

IMPLEMENTASI ESP32 UNTUK SORTIR KEMATANGAN BUAH STROBERI BERBASIS IOT

SyamFauzan Robinson^{1*}, Siti Aminah², Dedi Setiadi³
^{1,2,3} Teknik Informatika, Institut Teknologi Pagar Alam, Pagar Alam, Indonesia

*Penulis korespondensi: syamfauzan08@gmail.com

ABSTRAK

Proses penyortiran buah stroberi berdasarkan tingkat kematangan merupakan tahapan penting untuk menjaga kualitas hasil panen sebelum dipasarkan. Pada praktiknya, proses tersebut masih banyak menggunakan cara manual yang menyebabkan proses berlangsung lebih lama dan berpotensi menimbulkan perbedaan penilaian antarpekerja. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem sortir kematangan buah stroberi dengan penerapan teknologi IoT menggunakan ESP32 berperan sebagai pengendali utama. Solusi yang dikembangkan memanfaatkan sensor TCS3200 digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan buah melalui karakteristik warnanya permukaan stroberi serta sensor inframerah yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek pada konveyor. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 untuk menentukan kategori kematangan buah dan mengendalikan motor servo sebagai mekanisme penyortiran. Motor DC digunakan sebagai penggerak konveyor, sedangkan aplikasi Blynk digunakan sebagai media monitoring secara *real-time*. Pengembangan sistem menerapkan metode *Rapid Application Development* (RAD) yang mencakup beberapa tahapan *Requirement Planning*, *Design Workshop*, dan *Implementation*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan identifikasi tingkat kematangan buah secara otomatis serta menjalankan proses penyortiran sesuai kategori yang telah ditentukan. Integrasi dengan aplikasi Blynk juga memungkinkan pengguna memantau hasil sortir dari jarak jauh sehingga sistem yang dikembangkan dapat membantu meningkatkan efisiensi dan konsistensi proses penyortiran buah stroberi.

Kata kunci: ESP32, *Internet of Things*, Stroberi, TCS3200, Blynk

1 PENDAHULUAN

Stroberi merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi. Kualitas buah yang dipasarkan sangat dipengaruhi oleh tingkat kematangan sehingga proses penyortiran menjadi bagian penting dalam menjaga mutu hasil panen. Penyortiran yang dilakukan dengan baik dapat membantu meningkatkan kualitas produk dan nilai jual buah di pasaran (Setiawan *et al.*, 2024).

Pada umumnya proses penyortiran buah masih dilakukan secara manual dengan mengandalkan pengamatan visual. Cara tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama dan berpotensi menimbulkan kesalahan dalam menentukan tingkat kematangan buah karena bergantung pada kemampuan masing-masing pekerja. Sejumlah penelitian telah mengembangkan solusi penyortiran otomatis dengan dukungan sensor warna dan teknologi cerdas untuk meningkatkan konsistensi hasil sortir (Maliki & Irawan, 2024; Lukman *et al.*, 2023).

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan peluang dalam pengembangan sistem otomatis yang mampu melakukan monitoring dan pengendalian secara *real-time*. Teknologi ini telah banyak diterapkan pada sektor pertanian untuk meningkatkan

efisiensi proses kerja dan kualitas pengelolaan hasil pertanian (Atnang & Fajar, 2025; Wardhana *et al.*, 2025).

Salah satu perangkat mikrokontroler yang sering diterapkan dalam pengembangan rancangan IoT adalah ESP32 karena mampu mengolah data secara baik dan telah dilengkapi modul Wi-Fi. ESP32 juga mudah diintegrasikan dengan berbagai sensor dan platform monitoring berbasis internet (Fahmi & Kurniawan, 2025; Surani *et al.*, 2025). Dengan demikian, penelitian dikembangkan untuk merancang sistem sortir kematangan buah stroberi berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor warna TCS3200 guna membantu proses penyortiran menjadi lebih cepat dan efisien.

