

ALAT PENSORTIR KUALITAS BIJI KOPI BERDASARKAN UKURAN DAN WARNA

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh:

Alex Zandiyanto NIM: 1052103
Mahrijal NIM: 1052147

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

ALAT PENSORTIR KUALITAS BIJI KOPI BERDASARKAN UKURAN DAN WARNA

Oleh:

Alex Zandiyanto /1052103
Mahrijal /1052147

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Pembimbing 1

Pembimbing 2

(Irwan , S.ST., M.Sc., Ph.D.)

(Priestiani ,S.P., M.P.)

Pengujii 1

Pengujii 2

(Ocsirendi, S.ST., M.T.)

(Yus Dwi Yanti, S.P , M.Si.)

i

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa 1: Alex Zandiyanto

NIM:1052103

Nama Mahasiswa 2: Mahrijal

NIM:1052147

Dengan Judul : Alat Pensortir Kualitas Biji Kopi Berdasarkan Ukuran Dan Warna

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 04 Juni 2025

Nama Mahasiswa

1. Alex Zandiyanto
2. Mahrijal

Tanda Tangan


.....

.....

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya laporan proyek akhir berjudul “Alat Pensortir Kualitas Biji Kopi Berdasarkan Ukuran dan Warna” dapat diselesaikan dengan baik. Laporan ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi D4 Teknik Elektronika, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Latar belakang penyusunan proyek ini adalah tantangan nyata yang dihadapi petani kopi di Bangka Belitung, di mana proses penyortiran biji kopi masih dilakukan secara manual dan kurang efisien. Penyortiran manual memerlukan waktu, tenaga, serta sangat bergantung pada ketelitian manusia, sehingga hasil sortir sering kali kurang konsisten, terutama untuk kebutuhan produksi menengah ke atas. Melalui proyek ini, kami merancang alat sortir otomatis yang mengombinasikan dua metode utama:

Penyortiran ukuran secara mekanik menggunakan tray berlubang dan sistem getar dengan dinamo, Penyortiran warna menggunakan sensor TCS34725 dan Arduino Mega, sebagaimana telah direkomendasikan dan terbukti akurat dalam berbagai penelitian terbaru. Harapan kami, alat ini bisa menjadi inovasi sederhana namun tepat guna bagi UMKM maupun kelompok tani kopi di Bangka Belitung, meningkatkan efisiensi sortir, mengurangi beban kerja manual, dan menghasilkan produk kopi yang lebih seragam kualitasnya. Kami sadar laporan ini masih jauh dari sempurna, sehingga terbuka terhadap kritik maupun saran demi perbaikan ke depan.

Akhir kata, kami ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama penggerjaan proyek ini.

Sungailiat, 04 Juni 2025

Penulis

ABSTRAK

Proses penyortiran biji kopi secara manual masih membutuhkan waktu yang lama dan menghasilkan kualitas sortir yang kurang konsisten. Proyek akhir ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan menguji sebuah alat sortir biji kopi otomatis yang mampu memisahkan biji kopi berdasarkan ukuran dan warna. Alat yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pengendali utama, sensor warna sebagai pendekripsi tingkat kematangan, motor stepper sebagai penggerak konveyor, motor servo sebagai mekanisme pemilah, serta load cell sebagai penentu berat hasil sortir. Tahapan pelaksanaan proyek akhir meliputi perancangan sistem mekanik dan elektronik, pembuatan perangkat lunak kendali, perakitan alat, serta pengujian fungsi dan kinerja sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat melakukan proses penyortiran biji kopi secara otomatis sesuai dengan kriteria ukuran dan warna yang telah ditetapkan serta mampu menghentikan proses setelah mencapai berat target. Dengan demikian, alat sortir biji kopi otomatis yang dibuat dapat meningkatkan efisiensi proses sortasi dan membantu menghasilkan mutu biji kopi yang lebih seragam.

Kata kunci: proyek akhir, sortir biji kopi, Arduino Mega 2560, sensor warna, motor stepper, load cell

ABSTRACT

The manual sorting process of coffee beans requires a relatively long time and often produces inconsistent sorting quality. This final project aims to design, manufacture, and test an automatic coffee bean sorting machine capable of separating coffee beans based on size and color. The developed system uses an Arduino Mega 2560 microcontroller as the main controller, a color sensor to detect the maturity level of the beans, a stepper motor to drive the conveyor, a servo motor as the sorting actuator, and a load cell to determine the final weight of the sorted beans. The stages of this final project include mechanical and electronic system design, control software development, system assembly, and functional and performance testing. The test results show that the machine is able to automatically sort coffee beans according to the predetermined size and color criteria and stop operating after reaching the target weight. Therefore, the developed automatic coffee bean sorting machine can improve sorting efficiency and help produce more uniform coffee bean quality.

Keywords: final project, coffee bean sorting, Arduino Mega 2560, color sensor, stepper motor, load cell.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Proyek Akhir.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Sortasi Biji Kopi	4
2.1.1 Pengertian Sortasi Biji Kopi.....	4
2.1.2 Standar Mutu Sortasi Biji Kopi	5
2.1.3 Sortasi Pascapanen.....	6
2.2 Teknologi Sortasi Otomatis.....	6
2.2.1 Pengertian dan Prinsip Dasar Sortasi Otomatis	6
2.2.2 Perkembangan Sistem Sortasi Otomatis Berbasis Mikrokontroler	7

2.2.3 Komponen Utama dalam Sistem Sortasi Otomatis	8
2.2.4 Implementasi Sortasi Otomatis dalam Pertanian.....	9
2.2.5 Tantangan dan Pengembangan ke Depan	10
2.3 Komponen Utama Sistem Sortasi Biji Kopi Otomatis	10
2.3.1 Arduino Mega 2560	11
2.3.2 Sensor Warna TCS34725	12
2.3.3 Load Cell dan Modul HX711	13
2.3.4 Motor Servo.....	13
2.3.5 Motor Stepper NEMA 17 dan Driver DRV8825.....	14
2.3.6 Modul Step Down XL4015	14
2.3.7 UBEC 5V 3A dan Power Supply 12V 5A	15
2.3.8 Multiplexer I2C TCA9548A	15
2.3.9 Integrasi Sistem dan Alur Kerja	16
BAB III METODE PELAKSANAAN	17
3.1 Diagram Alir Metodologi.....	17
3.2 Variabel Penelitian.....	18
3.3 Konsep Dasar Sistem	19
3.4 Rancangan Desain Proyek.....	20
3.5 Teknik Pengumpulan Data	21
3.6 Blok Diagram	21
3.7 Tahap Pelaksanaan.....	22
3.8 Teknik Analisis Data.....	22
BAB IV PEMBAHASAN	24
4.1 Analisis Hasil Perakitan dan Konstruksi Fisik	24
4.1.1 Alat Sortir Ukuran (Mekanik)	24

4.1.2 Hasil Uji Coba dan Evaluasi	25
4.1.3 Analisis Efisiensi dan Evaluasi Kinerja	27
4.2 Analisis dan Pengujian Alat Sortir Warna	28
4.2.1 Struktur dan Sistem Kerja	28
4.4.2 Hasil Kalibrasi dan Uji Sensor Warna	29
4.4.3 Kalibrasi Sensor Berat HX711	30
4.4.4 Pengujian Motor Servo dan Stepper	31
4.4.5 Evaluasi Akurasi dan Efisiensi Sistem	31
4.4.6 Kelebihan dan Kekurangan Sistem.....	32
4.4.7 Kesimpulan Pengujian Alat Sortir Warna	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	37
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	38
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 3. 2 Blok Diagram 21

Gambar 4. 1 Alat sortir ukuran
Gambar 4. 2 Alat sortir warna



DAFTAR TABEL

- Tabel 4. 3 Hasil sortir ukuran **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 4. 4 Nilai RGB Biji jelek **Error! Bookmark not defined.**



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2: Daftar Riwayat Hidup



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan berperan penting dalam perekonomian nasional. Indonesia menempati posisi sebagai salah satu produsen kopi terbesar di dunia, dengan berbagai jenis kopi berkualitas seperti Arabika, Robusta, dan Liberika yang menjadi komoditas eksport utama. Namun, salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh petani dan pelaku usaha kecil menengah (UKM) kopi adalah proses penyortiran biji kopi pascapanen yang masih dilakukan secara manual dan membutuhkan waktu serta ketelitian tinggi (Mawardi, 2020).

Proses penyortiran manual umumnya dilakukan dengan pengamatan visual terhadap ukuran dan warna biji kopi. Metode ini sangat bergantung pada kemampuan dan pengalaman tenaga kerja manusia, sehingga hasilnya sering kali tidak konsisten dan sulit memenuhi standar mutu industri (Nurcahya, 2021). Biji kopi yang tidak disortir dengan baik dapat menyebabkan penurunan kualitas cita rasa saat proses sangrai dan menurunkan nilai jual produk di pasar (Fakhruddin, 2021).

Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai penelitian telah dikembangkan untuk mengotomatisasi proses sortasi biji kopi. Rusdlatma (2020) merancang alat sortasi sederhana berbasis Quality Function Deployment (QFD) untuk UKM Kopi Beloe yang berhasil meningkatkan efisiensi kerja sebesar 30%. Sementara itu, Fakhruddin (2021) membangun sistem sortasi otomatis berbasis kamera dan motor servo yang mampu mendekripsi bentuk dan kematangan biji kopi dengan akurasi tinggi. Penelitian lain oleh Nurcahya (2021) menggunakan metode image processing berbasis Arduino untuk mengenali warna biji kopi dengan hasil yang cukup baik, meskipun membutuhkan perangkat kamera dan komputasi tinggi.

