

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Teh merupakan salah satu minuman paling diminati di seluruh dunia dan diakui tidak hanya sebagai minuman yang enak, tetapi juga mempunyai berbagai manfaat bagi kesehatan. Teh mengandung berbagai jenis bioaktif seperti polifenol, pigmen, polisakarida, alkaloid, asam amino, dan saponin yang berguna sebagai antioksidan, anti-inflamasi, imuno-regulasi, antikanker, perlindungan kardiovaskular, anti-diabetes, anti-obesitas, dan hepatoproteksi (Tang et al., 2019). Meskipun berasal dari spesies tanaman yang sama, yaitu *Camellia sinensis*, terdapat berbagai jenis teh dengan karakteristik yang berbeda di pasaran. Berdasarkan proses pembuatannya, teh dapat diklasifikasikan menjadi enam jenis yaitu teh hijau, teh hitam, teh oolong, teh putih, teh kuning, dan teh terkompresi gelap. Adapun dua jenis teh yang paling populer di dunia saat ini yaitu teh hijau (dibuat tanpa fermentasi) dan teh hitam (dibuat dengan fermentasi penuh) (Qin et al., 2013).

Klasifikasi jenis teh menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting, terutama untuk mengendalikan waktu fermentasi dan menghasilkan jenis teh yang diinginkan (S. Wang et al., 2015). Aroma sendiri memegang peranan penting sebagai faktor pembeda dimana setiap jenis teh memiliki karakteristik aroma yang unik selain rasa (Fang et al., 2022). Pada pembuatannya, selama proses fermentasi, oksidasi enzimatis polifenol teh menghasilkan senyawa seperti aflavin, arubigin, dan senyawa organik volatil (VOC) yang memberikan aroma khas (Q. Chen et al., 2013). Saat ini, klasifikasi jenis teh dilakukan oleh pencicip teh berpengalaman yang mengevaluasi teh berdasarkan aroma, warna, tekstur, dan aspek morfologi. Namun, persepsi manusia bersifat subjektif, tidak dapat diprediksi dan bersifat inkonsisten karena dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi fisik dan mental pencicip teh (Bakhshipour et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan sebuah alat yang mampu mengidentifikasi aroma teh secara akurat dan efektif.

Salah satu solusi yang muncul adalah *Electronic Nose* atau E-Nose, sebuah instrumen elektronik yang dapat meniru konsep kerja hidung manusia dalam mendeteksi dan menganalisis aroma. Komponen utama dari E-Nose merupakan susunan sensor berupa sensor *Metal Oxide Semiconductor* (MOS) sebagai reseptor bau dan sistem pengenalan pola (Xu et al., 2021). Dibandingkan dengan peralatan analisis gas tradisional seperti GC-MS, *high-performance liquid chromatography* (HPLC), dan spektrometri inframerah Transformasi Fourier (FT-IR), E-Nose menjadi solusi yang relatif murah dan efisien secara waktu. Dibandingkan dengan panel sensorik, E-Nose tidak terlalu bias dan memberikan pengukuran yang lebih konsisten antar perangkat (Tan & Xu, 2020). E-Nose digunakan untuk menganalisis bau senyawa sederhana dan kompleks, dan telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang, termasuk makanan, minuman, kimia, pertahanan, kesehatan, dan lainnya (Karakaya et al., 2020). Penggunaan E-Nose tidak hanya terbatas pada analisis bau, melainkan juga dapat diarahkan untuk tujuan klasifikasi dan identifikasi kualitas pada sampel melalui pengolahan data lebih lanjut. Oleh karena itu, kemampuan E-Nose dapat dioptimalkan untuk melakukan klasifikasi jenis teh, khususnya teh hitam dan teh hijau.

Sistem E-Nose memiliki empat komponen utama, yaitu sistem *sampling*, susunan sensor gas, akuisisi data, dan pengenalan pola. Penelitian-penelitian terdahulu terkait E-Nose menyebutkan terdapat perbedaan metode penelitian yang bertujuan untuk mengoptimasi hasil klasifikasi dari E-Nose. Berdasarkan komponen sistem E-Nose, terdapat tiga jenis optimasi utama untuk peningkatan kinerja sistem E-Nose: pemilihan bahan sensitif dan pengoptimalan susunan sensor, metode ekstraksi dan pemilihan fitur, dan metode pengenalan pola. Pemilihan material sensitif dan optimasi susunan sensor mengacu pada struktur perangkat keras E-Nose. Jika E-Nose buatan sendiri, pendekatan yang lebih umum adalah pertama-tama meneliti komposisi kimia sampel dan kemudian memilih sensor yang responsif terhadap jenis gas yang dikeluarkan oleh sampel. Hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja E-Nose adalah dengan menekankan metode ekstraksi dan pemilihan fitur serta metode pengenalan polanya (Yan et al., 2015).

