

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teh merupakan salah satu minuman tertua yang memiliki nilai budaya dan ekonomi tinggi, serta telah dikonsumsi secara luas khususnya di negara-negara Asia seperti Tiongkok, India, dan Indonesia [1]. Di Indonesia, sejarah teh tercatat dimulai sejak tahun 1684 ketika benih teh pertama kali dibawa dari Jepang dan ditanam di Batavia, yang kemudian berkembang menjadi komoditas utama pada masa kolonial Belanda melalui sistem tanam paksa [1]. Seiring waktu, industri teh di Indonesia terus berkembang dan menjadi salah satu penghasil utama di dunia, dengan Jawa Barat sebagai pusat produksi terbesar [1]. Sebagai minuman dengan nilai ekonomi dan budaya yang tinggi, kualitas teh menjadi faktor utama dalam menentukan preferensi konsumen. Penilaian kualitas teh secara tradisional dilakukan melalui uji organoleptik oleh panel ahli, yang mengevaluasi atribut seperti aroma, rasa, dan warna. Namun, metode ini memiliki sejumlah keterbatasan, antara lain bersifat subjektif, membutuhkan waktu lama, serta memerlukan keahlian khusus [2], [3].

Seiring perkembangan teknologi, *Electronic Nose* (E-Nose) hadir sebagai solusi modern dalam mengevaluasi kualitas produk berbasis aroma secara objektif dan efisien [4], [5]. E-Nose merupakan perangkat berbasis sensor gas yang meniru sistem penciuman manusia, berfungsi untuk mengidentifikasi senyawa volatil yang dihasilkan dari suatu sampel. Dalam penelitian ini, perangkat E-Nose dilengkapi dengan enam jenis sensor gas, yaitu MQ3, MQ5, MQ138, TGS822, TGS2602, dan TGS2620. Kombinasi sensor tersebut dipilih karena kemampuannya dalam mendeteksi berbagai senyawa organik volatil (VOC) yang terkandung dalam teh hijau [3], [6].

Berbagai studi terdahulu telah memanfaatkan E-Nose untuk melakukan klasifikasi dan prediksi kualitas teh [5], [7]. Namun demikian, sebagian besar studi tersebut masih berfokus pada klasifikasi kategori mutu serta menggunakan sampel dari teh yang telah diseduh, bukan dari daun teh dalam keadaan kering. Pada penelitian ini, fokus diarahkan pada pemanfaatan data aroma dari daun teh hijau kering yang diperoleh dari Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung. PPTK Gambung merupakan lembaga riset yang aktif dalam mengelola dan melakukan penelitian terhadap berbagai jenis teh, termasuk teh hijau, teh hitam, dan teh putih. Teh hijau merupakan jenis teh yang diproses tanpa fermentasi atau oksidasi enzimatis dengan cara menonaktifkan enzim fenolase pada pucuk daun teh segar [8]. Sementara itu, teh hitam dihasilkan melalui proses fermentasi penuh di mana kandungan katekin diubah menjadi teaflavin dan tearubigin sehingga kandungan senyawa antioksidan

yang lebih lemah dibandingkan katekin[8]. Adapun teh putih diperoleh dari daun teh pilihan yang dipetik sebelum mekar, tanpa mengalami proses fermentasi, dan dikeringkan dengan sangat singkat sehingga mengandung senyawa polifenol yang tinggi [8]. Dalam penelitian ini, jenis teh yang digunakan adalah teh hijau, yang dianalisis menggunakan pendekatan regresi untuk memprediksi skor organoleptik berdasarkan penilaian panelis ahli.

Karakteristik data aroma yang kompleks dan tinggi dimensi, penelitian ini mengadopsi algoritma *machine learning* berbasis regresi antara lain *Decision Tree*, *K-Nearest Neighbors (KNN)*, *Random Forest*, *XGBoost*, dan *AdaBoost*. Kinerja prediksi dapat dioptimalkan dengan melakukan proses *hyperparameter tuning* menggunakan teknik *Grid Search* dengan validasi silang (*cross-validation*) [9], [10], [11]. Hasil prediksi model selanjutnya dianalisis menggunakan pendekatan *Explainable Artificial Intelligence (XAI)*, khususnya *Local Interpretable Model agnostic Explanations (LIME)*. Metode LIME dipilih karena memiliki kemampuan dalam menjelaskan prediksi model secara lokal dan independen terhadap jenis algoritma yang digunakan (*model-agnostic*). Selain itu, LIME unggul dalam menyajikan visualisasi kontribusi setiap fitur *input* terhadap keluaran model, sehingga interpretasi hasil prediksi menjadi lebih transparan, informatif, dan mudah dipahami oleh pengguna [12], [13], [14], [15], [16].