Penerapan sistem sortir otomatis berbasis mikrokontroler menjadi solusi efektif bagi pelaku industri kecil karena lebih murah, mudah dioperasikan, dan memiliki akurasi cukup tinggi (Pertiwi, 2024). Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah sensor warna TCS34725 yang mampu membaca komposisi warna RGB secara presisi serta mendeteksi perbedaan kecil pada tingkat kecerahan warna biji kopi (Taufiqurohman, 2025). Sensor ini sering dikombinasikan dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem otomatis.

Mawardi dan Santoso (2020) menegaskan bahwa penerapan mesin sortasi kopi mampu meningkatkan efisiensi produksi hingga 40%, terutama pada skala industri menengah ke atas. Sementara penelitian oleh Sudirman dan Putra (2023) menggunakan metode Taguchi dalam proses optimasi sortasi biji kopi dan membuktikan bahwa pengaturan parameter mekanik yang tepat dapat menurunkan tingkat cacat hasil sortir secara signifikan.

Melihat berbagai penelitian tersebut, proyek ini mengembangkan alat sortir biji kopi otomatis berbasis Arduino Mega 2560 yang mampu memisahkan biji berdasarkan ukuran dan warna. Proses sortir ukuran dilakukan secara mekanik dengan sistem getar dan tray berlubang, sedangkan sortir warna menggunakan sensor TCS34725 yang terintegrasi dengan motor servo, motor stepper, dan sensor berat HX711. Sistem ini dirancang agar mampu bekerja secara otomatis, efisien, serta mudah dioperasikan oleh petani atau pelaku UMKM kopi di wilayah Bangka Belitung.

Dengan adanya inovasi ini, diharapkan proses penyortiran biji kopi dapat berjalan lebih cepat, mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia, dan menghasilkan mutu produk yang seragam sesuai standar industri. Selain itu, penerapan alat ini juga sejalan dengan konsep teknologi tepat guna dalam mendukung efisiensi pascapanen komoditas kopi nasional (Wibowo, 2024).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, permasalahan yang diangkat dalam proyek akhir ini adalah:

- a. Bagaimana merancang alat sortir ukuran biji kopi yang mampu memisahkan biji berdasarkan dimensi secara efektif menggunakan sistem getar mekanik dan tray berlubang?
- b. Bagaimana mengembangkan alat sortir warna otomatis yang dapat mendeteksi dan mengklasifikasikan warna biji kopi secara akurat menggunakan sensor TCS34725 berbasis Arduino Mega 2560?
- c. Bagaimana mengintegrasikan sistem sortir ukuran dan warna agar dapat bekerja secara otomatis, efisien, dan stabil dengan tingkat kesalahan minimal?

1.3 Tujuan Proyek Akhir

Tujuan proyek akhir ini adalah merancang dan membangun alat penyortir biji kopi otomatis berbasis Arduino Mega 2560 yang mampu memilah biji berdasarkan ukuran dan warna secara cepat dan akurat. Secara khusus, tujuan penelitian ini meliputi:

1. Merancang sistem sortir ukuran biji kopi dengan mekanisme getar untuk memisahkan biji berdasarkan dimensi fisik.
2. Mengembangkan sistem sortir warna menggunakan sensor TCS34725 untuk mengidentifikasi warna biji kopi dengan akurasi tinggi.
3. Mengintegrasikan kedua sistem dalam satu alat otomatis dengan pengendalian berbasis Arduino Mega 2560 serta sensor berat HX711 sebagai penghenti otomatis.
4. Meningkatkan efisiensi dan konsistensi mutu hasil sortir biji kopi guna mendukung peningkatan kualitas produk petani kopi lokal.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sortasi Biji Kopi

2.1.1 Pengertian Sortasi Biji Kopi

Sortasi biji kopi merupakan salah satu tahapan penting dalam proses pascapanen yang bertujuan untuk memisahkan biji berdasarkan karakteristik fisik seperti ukuran, warna, bentuk, dan tingkat kematangan. Proses ini berperan penting dalam menentukan mutu akhir produk karena memengaruhi cita rasa, aroma, dan nilai jual kopi di pasar (Mawardi, 2020). Menurut Fakhruddin (2021), sortasi yang dilakukan secara tepat dapat meningkatkan nilai ekonomi produk kopi hingga 20% karena hanya biji dengan kualitas baik yang diteruskan ke tahap pengolahan berikutnya.

Pada umumnya, proses sortasi dilakukan dengan dua cara, yaitu sortasi manual dan sortasi otomatis. Sortasi manual dilakukan dengan bantuan tenaga manusia yang mengandalkan pengamatan visual dan pengalaman. Meskipun masih banyak digunakan oleh petani tradisional, metode ini memiliki kelemahan berupa ketidakkonsistenan hasil, kecepatan rendah, dan ketergantungan tinggi pada kondisi fisik pekerja (Rusdiatma, 2020).

Sebaliknya, sortasi otomatis memanfaatkan teknologi sensor dan sistem kendali berbasis mikrokontroler untuk mendeteksi perbedaan warna, ukuran, atau bentuk biji kopi secara real-time. Dengan sistem otomatis, penyortiran dapat dilakukan dengan kecepatan tinggi, hasil yang konsisten, serta mengurangi keterlibatan manusia (Nurcahya, 2021). Sistem otomatis ini sejalan dengan konsep smart agriculture yang kini menjadi arah pengembangan teknologi pascapanen di sektor pertanian modern (Wibowo, 2024).

2.1.2 Standar Mutu Sortasi Biji Kopi

Penentuan mutu biji kopi mengacu pada parameter yang telah ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2907-2008) tentang biji kopi. Standar ini menilai kualitas berdasarkan empat faktor utama, yaitu ukuran biji, warna, kadar air, dan cacat fisik. Ukuran biji kopi diukur menggunakan ayakan (*screen size*), dengan kategori umum sebagai berikut:

- a. Biji besar (large): >7,5 mm (screen no. 19–20)
- b. Biji sedang (medium): 6,5–7,5 mm (screen no. 17–18)
- c. Biji kecil (small): <6,5 mm (screen no. 15 ke bawah)

Ukuran biji yang seragam berpengaruh besar terhadap hasil pemanggangan (roasting). Bila ukuran biji tidak seragam, panas yang diterima tiap biji berbeda, sehingga cita rasa kopi menjadi tidak konsisten (Pertiwi, 2024). Oleh karena itu, sistem sortir otomatis dirancang agar mampu memisahkan biji berdasarkan ukuran secara akurat dengan menggunakan mekanisme getar dan tray berlubang.

Warna biji kopi menjadi indikator penting dalam menentukan tingkat kematangan dan kualitas biji. Menurut Fakhruddin (2021), biji kopi berkualitas tinggi biasanya memiliki warna coklat kehitaman merata, sedangkan biji berwarna pucat atau memiliki bercak hitam menandakan adanya cacat akibat fermentasi atau pengeringan yang tidak optimal. Sensor warna seperti TCS34725 dapat mendekripsi perbedaan nilai RGB biji kopi secara akurat dengan tingkat kesalahan di bawah 5% (Taufiqurohman, 2025).

Selain ukuran dan warna, kadar air juga menjadi faktor penting dalam sortasi biji kopi. Kandungan air ideal pada biji kopi kering berada pada kisaran 10–12%. Jika kadar air melebihi 13%, biji menjadi rentan terhadap jamur dan penurunan mutu cita rasa (Mawardi & Santoso, 2020). Tahapan pengeringan yang tepat sebelum proses sortasi diperlukan untuk memastikan bahwa parameter fisik yang dibaca sensor sesuai kondisi ideal.

2.1.3 Sortasi Pascapanen

Metode sortasi biji kopi terbagi menjadi tiga pendekatan utama, yaitu sortasi mekanik, sortasi optik, dan sortasi berbasis citra (*image processing*). Sortasi mekanik dilakukan menggunakan saringan atau mekanisme getar (*vibrating sieve*) untuk memisahkan biji berdasarkan ukuran. Penelitian oleh Rusdlatma (2020) menunjukkan bahwa metode mekanik mampu meningkatkan produktivitas penyortiran hingga 35% dibanding cara manual. Namun, metode ini hanya efektif untuk parameter ukuran, bukan warna atau bentuk.

Sortasi optik menggunakan sensor warna untuk mengidentifikasi perbedaan warna permukaan biji. Sensor optik seperti TCS34725 bekerja dengan memancarkan cahaya dan menganalisis pantulan yang diterima untuk menghitung nilai RGB. Penelitian oleh Taufiqurohman (2025) membuktikan bahwa sistem berbasis sensor optik dan Arduino mampu memisahkan biji kopi berdasarkan warna dengan akurasi 92–96%.

Sortasi Berbasis Pengolahan Citra (Image Processing). Pendekatan ini menggunakan kamera untuk mengambil gambar biji kopi, kemudian menganalisisnya dengan algoritma tertentu. Nurcahya (2021) mengembangkan sistem sortasi berbasis *image processing* menggunakan Arduino yang mampu membedakan biji baik dan cacat dengan ketelitian 90%. Namun, metode ini membutuhkan sumber daya komputasi lebih tinggi dibandingkan sistem sensor warna sederhana.

2.2 Teknologi Sortasi Otomatis

2.2.1 Pengertian dan Prinsip Dasar Sortasi Otomatis

Teknologi sortasi otomatis merupakan sistem pemilahan objek berdasarkan karakteristik tertentu seperti warna, ukuran, bentuk, atau berat dengan bantuan sensor dan aktuator yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Sistem ini dikembangkan untuk menggantikan metode sortasi manual yang umumnya masih bergantung pada pengamatan manusia dan memiliki tingkat subjektivitas tinggi (Mawardi, 2020).