2 METODE

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Rapid Application Development (RAD) karena sesuai untuk pengembangan sistem berbasis prototipe. Metode ini terdiri atas tiga langkah utama yang mencakup *Requirement Planning*, *Design Workshop*, dan *Implementation* (Raihan & Hidayat, 2025). Melalui metode ini, proses perancangan hingga pengujian sistem dapat dilakukan secara bertahap sehingga memudahkan pengembangan alat sortir kematangan buah stroberi berbasis *Internet of Things*.

2.1.1 Requirement Planning

Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem yang akan dibangun. Kebutuhan perangkat keras meliputi ESP32, sensor warna TCS3200, sensor inframerah, motor servo, motor DC, driver motor L298N, *step-down converter*, dan *power supply*. Sementara itu, perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE untuk pemrograman, Blynk untuk monitoring, dan Draw.io untuk perancangan sistem.

2.1.2 Design Workshop

Pada fase ini dirancang arsitektur sistem, rangkaian perangkat keras beserta alur kerja alat. Pembuatan desain dilakukan untuk memastikan seluruh komponen dapat terhubung dan bekerja sesuai fungsi masing-masing. Selain itu, dibuat pula rancangan antarmuka monitoring pada aplikasi Blynk guna menampilkan data hasil penyortiran secara langsung.

2.1.3 Implementation

Tahap implementasi dilakukan dengan merakit seluruh komponen berdasarkan rancangan yang telah dibuat. ESP32 diprogram untuk menerima data dari sensor warna TCS3200 dan sensor inframerah, kemudian mengolah data tersebut untuk mengendalikan motor servo dan motor DC. Setelah proses perakitan selesai, sistem diintegrasikan dengan aplikasi Blynk dan dilakukan pengujian untuk memastikan seluruh komponen dapat bekerja dengan baik.

2.2 Alat dan Bahan

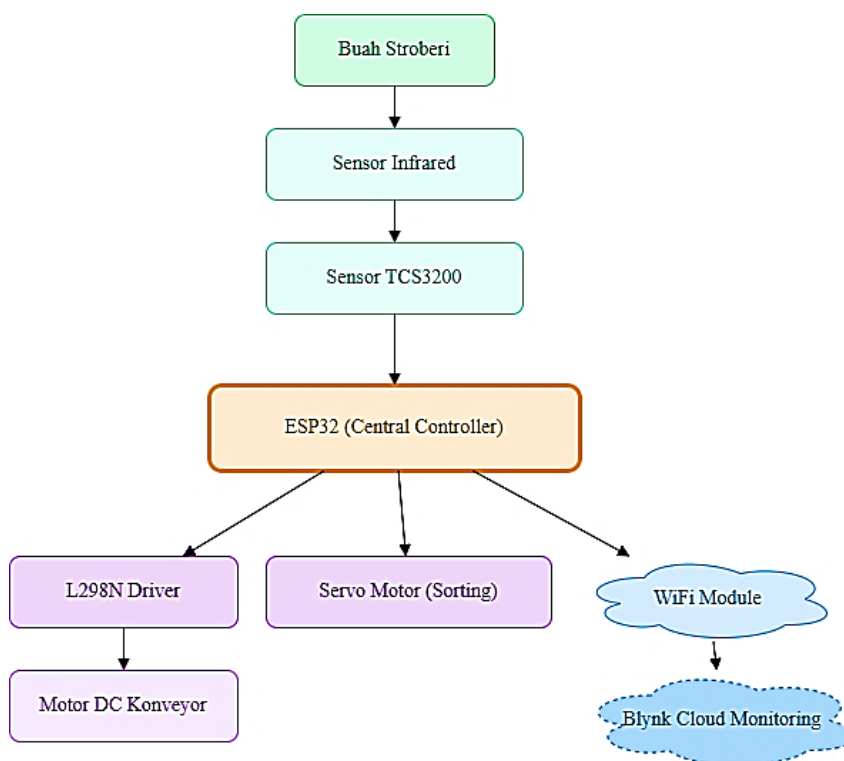
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini di tunjukan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	Fungsi
1	ESP32	Pengendali utama sistem
2	Sensor TCS3200	Mendeteksi warna buah
3	Sensor Inframerah	Mendeteksi keberadaan buah
4	Motor Servo	Mengalihkan buah ke jalur sortir
5	Motor DC	Menggerakkan konveyor
6	Driver L298N	Mengendalikan motor DC
7	Step-Down LM2596	Menurunkan tegangan
8	Power Supply	Sumber daya sistem
9	Blynk	Monitoring berbasis <i>Internet of Things</i>

2.3 Cara Kerja Sistem

Sistem bekerja ketika buah stroberi melewati jalur konveyor yang digerakkan oleh motor DC. Sensor inframerah mendeteksi keberadaan buah, kemudian sensor warna TCS3200 membaca warna permukaan stroberi. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 untuk menentukan kategori kematangan buah. Selanjutnya motor servo bergerak untuk mengarahkan buah ke jalur sortir yang sesuai. Informasi hasil penyortiran dikirim ke aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan secara langsung melalui perangkat yang terkoneksi dengan jaringan internet.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Sortir Kematangan Buah Stroberi Berbasis IoT

2.3.1 Perancangan Sistem Keseluruhan

Sistem dirancang dengan arsitektur modular untuk memudahkan integrasi dan pengembangan.

Tabel 2. Sistem Keseluruhan

Modul Sistem	Komponen	Fungsi Utama
Modul Sensor	TCS3200, IR Sensor	Deteksi warna dan keberadaan buah
Modul Pemrosesan	ESP32	Mengolah data sensor dan pengambilan keputusan
Modul Aktuator	Motor Servo, Motor DC, Driver L298N	Penyortiran dan penggerak konveyor
Modul Komunikasi	Wi-Fi ESP32, Blynk	Monitoring dan kontrol jarak jauh

2.3.2 Standarisasi Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Stroberi

Sistem sortir dirancang untuk mengklasifikasikan buah stroberi ke dalam tiga kategori berdasarkan analisis warna permukaan. Setiap kategori memiliki karakteristik warna berbeda yang dideteksi sensor TCS3200 melalui pembacaan nilai RGB dan rasio R/G.

Tabel 3. Standarisasi Kategori Kematangan Stroberi

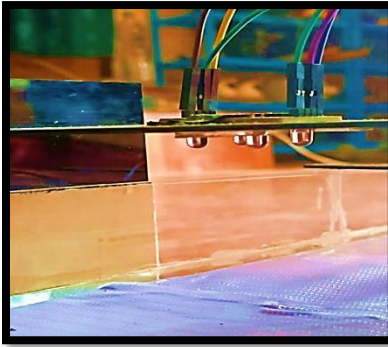
Kategori	Karakteristik	Range R	Range G	Rasio R/G	Kode
MENTAH	Putih-hijau pucat, belum matang	60-100	120-160	< 0.75	1
SETENGAH MATANG	Merah muda/orange, medium	140-180	70-100	1.5-2.2	2
MATANG	Merah gelap/crimson, siap panen	185-250	40-75	> 2.5	3

Algoritma Klasifikasi:

Sistem menggunakan logika kondisional berbasis rasio R/G sebagai parameter utama: • Jika Rasio R/G < 0.75 → Kategori MENTAH (Kode 1) • Jika $0.75 \leq \text{Rasio R/G} \leq 2.2$ → Kategori SETENGAH MATANG (Kode 2) • Jika Rasio R/G > 2.5 → Kategori MATANG (Kode 3)

2.3.3 Rangkaian Sensor Warna TCS3200

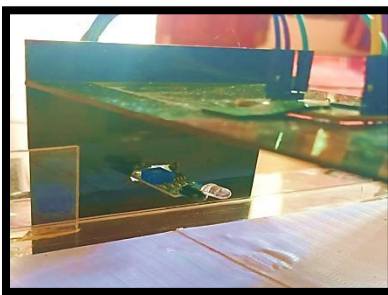
Sensor TCS3200 dipilih karena kemampuannya mendeteksi spektrum warna dengan presisi tinggi. Sensor ini menggunakan photodiode untuk menghitung frekuensi setiap komponen RGB. Pin S0/S1 mengatur frekuensi output, pin S2/S3 memilih saluran warna, dan pin OUT mengeluarkan sinyal frekuensi. Koneksi ke ESP32: S0→GPIO5, S1→GPIO18, S2→GPIO19, S3→GPIO21, OUT→GPIO36.



Gambar 2. Rangkaian Sensor Warna TCS3200

2.3.4 Rangkaian Sensor Inframerah

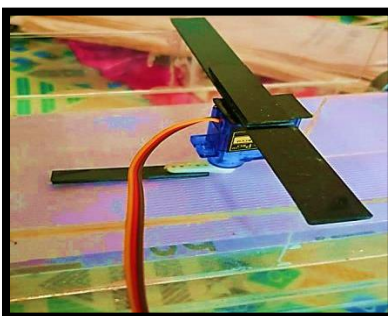
Sensor IR mendeteksi kehadiran buah pada konveyor dengan membaca pantulan cahaya inframerah. Ketika buah melewati, output sensor berubah dari HIGH menjadi LOW, memicu ESP32 untuk membaca sensor warna. Output sensor IR terhubung ke GPIO 34 (input digital).



Gambar 3. Rangkaian Sensor Inframerah

2.3.5 Rangkaian Motor Servo

Motor servo menggerakkan mekanisme selector untuk mengarahkan buah ke jalur penyortiran yang sesuai. Servo dikontrol melalui sinyal PWM dengan lebar pulsa berbeda: 1ms (0°, Mentah), 1.5ms (90°, Setengah Matang), 2ms (180°, Matang). Terhubung ke GPIO 22.



Gambar 4. Rangkaian Motor Servo

2.3.6 Rangkaian Motor DC dan Driver L298N

Motor DC 12V menggerakkan konveyor secara kontinu. Driver L298N mengendalikan motor berdasarkan sinyal ESP32: IN1→GPIO12, IN2→GPIO13, ENA→GPIO27 (PWM untuk kecepatan).

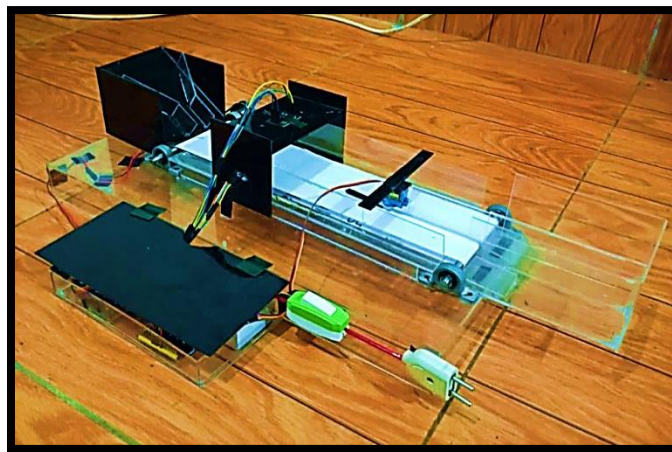


Gambar 5. Rangkaian Motor DC dan Driver L298N

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

Hasil penelitian berupa prototipe sistem sortir kematangan buah stroberi berbasis *Internet of Things* yang terdiri dari ESP32, sensor warna TCS3200, sensor inframerah, motor servo, motor DC, driver L298N, dan aplikasi Blynk. Seluruh komponen berhasil diintegrasikan menjadi satu sistem yang dapat bekerja secara otomatis.



Gambar 6. Implementasi Sistem Sortir Buah Stroberi

3.2 Hasil Uji Sensor Warna TCS3200

Pegujian terhadap sensor warna dilakukan untuk menilai kemampuan sensor TCS3200 dalam membedakan tingkat kematangan buah stroberi berdasarkan warna permukaan buah. Pengujian dilakukan pada beberapa sampel buah dengan tingkat kematangan yang berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu membaca perbedaan warna sehingga dapat digunakan sebagai dasar proses klasifikasi buah.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Warna TCS3200

No	Sampel Buah	Nilai R	Nilai G	Katagori Sensor	Kondisi Sebenarnya	Hasil
1	Stroberi 1	185	72	Matang	Matang	Sesuai
2	Stroberi 2	180	75	Matang	Matang	Sesuai
3	Stroberi 3	178	70	Setengah Matang	Setengah Matang	Sesuai
4	Stroberi 4	112	148	Mentah	Mentah	Sesuai
5	Stroberi 5	108	152	Mentah	Mentah	Sesuai
6	Stroberi 6	115	145	Setengah Matang	Setengah Matang	Sesuai
7	Stroberi 7	183	74	Setengah Matang	Setengah Matang	Sesuai
8	Stroberi 8	110	150	Mentah	Mentah	Sesuai
9	Stroberi 9	177	71	Matang	Matang	Sesuai
10	Stroberi 10	113	147	Mentah	Mentah	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian, nilai warna yang diperoleh menunjukkan perbedaan pada setiap tingkat kematangan buah. Semakin matang buah stroberi, warna merah yang terbaca sensor menjadi lebih dominan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor TCS3200 dapat digunakan untuk membantu proses identifikasi kematangan buah secara otomatis.

3.3 Hasil Pengujian Sistem Sortir

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja keseluruhan alat dalam melakukan penyortiran buah. Ketika sensor berhasil mengidentifikasi tingkat kematangan buah, ESP32 mengirimkan perintah kepada motor servo untuk mengarahkan buah ke jalur yang sesuai.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sistem Sortir

No	Kondisi Buah	Hasil Deteksi Sistem	Hasil Sortir Servo	Status
1	Mentah	Mentah	Jalur Mentah	Berhasil
2	Mentah	Mentah	Jalur Mentah	Berhasil
3	Mentah	Mentah	Jalur Mentah	Berhasil
4	Mentah	Mentah	Jalur Mentah	Berhasil
5	Matang	Matang	Jalur Matang	Berhasil
6	Matang	Matang	Jalur Matang	Berhasil
7	Matang	Matang	Jalur Matang	Berhasil
8	Setengah Matang	Setengah Matang	Jalur Setengah Matang	Berhasil
9	Setengah Matang	Setengah Matang	Jalur Setengah Matang	Berhasil
10	Setengah Matang	Setengah Matang	Jalur Setengah Matang	Berhasil

Perhitungan Akurasi

Jumlah pengujian = 10

Jumlah berhasil = 10

Jumlah gagal = 0

Rumus:

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah Berhasil}}{\text{Jumlah Pengujian}} \times 100\%$$

$$Akurasi = \frac{10}{10} \times 100\%$$

$$Akurasi = 100\%$$

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan penyortiran secara otomatis sesuai kategori kematangan yang telah ditentukan. Motor servo dan motor DC dapat bekerja dengan baik selama proses pengujian berlangsung.

3.4 Monitoring Menggunakan Blynk

Aplikasi Blynk digunakan sebagai sarana pemantauan yang memungkinkan hasil penyortiran secara langsung. Data yang ditampilkan meliputi status koneksi ESP32, hasil identifikasi buah, dan informasi proses penyortiran.



Gambar 7. Tampilan Dashboard Blynk

Selama pengujian, data yang dikirim oleh ESP32 dapat ditampilkan pada aplikasi Blynk tanpa kendala yang berarti. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi data antara perangkat dan aplikasi berjalan dengan baik sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem dari jarak jauh.

3.5 Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem yang dikembangkan mampu melakukan proses identifikasi dan penyortiran buah stroberi secara otomatis. Sensor warna TCS3200 berfungsi membaca karakteristik warna buah, sedangkan ESP32 memproses data tersebut untuk menentukan kategori kematangan buah. Motor servo berperan dalam proses pemilahan, sementara motor DC menggerakkan konveyor sebagai jalur perpindahan buah.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Lukman *et al.* (2023) dan Hermansyah & Irawan (2025) yang menunjukkan bahwa sensor TCS3200 dapat digunakan untuk mendeteksi perbedaan warna objek. Selain itu, penggunaan ESP32 dan aplikasi Blynk mendukung proses monitoring berbasis *Internet of Things* sebagaimana yang dilaporkan oleh Yuana *et al.* (2024)

dan Yamin *et al.* (2025). Dengan adanya sistem ini, proses penyortiran dapat dilakukan lebih cepat dan konsisten dibandingkan metode manual.

Proses penyortiran buah stroberi dimulai ketika motor DC menggerakkan konveyor sehingga buah bergerak menuju area deteksi. Saat buah melewati sensor inframerah, sensor akan mendeteksi keberadaan objek dan mengirimkan sinyal ke ESP32 sebagai tanda bahwa proses identifikasi dapat dilakukan. Setelah itu, sensor warna TCS3200 membaca karakteristik warna permukaan buah dengan memperoleh nilai komponen merah (R) dan hijau (G). Data pembacaan sensor kemudian diproses oleh ESP32 menggunakan batas klasifikasi yang telah ditentukan untuk menentukan kategori buah, yaitu mentah, setengah matang, atau matang.

Berdasarkan hasil pengujian sensor warna pada Tabel 4, nilai warna yang diperoleh menunjukkan perbedaan yang cukup jelas pada setiap tingkat kematangan buah. Buah yang termasuk kategori matang memiliki nilai komponen merah lebih dominan dibandingkan komponen hijau, sedangkan buah mentah menunjukkan nilai hijau yang lebih tinggi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sensor TCS3200 mampu membedakan karakteristik warna permukaan stroberi sehingga dapat dijadikan dasar dalam proses klasifikasi tingkat kematangan.

Setelah kategori kematangan berhasil ditentukan, ESP32 mengirimkan sinyal kendali ke motor servo untuk mengarahkan buah menuju jalur penyortiran yang sesuai. Pada saat yang sama, motor DC tetap menjaga pergerakan konveyor agar proses penyortiran berlangsung secara kontinu. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa seluruh sampel buah berhasil diarahkan ke jalur yang benar sesuai hasil identifikasi sensor tanpa terjadi kesalahan penyortiran. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator berjalan dengan baik selama proses berlangsung.

Selain proses penyortiran, sistem juga terhubung dengan aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi sehingga setiap hasil identifikasi dapat dikirim dan ditampilkan secara real-time. Informasi seperti status koneksi ESP32, kategori buah, serta hasil penyortiran dapat dipantau oleh pengguna melalui perangkat seluler. Berdasarkan hasil pengujian monitoring, data yang dikirim oleh ESP32 berhasil diterima dan ditampilkan pada aplikasi Blynk tanpa kendala yang berarti, sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan sistem dari jarak jauh.

Secara keseluruhan, integrasi antara sensor TCS3200, sensor inframerah, ESP32, motor servo, motor DC, dan aplikasi Blynk mampu menghasilkan sistem penyortiran buah stroberi yang bekerja secara otomatis mulai dari proses deteksi, identifikasi, pengambilan keputusan, penyortiran, hingga monitoring. Hasil ini sejalan dengan penelitian Lukman *et al.* (2023) dan Hermansyah & Irawan (2025) yang menunjukkan bahwa sensor TCS3200 efektif digunakan sebagai sensor identifikasi warna pada sistem penyortiran buah, sedangkan pemanfaatan ESP32 dan Blynk mendukung implementasi sistem monitoring berbasis *Internet of Things*.

4 KESIMPULAN

Sistem sortir kematangan buah stroberi berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dikembangkan dan diterapkan dengan memanfaatkan sensor warna TCS3200 serta sensor inframerah, ESP32, motor DC, motor servo, dan aplikasi Blynk. Sistem mampu melakukan identifikasi tingkat kematangan buah secara otomatis berdasarkan warna permukaan stroberi serta menjalankan proses penyortiran sesuai kategori yang telah ditentukan. Seluruh komponen dapat bekerja sesuai fungsi yang dirancang, sedangkan integrasi dengan aplikasi Blynk memungkinkan monitoring hasil sortir secara *real-time*. Sistem yang dikembangkan dapat membantu meningkatkan efisiensi dan konsistensi proses penyortiran buah stroberi dibandingkan metode manual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Pagar Alam, dosen pembimbing, keluarga, dan seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Fahmi, A., & Kurniawan, I. (2025). Studi kinerja transmisi data menggunakan ESP32 dan Raspberry Pi Pico berbasis simulasi Wokwi. *Journal of Embedded Systems and IoT Research*, 7(1), 80–87.
- Hermansyah, M., & Irawan, D. (2025). Implementasi penyortiran buah tomat berdasarkan tingkat kematangan menggunakan sensor warna TCS3200 berbasis Arduino Uno. *Journal of Smart Agriculture Technology*, 6(1), 1–7.
- Inayah, I., Hayati, N., Nurcholis, A., Dimyati, A., & Ghofinda, M. (2022). Realtime monitoring system of solar panel performance based on *Internet of Things* using Blynk application. *International Journal of Internet of Things and Smart Systems*, 7(2), 135–143.
- Lesmana, K., & Sukarno, S. A. (2025). Prototipe penggunaan motor servo untuk dispenser otomatis berbasis Arduino dan sensor HC-SR04. *Journal of Automation and Control Engineering*, 13(2), 16–22.
- Lukman, M. P., Bakhtiar, A. S., & Pongsamma, M. S. (2023). Sistem penyortir otomatis kematangan tomat berdasarkan warna dengan sensor TCS3200 berbasis *Internet of Things*. *Journal of Intelligent Systems and Robotics*, 1(1), 1–7.
- Maliki, M. S. A., & Irawan, D. (2024). Penyortiran kematangan buah dengan indikator warna menggunakan metode backpropagation berbasis IoT. *Journal of Machine Learning and IoT Applications*, 13(3), 341–348.
- Mukhlison, Widoretno, S., & Putra, I. A. (2024). Teknologi pakan kucing otomatis dengan sistem buka tutup menggunakan dinamo, servo, dan sensor limit switch berbasis Arduino Uno. *Journal of Embedded Control Systems*, 14(2), 41–53.
- Pitriyanti, L., Saragih, Y., & Latifa, U. (2022). Implementasi modul infrared pada rancang bangun sistem smart. *Journal of Electronics and Embedded Systems*, 11(2), 188–193.
- Setia, A., Ariyanto, S., & Triwibowo, D. N. (2026). Implementasi dan evaluasi kinerja sistem IoT multi-sensor berbasis ESP32 untuk pemantauan dan peringatan dini lingkungan secara real-time. *Journal of Real-Time IoT Systems*, 9(1), 118–125.
- Subagja, F. E., Supriyadi, A. P., Kurniadi, A. R., & (2023). Pengujian sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 8(2), 91–97.
- Surani, B. S., Dharmawan, A., & Bakti, C. A. (2025). Implementasi mikrokontroler ESP32 untuk kontrol berbasis pengenalan suara dan cahaya dalam sistem smart home. *Journal of Smart Home and Embedded Systems*, 8(1), 1–10.
- Vitasari, J., Andra, M., Ramadhan, K., & Endramawan, O. P. (2025). Smart conveyor real-time sort rotten tomatoes with deep learning method integrated IoT control. *International Journal of Artificial Intelligence in Agriculture*, 3(1), 242–255.
- Wardhana, A. S., Ferdiansyah, M., & K, S. K. (2025). Desain dan prototipe integrasi IoT dalam pertanian hidroponik cerdas berbasis energi terbarukan. *Journal of Sustainable Agriculture and IoT Systems*, 6(1), 105–114.

- Yamin, M. I., Pakpahan, F., *et al.* (2025). Rancang bangun sistem monitoring dan akuisisi data kondisi ruangan laboratorium kalibrasi berbasis IoT dengan ESP32. *Journal of Instrumentation and IoT Systems*, 2(1), 29–39.
- Yanti, F., Hastaningtyas, & Swapaka, R. (2023). Implementation of the *Internet of Things* in an automatic home light control system using ultrasonic sensors and Google Voice. *International Journal of Smart Home Applications*, 4(2), 12–26.