Penggunaan E-Nose pada sampel teh sendiri sudah banyak dilakukan oleh para peneliti yang bertujuan untuk mengidentifikasi kualitas pada jenis teh yang sama ataupun melakukan klasifikasi jenis teh yang berbeda. Salah satunya yaitu penelitian dari Lu et al., (2019) di mana mereka menggunakan E-Nose dan algoritma analisis data untuk mengidentifikasi kualitas teh hijau *West Lake Longjing* (China). Mereka menggunakan tujuh merek teh hijau dengan tiga klasifikasi kualitas: A, B, dan C. Pada perangkat E-Nose-nya, sensor yang digunakan yaitu tipe TGS813, TGS822, TGS2602, TGS2620, TGS2600, MQ-138, MQ-135, dan MQ-6 yang mempunyai sensitivitas jenis gas yang berbeda-beda. Pada pengolahan datanya, mereka menggunakan data respon sensornya sebagai data input untuk model *machine learning*-nya sehingga tidak ada ekstraksi fitur yang dilakukan. Model yang digunakan untuk klasifikasi yaitu algoritma *Random Forest* (RF), *Multi Layer Perceptron* (MLP), dan *Support Vector Machine* (SVM). Hasil klasifikasi terbaiknya mendapatkan akurasi sebesar 95.8%.

Penelitian lain dari Jiménez-López et al (2023) membahas mengenai tantangan dalam mengklasifikasikan berbagai jenis teh menggunakan E-Nose dengan konfigurasi tujuh sensor gas MQ. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan dua metode reduksi dimensi, *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Parallel Factor Analysis* (PARAFAC) dalam mengklasifikasikan delapan jenis teh yaitu teh hijau, teh putih, teh hitam, teh *spearmint*, teh *mint*, teh *hibiscus*, teh *lemongrass*, dan teh *chamomile*. Data diklasifikasi menggunakan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) dan *k-nearest neighbour* (k-NN). Hasil penelitian menunjukkan bahwa PCA yang dikombinasikan dengan model klasifikasi ini mencapai akurasi yang lebih tinggi dibandingkan PARAFAC. Studi ini menyoroti efektivitas PCA dan potensi sistem E-Nose dalam klasifikasi teh. Penelitian ini menemui keterbatasan terutama karena adanya senyawa organik volatil (VOC) yang sama di antara jenis teh yang berbeda, sehingga menghambat klasifikasi yang berbeda. Secara khusus, penelitian ini mencatat tantangan dalam membedakan secara akurat antara teh *hibiscus* dan teh *lemongrass* karena keduanya memiliki VOC tertentu seperti linalool, limonene, dan heksanal. Profil kimia yang tumpang tindih ini menyulitkan sistem E-Nose untuk membedakan teh-teh ini

secara efektif, sehingga berdampak pada keakuratan proses klasifikasi secara keseluruhan.

Penelitian dari Sabilla et al. (2017) berfokus pada penggunaan E-Nose yang dilengkapi dengan sensor seri MQ (MQ2, MQ3, MQ6, MQ7, MQ8, MQ135, MQ137, MQ138) untuk mengestimasi konsentrasi gas pada buah mangga. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan akurasi estimasi konsentrasi gas pada E-Nose menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN). Penelitian ini memanfaatkan berbagai sensor dan karakteristiknya, serta menggunakan metode untuk menentukan sensor yang paling cocok untuk percobaan. Penelitian ini menggunakan metode *curve fitting* dan ANN untuk mengolah data dan memperkirakan konsentrasi gas. Hasilnya menunjukkan bahwa metode ANN memperoleh *Root Mean Square Error* (RMSE) yang lebih rendah yaitu 0,0433, menunjukkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode yang sudah ada. Studi ini menyoroti efisiensi dan akurasi sensor ketika diintegrasikan dengan sistem E-Nose, khususnya dalam hubungannya dengan teknik pembelajaran mesin seperti ANN. Penggunaan sensor seri MQ yang efektif menunjukkan potensinya dalam meningkatkan kemampuan E-Nose untuk deteksi dan analisis gas secara tepat.