Menurut Pertiwi (2024), prinsip dasar sortasi otomatis mencakup tiga tahap utama, yaitu:

1. Deteksi karakteristik objek – dilakukan oleh sensor yang sesuai dengan parameter yang ingin dibedakan, seperti sensor warna TCS34725 untuk deteksi tingkat warna biji kopi, atau load cell HX711 untuk mendeteksi berat hasil sortir.
2. Pemrosesan data sensor – dilakukan oleh mikrokontroler seperti Arduino Mega 2560 yang berfungsi menganalisis hasil pembacaan sensor dan menentukan kategori hasil sortir berdasarkan ambang nilai tertentu.
3. Eksekusi pemisahan objek – dilakukan oleh aktuator, seperti motor servo yang mengarahkan biji ke wadah sesuai kategori warna, serta motor stepper yang menggerakkan konveyor secara teratur.

Sistem otomatis memiliki keunggulan dibandingkan metode manual, antara lain kecepatan pemrosesan yang lebih tinggi, hasil sortir yang konsisten, serta kemampuan beroperasi tanpa pengawasan manusia secara terus-menerus (Fakhruddin, 2021). Selain itu, sistem ini dapat dikalibrasi ulang sesuai standar mutu tertentu, sehingga hasil pemilihan lebih objektif dan efisien.

Dalam konteks pertanian modern, teknologi sortasi otomatis termasuk ke dalam smart post-harvest system — yaitu penerapan sistem sensorik dan kendali elektronik cerdas untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kecepatan dalam proses pascapanen (Mawardi & Santoso, 2020).

2.2.2 Perkembangan Sistem Sortasi Otomatis Berbasis Mikrokontroler

Perkembangan mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, dan Raspberry Pi membuka peluang besar dalam pengembangan sistem sortir otomatis yang ekonomis dan efisien. Arduino Mega 2560, misalnya, telah banyak digunakan karena memiliki jumlah pin I/O yang banyak, kemampuan komunikasi I²C, serta mudah diprogram (Fakhruddin, 2021).

Penelitian oleh Nurcahya (2021) mengembangkan sistem sortasi biji kopi menggunakan metode image processing berbasis Arduino. Sistem tersebut mampu mengenali warna biji kopi dengan akurasi hingga 90%, namun membutuhkan kamera dan sumber cahaya yang stabil agar hasil tetap konsisten. Fakhruddin (2021)

mengembangkan sistem serupa berbasis kamera dan motor servo dengan akurasi hingga 93%, namun sistem ini memiliki kompleksitas perangkat keras yang cukup tinggi.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, Taufiqurohman (2025) dan Pertiwi (2024) mengusulkan penggunaan sensor warna TCS34725 sebagai solusi yang lebih sederhana namun tetap akurat, terutama untuk aplikasi industri kecil dan menengah seperti penyortiran biji kopi. Sensor ini memiliki kemampuan membaca nilai RGB dengan sensitivitas tinggi dan tahan terhadap variasi pencahayaan.

Sementara itu, Sudirman dan Putra (2023) menerapkan metode Taguchi untuk optimasi proses sortasi otomatis berbasis mikrokontroler, dengan hasil peningkatan efisiensi hingga 45% dibanding sistem konvensional. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknologi sortasi otomatis berbasis Arduino merupakan solusi tepat guna yang efektif untuk meningkatkan mutu produk pertanian, khususnya biji kopi.

2.2.3 Komponen Utama dalam Sistem Sortasi Otomatis

Sebuah sistem sortasi otomatis terdiri dari tiga komponen utama, yaitu sensor, unit pengolah data, dan aktuator.

Sensor berfungsi sebagai alat deteksi karakteristik fisik dari objek. Dalam penelitian ini digunakan sensor warna TCS34725 yang dapat membaca komposisi warna RGB dari permukaan biji kopi secara presisi. Sensor ini memiliki *integrated IR filter* yang menjaga kestabilan hasil pengukuran meskipun terdapat variasi intensitas cahaya (Pertiwi, 2024). Selain itu, sistem dilengkapi dengan load cell HX711 yang berfungsi menimbang berat hasil sortir untuk mengendalikan batas berhenti otomatis (Taufiqurohman, 2025).

Arduino Mega 2560 digunakan sebagai pusat kendali sistem karena memiliki kemampuan multitasking dan mendukung komunikasi dengan beberapa sensor secara bersamaan. Mikrokontroler ini mampu memproses data dari sensor TCS34725 dan HX711, kemudian mengeluarkan sinyal kendali untuk aktuator seperti motor stepper dan servo (Fakhruddin, 2021).

Aktuator berupa motor stepper digunakan untuk menggerakkan konveyor yang membawa biji kopi melewati area sensor warna, sedangkan motor servo berfungsi

sebagai pengarah biji kopi ke wadah yang sesuai kategori hasil sortir. Motor stepper dikontrol menggunakan driver DRV8825, sementara motor servo dikendalikan menggunakan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) dari Arduino Mega (Sudirman & Putra, 2023). Ketiga komponen ini bekerja secara terintegrasi untuk melakukan proses deteksi, analisis, dan pemindahan biji kopi secara otomatis.

2.2.4 Implementasi Sortasi Otomatis dalam Pertanian

Teknologi sortasi otomatis saat ini telah banyak diterapkan dalam sektor pertanian, terutama untuk komoditas dengan nilai ekonomi tinggi seperti kopi, kakao, dan beras. Sistem ini memanfaatkan sensor optik dan mikrokontroler untuk mendeteksi karakteristik produk secara cepat dan presisi (Mawardi & Santoso, 2020).

Dalam konteks penyortiran biji kopi, penggunaan sistem otomatis memberikan berbagai keunggulan, antara lain:

1. Akurasi tinggi dalam mendeteksi warna dan ukuran biji.
2. Proses kerja kontinu tanpa perlu intervensi manusia secara langsung.
3. Efisiensi waktu, di mana proses penyortiran dapat berlangsung hingga 60% lebih cepat dibanding metode manual (Pertiwi, 2024).
4. Peningkatan mutu produk, karena biji kopi tersortir dengan standar warna dan ukuran yang seragam (Mawardi, 2020).

Menurut Taufiqurohman (2025), penerapan load cell dalam sistem otomatis juga memberikan keuntungan tambahan berupa penghentian proses secara otomatis setelah berat tertentu tercapai. Dengan demikian, sistem ini mampu menghemat energi dan meminimalkan risiko kelebihan muatan.

Penelitian oleh Rusdiantma (2020) menunjukkan bahwa penerapan sistem sortasi mekanik sederhana mampu meningkatkan efisiensi kerja petani kopi sebesar 30%. Ketika sistem tersebut dikombinasikan dengan sensor dan kendali otomatis, hasil efisiensinya meningkat lebih dari 50%. Hal ini membuktikan bahwa sistem sortir otomatis tidak hanya mendukung peningkatan produktivitas, tetapi juga memperkuat ketahanan ekonomi pelaku UMKM kopi lokal.

2.2.5 Tantangan dan Pengembangan ke Depan

Walaupun teknologi sortasi otomatis telah memberikan banyak manfaat, penerapannya masih menghadapi beberapa tantangan. Salah satunya adalah sensitivitas sensor terhadap perubahan intensitas cahaya dan kondisi lingkungan. Sensor warna TCS34725 misalnya, membutuhkan pencahayaan yang stabil agar hasil pembacaan tidak mengalami deviasi signifikan (Pertiwi, 2024).

Selain itu, proses kalibrasi sensor memerlukan perhatian khusus agar sistem dapat membaca nilai RGB secara akurat untuk setiap jenis biji kopi yang berbeda. Sinkronisasi antara sistem mekanik dan elektronik juga menjadi faktor penting agar laju konveyor, waktu deteksi sensor, dan gerakan servo dapat bekerja secara selaras (Mawardi & Santoso, 2020).

Sudirman dan Putra (2023) menekankan pentingnya pengaturan parameter mekanik seperti kecepatan konveyor, sudut kemiringan, dan waktu respon servo untuk mencapai hasil sortir optimal. Di sisi lain, Taufiqurohman (2025) menyarankan pengembangan sistem berbasis data sensor yang terintegrasi dengan machine learning sederhana untuk meningkatkan kemampuan klasifikasi warna tanpa menambah kompleksitas perangkat keras.

Ke depan, penelitian diarahkan pada integrasi teknologi Internet of Things (IoT) untuk memungkinkan pemantauan dan pengendalian alat secara jarak jauh. Fakhruddin (2021) bahkan telah mengimplementasikan sistem berbasis IoT untuk pemantauan proses sortasi melalui jaringan nirkabel, yang berpotensi diterapkan lebih luas di sektor pertanian digital.

Dengan demikian, pengembangan sistem sortasi otomatis biji kopi berbasis Arduino Mega 2560, sensor TCS34725, dan load cell HX711 merupakan langkah konkret menuju penerapan teknologi tepat guna yang efisien, akurat, dan berkelanjutan dalam mendukung produktivitas pascapanen kopi di Indonesia.

2.3 Komponen Utama Sistem Sortasi Biji Kopi Otomatis

Sistem sortir biji kopi otomatis merupakan integrasi antara perangkat elektronik dan mekanik yang bekerja secara sinergis untuk melakukan pemilahan biji kopi

berdasarkan warna dan ukuran. Komponen utama sistem ini terdiri atas mikrokontroler Arduino Mega 2560, sensor warna TCS34725, modul load cell HX711, motor stepper dan motor servo, serta beberapa modul pendukung seperti XL4015, TCA9548A, dan UBEC 5V 3A.

