

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alpukat (*Persea americana*) merupakan salah satu komoditas hortikultura unggulan di Indonesia yang memiliki nilai ekonomi dan gizi tinggi sehingga permintaannya terus meningkat setiap tahun. Produksi alpukat nasional tercatat mengalami tren kenaikan yang konsisten dalam beberapa tahun terakhir dengan lonjakan produksi terbesar mencapai 32% antara tahun 2020 dan 2021 serta diproyeksikan terus tumbuh dengan rata-rata pertumbuhan tahunan (CAGR) sebesar 2,46% hingga mencapai lebih dari 1,4 juta ton pada tahun 2046 [1]. Di antara berbagai varietas alpukat yang dibudidayakan, alpukat mentega menjadi salah satu jenis yang digemari konsumen karena tekstur dagingnya yang lembut dan kandungan lemak yang tinggi. Peningkatan produksi ini menuntut adanya sistem penanganan pascapanen yang efisien, khususnya dalam menentukan tingkat kematangan buah sebelum didistribusikan ke pasar.

Penentuan tingkat kematangan alpukat mentega yang dilakukan oleh petani dan pedagang selama ini masih banyak mengandalkan pengamatan visual dan indra peraba secara manual. Metode konvensional tersebut bersifat subjektif, tidak konsisten antarindividu, serta memerlukan pengalaman khusus sehingga rawan menghasilkan kesalahan klasifikasi yang berdampak pada kualitas produk yang sampai ke konsumen. Berbagai penelitian sebelumnya telah mencoba mengatasi permasalahan ini melalui pendekatan pengolahan citra digital dan klasifikasi berbasis fitur warna, seperti penerapan metode *K-Nearest Neighbor* berdasarkan warna kulit buah, klasifikasi menggunakan *Support Vector Machine* berdasarkan fitur warna, serta transformasi ruang warna HSI untuk mendeteksi kematangan alpukat [2], [3], [4]. Pendekatan tersebut mampu meningkatkan objektivitas penentuan kematangan, namun sebagian besar masih bersifat offline dan berbasis pemrosesan citra yang memerlukan kondisi pencahayaan terkontrol serta kamera beresolusi tinggi sehingga kurang praktis untuk diterapkan langsung sebagai alat portabel di lapangan.

Sebagai alternatif yang lebih ringkas dan *real-time*, sensor warna TCS3200 telah banyak diterapkan pada berbagai komoditas buah untuk mendeteksi tingkat kematangan berdasarkan intensitas warna RGB yang dipantulkan permukaan kulit buah, seperti pada deteksi kematangan buah kopi Arabika berbasis Arduino dan penyortiran otomatis kematangan tomat berbasis Internet of Things [5], [6]. Sensor ini terbukti mampu memberikan pembacaan warna yang cukup akurat, murah, dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler sehingga berpotensi diadaptasi untuk mendeteksi kematangan alpukat mentega berdasarkan perubahan warna kulit buah dari hijau tua menjadi lebih gelap seiring proses pematangan.

Namun demikian, indikator warna kulit saja belum cukup untuk merepresentasikan tingkat kematangan alpukat secara akurat, mengingat perubahan warna dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti pencahayaan, varietas, maupun tingkat kebersihan permukaan buah. Proses pematangan buah klimakterik seperti alpukat pada dasarnya juga diiringi oleh pelepasan senyawa organik volatil, termasuk gas etilen dan alkohol, sebagai hasil respirasi dan metabolisme internal buah. Penelitian mengenai deteksi kematangan buah durian menggunakan sensor gas MQ-135 untuk mengidentifikasi kadar alkohol yang dihasilkan buah telah menunjukkan bahwa sensor gas mampu membedakan tingkat kematangan dengan akurasi yang cukup tinggi [7]. Selain itu, sensor MQ-135 juga telah terbukti andal dalam berbagai sistem pemantauan berbasis ESP32 untuk mendeteksi konsentrasi gas tertentu di udara [8]. Kombinasi antara sensor warna TCS3200 dan sensor gas MQ135 diharapkan dapat memberikan indikator kematangan yang lebih komprehensif karena menggabungkan aspek visual (warna kulit) dan aspek kimiawi (senyawa volatil) buah secara bersamaan.