Penelitian ini diharapkan mampu menjawab tantangan dalam proses evaluasi kualitas teh hijau secara lebih objektif, efisien, dan terukur. Penerapan sistem berbasis E-Nose yang terintegrasi dengan model *machine learning* dan *Explainable AI* diharapkan dapat menjadi alternatif dalam membantu proses pengambilan keputusan, baik di ranah industri, penelitian, maupun sertifikasi mutu produk berbasis aroma.

1.2 Rumusan Masalah dan Solusi

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, penulis mengidentifikasi beberapa permasalahan utama sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengatasi keterbatasan metode evaluasi manual dalam menilai skor organoleptik teh hijau berdasarkan aroma yang bersifat subjektif dan memakan waktu?
2. Bagaimana peran *Explainable Artificial Intelligence (XAI)* dalam memberikan interpretasi yang dapat dipercaya terhadap hasil prediksi model regresi?

Sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut, penulis mengusulkan pendekatan sebagai berikut:

1. Menggunakan alat E-Nose yang dapat secara langsung menangkap sinyal aroma dari sampel teh, mengolah data tersebut melalui model *machine*

learning, serta menampilkan hasil prediksi skor organoleptik secara otomatis dan praktis untuk kebutuhan industri maupun penelitian.

2. Menggunakan metode *Explainable AI* dengan pendekatan LIME untuk memberikan penjelasan yang intuitif dan transparan terhadap hasil prediksi model, seperti mengidentifikasi sensor aroma mana yang paling berpengaruh terhadap skor akhir, sehingga pengguna dapat memahami dan mempercayai proses evaluasi yang dilakukan sistem.

1.3 Tujuan

Tujuan Penelitian ini terhadap studi kasus yang diangkat adalah untuk:

1. Menggunakan algoritma *machine learning* untuk memprediksi skor organoleptik teh hijau berdasarkan data aroma dari sistem *Electronic Nose* guna menggantikan metode penilaian manual yang subjektif dan tidak efisien.
2. Menggunakan metode *Explainable AI* (XAI) pada pendekatan *Local Interpretable Model-agnostic Explanations* (LIME) untuk meningkatkan interpretabilitas dan transparansi hasil prediksi model regresi.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki fokus yang jelas dan terarah, beberapa batasan masalah yang ditetapkan dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya menggunakan sampel teh hijau keringan yang diperoleh dari Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung dan telah melakukan sampling melalui alat E-Nose, sehingga hasil yang diperoleh tidak dapat digeneralisasi untuk jenis teh lainnya.
2. Penilaian kualitas teh dalam penelitian ini yang ditetapkan sebagai target didasarkan pada skor organoleptik yang diberikan oleh panel ahli tanpa mempertimbangkan parameter fisik atau kimia lainnya.
3. Teknik yang diterapkan dalam pengembangan model pembelajaran mesin difokuskan pada algoritma *Decision Tree*, *K-Nearest Neighbors (KNN)*, *Random Forest*, *XGBoost*, dan *AdaBoost* tanpa membandingkan dengan metode regresi lainnya secara mendalam.
4. Metode *Explainable AI* (XAI) yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada pendekatan *Local Interpretable Model-agnostic Explanations* (LIME) sehingga interpretabilitas model hanya dianalisis berdasarkan teknik ini tanpa membandingkannya dengan metode XAI lainnya.

1.5 Penjadwalan Kerja

Penjadwalan kerja Tugas Akhir ini disusun untuk memastikan setiap tahap penelitian berjalan secara terstruktur dan tepat waktu, dimulai dari pengumpulan *dataset*, ekspedisi ke PPTK Gambung, pengembangan serta evaluasi model *machine learning*, penerapan metode *Explainable AI* LIME, hingga implementasi dan pengujian pada perangkat E-Nose. Seluruh kegiatan dilaksanakan secara bertahap dari bulan Agustus 2024 hingga Mei 2025 selama 2 semester sebagaimana dirinci dalam Tabel 1.1 dan Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.1 Penjadwalan kerja semester ganjil 2024

No	Deskripsi kerja	2024																			
		Agustus				September				Oktober				November				Desember			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengumpulan <i>dataset</i>																				
2	Ekspedisi ke PPTK Gambung																				
3	Pengembangan model <i>machine learning</i>																				
4	Evaluasi model																				
5	Pengembangan <i>explainable AI</i>																				
6	Implementasi ke E-Nose																				
7	Pengujian alat E-Nose																				
8	Pembuatan <i>paper</i>																				
9	Penyusunan dokumen proyek akhir																				

Tabel 1.2 Penjadwalan kerja semester genap 2025

No	Deskripsi kerja	2025																			
		Januari				Februari				Maret				April				Mei			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengumpulan <i>dataset</i>																				
2	Ekspedisi ke PPTK Gambung																				
3	Pengembangan model machine learning																				
4	Evaluasi model																				
5	Pengembangan explainable AI																				
6	Implementasi ke E-Nose																				
7	Pengujian alat enose																				
8	Pembuatan paper																				
9	Penyusunan dokumen proyek akhir																				