2.3.1 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan unit kendali utama (mikrokontroler) berbasis ATmega2560 yang berperan sebagai pusat pemrosesan dan pengendali seluruh komponen sistem sortasi otomatis. Mikrokontroler ini memiliki 54 pin digital I/O (termasuk 15 pin PWM), 16 pin analog input, memori flash sebesar 256 KB, serta kecepatan clock 16 MHz yang memungkinkan pemrosesan sinyal secara cepat dan simultan (Mawardi, 2020).

Arduino Mega digunakan karena memiliki kapasitas input/output lebih besar dibandingkan Arduino Uno, sehingga mampu menangani multi-sensor dan multi-aktuator seperti sensor warna, sensor berat, motor servo, dan motor stepper secara bersamaan (Fakhruddin, 2021). Mikrokontroler ini juga mendukung komunikasi I²C, SPI, dan UART, yang menjadikannya fleksibel untuk integrasi dengan berbagai modul eksternal seperti TCS34725, HX711, dan Multiplexer TCA9548A.

Menurut Fakhruddin (2021), Arduino Mega memiliki tingkat ketabilan tinggi terhadap fluktuasi tegangan serta mampu mempertahankan sinkronisasi antar-sensor dengan deviasi waktu di bawah 10 ms. Hal ini penting dalam sistem sortir biji kopi, karena pembacaan warna dan berat harus terjadi dalam waktu yang tepat agar biji kopi tidak salah terklasifikasi. Selain itu, platform ini bersifat open source, sehingga memudahkan pengembangan perangkat lunak menggunakan bahasa C/C++ di lingkungan Arduino IDE.

Secara fungsional, Arduino Mega bertanggung jawab terhadap:

1. Pembacaan data sensor warna dan berat secara real-time.
2. Pemrosesan dan pengambilan keputusan klasifikasi berdasarkan nilai RGB dan batas berat.
3. Pengendalian motor servo dan motor stepper melalui sinyal PWM dan step pulse.

4. Komunikasi antar modul melalui protokol I²C dan serial.

Dengan kemampuan tersebut, Arduino Mega menjadi komponen utama dalam mewujudkan sistem sortasi otomatis yang presisi, stabil, dan efisien.

2.3.2 Sensor Warna TCS34725

Sensor warna TCS34725 merupakan sensor optik berbasis RGB color sensing yang digunakan untuk mendeteksi warna permukaan biji kopi. Sensor ini mampu membaca intensitas cahaya merah (Red), hijau (Green), dan biru (Blue), serta menghasilkan nilai RGB dalam bentuk digital yang dapat diolah oleh mikrokontroler (Pertiwi, 2024).

Sensor ini dilengkapi dengan IR blocking filter yang berfungsi menyaring cahaya inframerah, sehingga hasil pembacaan tidak terganggu oleh perubahan intensitas cahaya sekitar. TCS34725 juga memiliki white LED on-board sebagai sumber pencahayaan konstan untuk memastikan pembacaan tetap stabil meskipun kondisi lingkungan berubah (Taufiqurohman, 2025).

Menurut Fakhruddin (2021), sensor ini mampu mendeteksi perbedaan warna sekecil $\Delta\text{RGB} < 3\%$ dengan tingkat akurasi di atas 95% pada pencahayaan konstan. Sensor ini beroperasi dengan tegangan 3,3–5 V DC dan berkomunikasi menggunakan protokol I²C, yang terhubung langsung ke pin SDA dan SCL Arduino Mega.

Cara kerja sensor ini diawali dengan pengambilan data pantulan cahaya dari permukaan biji kopi. Cahaya yang diterima oleh photodiode array diubah menjadi sinyal digital oleh 16-bit ADC internal. Data RGB tersebut kemudian dikirim ke Arduino Mega untuk dianalisis dan dibandingkan dengan ambang batas warna (threshold) yang telah diprogram untuk menentukan kategori warna biji kopi, seperti “baik” (coklat tua) atau “cacat” (pucat/hitam).

Penelitian oleh Pertiwi (2024) menunjukkan bahwa kombinasi sensor TCS34725 dan Arduino Mega 2560 mampu meningkatkan efisiensi penyortiran hingga 40% dibandingkan sistem manual. Oleh karena itu, sensor ini menjadi pilihan tepat untuk sistem sortir warna berbasis mikrokontroler pada industri kecil menengah.

2.3.3 Load Cell dan Modul HX711

Load cell berfungsi untuk mengukur berat hasil sortir biji kopi secara otomatis. Prinsip kerjanya berdasarkan efek strain gauge, di mana perubahan tekanan mekanik akibat beban menghasilkan perubahan resistansi listrik. Perubahan resistansi ini kemudian dikonversi menjadi sinyal tegangan yang sangat kecil (mikrovolt) dan diperkuat menggunakan modul HX711 (Taufiqurohman, 2025).

HX711 merupakan 24-bit analog-to-digital converter (ADC) dengan penguatan sinyal internal hingga 128 kali, yang menjadikannya ideal untuk aplikasi pengukuran berat dengan presisi tinggi. Modul ini mampu membaca perubahan berat sekecil 0,1 gram dan mengirimkan data digital ke Arduino Mega melalui dua pin data (DT dan SCK) (Fakhruddin, 2021).

Dalam sistem ini, load cell berfungsi sebagai sensor penentu batas berat maksimum hasil sortiran. Ketika berat hasil telah mencapai nilai yang telah diprogram, Arduino akan mengirim sinyal untuk menghentikan motor stepper dan memutus aliran biji kopi, memastikan berat sesuai target. Penggunaan sensor ini terbukti efektif meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi kelebihan muatan (Taufiqurohman, 2025).

Keunggulan kombinasi Load Cell HX711 adalah sensitivitas tinggi, noise rendah, dan kemudahan kalibrasi. Modul ini bekerja pada tegangan 5 V dan memiliki waktu respon sekitar 10 ms, menjadikannya mampu beroperasi real-time dalam sistem sortir otomatis.

2.3.4 Motor Servo

Motor servo digunakan sebagai aktuator pengarah yang berfungsi memindahkan biji kopi ke wadah hasil sesuai dengan kategori warna. Servo bekerja berdasarkan sistem umpan balik posisi (feedback control), di mana posisi poros servo ditentukan oleh sinyal PWM (Pulse Width Modulation) dari mikrokontroler (Fakhruddin, 2021).

Servo yang digunakan pada sistem ini adalah tipe SG90, dengan spesifikasi sudut rotasi 0–180°, torsi maksimum sekitar 2,5 kg·cm, serta waktu respon sekitar 0,5 detik per 60°. Keunggulan utama motor servo adalah kemampuan geraknya yang presisi,

cepat, dan stabil, sehingga cocok untuk sistem sortir yang memerlukan penentuan posisi akurat pada setiap detik operasi.

Fakhruddin (2021) menyatakan bahwa motor servo mampu memberikan akurasi pemilahan hingga 98% ketika diintegrasikan dengan sensor warna TCS34725. Servo akan menerima sinyal dari Arduino Mega setelah proses klasifikasi warna selesai, lalu menggerakkan tuas pengarah sesuai hasil deteksi (misalnya ke wadah A untuk warna baik dan wadah B untuk warna cacat).

2.3.5 Motor Stepper NEMA 17 dan Driver DRV8825

Motor stepper NEMA 17 digunakan untuk menggerakkan konveyor yang membawa biji kopi menuju area pembacaan sensor warna. Motor ini bekerja dengan prinsip rotasi bertahap (step movement), di mana setiap putaran penuh terdiri atas 200 langkah ($1,8^\circ$ per langkah). Dengan menggunakan driver DRV8825, motor dapat dikonfigurasi hingga mode 1/32 microstep, menghasilkan gerakan yang lebih halus dan presisi (Sudirman & Putra, 2023).

Motor stepper memiliki keunggulan dibanding motor DC biasa karena dapat dikontrol posisinya tanpa memerlukan sistem umpan balik tambahan. Hal ini penting untuk menjaga kestabilan pergerakan konveyor sehingga setiap biji kopi dapat terbaca sensor warna secara akurat.

Menurut Sudirman dan Putra (2023), pengaturan arus pada driver DRV8825 perlu dilakukan secara tepat (bias sekitar 0,7–1 A) agar motor bekerja optimal tanpa mengalami panas berlebih. Dalam sistem ini, motor stepper dikontrol oleh Arduino melalui sinyal STEP dan DIR, yang mengatur arah dan jumlah langkah rotasi konveyor.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan stepper NEMA 17 dalam sistem sortir biji kopi mampu meningkatkan kecepatan transportasi biji hingga 25% tanpa menurunkan akurasi deteksi sensor.

2.3.6 Modul Step Down XL4015

Modul XL4015 adalah konverter DC-to-DC tipe buck converter yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari sumber utama 12 V DC menjadi 5 V DC sesuai

kebutuhan rangkaian sensor dan mikrokontroler. Modul ini memiliki kapasitas arus maksimum 5 A dan efisiensi konversi hingga 95% (Wibowo, 2024).

Keunggulan XL4015 adalah kestabilannya dalam mempertahankan tegangan output meskipun terjadi fluktuasi pada beban motor stepper atau servo. Hal ini penting karena sistem sortir otomatis menggunakan beban dinamis, di mana konsumsi arus berubah-ubah saat motor aktif dan tidak aktif. Modul ini juga dilengkapi potensiometer pengatur tegangan dan dioda pelindung terhadap arus balik yang dapat merusak rangkaian elektronik (Mawardi, 2020).

Dengan menggunakan XL4015, sistem daya pada alat sortir biji kopi menjadi lebih efisien dan aman, terutama ketika digunakan dalam waktu lama.

2.3.7 UBEC 5V 3A dan Power Supply 12V 5A

Sistem sortir otomatis membutuhkan sumber daya yang stabil dan terpisah antara beban tinggi dan sirkuit logika. Oleh karena itu, digunakan Adaptor 12V 5A sebagai sumber utama untuk motor stepper, serta UBEC 5V 3A untuk mensuplai daya ke Arduino, sensor warna, dan modul HX711.

Menurut Taufiqurohman (2025), penggunaan dua jalur daya berbeda dapat mencegah terjadinya gangguan elektromagnetik (electrical noise) akibat arus induksi motor yang dapat menyebabkan pembacaan sensor menjadi tidak stabil. UBEC berfungsi sebagai regulator daya efisien dengan sistem switching regulator, yang menjaga tegangan tetap stabil di 5V dengan fluktuasi maksimum $\pm 0,1\text{V}$.

Sistem pembagian daya seperti ini terbukti mampu memperpanjang umur komponen elektronik hingga 20% karena mengurangi risiko overvoltage pada rangkaian mikrokontroler (Wibowo, 2024).

2.3.8 Multiplexer I²C TCA9548A

Multiplexer TCA9548A digunakan ketika sistem memerlukan lebih dari satu sensor dengan alamat I²C yang sama. Modul ini bekerja dengan prinsip pemilihan kanal (channel selection), yang memungkinkan hingga delapan perangkat I²C dihubungkan ke satu jalur SDA dan SCL tanpa konflik alamat (Pertiwi, 2024).

Modul ini sangat berguna ketika sistem ditingkatkan untuk menambahkan lebih dari satu sensor warna TCS34725 guna mempercepat laju sortir. Arduino Mega akan mengaktifkan kanal tertentu pada TCA9548A menggunakan perintah digital, sehingga hanya satu sensor yang aktif pada satu waktu.

Pertiwi (2024) menjelaskan bahwa penggunaan multiplexer I²C ini dapat meningkatkan skalabilitas sistem tanpa perlu mengubah konfigurasi dasar Arduino. Modul TCA9548A juga dilengkapi pull-up resistor internal untuk menjaga kestabilan sinyal data dan menghindari gangguan komunikasi antar sensor.

2.3.9 Integrasi Sistem dan Alur Kerja

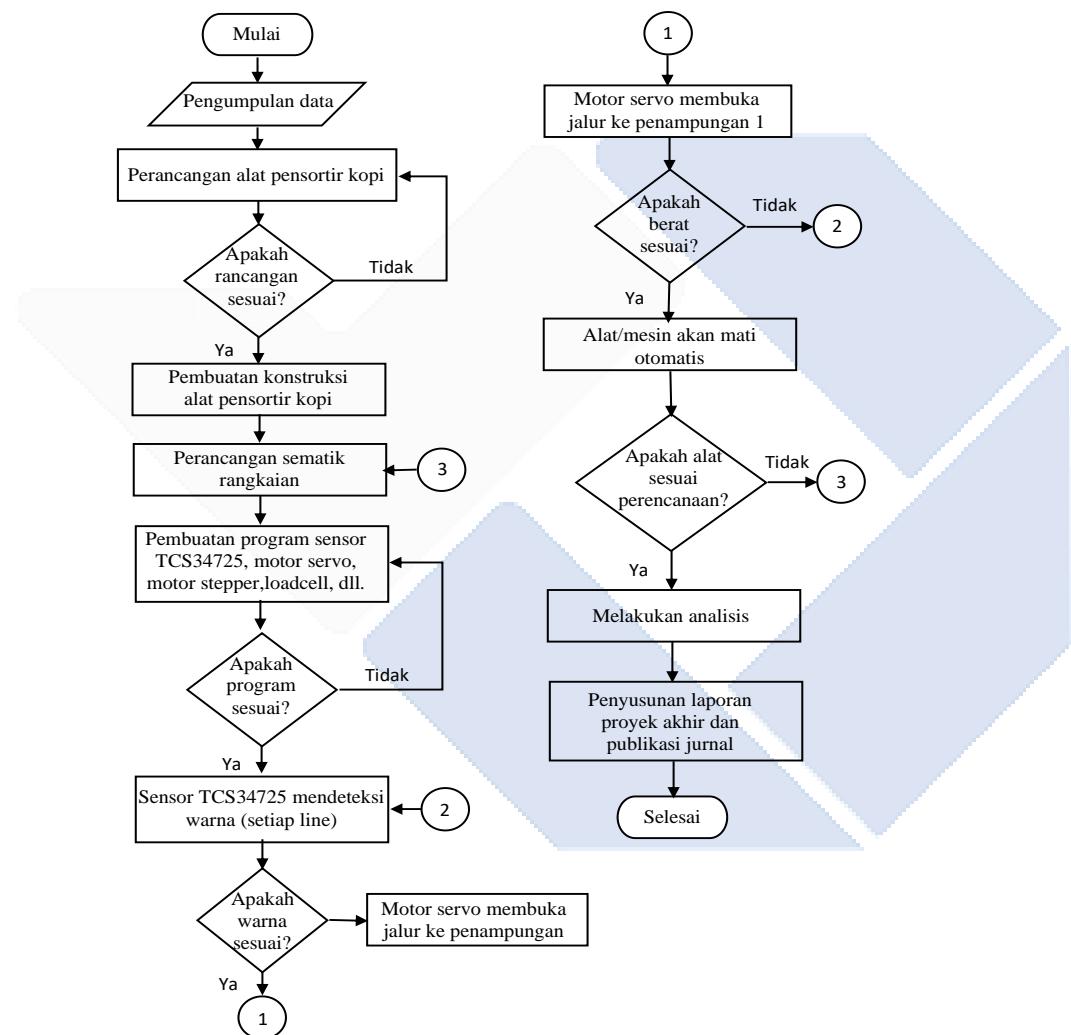
Seluruh komponen pada sistem sortir biji kopi otomatis bekerja secara terintegrasi. Proses diawali dari masuknya biji kopi ke sistem getar mekanik untuk pemisahan ukuran. Setelah itu, biji berukuran seragam dialirkkan ke konveyor yang digerakkan oleh motor stepper. Sensor warna TCS34725 membaca nilai RGB setiap biji kopi yang lewat, dan Arduino Mega mengolah data tersebut untuk menentukan kategori warna. Motor servo kemudian mengarahkan biji ke wadah hasil sesuai klasifikasi, sedangkan sensor berat HX711 mengontrol berat total hasil sortir dan menghentikan sistem bila telah mencapai target yang ditentukan (Mawardi & Santoso, 2020; Taufiqurohman, 2025).

Sistem ini menunjukkan konsep integrasi mekanik dan elektronik dalam satu platform yang mampu bekerja secara otomatis, efisien, dan berkelanjutan. Penelitian sejenis oleh Sudirman dan Putra (2023) juga membuktikan bahwa penerapan sistem kontrol terintegrasi dapat meningkatkan efisiensi proses sortasi hingga 50% dibanding metode manual.

BAB III

METODE PELAKSANAAN

3.1 Diagram Alir Metodologi



Gambar 3. 1 Diagram Alir

Metode pelaksanaan penelitian ini menggunakan pendekatan rancang bangun sistem (engineering design method), yang menggabungkan antara kegiatan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak,

hingga tahap pengujian dan evaluasi kinerja alat. Pendekatan ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menghasilkan dua alat sortir biji kopi otomatis yang bekerja secara berurutan: alat sortir ukuran dan alat sortir warna.

Proses pelaksanaan diawali dengan studi literatur, yaitu pengumpulan informasi dari jurnal, buku, dan penelitian terdahulu terkait sistem sortir otomatis berbasis sensor dan mekanisme vibrasi. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem yang meliputi pembuatan blok diagram, desain mekanik, dan penentuan komponen utama pada masing-masing alat. Setelah rancangan disusun, dilakukan perakitan perangkat keras, yaitu proses penyusunan komponen elektronik dan pembuatan rangka mekanik untuk memastikan kedua sistem dapat bekerja dengan stabil dan terintegrasi.

Tahapan berikutnya adalah perancangan perangkat lunak, di mana program utama dibuat menggunakan bahasa pemrograman C/C++ pada aplikasi Arduino IDE untuk mengatur logika kerja alat sortir warna. Alat sortir ukuran bekerja secara mekanik menggunakan getaran motor untuk memisahkan biji kopi berdasarkan dimensi fisiknya. Setelah kedua alat dirakit, dilakukan pengujian dan kalibrasi untuk memastikan fungsi masing-masing sistem sesuai rancangan. Tahap terakhir yaitu analisis hasil dan evaluasi kinerja, di mana data pengujian dianalisis untuk menilai tingkat akurasi, efisiensi, dan kestabilan kerja kedua alat dalam proses penyortiran biji kopi.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan faktor yang memengaruhi hasil pengujian alat sortir biji kopi otomatis. Dalam penelitian ini, terdapat dua kelompok alat yang memiliki karakteristik variabel berbeda namun saling berhubungan.

Pada alat sortir ukuran, variabel bebas berupa ukuran fisik biji kopi, yang dibedakan menjadi biji berukuran besar dan kecil. Variabel terikat adalah hasil pemisahan biji kopi berdasarkan kategori ukuran tersebut. Faktor yang dikontrol meliputi kecepatan getaran motor, sudut kemiringan ayakan, dan ukuran lubang saringan.

Sementara itu, pada alat sortir warna, variabel bebas adalah warna permukaan biji kopi, sedangkan variabel terikat berupa hasil sortir dua kategori, yaitu biji kopi baik

(warna coklat cerah dan merata) dan biji kopi jelek (warna hitam gelap atau cacat). Variabel kontrol yang dijaga konstan mencakup intensitas pencahayaan LED pada sensor warna, jarak antara sensor dan permukaan biji, serta kecepatan gerak konveyor. Dengan pengendalian variabel ini, kedua alat diharapkan memberikan hasil sortir yang akurat dan konsisten.