Dari sisi kendali sistem, mikrokontroler ESP32 dipilih sebagai unit pemroses utama karena memiliki modul WiFi terintegrasi, konsumsi daya rendah, serta jumlah pin analog dan digital yang memadai untuk menghubungkan beberapa sensor sekaligus menjadikannya pilihan yang populer dalam berbagai implementasi sistem Internet of Things (IoT) berbasis sensor di Indonesia. Kemampuan konektivitas nirkabel pada ESP32 memungkinkan data hasil pembacaan sensor

dikirim secara langsung ke platform penyimpanan berbasis *cloud* tanpa memerlukan perangkat tambahan yang kompleks.

Aspek pemantauan jarak jauh menjadi penting mengingat proses sortasi kematangan buah kerap dilakukan di lokasi yang terpisah dari pusat pengelolaan data, seperti kebun, gudang penyimpanan, atau titik distribusi. Google Spreadsheet dapat dimanfaatkan sebagai media basis data sekaligus dasbor pemantauan karena sifatnya yang gratis, familiar bagi pengguna umum, dan dapat diakses secara *real-time* dari berbagai perangkat serta mudah diintegrasikan dengan ESP32 melalui Google Apps Script. Penerapan integrasi ESP32 dengan Google Spreadsheet untuk pencatatan data otomatis telah dibuktikan dapat berjalan stabil dengan tingkat akurasi tinggi pada berbagai kasus implementasi IoT sehingga pendekatan serupa relevan untuk diterapkan pada sistem monitoring kematangan buah alpukat mentega [9].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat deteksi kematangan buah alpukat mentega secara otomatis dengan memanfaatkan sensor warna TCS3200 untuk membaca perubahan warna kulit buah dan sensor gas MQ135 untuk mendeteksi senyawa volatil yang dihasilkan selama proses pematangan dimana keduanya dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Data hasil pembacaan sensor selanjutnya dikirimkan dan dipantau secara *real-time* melalui Google Spreadsheet sehingga diharapkan dapat menjadi solusi teknologi tepat guna yang objektif, efisien, dan mudah diakses bagi petani maupun pelaku usaha alpukat mentega dalam menentukan tingkat kematangan buah secara akurat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun alat deteksi kematangan buah alpukat mentega otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 yang mengintegrasikan sensor warna TCS3200 dan sensor gas MQ135?
2. Bagaimana mengintegrasikan data pembacaan sensor TCS3200 (warna) dan sensor MQ135 (gas) sehingga dapat digunakan sebagai parameter klasifikasi

tingkat kematangan buah alpukat secara lebih akurat dibandingkan penggunaan satu jenis sensor saja?

3. Bagaimana merancang sistem agar data hasil pembacaan sensor dapat dikirim dan ditampilkan secara *real-time* pada platform Google Spreadsheet menggunakan konektivitas Internet of Things?
4. Bagaimana tingkat akurasi alat yang dirancang dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan buah alpukat mentega (misalnya kategori mentah, mengkal, matang, busuk) berdasarkan kombinasi data warna dan gas yang terbaca?
5. Bagaimana performa atau respons sistem secara keseluruhan (waktu deteksi, konsistensi pembacaan sensor, dan keandalan pengiriman data ke Google Spreadsheet ketika diuji pada sampel buah alpukat dengan tingkat kematangan yang berbeda-beda?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Dari rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun alat deteksi kematangan buah alpukat mentega otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 yang mengintegrasikan sensor warna TCS3200 dan sensor gas MQ135.
2. Mengintegrasikan data pembacaan sensor TCS3200 (warna) dan sensor MQ135 (gas) sebagai parameter klasifikasi tingkat kematangan buah alpukat mentega yang lebih akurat dibandingkan penggunaan satu jenis sensor saja.
3. Merancang sistem pengiriman dan penyajian data hasil pembacaan sensor secara *real-time* pada platform Google Spreadsheet menggunakan konektivitas Internet of Things.
4. Mengetahui tingkat akurasi alat yang dirancang dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan buah alpukat mentega (kategori mentah, mengkal, matang, dan busuk) berdasarkan kombinasi data warna dan gas yang terbaca.
5. Mengetahui performa atau unjuk kerja sistem secara keseluruhan, meliputi waktu deteksi, konsistensi pembacaan sensor, dan keandalan pengiriman data ke

