

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

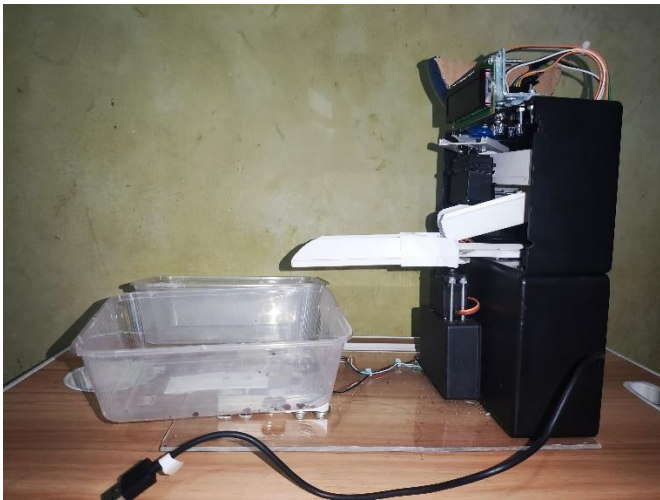
Bab ini membahas hasil implementasi dan pengujian sistem deteksi warna biji kopi berbasis IoT. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mendeteksi warna biji kopi serta mengidentifikasi berbagai faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran.

4.1 Realisasi Perangkat

Agar dapat mengetahui dan memastikan rangkaian perangkat keras (*Hardware*) dan *website* mampu bekerja dengan baik dan sesuai dengan apa yang diharapkan, maka terlebih dahulu dilakukan langkah langkah pengujian dan mengamati secara langsung jalur-jalur serta komponen-komponen pada setiap rangkaian yang telah dibuat. Karena dari hasil pengukuran ini akan didapati sebuah kesimpulan apakah rangkaian yang telah dibuat sudah bekerja dengan baik dan sesuai yang diharapkan ataukah tidak, sehingga ketika nanti terdapat sebuah kesalahan ataupun kekurangan akan terdeteksi.

4.1.1 Realisasi Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras atau alat yang sebelumnya digambarkan dalam bentuk blok diagram, sudah berhasil diimplementasikan. Sistem Pendeteksi biji kopi pada penelitian ini dibuat dalam bentuk prototipe dengan ukuran Panjang = 35cm, Lebar= 20 cm dan Tinggi= 28cm. Adapun implementasi bentuk fisik alat dapat dilihat pada gambar 4.1 sampai 4.4 berikut.



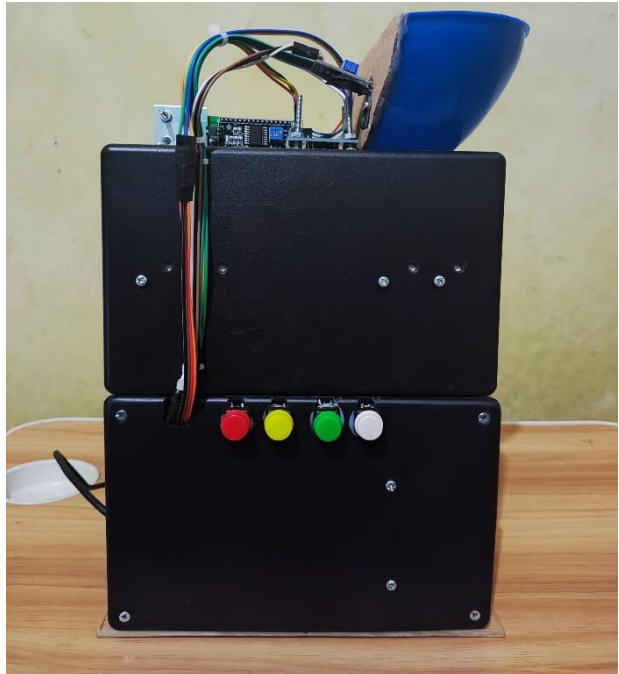
Gambar 4. 1 Bentuk Fisik (Tampak Kiri)



Gambar 4. 2 Bentuk Fisik (Tampak Kanan)



Gambar 4. 3 Bentuk Fisik (Tampak Depan)



Gambar 4. 4 Bentuk Fisik (Tampak Belakang)

4.1.1.1 Hasil Pengujian Sensor Warna TCS3200

Pengujian sensor TCS3200 dilakukan untuk mengukur kemampuan sensor dalam mendeteksi warna biji kopi yang telah dikategorikan ke dalam tiga warna

utama: merah, oranye, dan hijau. Pengujian dilakukan dalam kondisi pencahayaan yang terkendali untuk menghindari pengaruh lingkungan yang dapat mempengaruhi hasil.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor Warna

Kode Warna	Entry	Red (R)	Green (G)	Blue (B)	Warna Terdeteksi	Respon Sistem
Merah (1)	1	77	79	80	Merah	Ditempatkan di Wadah Merah
	2	78	80	80	Merah	Ditempatkan di Wadah Merah
	3	78	80	80	Merah	Ditempatkan di Wadah Merah
	4	78	80	80	Merah	Ditempatkan di Wadah Merah
	5	78	80	80	Merah	Ditempatkan di Wadah Merah
Oranye (2)	1	66	71	80	Oranye	Ditempatkan di Wadah Oranye
	2	66	71	80	Oranye	Ditempatkan di Wadah Oranye
	3	66	71	80	Oranye	Ditempatkan di Wadah Oranye
	4	66	71	79	Oranye	Ditempatkan di Wadah Oranye
	5	65	71	80	Oranye	Ditempatkan di Wadah Oranye
Hijau (3)	1	71	66	69	Hijau	Dibuang
	2	71	66	69	Hijau	Dibuang
	3	71	66	69	Hijau	Dibuang
	4	71	66	68	Hijau	Dibuang
	5	71	66	69	Hijau	Dibuang

Pengujian sensor TCS3200 menunjukkan bahwa sensor ini memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan warna biji kopi menjadi kategori merah, oranye, dan hijau. Dari hasil pengukuran, terlihat bahwa nilai frekuensi RGB untuk setiap kategori warna sangat konsisten. Misalnya, untuk warna merah, nilai frekuensi berada dalam rentang yang sempit yaitu sekitar 77-78 untuk Red, 79-80 untuk Green, dan 80 untuk Blue. Konsistensi ini menunjukkan bahwa sensor bekerja dengan stabil dalam mendeteksi warna.

Sistem merespons hasil deteksi warna dengan cara yang sesuai, di mana biji kopi yang teridentifikasi sebagai merah atau oranye ditempatkan di wadah yang ditentukan, sedangkan biji kopi berwarna hijau dibuang. Ini menunjukkan bahwa sistem Pendeteksian berdasarkan warna berfungsi sebagaimana mestinya.

Namun, pengujian juga menunjukkan bahwa ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keakuratan deteksi warna oleh sensor TCS3200. Beberapa di antaranya adalah pencahayaan lingkungan yang tidak konsisten, jarak antara sensor dan biji kopi yang bervariasi, serta kondisi permukaan biji kopi itu sendiri yang dapat mempengaruhi refleksi cahaya. Faktor-faktor ini kadang-kadang menyebabkan sensor kurang akurat dalam mendeteksi warna yang tepat, yang bisa mengakibatkan kesalahan dalam proses Pendeteksian. Oleh karena itu, penting untuk melakukan kalibrasi sensor secara berkala dan memastikan kondisi lingkungan yang terkendali untuk meningkatkan akurasi deteksi.

4.1.1.2 Hasil Pengujian Motor Servo

Pengujian motor servo MG995 dilakukan untuk menilai kinerja servo dalam menggerakkan komponen sistem Pendeteksian biji kopi berdasarkan warna. Sistem ini menggunakan dua motor servo: Servo 1 mengarahkan biji kopi ke sensor warna dan kemudian ke Servo 2, yang mengarahkan biji kopi ke wadah yang sesuai atau tempat pembuangan. Pengujian ini mencakup evaluasi sudut pergerakan, waktu respon, akurasi, stabilitas, dan konsistensi pergerakan servo.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Servo MG995

Motor Servo	Fungsi	Sudut Awal	Sudut Akhir	Waktu Respon (ms)	Akurasi	Stabilitas
Servo 1	Standby	150	150	1000	Sangat Akurat	Sangat Stabil
	Cek Warna	150	90	1000	Sangat Akurat	Sangat Stabil
	Kirim	90	0	1000	Sangat Akurat	Sangat Stabil
Servo 2	Pemisah Tengah	0	70	1000	Sangat Akurat	Sangat Stabil
	Pemisah 1	70	40	1000	Sangat Akurat	Sangat Stabil
	Pemisah 2	40	100	1000	Sangat Akurat	Sangat Stabil
	Pemisah 3	100	130	1000	Sangat Akurat	Sangat Stabil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua motor servo MG995 dalam sistem pendeteksi biji kopi berdasarkan warna memiliki performa yang sangat baik. Akurasi servo dalam mencapai sudut yang diinginkan adalah sangat tinggi, dengan tidak adanya indikasi overshoot atau undershoot yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa servo dapat mencapai posisi target dengan presisi yang diperlukan, yang sangat penting untuk proses Pendeteksian yang tepat.

Stabilitas pergerakan juga sangat baik, ditandai dengan tidak adanya getaran atau osilasi setelah servo mencapai sudut akhir. Ini menunjukkan bahwa sistem dapat mempertahankan posisi yang stabil tanpa perlu penyesuaian tambahan, yang penting untuk menghindari kesalahan dalam proses deteksi. Waktu respon yang konsisten di setiap pergerakan, yaitu sekitar 1000 ms, menunjukkan bahwa servo dapat bekerja dengan kecepatan yang diperlukan untuk operasi berkelanjutan.

Konsistensi dalam performa servo juga menjadi aspek penting yang teruji dengan baik. Servo menampilkan pergerakan yang konsisten sesuai dengan instruksi, tanpa variasi yang signifikan, memastikan bahwa setiap biji kopi diproses sesuai dengan prosedur yang ditetapkan. Meskipun pengujian dilakukan dengan beban yang sangat ringan (satu biji kopi), servo tetap menunjukkan kemampuan yang baik dalam mengelola beban ini dengan presisi dan stabilitas.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menegaskan bahwa motor servo MG995 sangat cocok digunakan dalam sistem Pendeteksian biji kopi berbasis warna, di mana keakuratan, stabilitas, dan konsistensi adalah kunci untuk memastikan operasi yang efisien dan akurat.

4.1.1.3 Hasil Pengujian Load Cell

Pengujian load cell dilakukan untuk mengukur keakuratan dan konsistensi load cell dalam menimbang biji kopi. Sistem menggunakan dua load cell yang dikalibrasi dengan nilai skala 2280.f dan dilakukan proses tara untuk mengatur nol sebelum pengukuran. Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa load cell dapat memberikan hasil yang akurat dan konsisten dengan berat aktual sampel.

Kalibrasi: Load cell dikalibrasi menggunakan nilai skala (scale value) 2280.f untuk memastikan akurasi dalam pengukuran. Sebelum setiap pengukuran, load cell ditara untuk memastikan bahwa nilai awal adalah nol, sehingga hanya berat sampel yang diukur.

Data Pengujian: Pengujian dilakukan dengan sampel biji kopi dalam dua kategori warna (merah dan oranye), dengan berat aktual 3.6 kg (3600 gram). Data berat yang ditampilkan oleh load cell dicatat untuk setiap sampel.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Load Cell

No	Warna	Tanggal & Waktu	Berat yang Ditampilkan (gram)	Berat Aktual (gram)	Perbedaan Berat (gram)
1	Merah	Sabtu, 20 Juli 2024 17:09	3589.27	3600	-10.73
2	Merah	Sabtu, 20 Juli 2024 17:09	3589.27	3600	-10.73
3	Merah	Sabtu, 20 Juli 2024 17:08	3589.27	3600	-10.73

4	Merah	Sabtu, 20 Juli 2024 17:07	3589.27	3600	-10.72
5	Merah	Sabtu, 20 Juli 2024 17:06	3589.28	3600	-10.72
6	Oranye	Sabtu, 20 Juli 2024 17:05	3589.28	3600	-10.72
7	Oranye	Sabtu, 20 Juli 2024 17:04	3589.28	3600	-10.72
8	Oranye	Sabtu, 20 Juli 2024 17:04	3589.28	3600	-10.72
9	Oranye	Sabtu, 20 Juli 2024 17:02	3589.29	3600	-10.71
10	Oranye	Sabtu, 20 Juli 2024 17:01	3589.29	3600	-10.71

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat yang ditampilkan oleh load cell sangat mendekati berat aktual biji kopi sebesar 3.6 kg, dengan perbedaan rata-rata sekitar -10.72 gram. Meskipun terdapat perbedaan kecil antara berat yang ditampilkan dan berat aktual, nilai ini berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk aplikasi Pendeteksian biji kopi.

Load cell menunjukkan konsistensi yang tinggi dalam pengukuran, dengan variasi minimal di antara pengukuran yang dilakukan pada waktu berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki stabilitas yang baik dan mampu memberikan hasil yang dapat diandalkan. Keakuratan load cell dapat ditingkatkan lebih lanjut dengan penyesuaian kalibrasi untuk meminimalkan perbedaan antara berat yang ditampilkan dan berat aktual.

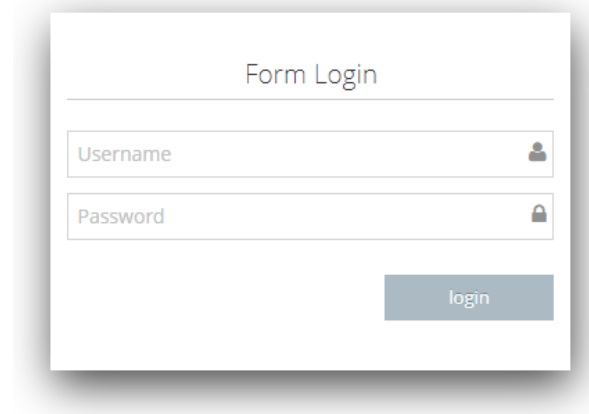
Pengujian ini menunjukkan bahwa load cell yang digunakan dalam sistem Pendeteksian biji kopi memiliki akurasi dan konsistensi yang baik. Sistem ini mampu menimbang biji kopi dengan kesalahan yang sangat kecil, memastikan bahwa data berat yang dicatat untuk setiap sampel adalah valid dan dapat diandalkan. Rekomendasi untuk perbaikan lebih lanjut termasuk penyesuaian kalibrasi load cell untuk mengurangi perbedaan antara berat yang diukur dan berat aktual, serta pengujian tambahan dengan berbagai berat dan kondisi untuk memastikan kinerja yang optimal dalam berbagai situasi.

4.1.1 Realisasi Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah sebuah website yang dapat diakses melalui semua platform pada laman agungbijikopi.my.id, diberi nama "Agung Biji Kopi". Website ini digunakan untuk memonitor dan mengelola proses Pendeteksian biji kopi berdasarkan warna. Perangkat lunak ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu halaman login, dashboard, detail tabel data, dan pengaturan profil.

4.1.1.1 Halaman Login

Halaman login berfungsi sebagai gerbang masuk bagi pengguna untuk mengakses sistem. Antarmuka login dirancang sederhana dengan form yang berisi dua input: **Username** dan **Password**. Setelah pengguna memasukkan informasi yang diperlukan, mereka dapat mengklik tombol "login" untuk memverifikasi kredensial mereka. Mekanisme keamanan seperti enkripsi kata sandi dan validasi pengguna diterapkan untuk melindungi data pengguna.

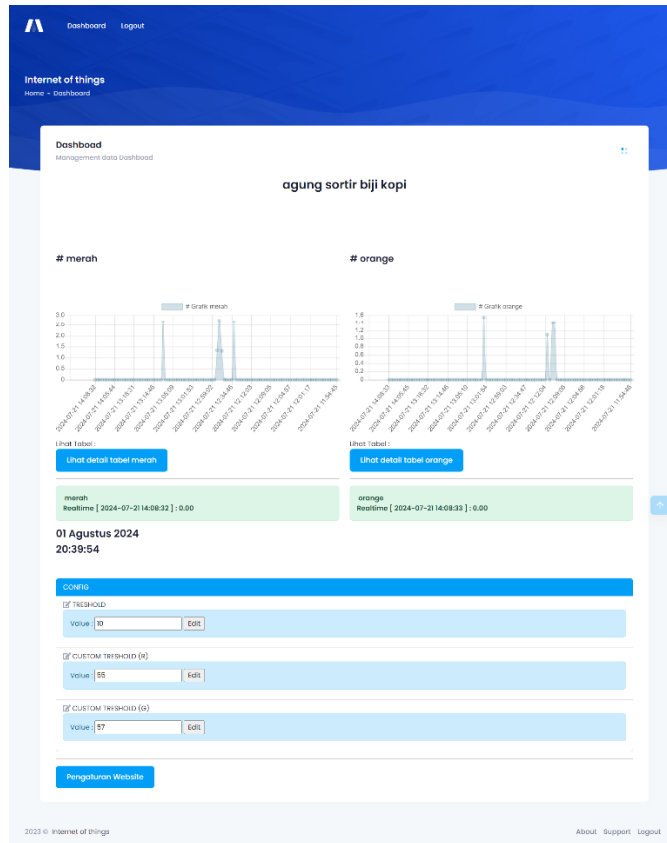


Gambar 4. 5 Halaman Login

4.1.1.2 Dashboard

Dashboard merupakan pusat informasi utama dalam website ini, menampilkan data real-time dalam bentuk grafik untuk biji kopi merah dan oranye. Grafik ini memberikan visualisasi yang mudah dipahami tentang jumlah biji kopi yang

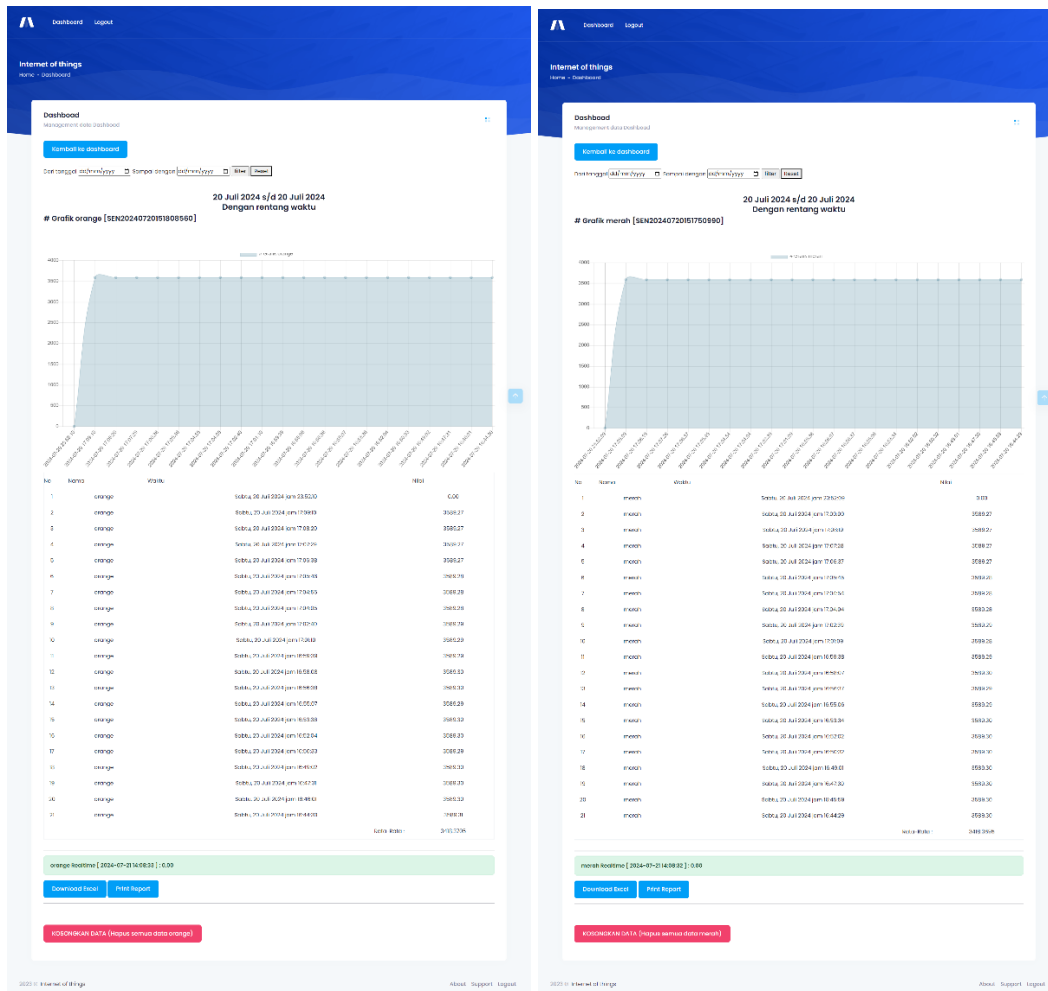
diproses, serta status masing-masing kategori warna. Pengguna dapat menyesuaikan tampilan data dengan memilih rentang waktu tertentu, memberikan fleksibilitas dalam analisis data.



Gambar 4. 6 Halaman Dashboard

4.1.1.3 Detail Tabel Merah dan Oranye

Setiap kategori warna (merah dan oranye) memiliki halaman detail tersendiri yang menampilkan data dalam bentuk tabel. Tabel ini mencakup kolom untuk nama, waktu pengukuran, dan nilai berat biji kopi yang terdeteksi. Pengguna dapat melihat data ini untuk analisis lebih lanjut dan memastikan bahwa proses Pendeteksian berjalan dengan benar. Fitur tambahan seperti filter dan pencarian memungkinkan pengguna untuk menavigasi data dengan mudah.



Gambar 4. 7 Halaman detail grafik merah

Gambar 4. 8 Halaman Detail grafik oranye

4.1.1.4 Pengaturan Profil

Halaman pengaturan profil memungkinkan pengguna untuk mengubah informasi mereka, seperti nama proyek, username, dan password. Antarmuka ini dirancang dengan formulir input yang sederhana, memudahkan pengguna untuk memperbarui informasi mereka. Ini juga memberikan kontrol yang lebih besar atas akun pengguna, memastikan keamanan dan personalisasi dalam penggunaan sistem.

Dashboard
Management data Dashboard

PENGATURAN PROFIL

Nama Project :

Username :

Password Lama :

Password Baru :

Gambar 4. 9 Halaman Pengaturan Profile

Teknologi dan Bahasa Pemrograman

Website ini dibangun menggunakan teknologi web standar seperti HTML, CSS, dan JavaScript untuk antarmuka depan (*frontend*). Di sisi *backend*, PHP digunakan untuk logika server-side, sementara MySQL digunakan sebagai *Database* untuk menyimpan dan mengelola data. Kombinasi teknologi ini memberikan dasar yang kuat untuk sistem yang responsif dan aman, memungkinkan pengelolaan data yang efektif dan aksesibilitas yang baik.

Dengan desain yang intuitif dan fungsionalitas yang lengkap, perangkat lunak ini memainkan peran penting dalam mendukung proses Pendeteksian biji kopi yang efisien dan akurat.

4.2 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem secara menyeluruh dilakukan untuk menguji kinerja sistem pendeteksi biji kopi otomatis berbasis mikrokontroler ESP32. Pengujian ini mencakup evaluasi keseluruhan sistem, termasuk sensor warna, motor servo, dan load cell, serta integrasi perangkat keras dan perangkat lunak.

4.2.1 Pengujian Sistem Otomatis

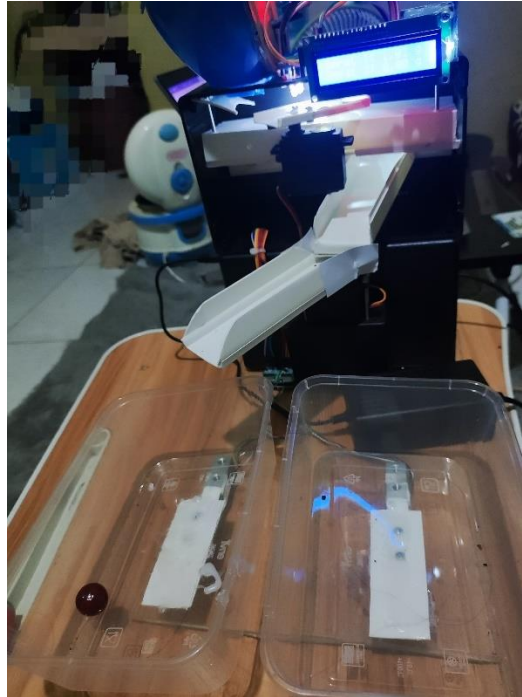
Pengujian sistem otomatis dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Pengujian dilakukan sebanyak 4 kali dengan berbagai skenario yang berbeda.

Pengujian Pertama:



Gambar 4. 10 Pengujian Pertama

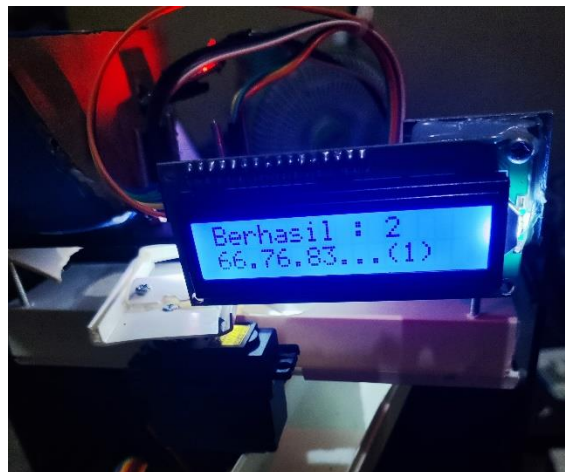
- **Kondisi:** Biji kopi merah terdeteksi dengan kode warna 1.
- **Proses:** Sensor warna TCS3200 mendeteksi biji kopi merah, motor servo 1 mengarahkan biji kopi ke tempat Pendeteksian warna merah, dan motor servo 2 mengarahkan ke wadah penyimpanan.



Gambar 4. 11 Hasil Pengujian Pertama

- **Hasil:** Motor servo berfungsi dengan baik, biji kopi merah berhasil dideteksi dan ditempatkan dalam wadah yang sesuai.

Pengujian Kedua:



Gambar 4. 12 Pengujian Kedua

- **Kondisi:** Biji kopi oranye terdeteksi dengan kode warna 2.

- **Proses:** Sensor warna mendeteksi biji kopi oranye, motor servo 1 mengarahkan biji kopi ke tempat Pendeteksian warna oranye, dan motor servo 2 mengarahkan ke wadah penyimpanan.



Gambar 4. 13 Hasil Pengujian Kedua

- **Hasil:** Proses berjalan sesuai harapan, biji kopi oranye dideteksi dan ditempatkan dalam wadah yang tepat.

Pengujian Ketiga:



Gambar 4. 14 Pengujian Ketiga

- **Kondisi:** Biji kopi hijau terdeteksi dengan kode warna 3.
- **Proses:** Sensor warna mendeteksi biji kopi hijau, motor servo 1 mengarahkan biji kopi ke tempat pembuangan karena tidak sesuai kriteria.



Gambar 4. 15 Hasil Pengujian Ketiga

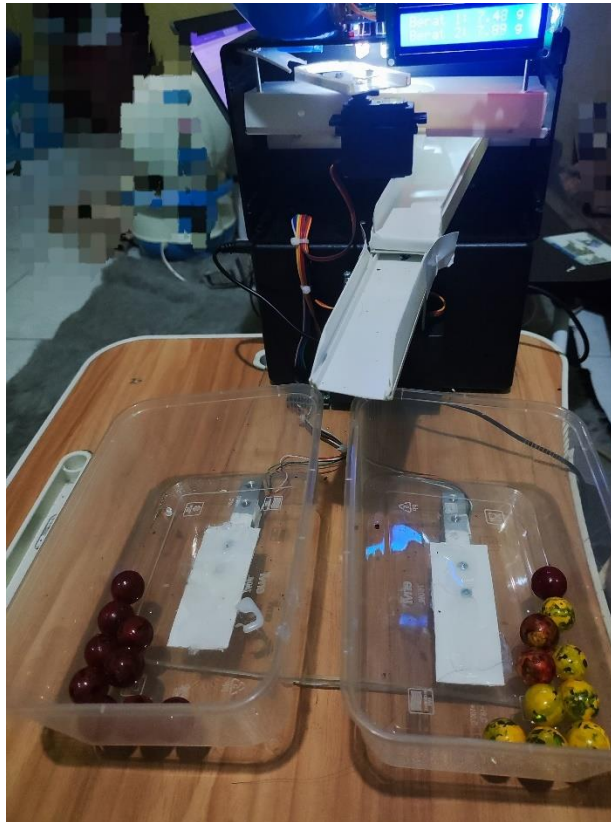
- **Hasil:** Biji kopi hijau berhasil dibuang, menunjukkan bahwa sistem dapat membedakan biji kopi yang tidak sesuai.

Pengujian Keempat:



Gambar 4. 16 Pengujian Keempat

- **Kondisi:** Load cell mengukur berat biji kopi.
- **Proses:** Setelah Pendeteksian, load cell mengukur berat biji kopi yang dideteksi, dan data dikirim ke server untuk monitoring.
- **Hasil:** Berat yang terukur sesuai dengan ekspektasi, menunjukkan bahwa load cell berfungsi dengan baik.



Gambar 4. 17 Hasil Pengujian Keempat

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sistem Otomatis

No	Kondisi	Sensor Warna	Motor Servo	Load Cell	Hasil
1	Biji Kopi Merah	Deteksi	Bekerja	Bekerja	Biji Kopi Merah Dideteksi
2	Biji Kopi Oranye	Deteksi	Bekerja	Bekerja	Biji Kopi Oranye Dideteksi
3	Biji Kopi Hijau	Deteksi	Bekerja	-	Biji Kopi Hijau Dibuang
4	Pengukuran Berat	-	-	Bekerja	Berat Biji Kopi Terukur

4.2.3 Analisis Hasil

Hasil pengujian sistem keseluruhan menunjukkan bahwa perangkat pendeteksi warna biji kopi otomatis yang dikembangkan berfungsi dengan baik dalam melakukan deteksi berdasarkan warna. Komponen utama seperti sensor warna, motor servo, dan load cell bekerja sesuai dengan tujuan awal, yaitu mendeteksi biji kopi berdasarkan warna yang diidentifikasi oleh sensor.

Kelebihan Sistem:

1. Sistem mampu mendeteksi biji kopi berdasarkan warna dengan cukup akurat, terutama untuk biji kopi merah dan oranye. Hal ini menunjukkan bahwa sensor warna TCS3200, meskipun memiliki beberapa keterbatasan, masih mampu memenuhi kebutuhan dasar sistem.
2. Dengan penggunaan mikrokontroler ESP32 dan komponen otomatis lainnya, sistem ini berhasil mengotomatisasi proses Pendeteksian biji kopi yang sebelumnya dilakukan secara manual. Ini tidak hanya menghemat waktu tetapi juga mengurangi kesalahan manusia.
3. Data dari load cell yang mengukur berat biji kopi setelah Pendeteksian dapat dikirim ke server untuk keperluan monitoring. Ini memungkinkan pengguna untuk memantau proses secara real-time dan memastikan efisiensi operasional.

Kekurangan Sistem:

1. Sensor warna TCS3200 menunjukkan beberapa kelemahan dalam hal akurasi dan kecepatan deteksi. Beberapa kesalahan dalam Pendeteksian biji kopi, terutama untuk warna yang tidak jelas seperti hijau, menyoroti keterbatasan sensor ini.
2. Kinerja sensor warna dapat dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan dan lingkungan sekitar, yang dapat menyebabkan

variabilitas dalam hasil deteksi. Interferensi dari lingkungan dapat mempengaruhi keakuratan pembacaan sensor.

3. Sistem ini saat ini hanya dapat memproses biji kopi dalam jumlah kecil pada satu waktu. Untuk aplikasi skala industri, sistem ini memerlukan peningkatan kapasitas dan kecepatan.

Secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan potensi yang baik untuk diimplementasikan dalam skala lebih besar, dengan beberapa perbaikan pada komponen sensor dan peningkatan stabilitas sistem. Rekomendasi perbaikan termasuk peningkatan spesifikasi sensor warna, optimalisasi algoritma pemrosesan, dan penyesuaian lingkungan pengujian untuk meminimalkan interferensi. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi yang lebih andal dan efisien dalam mendeteksi biji kopi berdasarkan warna.

4.2.4 Rekomendasi

Optimasi Sensor Warna:

Disarankan untuk melakukan kalibrasi ulang sensor warna secara berkala dan mempertimbangkan penggunaan sensor dengan spesifikasi lebih tinggi.

Perbaikan Algoritma Pemrosesan:

Algoritma pemrosesan data sensor perlu dioptimalkan untuk mempercepat respons dan meningkatkan akurasi.

Peningkatan Infrastruktur:

Memperbaiki lingkungan pengujian untuk mengurangi interferensi yang dapat mempengaruhi kinerja sensor.

Dengan mengikuti rekomendasi ini, diharapkan sistem deteksi biji kopi dapat beroperasi lebih efisien dan memberikan hasil yang lebih konsisten dan akurat.