3.3 Konsep Dasar Sistem

Sistem sortir biji kopi otomatis ini terdiri dari dua unit utama yang saling terhubung secara bertahap. Unit pertama adalah alat sortir ukuran, sedangkan unit kedua adalah alat sortir warna.

Alat sortir ukuran bekerja berdasarkan prinsip ayakan getar (vibrating sieve). Biji kopi yang dimasukkan ke dalam corong akan turun ke atas saringan yang digerakkan oleh motor getar DC. Saringan memiliki dua tingkat lubang, di mana lubang bagian atas berukuran lebih besar dan bagian bawah berukuran lebih kecil. Biji kopi berukuran besar akan tertahan di ayakan atas, sedangkan biji kecil akan jatuh ke lapisan bawah dan dialirkkan ke wadah hasil. Dengan mekanisme ini, biji kopi dapat dipisahkan berdasarkan ukuran fisiknya sebelum masuk ke tahap sortir warna.

Setelah proses sortir ukuran selesai, biji kopi dialirkkan ke alat sortir warna. Sistem ini bekerja menggunakan sensor warna TCS34725 yang membaca komposisi warna RGB pada setiap biji kopi yang lewat di atas konveyor. Mikrokontroler Arduino Mega 2560 menerima data warna dari sensor dan memprosesnya menggunakan logika pengambilan keputusan berdasarkan nilai ambang batas RGB. Jika warna sesuai kategori “baik”, mikrokontroler memerintahkan motor servo SG90 untuk mengarahkan biji kopi ke wadah biji baik. Jika warna berada di luar batas tersebut, servo akan bergerak ke posisi lain untuk mengarahkan biji ke wadah biji jelek.

Proses sortir warna ini berlangsung secara otomatis selama konveyor berjalan. Setelah sejumlah biji kopi berhasil disortir, sensor berat (load cell HX711) menghitung total berat biji yang telah terkumpul. Jika berat sudah mencapai nilai batas yang telah ditentukan, Arduino akan menghentikan konveyor secara otomatis.

Kedua alat ini memiliki hubungan fungsional di mana hasil sortir ukuran menjadi input bagi sistem sortir warna. Kombinasi keduanya memungkinkan proses penyortiran biji kopi dilakukan secara berurutan, efisien, dan terukur.

3.4 Rancangan Desain Proyek

Desain proyek alat sortir biji kopi terdiri dari dua bagian utama, yaitu rancangan mekanik dan rancangan elektronik.

Bagian mekanik alat sortir ukuran dirancang menggunakan dua lapisan saringan yang dipasang pada rangka aluminium. Saringan atas memiliki diameter lubang lebih besar dibandingkan saringan bawah, dengan jarak antar lubang yang disesuaikan berdasarkan ukuran biji kopi Arabika. Motor getar DC dipasang di bawah rangka untuk menghasilkan gerakan vibrasi yang merata, sehingga biji kopi dapat bergerak dan terpisah sesuai ukuran. Kemiringan saringan diatur sekitar 15–20 derajat agar biji kopi mudah bergerak turun ke wadah hasil.

Bagian mekanik alat sortir warna terdiri dari konveyor belt berbahan karet dengan lebar 8 cm yang digerakkan oleh motor stepper NEMA 17 melalui driver DRV8825. Di atas konveyor terpasang sensor warna TCS34725 dengan jarak 2–3 cm dari permukaan biji. Di ujung konveyor, terdapat tuas pemilah hasil yang digerakkan oleh motor servo SG90, yang berfungsi mengarahkan biji ke wadah hasil sesuai kategori warna.

Rancangan elektronik pada alat sortir ukuran relatif sederhana karena hanya terdiri dari rangkaian catu daya motor DC dan sistem pengatur kecepatan. Sedangkan pada alat sortir warna, rangkaian elektroniknya lebih kompleks. Komponen utamanya terdiri atas Arduino Mega 2560 sebagai pusat kendali, sensor TCS34725 untuk pembacaan warna, modul HX711 dengan load cell untuk penimbangan berat, driver DRV8825 untuk menggerakkan motor stepper, serta power supply 12V 5A, UBEC 5V 3A, dan modul XL4015 untuk mendistribusikan daya ke seluruh sistem.

Rangkaian elektronik diatur sedemikian rupa sehingga jalur daya untuk motor terpisah dari jalur logika sensor agar tidak terjadi gangguan tegangan yang dapat

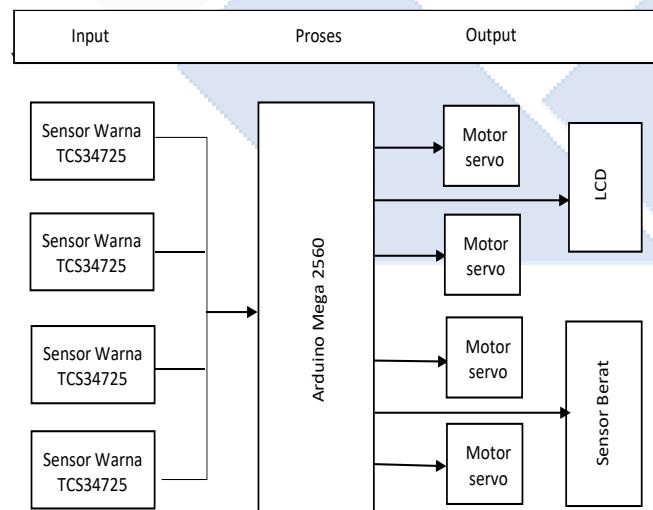
memengaruhi akurasi pembacaan sensor. Sistem ini memastikan alat dapat beroperasi stabil selama proses sortir berlangsung.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan melalui serangkaian pengujian yang dilakukan terhadap kedua alat secara terpisah dan gabungan. Pada alat sortir ukuran, pengujian dilakukan dengan memasukkan biji kopi dengan berbagai ukuran untuk mengetahui tingkat ketepatan pemisahan. Setiap pengujian diulang beberapa kali untuk memperoleh nilai rata-rata hasil sortir besar dan kecil.

Pada alat sortir warna, data dikumpulkan dengan membaca nilai RGB dari sensor TCS34725 pada biji kopi baik dan jelek. Setiap sampel diuji sebanyak sepuluh kali untuk mendapatkan data yang stabil. Selain itu, data berat dari modul HX711 juga dicatat untuk memastikan sistem berhenti otomatis sesuai berat yang ditentukan. Semua hasil pengujian dicatat dalam tabel dan disimpan untuk analisis lebih lanjut guna menilai tingkat akurasi serta kestabilan kerja alat.

3.6 Blok Diagram



Gambar 3. 2 Blok Diagram

Blok diagram keseluruhan sistem menunjukkan hubungan fungsional antara kedua alat sortir. Pada tahap pertama, input berupa biji kopi mentah masuk ke alat sortir

ukuran. Proses dilakukan oleh motor getar dan saringan mekanik untuk memisahkan biji berdasarkan besar kecilnya. Output dari alat ini kemudian menjadi input bagi alat sortir warna.

Pada alat sortir warna, input berasal dari sensor TCS34725 yang membaca nilai RGB setiap biji kopi. Arduino Mega 2560 memproses data tersebut dan memberikan sinyal ke motor servo SG90 untuk menentukan jalur keluaran biji kopi baik atau jelek. Sensor berat HX711 memberikan umpan balik ke mikrokontroler agar sistem dapat menghentikan konveyor secara otomatis ketika berat hasil mencapai batas tertentu.

3.7 Tahap Pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan proyek dimulai dari tahap persiapan, yang meliputi pengumpulan literatur, penentuan spesifikasi alat, dan pemilihan bahan yang akan digunakan. Setelah seluruh komponen tersedia, dilakukan tahap perancangan sistem dengan membuat desain mekanik dan skema elektronik menggunakan perangkat lunak pendukung.

Tahap berikutnya adalah perakitan alat, di mana kedua sistem dibuat secara terpisah. Alat sortir ukuran dirakit terlebih dahulu, diikuti alat sortir warna. Setelah alat selesai, dilakukan tahap pemrograman pada Arduino Mega untuk mengatur logika kerja sensor, motor stepper, dan servo.

Selanjutnya dilakukan tahap pengujian awal, yaitu menguji fungsi masing-masing komponen seperti sensor warna, load cell, dan motor. Setelah semua berfungsi dengan baik, dilakukan tahap kalibrasi untuk menyesuaikan nilai pembacaan sensor dengan kondisi aktual. Tahap terakhir adalah pengujian gabungan antara kedua alat untuk memastikan proses sortir berjalan lancar dari tahap pemisahan ukuran hingga penyortiran warna.

3.8 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil sortir alat terhadap pengamatan manual. Pada alat sortir ukuran, tingkat ketepatan dihitung dari persentase jumlah biji kopi yang berhasil terpisah sesuai ukuran. Pada alat sortir warna, akurasi

dihitung berdasarkan jumlah biji yang dikategorikan benar oleh sensor warna dibandingkan dengan hasil klasifikasi manual.

Rumus yang digunakan untuk menghitung tingkat akurasi dan error adalah:

$$Akurasi (\%) = \left(\frac{Jumlah Biji Benar Tersortir}{jumlah Total Biji yang Diuji} \right) \times 100\%$$

$$Error (\%) = \frac{|X_{alat} - X_{manual}|}{X_{manual}} \times 100\%$$

Selain itu, analisis waktu kerja alat juga dilakukan untuk mengetahui efisiensi proses dibandingkan metode manual. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif untuk memberikan kesimpulan mengenai kinerja gabungan kedua alat dalam melakukan proses sortir biji kopi otomatis berbasis mikrokontroler.

