

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Apel merupakan buah hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi, namun kualitasnya sangat dipengaruhi oleh tingkat kematangan dan kandungan gula. Dalam praktiknya, penilaian kematangan apel masih sering dilakukan secara visual sehingga hasilnya subjektif dan kurang konsisten antar penilai. Karena itu, dibutuhkan metode yang lebih objektif dan cepat untuk memprediksi kadar gula apel, terutama dengan pendekatan non-destruktif yang dapat digunakan tanpa merusak sampel buah. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sensor warna TCS3200 dapat digunakan untuk mendeteksi kematangan apel dan menghasilkan akurasi yang cukup baik dalam pengelompokan buah (Ramadan *et al.*, 2021).

Perubahan warna kulit apel menjadi salah satu indikator penting yang berkaitan dengan proses pematangan dan perubahan sifat fisikokimia buah. Penelitian berbasis segmentasi ruang warna HSV menunjukkan bahwa kematangan apel dapat dibedakan berdasarkan warna kulitnya dengan akurasi yang tinggi, sehingga warna memiliki potensi sebagai parameter awal dalam analisis kualitas buah. Selain itu, penelitian terbaru juga membuktikan bahwa fitur warna dan tekstur pada citra digital dapat digunakan untuk memprediksi tingkat kematangan apel Manalagi, serta menghubungkannya dengan parameter fisikokimia seperti total padatan terlarut yang berkaitan dengan kadar gula (Salim *et al.*, 2025)

Sejalan dengan perkembangan teknologi, mikrokontroler ESP32 menjadi pilihan yang sesuai karena mendukung pemrosesan data, efisiensi sistem, serta integrasi dengan sensor secara *real-time*. Dalam sistem berbasis sensor warna, ESP32 dapat digunakan untuk membaca data dari TCS34725 dan TCS3200, lalu mengolahnya menjadi informasi yang dapat digunakan dalam prediksi kadar gula apel. Pemanfaatan sensor warna dan mikrokontroler ini relevan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa sistem berbasis sensor mampu mendeteksi kematangan buah secara efektif, sehingga layak

dikembangkan lebih lanjut untuk pengujian kinerja dan efektivitasnya (Ramadan *et al.*, 2021).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini penting dilakukan untuk mengembangkan prototipe sistem prediksi kadar gula apel berbasis sensor warna TCS34725 dan TCS3200 yang terintegrasi ESP32. Sistem ini diharapkan mampu menjadi solusi yang lebih praktis, murah, cepat, dan non-destruktif dibandingkan metode konvensional. Dengan mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya, pengujian efektivitas prototipe menjadi langkah penting untuk mengetahui sejauh mana sistem dapat digunakan sebagai alat bantu prediksi kadar gula apel secara akurat (Suradi *et al.*, 2023).

1.2. Identifikasi Masalah

1. Penilaian kadar gula apel masih banyak dilakukan secara manual sehingga hasilnya cenderung subjektif dan kurang konsisten.
2. Belum diketahui efektivitas penggunaan sensor warna TCS34725 dan TCS3200 yang terintegrasi ESP32 dalam memprediksi kadar gula apel secara non-destruktif.
3. Perubahan warna kulit apel memiliki keterkaitan dengan tingkat kematangan dan kandungan gula, namun hubungan ini belum dimanfaatkan secara optimal sebagai dasar sistem prediksi yang terukur dan sistematis.

1.3. Rumusan Masalah

Bagaimana cara mengembangkan prototipe sistem prediksi kadar gula apel berbasis sensor warna TCS34725 dan TCS3200 yang terintegrasi ESP32, serta menguji efektivitasnya dalam memprediksi kadar gula apel secara non-destruktif?

1.4. Tujuan Penelitian

Mengembangkan prototipe sistem prediksi kadar gula apel berbasis sensor warna TCS34725 dan TCS3200 yang terintegrasi dengan ESP32, serta menguji efektivitas sistem dalam memprediksi kadar gula apel secara non-destruktif berdasarkan karakteristik warna buah.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang instrumentasi dan teknologi sensor, melalui pengembangan sistem prediksi kadar gula apel berbasis sensor warna TCS34725 dan TCS3200 yang terintegrasi dengan ESP32.
2. Menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya dalam mengembangkan metode prediksi kualitas buah secara non-destruktif, serta memperluas pemanfaatan teknologi sensor dan *Internet of Things* (IoT) pada bidang pertanian cerdas (*smart agriculture*).
3. Memberikan alternatif teknologi yang cepat, objektif, dan tidak merusak buah dalam memprediksi kadar gula apel, sehingga dapat mendukung proses sortasi dan pengendalian mutu hasil pertanian serta memberikan manfaat bagi masyarakat melalui penerapan teknologi yang lebih efektif dan berkelanjutan.