

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai produk pertanian unggulan, kopi memiliki kontribusi ekonomi yang besar dan mampu bersaing secara kompetitif di tingkat global [1]. Kopi menempati posisi kedua sebagai minuman paling banyak dikonsumsi di dunia setelah air putih dan teh [2]. Kopi dan teh adalah minuman yang dikonsumsi oleh orang dewasa [3]. Pemanfaatannya meluas melebihi sekadar minuman, bubuk kopi kini banyak diaplikasikan dalam beragam industri, seperti kosmetik untuk perawatan kulit [4], bahan baku pengawet [5], hingga sektor obat-obatan dan farmasi guna mencegah penyakit seperti pradiabetes, T2D, dan kolesterol [6]. Studi menunjukkan bahwa konsumsi kopi secara teratur berkorelasi positif dengan penurunan risiko beberapa gangguan kesehatan serius, meliputi penyakit parkinson [7], sirosis [8], serta kanker kolorektal [9]. Efek positif ini didukung oleh kandungan nutrisi dalam kopi, seperti kafein, kahweol, cafestol, mikronutrien (niasin, vitamin E, kalium, dan magnesium), dan chlorogenic acid, yang juga berpotensi meningkatkan memori [10].

Kafein adalah alkaloid alami yang ditemukan pada berbagai tanaman seperti kopi, teh, dan biji kakao, sering juga terkandung dalam minuman bersoda dan minuman berenergi [11]. Senyawa ini dikenal luas karena efek stimulasi serta khasiat pengobatannya, termasuk perannya dalam mendukung kekebalan tubuh, meredakan peradangan, dan gangguan neurologis. Kafein dan senyawa lain dalam kopi kerap dimanfaatkan dalam formulasi farmasi dan suplemen kesehatan karena memiliki sifat antioksidan, anti-inflamasi, dan anti-obesitas. Mengonsumsi kopi telah dikaitkan dengan berkurangnya kemungkinan terkena berbagai penyakit kronis, termasuk gangguan jantung, diabetes tipe 2, stroke, dan sejumlah jenis kanker tertentu [12]. Penentuan kadar kafein biasanya dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis, yang memanfaatkan panjang gelombang dalam rentang 250–300 nm. Studi menunjukkan, dalam 1 gram kopi, kadar kafein robusta tertinggi berkisar 0,69–2,15%, arabika 0,97–1,77%, dan liberika 1,15–1,32% [13].

Kopi umumnya mengandung kadar kafein yang lebih tinggi dibandingkan dengan sebagian besar minuman dan makanan lainnya [14]. Berdasarkan ketentuan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI 01-7152-2006), jumlah kafein yang disarankan untuk dikonsumsi per hari berkisar sekitar 150 mg, dengan takaran ideal sebesar 50 mg untuk setiap sajian [15]. Dalam jumlah yang wajar, kafein memiliki khasiat beragam bagi tubuh, salah satunya berperan dalam meredakan rasa sakit dan demam. Namun demikian, konsumsi kafein harus diperhatikan dengan cermat, terutama pada anak-anak dan wanita usia reproduktif, karena kelebihan asupan kafein dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan [16]. Sebagai

contoh, asupan kafein dari kopi yang melebihi 500-600 mg per hari dapat menyebabkan insomnia [17] serta berbagai reaksi merugikan lainnya seperti kegelisahan, kecemasan, iritabilitas, agitasi, tremor otot, sakit kepala, diuresis, dan gangguan sensorik [18] .

Kadar kafein pada kopi dapat bervariasi signifikan bergantung pada tahapan pengolahannya [19]. Proses pengolahan kopi terdiri dari dua jenis utama yakni primer pengolahan utama dan sekunder [20]. Tahapan primer yakni: (1) tahap pertama pengeringan sampai kadar air mencapai 25%, (2) pengupasan kulit buah, tahap kedua (3) pengeringan dengan kandungan air mencapai 12% dan (4) proses penyortiran. Tahapan sekunder meliputi: (5) proses penyangraian (sangrai), (6) pendinginan, (7) penggilingan menjadi bubuk kopi (penggilingan), (8) pengepakan, pengemasan serta pemasaran dan (9) seduh. Dari sembilan tahapan tersebut, langkah-langkah yang paling berpengaruh terhadap kadar kafein adalah tahap pengeringan awal (1)[21], (3)[22], (5)[23] dan (9)[24]. Lama waktu penyeduhan memengaruhi kadar kafein secara signifikan. Misalnya, pengadukan selama 42 detik dapat melipatgandakan kadar kafein, sedangkan pengadukan hanya 5 detik justru menurunkannya [24].

