

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Minyak goreng adalah bahan yang hampir tak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari, terutama dalam berbagai olahan kuliner. Di berbagai belahan dunia, minyak goreng sering kali diambil dari sumber nabati seperti minyak kelapa sawit, minyak zaitun, atau minyak kedelai, dengan pemanfaatan utama sebagai medium menggoreng yang praktis dan memberikan cita rasa gurih. Penggunaan minyak goreng dalam kegiatan memasak sehari-hari telah menjadi kebiasaan yang kuat di masyarakat. Akibatnya, konsumsi minyak goreng sawit terus meningkat setiap tahunnya, sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) yang dikutip oleh Damayanti dan rekan-rekannya (2020), konsumsi minyak goreng sawit pada tahun 2018 tercatat mencapai 10,79 liter per kapita per tahun. Pada tahun 2019 dan 2020, konsumsi ini diprediksi mengalami kenaikan menjadi 11,09 dan 11,38 liter per kapita per tahun.

Di Indonesia, minyak kelapa sawit adalah salah satu jenis minyak goreng yang paling banyak digunakan, baik dalam bentuk minyak kemasan, minyak curah, hingga minyak jelantah, istilah yang digunakan untuk minyak terpakai pakai yang telah dipakai berulang kali. Minyak jelantah, yang telah melalui proses pemanasan berulang, sebenarnya tidak lagi ideal untuk dikonsumsi karena kandungan kimianya sudah berubah. Penggunaan minyak jenis ini dapat menimbulkan risiko kesehatan yang serius, mulai dari peningkatan kadar asam, oksidasi berlebih, hingga munculnya senyawa berbahaya seperti benzopiren dan aflatoksin yang secara ilmiah berpotensi memicu gangguan kesehatan (Okalany et al, 2024).

Proses penggorengan berulang kali pada minyak tidak hanya mengubah warna dan viskositasnya, tetapi juga berdampak pada karakteristik kimiawi di dalamnya. Seiring waktu, minyak akan mengalami degradasi akibat reaksi kimia yang berlangsung, seperti oksidasi, hidrolisis, dan polimerisasi, serta reaksi Maillard yang menambah kompleksitas perubahan (Jurid et al., 2020; Negash et al., 2019). Penggunaan minyak yang sudah mengalami perubahan ini akan berpengaruh pada

kualitas makanan yang digoreng, terutama pada tekstur, warna, dan rasanya. Akibatnya, minyak menjadi lebih kental, berwarna lebih gelap, muncul busa saat dipanaskan, serta titik asapnya menurun, yang secara keseluruhan mengurangi kualitas makanan yang dihasilkan (Mekawi et al., 2019). Minyak yang terus terpapar panas berulang juga mengalami transformasi pada struktur trigliserida, menghasilkan senyawa seperti asam lemak trans, radikal bebas, dan produk sampingan toksik lainnya. Zat-zat ini berpotensi terserap ke dalam makanan dan kemudian dikonsumsi, yang dapat memicu risiko kesehatan seperti penyakit jantung, kanker, obesitas, gangguan pencernaan, serta diabetes tipe 2 (Hamsi et al., 2015; Karaman et al., 2014; Ma et al., 2021; Wu et al., 2019). Selain itu, volatilitas senyawa seperti hidrokarbon aromatik polisiklik dan amina heterosiklik yang terbentuk saat penggorengan juga membahayakan bagi pekerja di dapur atau pabrik makanan, karena dapat terhirup dan berpotensi menimbulkan kanker pada saluran pernapasan (Zhang et al., 2018).

Membedakan antara minyak goreng baru dan terpakai secara kasat mata adalah tantangan tersendiri. Bahkan ketika minyak terpakai terlihat serupa dengan minyak baru, penggunaannya yang berulang kali menyebabkan akumulasi senyawa berbahaya yang tidak mudah dikenali tanpa alat analisis yang khusus. Selain itu, minyak terpakai sering kali dijual kembali sebagai minyak baru tanpa informasi yang memadai bagi konsumen. Hal ini menjadi kekhawatiran serius karena dalam praktiknya banyak orang kesulitan membedakan antara minyak baru dan terpakai, terutama dalam konteks komersial. Menyikapi fenomena ini, sangat diperlukan metode yang lebih akurat, cepat, dan sederhana untuk memastikan bahwa konsumen dapat memperoleh minyak goreng berkualitas baik tanpa risiko kesehatan tersembunyi.