Penelitian yang dipaparkan sebelumnya merupakan penelitian yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Pada dua *paper* awal yang disebutkan, penelitian tersebut melakukan klasifikasi jenis teh menggunakan instrumen E-Nose. Meskipun penelitian dari Lu et al., (2019) berhasil mendapatkan akurasi yang tinggi dalam klasifikasi jenis teh, akan tetapi penggunaan sensor mahal seperti sensor gas TGS tentunya membuat biaya E-Nose semakin mahal sehingga tidak dapat menjangkau industri kecil seperti industri teh rumahan. Penelitian dari Jiménez-López et al (2023) menggunakan sensor yang ekonomis berupa sensor gas MQ namun hasilnya menyebutkan bahwa pada klasifikasi teh tertentu akurasinya tidak begitu tinggi. Penggunaan sensor MQ pada E-Nose dapat menghasilkan akurasi yang tinggi seperti pada penelitian Sabilla et al. (2017) jika dikombinasikan dengan algoritma pengenalan pola yang efektif seperti ANN.

Berdasarkan paparan di atas, penelitian yang dilakukan yaitu berupa rancang bangun E-Nose menggunakan sensor gas MQ untuk klasifikasi teh hijau dan teh

hitam dengan dengan target akurasi yang tinggi. Pada penelitian ini digunakan 8 tipe sensor gas MQ yaitu MQ2, MQ3, MQ5, MQ6, MQ7, MQ8, MQ9, dan MQ135. Pada penelitian ini dilakukan juga analisis metode ekstraksi fitur yang digunakan adalah metode ekstraksi fitur statistik berupa nilai maksimum respon, rata-rata respon, dan nilai *Area Under Curve* (AUC). Dari fitur-fitur tersebut, selanjutnya dilakukan analisis dan seleksi fitur menggunakan *Mutual Information* (MI). Selanjutnya dibuat subset berdasarkan hasil MI untuk seleksi fitur untuk semua fitur (24 fitur), 20 fitur teratas, 15 fitur teratas, 10 fitur teratas, dan 5 fitur teratas. Selanjutnya dari subset fitur tersebut dijadikan *input* untuk model *machine learning* yang digunakan yaitu model *Support Vector Machine* (SVM) dan *Artificial Neural Network* (ANN). Pada proses *modelling*, digunakan *Hyperparameter* tuning menggunakan *GridSearchCV* untuk mencari parameter optimal pada setiap subset. Dari hasil tersebut diketahui subset fitur paling optimal (minimum) dan model klasifikasi yang menghasilkan akurasi tertinggi.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, masalah yang akan diangkat pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana desain instrumen E-Nose dengan menggunakan sensor gas MQ yang sesuai untuk melakukan klasifikasi teh hijau dan teh hitam?
2. Bagaimana mengekstraksi fitur dari data E-Nose pada teh hijau dan teh hitam?
3. Fitur apakah yang paling efektif untuk menghasilkan nilai akurasi tertinggi untuk klasifikasi teh hijau dan teh hitam?
4. Model klasifikasi apakah yang paling efektif untuk klasifikasi teh hijau dan teh hitam?

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah di atas, terdapat batasan masalah yang melingkupi penelitian ini di antaranya:

1. Jenis teh yang digunakan sebagai objek E-Nose adalah teh hitam dan teh hijau Indonesia.
2. E-Nose yang dibuat tidak menggunakan pemanas dan kontrol pemanas.

3. Sensor gas MQ yang digunakan adalah MQ2, MQ3, MQ5, MQ6, MQ7, MQ8, MQ9, dan MQ135.
4. Fitur yang diekstraksi adalah nilai maximum, mean respon, dan *Area Under Curve* (AUC).
5. Model klasifikasi *machine learning* yang digunakan adalah SVM dan ANN.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini yaitu untuk merancang dan membangun instrumen E-Nose menggunakan sensor gas MQ untuk klasifikasi teh hijau dan teh hitam dengan akurasi yang tinggi. Adapun tujuan khusus yang harus dipenuhi sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun instrumen E-Nose menggunakan sensor gas MQ.
2. Melakukan ekstraksi fitur pada data yang didapat dari instrumen E-Nose.
3. Memilih fitur yang paling efektif untuk menghasilkan tingkat akurasi tertinggi untuk klasifikasi teh hijau dan teh hitam.
4. Memilih model klasifikasi pembelajaran mesin paling efektif yang dapat menghasilkan akurasi klasifikasi paling tinggi dalam membedakan teh hijau dan teh hitam.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoretis dan praktis:

1. Manfaat teoretis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai penggunaan sensor MQ pada E-Nose dan metode ekstraksi fitur yang efektif pada data E-Nose untuk klasifikasi teh hijau dan teh hitam.

2. Manfaat praktis

Hasil dari penelitian ini diharapkan secara praktis dapat menghasilkan instrumen E-Nose yang berbiaya rendah dan menghasilkan metode klasifikasi yang mudah dan akurat untuk teh hijau dan teh hitam dalam rangka menjaga kualitas teh.