Selain proses pengolahannya, kadar kafein kopi juga dipengaruhi oleh jenisnya [25]. Robusta, Arabika, dan Liberika merupakan tiga jenis kopi utama yang paling dikenal di dunia [26]. Identifikasi jenis kopi telah dilakukan menggunakan Near-infrared Spectroscopy (NIRS), yang menganalisis komposisi kimia kopi robusta hasil sangrai [27], serta melalui aroma yang terbentuk saat sangrai dan penyeduhan menggunakan metode Headspace SPME-GC-MS, sebagai teknik efektif untuk mendeteksi senyawa volatil pembentuk aroma [28]. Teknologi electronic nose (E-nose) telah diterapkan dalam proses identifikasi jenis biji kopi Arabika dan Robusta [28]. Salah satu bentuk pengembangannya, yaitu E-nose, telah diteliti dengan memanfaatkan kemampuan deteksi terhadap senyawa volatil pembentuk aroma kopi. Informasi yang diperoleh dari sensor aroma selanjutnya diproses menggunakan teknik Artificial Neural Network (JST) guna mengidentifikasi jenis biji kopi berdasarkan karakteristik aroma yang khas [29]. Berdasarkan hasil-hasil studi tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengembangan metode identifikasi jenis kopi masih dilakukan untuk deteksi biji kopi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan terkait deteksi jenis kopi dalam bentuk bubuk, mengingat bentuk ini merupakan produk akhir yang akan digunakan baik konsumsi ataupun industri.

Penelitian mengenai deteksi kadar kafein dalam kopi telah dilakukan pada berbagai bentuk sampel menggunakan beragam metode analisis kimia. Pada minuman kopi, teknik Spektrometri Massa Ambient (ADI-MS) telah digunakan untuk mendeteksi kadar kafein secara cepat dan akurat [30]. Sementara itu, pada minuman kopi dalam kemasan kaleng, pendekatan yang menggabungkan teknik elektrokimia canggih dengan algoritma pembelajaran mesin (machine learning) telah diterapkan untuk meningkatkan akurasi klasifikasi dan prediksi kadar kafein

[31]. Untuk hasil seduhan kopi, metode Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) dan High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) digunakan sebagai alat analisis utama dalam mengidentifikasi senyawa kimia termasuk kafein [32][33]. Penelitian juga telah dilakukan pada daun kopi menggunakan teknik spektral inframerah melalui spektroskopi reflektansi difus Near-Infrared Reflectance (NIR), yang memungkinkan deteksi senyawa volatil secara non-destruktif [34]. Penggunaan metode spektroskopi reflektansi difus NIR yang dikombinasikan dengan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) telah terbukti efektif dalam menganalisis biji kopi. Pendekatan ini mampu memberikan informasi kualitas secara cepat dan akurat, sehingga dapat meningkatkan kepercayaan konsumen serta memberikan nilai tambah bagi industri kopi secara ekonomi [35]. Berdasarkan studi-studi ini, jelas terlihat bahwa deteksi kafein melalui analisis kimia telah dilakukan pada berbagai bentuk sampel, seperti biji kopi, hasil seduh kopi, dan daun kopi. Namun demikian, identifikasi kadar kafein pada bubuk kopi belum dilakukan dalam penelitian sebelumnya. Mengingat bubuk kopi merupakan bentuk yang umum digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai produk, seperti obat-obatan [36], kosmetik [37], maupun makanan dan minuman [38][39], maka diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menganalisis kadar kafein dalam bentuk tersebut guna memastikan mutu, konsistensi, dan keamanan produk.

Tujuan dari riset ini adalah mengembangkan pendekatan model deteksi jenis kopi dan kadar kafein pada bubuk kopi hasil penggilingan. Identifikasi jenis kopi dilakukan menggunakan teknologi *E-nose* tipe TGS, yang mendeteksi aroma kopi secara elektronik [40]. Data dari sensor ini kemudian dianalisis dengan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) propagasi balik, yaitu algoritma pembelajaran mesin yang digunakan untuk mengklasifikasikan dan memprediksi berdasarkan pola data [41]. Identifikasi kadar kafein dilakukan dengan menganalisis warna bubuk kopi berdasarkan tingkat kematangannya. Proses ini menggunakan dua pendekatan yakni, sensor warna TCS3200 yang diproses melalui algoritma JST, dan kamera visual yang dianalisis menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN). Kedua metode tersebut mudah diterapkan dan efektif dalam mengenali pola visual pada sampel kopi [42].

Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan perangkat evaluasi mutu yang dapat menyajikan data secara real-time untuk mengidentifikasi jenis kopi dan kadar kafein berdasarkan warna, dengan dukungan sensor dan algoritma pembelajaran mesin.

1.2 Rumusan Masalah

Kopi adalah salah satu komoditas global saat ini. Kopi mengandung zat kafein yang pengkonsumsianya memiliki dampak positif maupun negatif untuk kesehatan. Kadar kafein kopi dapat dipengaruhi pada proses pengolahan dan jenis kopi. Saat ini telah dilakukan identifikasi jenis kopi arabika dan robusta pada saat proses sangrai, penggilingan (grinding) menggunakan sensor aroma dengan metode

cerdas. Identifikasi kafein juga telah dilakukan berdasarkan warna pada proses sangrai dan penyeduhan. Namun kebutuhan industri bidang makanan, minuman, obat-obatan dan kosmetik pada umumnya membutuhkan bubuk kopi hasil penggilingan dengan spesifikasi yang jelas terutama terkait kadar kafein. Oleh karena itu pada penelitian ini permasalahan adalah:

1. Bagaimanakah cara mengidentifikasi jenis kopi berdasarkan aroma menggunakan JST pada produk hasil penggiling kopi ?.
2. Bagaimanakah cara identifikasi kadar kafein berdasarkan warna menggunakan algoritma JST pada bubuk kopi ?.
3. Bagaimanakah cara identifikasi kadar kafein berdasarkan warna menggunakan algoritma K-NN pada bubuk kopi ?.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengimplementasikan sistem penggilingan kopi yang terintegrasi dengan sensor aroma Electronic Nose (E-nose) sebagai sumber input bagi JST untuk identifikasi jenis kopi berdasarkan profil senyawa volatil.
2. Mengembangkan metode pendeteksian kadar kafein pada bubuk kopi berdasarkan warna menggunakan sensor warna sebagai pendekatan visual dalam estimasi kadar kafein, dengan penerapan algoritma JST guna memperoleh hasil klasifikasi yang akurat.
3. Mengembangkan algoritma K-NN untuk memprediksi kadar kafein berdasarkan parameter warna bubuk kopi guna memperoleh hasil klasifikasi yang akurat.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari beberapa aspek permasalahan yang ada dari penelitian ini adalah:

1. Biji kopi yang digunakan berasal dari berbagai wilayah penghasil kopi di Indonesia, yakni di Toraja dan Sulawesi Selatan mewakili daerah penghasil kopi dari Sulawesi. Sementara itu, Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur menjadi sumber sampel dari Pulau Jawa.
2. Biji kopi yang digunakan berasal dari berbagai wilayah, namun penelitian ini tidak mempertimbangkan pengaruh unsur tanah dan iklim terhadap karakteristik kopi. Fokus utama penelitian adalah klasifikasi jenis kopi berdasarkan aroma dan kafein berdasarkan warna.
3. Uji lab digunakan untuk validasi hasil uji kafein berdasarkan sensor warna

1.5 Sistematika Penulisan

Bab I Pendahuluan membahas latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

- Bab II Tinjauan pustaka tentang jenis kopi, tahapan pengolahan kopi, sensor warna, kafein, E-nose JST, K-NN, antarmuka dan evaluasi kinerja model klasifikasi.
- Bab III Berisikan langkah dan prosedur penelitian.
- Bab IV Pengolahan data dan analisa.
- Bab V Kesimpulan saran.

1.6 Novelty

Penelitian ini memiliki kebaruan dalam cara mendeteksi jenis kopi dan kadar kafein dari bubuk kopi hasil penggilingan. Jenis kopi dikenali menggunakan sensor aroma E-nose, yang mendeteksi bau kopi dan dianalisis dengan algoritma JST. Metode ini menjadi alternatif dari cara tradisional yang biasanya memakai analisis kimia. Untuk mengetahui kadar kafein, penelitian ini menggunakan dua cara berbasis warna bubuk kopi. Cara pertama memanfaatkan sensor warna yang diproses dengan JST untuk mengenali pola warna secara akurat. Cara kedua menggunakan gambar dari kamera yang dianalisis dengan algoritma K-NN untuk mengidentifikasi kadar kafein berdasarkan tampilan visual bubuk kopi.

