi performa model menggunakan metrik kuantitatif tertentu. Selain itu, penelitian ini tidak membahas pengaruh faktor lingkungan lain seperti suhu, intensitas cahaya ambient, atau variasi spesies rumput laut, serta mengasumsikan kondisi pengukuran terkendali sehingga variasi kadar air menjadi parameter utama yang dianalisis. Sampel juga tidak diseragamkan secara struktur fisik, melainkan digunakan dalam kondisi morfologi alami rumput laut.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi kadar air rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menggunakan data spektral yang diperoleh dari sensor AS7265x menggunakan pendekatan *machine learning*. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan data spektral AS7265x dalam merepresentasikan perubahan kadar air, menerapkan beberapa algoritma *machine learning*, yaitu *Random Forest*, *k-Nearest Neighbor* (KNN), dan *Artificial Neural Network* (ANN) untuk memodelkan hubungan antara data spektral dan kadar air, serta membandingkan kinerja prediksi masing-masing algoritma menggunakan metrik evaluasi kuantitatif.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi komunitas ilmiah, penelitian ini menjadi referensi dalam pemanfaatan data spektral sensor AS7265x sebagai masukan pada model *machine learning* untuk prediksi kadar air rumput laut, serta memberikan gambaran komparatif kinerja beberapa algoritma *machine learning*.
2. Bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, penelitian ini dapat memperkaya kajian mengenai penerapan *machine learning* pada bidang kelautan berbasis sensor optik portabel, khususnya untuk estimasi parameter kualitas bahan biologis secara non-destruktif.