Untuk membantu menjawab tantangan ini, berbagai teknik telah dikembangkan untuk mendeteksi kualitas minyak goreng. Salah satu metode yang paling mudah dilakukan adalah pengujian sensorik, yaitu menilai aroma atau rasa minyak melalui indera manusia. Metode ini praktis karena tidak membutuhkan peralatan khusus, namun kelemahannya adalah hasil yang subjektif dan tidak selalu konsisten, sebab sangat bergantung pada sensitivitas individu dan pengalaman personal.

Electronic Nose (E-Nose) adalah solusi yang mulai banyak diterapkan dalam berbagai industri. E-Nose adalah perangkat yang mampu meniru indera penciuman manusia dengan mendeteksi aroma melalui berbagai sensor gas yang sensitif. Alat ini bekerja dengan mengidentifikasi pola aroma yang khas dari zat tertentu, dan karena itulah E-Nose telah digunakan secara luas di bidang makanan, minuman, kimia, dan kesehatan, untuk tujuan identifikasi kualitas produk melalui karakteristik aroma (Aghdamifar et al., 2023; Karakaya et al., 2020). Dalam konteks ini, E-Nose unggul karena selain cepat, hasilnya dapat diproses langsung di luar laboratorium, bahkan dalam skala industri kecil, sehingga lebih praktis bagi pelaku industri.

Penggunaan E-Nose pada sampel minyak goreng sendiri sudah banyak dilakukan oleh para peneliti yang bertujuan untuk mengklasifikasi kualitas minyak goreng. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Sihombing dan Ritonga (2021) yang mengembangkan sistem E-Nose berbasis sensor gas TGS2611 untuk mendeteksi aroma minyak goreng, dengan tujuan membedakan jenis minyak seperti minyak kemasan sederhana, minyak curah, dan minyak goreng terpakai. Dalam penelitian ini, minyak goreng diuji dengan memanaskan sampel hingga menghasilkan aroma yang dianalisis oleh sensor. Tegangan keluaran rata-rata yang dihasilkan oleh alat ini menunjukkan bahwa minyak curah memiliki respons tertinggi sebesar 204,8 mV, diikuti oleh minyak goreng terpakai sebesar 181,4 mV, dan minyak kemasan sederhana dengan tegangan terendah sebesar 172,3 mV. Hasil ini menunjukkan bahwa minyak curah cenderung memiliki aroma yang lebih kuat dibandingkan minyak jenis lainnya. Sistem e-nose ini terbukti mampu secara efektif membedakan jenis minyak berdasarkan pola aroma volatil, menawarkan solusi praktis dan ekonomis untuk pengendalian kualitas minyak goreng di industri makanan.

Pada penelitian lain milik Jiang et al. (2020), fokus utama adalah mengembangkan perangkat E-Nose portabel untuk mengidentifikasi periode penyimpanan minyak goreng secara cepat dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menyediakan metode alternatif yang cepat dan non-destruktif untuk menilai kualitas minyak goreng. Penelitian ini menggunakan sampel minyak goreng dari berbagai jenis (soya, rapeseed, jagung, kacang tanah, dan bunga matahari) dan

merek. Perangkat E-Nose yang digunakan berbasis sensor *metal oxide semiconductor* (MOS) seperti TGS2600, TGS2611, TGS2620, dan MQ138. Data yang dikumpulkan selama 60 detik dianalisis menggunakan PCA untuk ekstraksi fitur, diikuti dengan penerapan model klasifikasi seperti *Linear Discriminant Analysis* (LDA), *K-Nearest Neighbors* (KNN), dan *Support Vector Machine* (SVM). Dalam eksperimen ini, minyak goreng disimpan pada kondisi panas (60 °C) untuk mensimulasikan penyimpanan jangka panjang, dengan pengukuran setiap tiga hari. Hasilnya menunjukkan bahwa model SVM memberikan akurasi terbaik, mencapai tingkat pengenalan 100% untuk sampel independen. Penelitian ini menyimpulkan bahwa E-Nose portabel memungkinkan identifikasi periode penyimpanan minyak secara cepat, efisien, dan non-destruktif, serta memiliki potensi besar untuk aplikasi di bidang analisis kualitas minyak.