Google Spreadsheet melalui pengujian pada sampel buah alpukat mentega dengan tingkat kematangan yang berbeda-beda.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Berdasarkan tujuan yang telah ditetapkan, penelitian ini juga memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Akademis: Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan menambah literatur di bidang elektronika, instrumentasi, dan Internet of Things khususnya terkait penerapan metode integrasi *multi-sensor* (sensor warna dan sensor gas) untuk deteksi kematangan buah sehingga dapat menjadi bahan rujukan bagi mahasiswa atau peneliti lain dalam mengembangkan sistem serupa.
2. Bagi Pengembangan Teknologi pada Alat: Penelitian ini diharapkan menjadi dasar pengembangan teknologi deteksi kematangan buah yang lebih akurat melalui kombinasi parameter warna dan gas serta pemanfaatan platform IoT berbasis *cloud* seperti Google Spreadsheet sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut ke arah sistem yang lebih kompleks, misalnya dengan penambahan metode *machine learning* atau penerapan pada skala industri.
3. Bagi Pengguna: Alat ini diharapkan dapat memudahkan petani, pedagang, maupun pelaku usaha dalam menentukan tingkat kematangan buah alpukat secara cepat, objektif, dan dapat dipantau secara *real-time* melalui Google Spreadsheet sehingga dapat mengurangi risiko kesalahan penentuan waktu panen yang berdampak pada kualitas dan nilai ekonomis produk.

1.5 Pembatasan Masalah

Berdasarkan dalam penyusunan Tugas Akhir tersebut, penulis perlu menentukan batasan-batasan yang akan dijadikan pedoman dalam pengembangan dan implementasi sistem agar lebih terarah dan efektif. Batasan-batasan tersebut meliputi:

1. Buah yang digunakan sebagai objek penelitian dibatasi hanya pada satu jenis buah alpukat yaitu alpukat mentega sehingga hasil penelitian tidak dapat digeneralisasikan untuk semua varietas alpukat.

2. Parameter kematangan buah yang dideteksi dibatasi pada nilai warna kulit buah yang dibaca oleh sensor TCS3200 dan kadar gas hasil respirasi buah yang dibaca oleh sensor MQ135 tanpa mempertimbangkan parameter lain seperti kekerasan, kadar air atau kandungan gula buah.
3. Klasifikasi tingkat kematangan buah alpukat dibatasi pada beberapa kategori saja (misalnya mentah, mengkal, dan matang) tidak mencakup tingkat kematangan yang lebih rinci atau bertingkat secara kontinu.
4. Sistem monitoring data hasil pembacaan sensor dibatasi hanya menggunakan platform Google Spreadsheet sebagai media penyimpanan dan pemantauan data serta tidak membahas pengembangan aplikasi mobile atau dashboard lain di luar platform tersebut.
5. Pengujian alat dilakukan dalam skala laboratorium atau prototipe dengan jumlah sampel buah yang terbatas sehingga belum mencakup pengujian pada skala produksi atau industri secara langsung.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Berikut ini penjelasan sistematika penulisan yang penulis gunakan dalam penyusunan Perancangan Alat Deteksi Kematangan Buah Alpukat Mentega Otomatis Berbasis ESP32 Menggunakan Sensor TCS3200 dan Sensor MQ135 dengan Monitoring Google Spreadsheet dari awal sampai akhir yang dibahas dalam laporan Tugas Akhir ini, adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang permasalahan yang mendasari penelitian, rumusan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir, batasan masalah, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas teori-teori dasar yang mendukung perancangan alat, meliputi konsep dasar buah alpukat mentega dan karakteristik kematangannya, prinsip kerja sensor warna TCS3200, prinsip kerja sensor gas MQ135, mikrokontroler ESP32, konsep Internet of Things (IoT), platform Google Spreadsheet sebagai media

monitoring, serta teori-teori pendukung lain yang relevan dengan perancangan sistem.

BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR

Bab ini menjelaskan perancangan sistem secara keseluruhan, baik perancangan perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*), meliputi diagram blok sistem, perancangan rangkaian elektronik, perancangan mekanik alat, perancangan alur kerja (*flowchart*) sistem, serta perancangan integrasi data ke platform Google Spreadsheet.

BAB IV PEMBUATAN ALAT

Bab ini menguraikan proses realisasi alat berdasarkan perancangan yang telah dibuat pada bab sebelumnya, meliputi proses perakitan komponen perangkat keras, pembuatan program (*coding*) pada mikrokontroler ESP32, konfigurasi sensor TCS3200 dan MQ135, serta proses integrasi sistem dengan Google Spreadsheet hingga alat siap untuk diuji.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

Bab ini berisi hasil pengujian alat yang telah dibuat, meliputi pengujian fungsi masing-masing komponen, pengujian akurasi pembacaan sensor TCS3200 dan MQ135 dalam mendeteksi tingkat kematangan buah alpukat, pengujian pengiriman dan tampilan data pada Google Spreadsheet, serta analisa terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan secara keseluruhan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil simulasi alat serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN