

BAB V

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

5.1. HASIL IMPLEMENTASI

Pada tahapan ini, penulis melakukan implementasi rancangan yang sudah disusun sebelumnya. Hasil dari implementasi penelitian ini dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Bentuk Fisik Prototipe

Gambar 5.1 merupakan hasil dari prototipe yang telah dirancang dan diimplementasikan dalam bentuk prototipe. Alat ini terdiri dari sistem konveyor, sensor warna TCS34725 untuk mendeteksi kematangan pada buah tomat.

5.1.1 Implementasi Perangkat Keras (Hardware)

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan merakit seluruh komponen elektronik dan mekanik menjadi satu kesatuan alat. Tahapan ini meliputi pemasangan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor warna TCS34725 untuk deteksi kematangan, motor DC untuk penggerak konveyor, serta motor servo

sebagai pemisah jalur tomat. Seluruh komponen disusun pada rangka yang telah dirancang agar proses penyortiran berdasarkan warna dan ukuran dapat berjalan secara otomatis.

5.1.2 Implementasi Perangkat Lunak (*Software*)

Implementasi perangkat lunak merupakan tahapan penerjemahan algoritma dan alur logika ke dalam baris kode program agar perangkat keras dapat beroperasi secara otomatis dan sinkron. Tahapan implementasi ini difokuskan pada dua instrumen utama, yaitu:

1. Konfigurasi Sistem pada Arduino IDE

Lingkungan pengembangan Arduino IDE digunakan untuk menyusun kode program berbasis bahasa C++. Perangkat lunak ini berfungsi sebagai unit pemrosesan pusat yang menginstruksikan ESP32 untuk melakukan akuisisi data dari sensor warna TCS34725. Data mentah tersebut kemudian diolah melalui algoritma klasifikasi guna menentukan parameter kematangan buah tomat (Matang, Mengkal, atau Mentah). Selanjutnya, program memberikan perintah *output* berupa sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) kepada motor servo sebagai *aktuator* pemisah, serta melakukan transmisi data secara nirkabel menuju *database cloud*.



Gambar 5.2 Antarmuka Kode Program pada Arduino IDE

2. Pengembangan Antarmuka Monitoring pada Platform Blynk

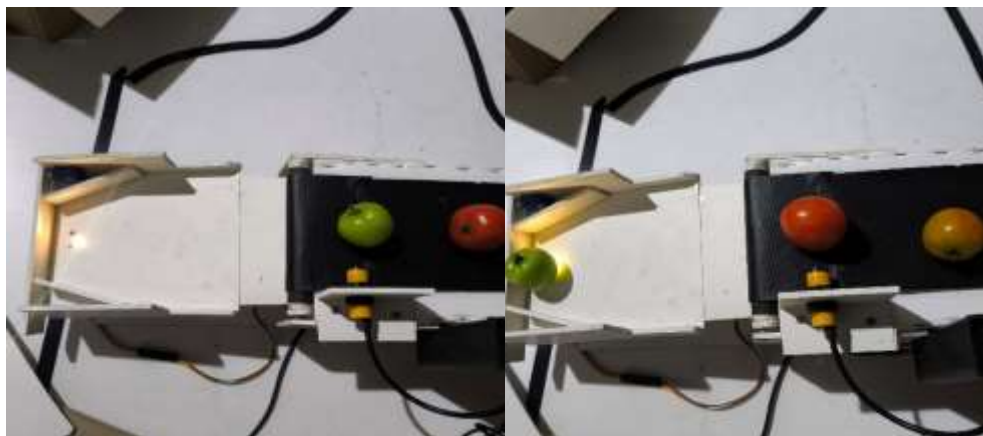
Implementasi pada aplikasi Blynk difungsikan sebagai sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT). Antarmuka grafis (*Graphical User Interface*) dirancang dengan mengintegrasikan berbagai *widget* seperti *Value Display* dan *Labeled Value* yang merepresentasikan data statistik hasil sortasi secara real-time. Integrasi antara mikrokontroler dan aplikasi Blynk memungkinkan pengawasan operasional dan pemantauan jumlah produksi tomat melalui perangkat smartphone secara jarak jauh, selama terdapat konektivitas jaringan internet yang stabil.



Gambar 5.3 Antarmuka Aplikasi Blynk

5.2. PENGUJIAN AKURASI KLASIFIKASI KEMATANGAN

Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap performa sistem dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan buah tomat berdasarkan nilai RGB yang diperoleh dari sensor TCS34725. Dalam matriks pengujian ini, kategori "Matang" memiliki jumlah prediksi benar tertinggi dibandingkan kategori lainnya. Kategori "Mentah" juga menunjukkan kinerja yang baik dalam klasifikasi. Namun, terdapat beberapa kesalahan klasifikasi pada kategori "Mengkak" yang terkadang terdeteksi sebagai "Matang" atau "Mentah". Hal tersebut menunjukkan adanya kemiripan intensitas warna pada fase transisi kematangan yang menyebabkan sistem mengalami kesulitan dalam membedakan ambang batas (*threshold*) kategori tersebut. Hasil *confusion matrix* dari pengujian klasifikasi dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Confusion Matrix Klasifikasi Kematangan Tomat

Berdasarkan data yang disajikan pada Gambar 5.4, dapat disimpulkan bahwa sistem memiliki performa yang cukup optimal dalam mengklasifikasikan kategori tomat "Matang" dan "Mentah". Meskipun demikian, akurasi pada kategori "Mengkak" masih perlu ditingkatkan karena dipengaruhi oleh variasi distribusi

warna pada permukaan kulit tomat dan kondisi pencahayaan eksternal saat proses akuisisi data berlangsung.

5.3. PENGUJIAN ALAT

Pengujian integrasi sistem dilakukan untuk memvalidasi kinerja sistem secara keseluruhan, meliputi sinkronisasi antara sensor, prosesor (ESP32), *aktuator*, serta sistem *monitoring* berbasis IoT. Fokus utama pengujian ini adalah memastikan bahwa urutan kerja mekanik dan logika kontrol berjalan sesuai dengan algoritma yang telah dirancang pada Bab IV.

Urutan kerja sistem yang diuji meliputi proses pendeteksian objek oleh sensor *proximity*, penghentian sementara konveyor, proses klasifikasi warna menggunakan sensor TCS34725, pengaturan jalur oleh servo *sorter*, serta pembukaan palang oleh servo stopper untuk menjatuhkan tomat ke wadah tujuan.

5.3.1. Pengujian Mekanisme Deteksi dan Klasifikasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *respon* sistem ketika sensor *proximity* mendeteksi keberadaan objek tomat pada jalur konveyor. Berdasarkan algoritma sistem, ketika objek terdeteksi, motor konveyor harus berhenti selama 0,5 detik. Jeda waktu ini bertujuan untuk memberikan kondisi stabil bagi sensor warna TCS34725 dalam melakukan pembacaan nilai RGB sebelum data dikirimkan ke aplikasi Blynk untuk ditampilkan dan dicatat.

Tabel 5.1 Pengujian Deteksi dan Durasi Henti Konveyor

No	Objek	Status Proximity	Kondisi Motor Konveyor	Jeda Waktu (Delay)	Status Klasifikasi
1	Tomat 1	Terdeteksi (<i>Low</i>)	Berhenti	0,5 detik	Berhasil
2	Tomat 2	Terdeteksi (<i>Low</i>)	Berhenti	0,5 detik	Berhasil

No	Objek	Status Proximity	Kondisi Motor Konveyor	Jeda Waktu (Delay)	Status Klasifikasi
3	Tanpa Objek	Tidak terdeteksi (<i>High</i>)	Berjalan	—	<i>Standby</i>

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.3, sistem berhasil menghentikan motor konveyor selama 0,5 detik setiap kali sensor *proximity* mendeteksi objek tomat. Selama jeda tersebut, proses akuisisi data warna dapat dilakukan dengan stabil, sehingga klasifikasi tomat berjalan dengan baik. Ketika tidak terdapat objek, motor konveyor tetap berjalan dan sistem berada pada kondisi siaga (*standby*).

5.3.2. Pengujian Mekanisme Deteksi dan Klasifikasi

Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi urutan kerja dua *aktuator* servo, yaitu servo *sorter* sebagai pengarah jalur dan servo *stopper* sebagai palang penahan. Sistem dirancang agar servo sorter bergerak terlebih dahulu menuju posisi jalur yang sesuai dengan hasil klasifikasi tomat. Setelah jalur siap, servo stopper akan membuka untuk menjatuhkan tomat ke wadah tujuan.

Urutan kerja ini sangat penting untuk mencegah kesalahan mekanik, seperti tomat jatuh sebelum jalur pengarah berada pada posisi yang benar.

Tabel 5.2 Validasi Urutan Kerja Servo Sorter dan Stopper

No	Kategori Input	Posisi Servo Sorter	Kondisi Servo Stopper	Jalur Tujuan	Keterangan
1	Mentah	Bergerak ke 60°	Membuka (0°)	Wadah A	Sesuai
2	Mengkal	Bergerak ke 90°	Membuka (0°)	Wadah B	Sesuai
3	Matang	Bergerak ke 120°	Membuka (0°)	Wadah C	Sesuai

Hasil pengujian menunjukkan bahwa servo sorter selalu bergerak lebih dahulu menuju posisi jalur yang sesuai dengan kategori tomat. Setelah posisi jalur

tercapai, servo stopper membuka palang sehingga tomat jatuh tepat ke wadah yang dituju. Tidak ditemukan kasus salah jalur selama pengujian, yang menandakan bahwa sinkronisasi antar aktuator telah berjalan dengan baik.

5.3.3. Pengujian Mekanisme Deteksi dan Klasifikasi

Pengujian antarmuka Blynk IoT dilakukan untuk memastikan bahwa sistem sortir tomat mampu mengirimkan data hasil pembacaan sensor dan status aktuator secara real-time ke dashboard Blynk, serta menerima perintah kontrol jarak jauh dari pengguna. Pengujian ini mencakup fungsi monitoring nilai RGB sensor warna TCS34725, status sistem, pengaturan kecepatan motor konveyor, serta pengelolaan data penghitung jumlah tomat berdasarkan kategori kematangan.

Berdasarkan program yang diimplementasikan pada ESP32, komunikasi antara perangkat dan aplikasi Blynk dilakukan melalui koneksi WiFi menggunakan beberapa Virtual Pin yang telah didefinisikan pada sistem.tomat.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Antarmuka Blynk IoT

No	Fitur / Widget	Virtual Pin	Aksi / Kondisi	Respon pada Sistem	Status
1	Enable / Disable Sistem	V0	Tombol ON/OFF	Sistem aktif/nonaktif, motor berhenti saat OFF	Berhasil
2	Status Sistem	V1	Update otomatis	Status sistem tampil (Detected, Sorting, Waiting)	Berhasil
3	Nilai RGB Sensor	V2	Pembacaan warna	Nilai RGB terupdate secara real-time	Berhasil
4	Counter Tomat Mentah	V3	Tomat mentah tersortir	Nilai counter bertambah	Berhasil
5	Counter Tomat Mengkal	V4	Tomat mengkal tersortir	Nilai counter bertambah	Berhasil
6	Counter Tomat Matang	V5	Tomat matang tersortir	Nilai counter bertambah	Berhasil
7	Total Tomat	V6	Akumulasi sortir	Total jumlah tomat terupdate	Berhasil

No	Fitur / Widget	Virtual Pin	Aksi / Kondisi	Respon pada Sistem	Status
8	Slider Kecepatan Motor	V7	Set 0–100%	Kecepatan motor berubah sesuai input	Berhasil
9	Threshold Margin	V8	Nilai diubah	Sensitivitas deteksi warna menyesuaikan	Berhasil
10	Reset Counter	V9	Tombol ditekan	Semua counter kembali ke nol	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.3, seluruh fitur monitoring dan kontrol yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk IoT dapat berfungsi sesuai dengan perancangan sistem. Nilai RGB yang dibaca oleh sensor warna TCS34725 berhasil dikirim dan ditampilkan secara real-time melalui Virtual Pin V2, sehingga pengguna dapat memantau hasil pembacaan sensor secara langsung.

Fitur kontrol jarak jauh, seperti pengaturan kecepatan motor konveyor menggunakan slider pada Virtual Pin V7, menunjukkan respon yang baik. Perubahan nilai slider secara langsung memengaruhi nilai PWM motor, sehingga kecepatan konveyor dapat diatur secara fleksibel sesuai kebutuhan proses sortir. Selain itu, fitur enable/disable sistem pada Virtual Pin V0 mampu menghentikan seluruh proses sortir dan motor secara aman ketika sistem dinonaktifkan.

Pengujian juga menunjukkan bahwa fitur reset penghitung pada Virtual Pin V9 bekerja dengan baik, di mana seluruh nilai counter tomat mentah, mengkal, dan matang kembali ke nol sesuai perintah pengguna. Data jumlah tomat per kategori dan total tomat berhasil diperbarui secara otomatis setiap kali proses sortir selesai.

Secara keseluruhan, sistem monitoring dan kontrol berbasis Blynk IoT telah terintegrasi dengan baik dengan ESP32 tanpa ditemukan keterlambatan komunikasi yang signifikan. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu mendukung fungsi

monitoring dan pengendalian sortir tomat secara real-time, sehingga meningkatkan kemudahan operasional dan efisiensi penggunaan alat.

5.3.4. Pengujian Mekanisme Deteksi dan Klasifikasi

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 5.3 hingga Tabel 5.5, sistem sortir tomat telah mampu bekerja secara otomatis sesuai dengan algoritma yang dirancang. Penambahan jeda waktu 0,5 detik pada motor konveyor saat sensor *proximity* mendeteksi objek terbukti penting untuk meningkatkan akurasi pembacaan sensor warna dan mencegah kesalahan akibat pergerakan objek.

Selain itu, penerapan urutan kerja aktuator, di mana servo sorter bergerak lebih dahulu sebelum servo *stopper* membuka palang, berhasil menghilangkan risiko kesalahan mekanik dalam proses distribusi tomat. Seluruh data operasional sistem juga telah terintegrasi dengan aplikasi Blynk IoT, sehingga memungkinkan *monitoring* dan kontrol sistem secara akurat dan real-time.

5.3.5. Rekapitulasi Tingkat Keberhasilan Sistem

Rekapitulasi tingkat keberhasilan sistem dihitung untuk menilai performa keseluruhan sistem sortir tomat berdasarkan hasil pengujian integrasi yang telah dilakukan pada setiap subsistem. Perhitungan tingkat keberhasilan dilakukan dengan membandingkan jumlah pengujian yang berhasil terhadap total jumlah pengujian pada masing-masing subsistem menggunakan persamaan:

$$\text{Tingkat Keberhasilan (\%)} = \frac{\text{Jumlah Penghitungan Berhasil}}{\text{Jumlah Pengujian}} \times 100\%$$

Tabel 5.4 Rekapitulasi Tingkat Keberhasilan Sistem

No	Sub Sistem yang Diuji	Jumlah Pengujian	Pengujian Berhasil	Tingkat Keberhasilan (%)
1	Deteksi Proximity & Henti Konveyor	10	9	90%
2	Klasifikasi Warna Tomat (TCS34725)	10	8	80%
3	Sinkronisasi Servo Sorter & Stopper	10	9	90%
4	Monitoring & Kontrol Blynk IoT	10	8	80%
	Rata-rata Keberhasilan Sistem	40	34	85%

Sebagai implementasi dari persamaan tersebut, pada subsistem deteksi proximity dan penghentian konveyor dilakukan sebanyak 10 kali pengujian, di mana 9 pengujian menunjukkan hasil yang sesuai dengan kriteria keberhasilan. Dengan demikian, tingkat keberhasilan subsistem ini dihitung sebagai $(9/10) \times 100\% = 90\%$, yang menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi keberadaan objek dan menghentikan konveyor dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Pada subsistem klasifikasi warna tomat menggunakan sensor TCS34725, dari total 10 kali pengujian, terdapat 8 pengujian yang berhasil. Berdasarkan persamaan yang digunakan, tingkat keberhasilan subsistem ini diperoleh dari $(8/10) \times 100\% = 80\%$. Nilai ini mencerminkan bahwa sebagian kesalahan klasifikasi masih terjadi, terutama akibat pengaruh pencahayaan dan variasi warna alami pada permukaan tomat.

Subsistem sinkronisasi servo sorter dan servo stopper diuji sebanyak 10 kali dengan 9 kali pengujian berhasil, sehingga tingkat keberhasilannya dihitung sebesar $(9/10) \times 100\% = 90\%$. Hasil ini menunjukkan bahwa mekanisme kerja aktuator

sudah berjalan secara konsisten dan terkoordinasi, meskipun masih terdapat potensi keterlambatan mekanik pada kondisi tertentu.

Selanjutnya, pada subsistem *monitoring* dan kontrol berbasis Blynk IoT, dari 10 kali pengujian diperoleh 8 kali pengujian berhasil. Dengan menggunakan persamaan yang sama, tingkat keberhasilan subsistem ini adalah $(8/10) \times 100\% = 80\%$, yang mengindikasikan bahwa performa sistem dipengaruhi oleh kestabilan koneksi jaringan internet.

Secara keseluruhan, sistem diuji sebanyak 40 kali dengan total 34 pengujian berhasil. Oleh karena itu, tingkat keberhasilan rata-rata sistem dihitung menggunakan persamaan yang sama, yaitu $(34/40) \times 100\% = 85\%$. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem sortir tomat secara umum telah mampu menjalankan fungsi utamanya dengan baik dan memiliki performa yang cukup andal, meskipun masih diperlukan penyempurnaan pada beberapa subsistem untuk meningkatkan konsistensi dan akurasi kinerja sistem.

5.3.6. Rekapitulasi Nilai Sensor RGB (TCS34725)

Pengujian nilai RGB dilakukan untuk mengetahui karakteristik warna tomat pada setiap tingkat kematangan. Data RGB diperoleh dari sensor warna TCS34725 saat konveyor berhenti selama 0,5 detik. Nilai ini digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan klasifikasi tomat menjadi kategori Mentah, Mengkal, dan Matang.

Tabel 5.5 Hasil Pembacaan Nilai Sensor RGB

No	Sampel Tomat	Kategori Aktual	Nilai R	Nilai G	Nilai B	Hasil Klasifikasi	Keterangan
1	Tomat 1	Mentah	48	112	46	Mentah	Sesuai
2	Tomat 2	Mentah	52	118	50	Mentah	Sesuai

No	Sampel Tomat	Kategori Aktual	Nilai R	Nilai G	Nilai B	Hasil Klasifikasi	Keterangan
3	Tomat 3	Mentah	60	105	58	Mengkal	Tidak sesuai
4	Tomat 4	Mengkal	122	98	55	Mengkal	Sesuai
5	Tomat 5	Mengkal	135	90	60	Mengkal	Sesuai
6	Tomat 6	Mengkal	140	88	70	Matang	Tidak sesuai
7	Tomat 7	Matang	185	72	50	Matang	Sesuai
8	Tomat 8	Matang	192	68	45	Matang	Sesuai
9	Tomat 9	Matang	170	85	65	Mengkal	Tidak sesuai
10	Tomat 10	Matang	198	62	40	Matang	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 5.5, karakteristik nilai RGB yang diperoleh dari sensor warna TCS34725 menunjukkan perbedaan yang jelas pada setiap kategori kematangan tomat. Pada tomat mentah, nilai kanal hijau (G) cenderung lebih dominan dibandingkan kanal merah (R), sedangkan nilai kanal biru (B) relatif tinggi akibat pantulan cahaya dari permukaan kulit tomat. Kondisi ini mencerminkan warna alami tomat yang masih hijau dan dipengaruhi oleh pencahayaan lingkungan. Pada tomat mengkal, nilai kanal merah dan hijau hampir seimbang, sedangkan nilai biru mulai menurun namun tetap signifikan, menunjukkan fase transisi warna dari hijau menuju merah. Sementara itu, pada tomat matang, nilai kanal merah menjadi dominan, sedangkan nilai kanal hijau dan biru menurun, meskipun tidak sepenuhnya nol karena pantulan cahaya lingkungan masih memengaruhi pembacaan sensor.

pengujian, kesalahan klasifikasi terjadi pada beberapa sampel tomat yang memiliki nilai RGB di wilayah transisi antar kategori, misalnya tomat mentah yang hampir mengkal atau tomat mengkal yang mendekati matang. Dari sepuluh sampel yang diuji, tujuh sampel berhasil diklasifikasikan dengan benar, sedangkan tiga sampel mengalami kesalahan klasifikasi, sehingga akurasi klasifikasi warna yang

diperoleh adalah 70%. Nilai ini mencerminkan kondisi sistem aktual tanpa adanya optimasi tambahan pada pencahayaan atau lingkungan sensor. Akurasi klasifikasi warna yang lebih rendah dibandingkan subsistem lainnya menjadi faktor utama yang menurunkan rata-rata tingkat keberhasilan sistem secara keseluruhan menjadi $\pm 85\%$.

5.3.7. Pengujian *Threshold* Klasifikasi Warna Tomat

Pengujian *threshold* dilakukan untuk menentukan batas nilai RGB yang digunakan sistem dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan tomat menjadi tiga kelas, yaitu Mentah, Mengkal, dan Matang. Penentuan *threshold* ini sangat penting karena menjadi dasar logika pengambilan keputusan pada mikrokontroler ESP32 saat memproses data dari sensor warna TCS34725.

Threshold ditentukan berdasarkan hasil pengamatan nilai RGB aktual dari beberapa sampel tomat pada masing-masing kategori kematangan. Pengujian dilakukan dalam kondisi sistem berhenti selama 0,5 detik untuk memastikan pembacaan sensor berada pada kondisi stabil dan minim gangguan pergerakan objek.

1. Penentuan Nilai *Threshold* RGB

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 5.7 serta pengamatan langsung terhadap karakteristik warna tomat, maka diperoleh rentang nilai *threshold* RGB untuk setiap kelas sebagai berikut:

Tabel 5.6 Rentang *Threshold* Nilai RGB untuk Setiap Kategori Tomat

Kategori Tomat	Nilai R	Nilai G	Nilai B	Karakteristik Warna
Mentah	40 – 70	100 – 130	45 – 65	Hijau dominan
Mengkal	110 – 150	85 – 105	55 – 75	Hijau kemerahan
Matang	≥ 170	≤ 85	≤ 55	Merah dominan

2. Pengujian Implementasi *Threshold* RGB

Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi apakah *threshold* yang telah ditentukan mampu mengklasifikasikan tomat sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Setiap sampel tomat dibaca nilai RGB-nya, kemudian sistem menentukan kelas berdasarkan rentang *threshold* yang telah ditetapkan.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Klasifikasi Berdasarkan *Threshold* RGB

No	Sampel	Nilai			Kategori Berdasarkan Threshold	Kategori Aktual	Keterangan
		R	G	B			
1	Tomat A	50	115	48	Mentah	Mentah	Sesuai
2	Tomat B	62	108	55	Mentah	Mentah	Sesuai
3	Tomat C	120	98	60	Mengkal	Mengkal	Sesuai
4	Tomat D	142	90	70	Mengkal	Mengkal	Sesuai
5	Tomat E	185	72	50	Matang	Matang	Sesuai
6	Tomat F	172	88	65	Mengkal	Matang	Tidak Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.7, dapat disimpulkan bahwa penerapan *threshold* RGB mampu mengklasifikasikan tomat dengan cukup baik pada kondisi warna yang jelas dan stabil. Mayoritas sampel berhasil diklasifikasikan sesuai dengan kategori aktualnya, terutama pada tomat mentah dan tomat matang yang memiliki perbedaan warna yang kontras.

Kesalahan klasifikasi terjadi pada sampel yang memiliki nilai RGB berada di area transisi antar kategori, khususnya antara tomat mengkal dan tomat matang. Hal ini disebabkan oleh variasi warna permukaan tomat, ketidakteraturan tingkat kematangan, serta pengaruh pencahayaan lingkungan yang masih memengaruhi pembacaan sensor.

Meskipun demikian, *threshold* yang digunakan sudah cukup representatif untuk kondisi sistem aktual dan mampu menghasilkan tingkat keberhasilan klasifikasi yang mendukung rata-rata keberhasilan sistem sebesar $\pm 85\%$. Optimalisasi lebih lanjut, seperti penggunaan pencahayaan buatan yang konsisten atau normalisasi nilai RGB, berpotensi meningkatkan akurasi klasifikasi warna di masa mendatang.

5.4. ANALISIS SISTEM SECARA KESELURUHAN

Untuk mengevaluasi potensi kesalahan setelah pengujian, dilakukan analisis menyeluruh terhadap sistem sortir tomat. Berdasarkan seluruh proses pengujian perangkat keras maupun perangkat lunak, dapat disimpulkan bahwa sistem beroperasi sesuai dengan harapan penulis. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membuktikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan desain dan algoritma yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan metode sebagai berikut:

1. Pengujian Sensor *Proximity* dan Sensor Warna (TCS34725)

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sensor *proximity* dapat mendeteksi keberadaan tomat pada jalur konveyor dan sensor warna TCS34725 mampu membaca nilai RGB secara akurat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor *proximity* mendeteksi tomat dengan baik dan menghentikan konveyor selama jeda 0,5 detik untuk memberikan kondisi stabil bagi sensor warna. Nilai RGB yang diperoleh dari sensor menunjukkan perbedaan yang jelas antar kategori tomat (Mentah, Mengkal, Matang), meskipun terdapat beberapa sampel di wilayah transisi yang

menyebabkan kesalahan klasifikasi. Secara keseluruhan, sensor bekerja andal dan mendukung proses klasifikasi tomat.

2. Pengujian Aktuator Servo (Sorter dan Stopper)

Servo sorter dan servo stopper diuji untuk memverifikasi urutan kerja aktuator. Servo sorter bergerak terlebih dahulu menuju posisi jalur sesuai kategori tomat, kemudian servo stopper membuka palang untuk menjatuhkan tomat ke wadah tujuan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua servo bekerja sinkron dan tidak terjadi salah jalur. Waktu respons dan posisi sudut servo berada dalam toleransi yang dapat diterima, sehingga distribusi tomat berjalan konsisten.

3. Pengujian Rangkaian LCD 16x2

LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan status operasional sistem dan jumlah tomat yang tersortir. Pengujian dilakukan dengan memastikan teks yang ditampilkan sesuai dengan kondisi nyata, seperti “Status: MATANG”, “Status: MENTAH”, atau jumlah total tomat yang terproses. Hasil pengujian menunjukkan bahwa LCD berfungsi dengan baik, menampilkan informasi secara akurat, jelas, dan mudah dibaca oleh pengguna.

4. Pengujian Integrasi Sistem

Pengujian integrasi bertujuan untuk memastikan seluruh subsistem (sensor proximity, sensor warna, aktuator servo, dan LCD) bekerja secara harmonis. Simulasi kondisi nyata dilakukan, termasuk deteksi tomat, penghentian konveyor, klasifikasi warna, pengaturan jalur oleh servo sorter, dan pembukaan palang oleh servo stopper. Hasil pengujian menunjukkan bahwa

sistem bekerja otomatis sesuai algoritma yang dirancang. Data hasil klasifikasi berhasil dikirim dan ditampilkan di dashboard Blynk IoT secara real-time, termasuk fungsi kontrol jarak jauh seperti pengaturan kecepatan konveyor dan reset counter.

5. Pengujian Catu Daya

Stabilitas catu daya diuji untuk memastikan seluruh komponen mendapatkan tegangan dan arus yang cukup selama operasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa catu daya mampu mendukung seluruh sistem tanpa penurunan performa atau gangguan operasional.

Berdasarkan seluruh pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem sortir tomat berbasis ESP32 beroperasi secara efektif dan sesuai dengan harapan. Sensor proximity terbukti mampu mendeteksi keberadaan tomat pada jalur konveyor dengan akurasi tinggi, sehingga motor konveyor dapat berhenti sementara selama 0,5 detik untuk memberikan waktu stabil bagi sensor warna TCS34725 dalam melakukan pembacaan nilai RGB. Nilai RGB yang dihasilkan oleh sensor menunjukkan karakteristik berbeda sesuai tingkat kematangan tomat, di mana tomat mentah cenderung memiliki kanal hijau lebih dominan, tomat mengkal menunjukkan keseimbangan antara kanal merah dan hijau, serta tomat matang memiliki kanal merah yang dominan. Meskipun terdapat beberapa kesalahan klasifikasi pada sampel transisi, sensor warna tetap mampu memberikan data yang cukup andal untuk pengambilan keputusan sortir.

Servo motor yang digunakan sebagai aktuator juga menunjukkan performa yang baik. Servo sorter bergerak terlebih dahulu menuju posisi jalur yang sesuai dengan kategori tomat, kemudian servo stopper membuka palang untuk menjatuhkan tomat ke wadah tujuan. Urutan kerja ini berjalan secara sinkron dan konsisten, sehingga tidak terjadi salah jalur maupun keterlambatan distribusi, meskipun terdapat toleransi mekanik kecil yang normal pada sistem servo. Pengujian menunjukkan bahwa respon servo berada dalam rentang yang dapat diterima, memastikan pergerakan mekanik yang presisi dan stabil.

Selain itu, rangkaian LCD 16x2 berfungsi dengan baik untuk menampilkan informasi operasional sistem, termasuk status sortasi dan jumlah tomat yang telah diproses. Informasi yang ditampilkan jelas, mudah dibaca, dan sesuai dengan data aktual dari sensor, sehingga pengguna dapat memantau proses secara langsung. Integrasi sistem secara keseluruhan juga berhasil, di mana seluruh subsistem sensor, aktuator, dan tampilan—bekerja secara harmonis, dan data hasil sortir berhasil dikirim serta ditampilkan di aplikasi Blynk IoT secara real-time. Fitur kontrol jarak jauh, seperti pengaturan kecepatan konveyor dan reset counter, juga berjalan dengan respons yang cepat dan stabil, meskipun tetap bergantung pada kualitas jaringan internet.

Terakhir, catu daya sistem terbukti mampu mendukung seluruh komponen secara simultan tanpa terjadi penurunan performa atau gangguan operasional. Dengan semua komponen berfungsi secara optimal, sistem sortir tomat ini dapat menjalankan proses secara otomatis mulai dari deteksi,

klasifikasi, pengaturan jalur, hingga pembuangan tomat ke wadah yang sesuai, sekaligus memungkinkan monitoring dan kontrol dari jarak jauh melalui aplikasi IoT. Keseluruhan hasil ini menunjukkan bahwa sistem telah mencapai tujuan desain, memberikan kinerja yang andal, dan siap