Penelitian lainnya oleh Anifah et al. (2024) menekankan pentingnya klasifikasi otomatis minyak goreng terpakai untuk mendukung pemrosesan ulang yang lebih aman dan efisien. Limbah minyak goreng terpakai diketahui dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Dalam studi ini, penulis mengembangkan sistem berbasis e-nose untuk mengklasifikasikan minyak goreng terpakai ke dalam tiga kategori: minyak yang belum digunakan, telah digunakan sekali, dan telah digunakan lebih dari sekali. Perangkat ini menggunakan kombinasi sensor, termasuk TGS2600, MQ4, MQ2, TCS230 (sensor warna), sensor viskositas, dan sensor kekeruhan. Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan algoritma klasifikasi seperti *Self-Organizing Map* (SOM), *Linear Vector Quantization* (LVQ), dan *K-Means*. Eksperimen dilakukan dengan memanaskan sampel untuk menghasilkan uap yang diukur oleh sensor e-nose, sementara sensor lainnya menganalisis parameter fisik seperti viskositas, kekeruhan, dan warna. Hasil menunjukkan bahwa model *K-Means* memberikan akurasi terbaik dengan 98,89%, mengungguli SOM (91,11%) dan LVQ (95,56%). Penelitian ini menunjukkan efektivitas sistem untuk klasifikasi minyak goreng terpakai secara otomatis, yang sekaligus dapat mengurangi risiko kesehatan bagi pekerja yang sebelumnya melakukan penyortiran manual.

Berdasarkan paparan di atas, penelitian yang dilakukan yaitu mengklasifikasikan minyak goreng yang mencakup lima kategori, yaitu minyak goreng baru dan terpakai yang telah digunakan 1x, 3x, 5x, dan 7x menggunakan E-Nose dengan sensor MOS seri MQ yaitu sensor MQ2, MQ3, MQ4, MQ5, MQ6, MQ7, MQ9, dan MQ135. Hasil klasifikasi akan menjadi dua kelas yaitu minyak baru dan minyak terpakai. Data dari sensor-sensor ini akan direkam untuk setiap sampel minyak dan kemudian dilakukan pengekstrasian fitur dari data yang didapatkan fitur yang diekstraksi diantaranya adalah nilai maksimum, rata-rata, dan *Area Under Curve* (AUC). Hasil fitur-fitur ini akan dianalisis untuk membuat model klasifikasi menggunakan algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) *Super Vector Machine* (SVM), *K-Nearest Neighbor* (KNN), *Gradient Boosting*, dan *Random Forest*. Model-model ini akan dilakukan optimasi *hyperparameter tuning* hingga ditemukan model dan fitur yang memberikan nilai klasifikasi yang tinggi. Model yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi Solusi yang mudah diterapkan untuk menilai kualitas minyak dan terpakai dengan tingkat akurasi yang tinggi, serta dapat digunakan di berbagai situasi aplikasi, mulai dari industri makanan besar hingga penggunaan rumah tangga.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik respons sensor MQ pada E-Nose yang membedakan minyak goreng terpakai dan tidak terpakai?
2. Bagaimana metode ekstraksi fitur E-Nose pada minyak goreng terpakai dan tidak terpakai?
3. Model klasifikasi manakah yang efektif dalam membedakan jenis minyak goreng terpakai dan tidak terpakai menggunakan E-Nose?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membangun sistem klasifikasi minyak goreng menggunakan E-Nose berbasis sensor MQ. Secara khusus penelitian ini bertujuan:

1. Menganalisis karakteristik respons sensor MQ pada E-Nose yang membedakan minyak goreng terpakai dan tidak terpakai.
2. Melakukan ekstraksi fitur dari E-Nose pada data minyak goreng yang didapat.
3. Memilih model klasifikasi pembelajaran mesin paling efektif yang dapat menghasilkan akurasi klasifikasi paling tinggi dalam membedakan minyak goreng terpakai dan tidak terpakai.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi untuk kedepannya baik secara teoritis maupun praktis. Berikut adalah manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini:

1. Manfaat Teoritis: Hasil penelitian ini dapat menambah wawasan di bidang analisis data dengan memanfaatkan teknologi E-Nose, khususnya dalam klasifikasi minyak goreng menggunakan algoritma *machine learning*.
2. Manfaat Praktis: Hasil penelitian ini dapat membantu pengguna dan produsen minyak goreng dalam membedakan minyak goreng baru dan terpakai dengan lebih efektif, serta memberikan panduan dalam memilih metode dan instrumen klasifikasi yang efisien untuk berbagai aplikasi.