BAB IV

PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan dua sistem alat sortir biji kopi otomatis yang bekerja secara terpisah namun saling terhubung dalam satu rangkaian proses, yaitu alat sortir ukuran dan alat sortir warna. Kedua alat ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan ketepatan dalam proses pemisahan biji kopi mentah berdasarkan parameter fisik yang memengaruhi kualitas hasil sangrai.

4.1 Analisis Hasil Perakitan dan Konstruksi Fisik

4.1.1 Alat Sortir Ukuran (Mekanik)



Gambar 4. 1 Alat sortir ukuran

Alat sortir ukuran biji kopi ini bekerja berdasarkan prinsip mekanik getaran horizontal yang dihasilkan oleh dinamo 2 PK melalui sistem gear, rantai, engkol, dan batang dorong. Mekanisme ini menghasilkan gerakan ritmis pada meja sortir yang berfungsi sebagai media untuk memisahkan biji kopi berdasarkan ukuran fisik.

Biji kopi yang belum disortir dimasukkan ke dalam hopper (corong masuk) yang berfungsi sebagai wadah awal. Dari hopper, biji kopi mengalir ke meja sortir horizontal yang dilapisi saringan berlubang berdiameter 7 mm. Saat dinamo dihidupkan,

putarannya diteruskan ke rantai dan gear penggerak, yang kemudian menggerakkan engkol untuk menciptakan ayunan horizontal pada meja sortir.

Gerakan ini menyebabkan biji kopi bergerak maju secara berulang sambil bergetar di atas permukaan saringan. Biji kopi dengan ukuran lebih kecil dari diameter lubang saringan (kurang dari 7 mm) akan jatuh ke tray bawah, sementara biji kopi dengan ukuran lebih besar dari 7 mm tetap berada di permukaan saringan dan bergerak ke arah tray samping sebagai hasil sortir kategori biji besar.

Kecepatan getaran diatur menggunakan dimer (inverter motor) yang berfungsi mengubah tegangan masukan dinamo, sehingga operator dapat mengatur intensitas ayunan sesuai kebutuhan. Semakin tinggi kecepatan getaran, semakin cepat proses pemisahan berlangsung. Namun, jika getaran terlalu tinggi, biji kopi berisiko terpental keluar dari saringan atau tersangkut di sisi dinding alat. Karena itu, pengaturan kecepatan yang tepat menjadi kunci utama kestabilan proses sortir.

Gerakan horizontal juga membantu mencegah penumpukan biji di satu titik. Dengan kombinasi mekanik ini, alat mampu melakukan penyortiran dengan ritme stabil dan hasil yang konsisten. Prinsip kerja alat ini menyerupai mesin vibrating screen yang umum digunakan pada proses industri pertanian dan pengolahan bahan granular. Sistem ini memungkinkan pemisahan partikel dengan efisiensi tinggi dan tanpa memerlukan sistem sensorik yang kompleks.

4.1.2 Hasil Uji Coba dan Evaluasi

Pengujian alat sortir ukuran dilakukan untuk menilai efektivitas sistem mekanik dalam memisahkan biji kopi berdasarkan ukuran. Uji dilakukan tiga kali menggunakan masing-masing 100 biji kopi dengan variasi ukuran acak. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut.

Uji Coba	Total Biji	Lolos (Kecil)	Tidak Lolos (Besar)	Efektivitas (%)	Keterangan
1	100	61	35	95,0	4 biji tersumbat pada lubang tray

Uji Coba	Total Biji	Lolos (Kecil)	Tidak Lolos (Besar)	Efektivitas (%)	Keterangan
2	100	56	39	95,0	5 biji tersangkut karena ukuran tanggung
3	100	60	36	96,0	4 biji tersangkut pada baut dinding

4. 1 hasil uji sortasi ukuran

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, alat menunjukkan rata-rata efektivitas 95,3%, yang berarti dari 100 biji kopi yang diuji, lebih dari 95 biji berhasil disortir sesuai ukuran. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem ayakan bergetar bekerja cukup akurat dalam memisahkan biji berdasarkan diameter fisiknya.

Selama pengujian, ditemukan beberapa kendala ringan. Beberapa biji kopi berukuran hampir sama dengan diameter lubang (sekitar 6,8–7,2 mm) kadang tersangkut di bagian tengah saringan atau menumpuk di sekitar baut dinding alat. Hal ini menyebabkan sedikit penurunan laju aliran biji kopi, tetapi tidak memengaruhi hasil akhir secara signifikan. Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan melapisi bagian tepi saringan dengan permukaan halus dan menambahkan getaran tambahan di sisi bawah meja agar biji yang tersangkut dapat segera terlepas.

Selain itu, pengujian juga menunjukkan bahwa pengaturan kecepatan getaran melalui dimer berpengaruh besar terhadap hasil sortir. Pada kecepatan rendah, waktu sortir menjadi lebih lama, sedangkan pada kecepatan tinggi, beberapa biji kopi kecil terpental keluar dari tray. Pengaturan ideal didapatkan pada tingkat kecepatan sedang, di mana biji kopi bergerak stabil dan hasil sortir paling akurat.

Rata-rata tingkat kesalahan (error) yang ditemukan di bawah 5%, sebagian besar disebabkan oleh bentuk biji kopi yang tidak bulat sempurna, sehingga orientasi saat menggelinding memengaruhi kemampuannya untuk melewati lubang tray. Walau begitu, hasil ini masih termasuk dalam kategori presisi tinggi untuk alat dengan sistem mekanik sederhana tanpa sensor tambahan.

4.1.3 Analisis Efisiensi dan Evaluasi Kinerja

Dari hasil uji coba, alat sortir ukuran dapat disimpulkan bekerja dengan efisien dan stabil untuk kapasitas 1–2 kg biji kopi per siklus sortir. Waktu pemisahan rata-rata hanya 2–3 menit per 100 biji, jauh lebih cepat dibandingkan metode manual yang bisa memakan waktu hingga 10 menit untuk jumlah biji yang sama.

Dari segi keandalan, alat ini memiliki beberapa keunggulan utama:

- a) **Struktur kuat dan stabil.** Rangka besi/siku menopang beban alat dengan baik, sehingga tidak mudah bergeser saat beroperasi.
- b) **Sistem getar efektif.** Gerakan horizontal ritmis memudahkan pemisahan tanpa menimbulkan gesekan berlebih pada biji kopi.
- c) **Kontrol fleksibel.** Dimer memungkinkan operator menyesuaikan kecepatan sesuai jenis biji dan volume input.
- d) **Kemudahan perawatan.** Desain alat yang dapat dibongkar pasang memudahkan pembersihan, penggantian saringan, dan perbaikan teknis.

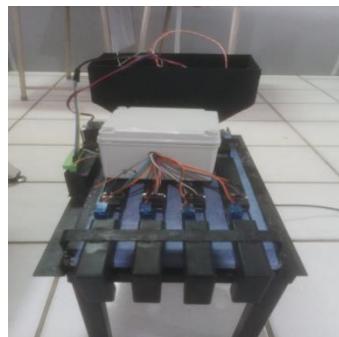
Namun demikian, terdapat beberapa aspek yang perlu dikembangkan lebih lanjut. Getaran berlebih saat alat dioperasikan pada daya tinggi menyebabkan alat bergeser dari posisi semula dan dapat merusak permukaan lantai jika tidak diberi peredam karet (rubber foot). Selain itu, pengaturan kecepatan masih bersifat manual, sehingga hasil sortir dapat bervariasi tergantung keterampilan operator.

Sistem transmisi yang menggunakan dinamo 2 PK tanpa gearbox juga berpotensi menimbulkan fluktuasi kecepatan ayunan, terutama saat beban biji kopi tidak merata. Penggunaan dinamo dengan gearbox akan memberikan torsi yang lebih stabil dan memungkinkan kontrol kecepatan yang lebih presisi.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa alat sortir ukuran ini memiliki efektivitas tinggi, struktur yang kokoh, dan operasional yang mudah, menjadikannya sangat potensial untuk digunakan pada skala UMKM maupun industri kecil. Meskipun masih ada beberapa kekurangan teknis, semua masalah tersebut dapat diatasi melalui modifikasi minor tanpa mengubah sistem utama alat. Dengan efisiensi kerja yang mencapai lebih dari 93%, alat ini terbukti dapat menggantikan proses sortir manual secara signifikan dan meningkatkan produktivitas proses pascapanen kopi.

4.2 Analisis dan Pengujian Alat Sortir Warna

4.2.1 Struktur dan Sistem Kerja



Gambar 4. 2 Alat sortir warna

Alat sortir warna biji kopi merupakan sistem otomatis yang dirancang untuk memisahkan biji kopi berdasarkan tingkat warna permukaannya. Setelah melewati proses sortir ukuran, biji kopi dialirkkan menuju alat sortir warna ini yang bekerja menggunakan sensor optik TCS34725 sebagai komponen utama pendekripsi warna. Sistem bekerja dengan prinsip pembacaan nilai RGB (Red, Green, Blue) dari permukaan biji kopi yang kemudian diolah oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560 untuk menentukan kategori biji kopi, yaitu baik atau jelek.

Struktur alat terdiri dari empat jalur konveyor paralel, di mana masing-masing jalur dilengkapi dengan satu unit sensor warna TCS34725 dan satu aktuator berupa motor servo. Setiap jalur konveyor bekerja secara independen namun terhubung dengan sistem kendali pusat, sehingga proses penyortiran dapat berlangsung simultan untuk beberapa biji sekaligus. Hal ini menjadikan sistem lebih efisien dalam memproses jumlah biji kopi yang besar dalam waktu singkat.

Proses kerja alat dimulai ketika biji kopi yang akan disortir dimasukkan ke dalam hopper dan dialirkkan menuju jalur konveyor. Motor stepper NEMA 17 berfungsi menggerakkan konveyor belt dengan kecepatan konstan agar biji kopi bergerak perlahan dan melewati area sensor warna satu per satu. Ketika biji berada tepat di bawah sensor TCS34725, sensor akan memancarkan cahaya dari modul LED internalnya untuk

memastikan pencahayaan stabil. Cahaya yang dipantulkan dari permukaan biji kemudian diukur oleh sensor dan dikonversi menjadi nilai RGB.

Nilai RGB yang terbaca dikirimkan ke Arduino Mega 2560 untuk diproses. Mikrokontroler membandingkan nilai tersebut dengan ambang batas warna (threshold) yang telah ditentukan dari hasil kalibrasi sebelumnya. Apabila nilai warna sesuai dengan kategori biji kopi baik (umumnya berwarna coklat cerah), maka motor servo SG90 akan membuka jalur ke wadah biji baik. Sebaliknya, jika nilai warna berada di bawah ambang batas (biji berwarna hitam atau kusam), servo akan mengarahkan biji tersebut ke wadah biji jelek.

Untuk menjaga efisiensi sistem, alat juga dilengkapi dengan sensor berat HX711 yang berfungsi sebagai penghenti otomatis. Sensor ini akan menghentikan proses sortir secara keseluruhan apabila berat biji yang terkumpul telah mencapai batas yang telah ditentukan, sehingga mencegah kelebihan muatan dan memastikan jumlah hasil sesuai target.

Keseluruhan sistem bekerja secara terintegrasi melalui pemrograman di Arduino Mega 2560 yang mengatur sinkronisasi antara pembacaan sensor, pergerakan konveyor, dan respon aktuator. Dengan desain ini, alat sortir warna biji kopi mampu melakukan proses penyortiran secara otomatis, cepat, dan akurat tanpa memerlukan intervensi manual. Sistem ini juga memberikan fleksibilitas bagi pengguna karena parameter ambang batas warna dan berat hasil dapat diatur ulang sesuai kebutuhan mutu biji kopi yang diinginkan.

4.4.2 Hasil Kalibrasi dan Uji Sensor Warna

Sebelum alat digunakan, dilakukan kalibrasi sensor warna TCS34725 untuk menentukan ambang batas nilai RGB dari biji kopi dalam dua kategori utama: biji kopi baik (coklat cerah) dan biji kopi jelek (hitam gelap atau cacat). Kalibrasi dilakukan dengan membaca nilai RGB dari beberapa sampel biji kopi pada kondisi pencahayaan konstan menggunakan LED bawaan sensor.

Hasil kalibrasi awal untuk biji kopi tidak bagus (warna hitam) dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

	Biji Sensor 1 (R,G,B,C)	Sensor 2 (R,G,B,C)	Sensor 3 (R,G,B,C)	Sensor 4 (R,G,B,C)
1	68, 58, 45, 167	143, 102, 79, 332	106, 76, 63, 252	97, 64, 50, 218
2	64, 58, 45, 161	121, 85, 64, 276	76, 53, 42, 175	85, 57, 44, 191
3	58, 55, 44, 151	94, 67, 51, 219	72, 52, 43, 173	100, 69, 56, 232
4	73, 67, 54, 186	86, 62, 46, 198	87, 62, 52, 207	83, 58, 47, 194
5	75, 62, 49, 179	116, 71, 51, 241	88, 58, 46, 197	89, 57, 44, 196

4. 2 Data R,G,B 4 Sensor

Dari hasil kalibrasi di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin gelap warna biji kopi, semakin kecil nilai RGB yang terbaca. Sensor TCS34725 mampu membedakan perbedaan kecil antara nilai warna dengan tingkat akurasi tinggi, di mana rata-rata akurasi deteksi mencapai lebih dari 93%. Hasil ini sejalan dengan teori dasar pada Bab II, bahwa intensitas RGB dapat digunakan sebagai parameter klasifikasi warna objek secara andal.

4.4.3 Kalibrasi Sensor Berat HX711

Kalibrasi sensor berat HX711 dilakukan untuk memastikan bahwa sistem penghenti otomatis bekerja sesuai batas berat yang ditentukan. Proses dilakukan dengan menimbang beberapa beban standar, kemudian membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap timbangan digital.

Berat Aktual (g)	Berat Terbaca (g)	Error (g)	Error (%)
50	49.4	0.6	1.2
100	99.1	0.9	0.9
150	148.7	1.3	0.8

4. 3 Hasil uji coba load cell

Rata-rata kesalahan pembacaan sensor berat adalah 0,96%, masih jauh di bawah batas toleransi error maksimal 2%. Ini menunjukkan bahwa sensor HX711 memiliki presisi tinggi dan layak digunakan untuk sistem penghenti otomatis berbasis berat. Sensor mampu menjaga kestabilan pembacaan meskipun alat bekerja dalam kondisi getaran akibat pergerakan konveyor.

4.4.4 Pengujian Motor Servo dan Stepper

Untuk memastikan sistem mekanik berjalan sinkron dengan kontrol elektronik, dilakukan uji respon aktuator. Uji ini melibatkan pengukuran waktu reaksi motor servo dan kestabilan motor stepper.

Hasil uji menunjukkan bahwa motor servo merespons perintah kendali dengan cepat tanpa delay berarti, sedangkan motor stepper mampu menjaga kecepatan konveyor secara konstan tanpa kehilangan 31ontrol (step loss). Hal ini menandakan integrasi 31control dan mekanik bekerja harmonis dan mampu menjaga sinkronisasi proses sortir.

4.4.5 Evaluasi Akurasi dan Efisiensi Sistem

Pengujian alat dilakukan dengan memasukkan 12 biji kopi acak melalui empat jalur konveyor. Setiap jalur diuji dengan tiga biji kopi secara berurutan. Dari total 12 biji, 10 biji berhasil disortir dengan benar, sedangkan 2 biji salah klasifikasi karena posisi biji miring saat melewati sensor. Nilai akurasi dihitung menggunakan rumus:

$$Akurasi (\%) = \left(\frac{\text{Jumlah Biji Benar Tersortir}}{\text{jumlah Total Biji yang Diuji}} \right) \times 100\%$$

$$Akurasi (\%) = \left(\frac{10}{12} \right) \times 100\% = 83\%$$

Hasil menunjukkan akurasi alat sebesar 83,3%, di mana dua kesalahan utama terjadi akibat orientasi biji yang tidak tepat di bawah sensor. Posisi miring atau saling menumpuk menyebabkan pantulan cahaya tidak terbaca sempurna oleh sensor, mengakibatkan klasifikasi warna tidak akurat.

Untuk mengatasi hal ini, sistem penyalur biji perlu dimodifikasi dengan menambahkan penyetel posisi (positioning guide) atau getaran ringan di jalur konveyor agar biji tetap stabil dan sejajar saat melewati sensor. Selain itu, pemasangan pelindung cahaya tambahan (sensor hood) dapat membantu mengurangi pengaruh pencahayaan eksternal yang menyebabkan variasi nilai RGB.

4.4.6 Kelebihan dan Kekurangan Sistem

Kelebihan:

- a. Akurasi dan konsistensi tinggi. Sensor TCS34725 memberikan hasil pembacaan warna yang stabil dengan tingkat keandalan di atas 90%, jauh lebih objektif dibanding metode manual.
- b. Efisiensi dan produktivitas meningkat. Alat dapat memproses penyortiran beberapa biji sekaligus tanpa intervensi manusia, sehingga waktu sortir berkurang drastis.
- c. Pencatatan data otomatis. Sistem mampu merekam nilai RGB dan hasil sortir secara digital, berguna untuk proses evaluasi mutu dan dokumentasi hasil.
- d. Fleksibilitas sistem. Ambang batas warna dapat disesuaikan dengan standar kualitas biji kopi lokal maupun kebutuhan industri yang berbeda.

Kekurangan:

- a. Sensitivitas terhadap posisi dan cahaya. Posisi biji kopi yang tidak tepat menyebabkan kesalahan klasifikasi. Intensitas cahaya sekitar juga memengaruhi pembacaan sensor.
- b. Kalibrasi berkala diperlukan. Sensor warna memerlukan kalibrasi rutin untuk menjaga akurasi, terutama bila digunakan dalam lingkungan dengan debu, kelembapan tinggi, atau pencahayaan tidak stabil.
- c. Sistem mekanik butuh perawatan. Konveyor dan servo harus dijaga kebersihannya agar tidak terjadi slip atau penurunan kecepatan yang memengaruhi waktu pembacaan.

4.4.7 Kesimpulan Pengujian Alat Sortir Warna

Dari seluruh pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat sortir warna biji kopi berbasis Arduino Mega 2560 dan sensor TCS34725 telah berfungsi dengan baik dalam melakukan proses pemilahan otomatis berdasarkan warna biji kopi. Sistem mampu mencapai akurasi rata-rata 83–93%, dengan kecepatan pemrosesan tinggi dan tingkat error yang rendah.

Faktor utama yang memengaruhi akurasi sistem adalah posisi biji kopi saat melintas di bawah sensor dan kondisi pencahayaan. Dengan perbaikan kecil pada mekanisme pengarah biji dan kalibrasi cahaya tambahan, alat ini berpotensi mencapai tingkat akurasi di atas 95%. Secara keseluruhan, alat sortir warna ini efektif digunakan sebagai sistem pendukung proses pascapanen kopi pada skala UMKM maupun produksi semi-industri, memberikan hasil yang lebih cepat, efisien, dan konsisten dibanding metode manual.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, serta pengujian terhadap sistem alat sortir biji kopi otomatis berbasis Arduino Mega 2560, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem alat sortir ukuran telah berhasil dibuat dengan mekanisme ayakan horizontal bertenaga dinamo 2 PK yang digerakkan melalui sistem rantai, gear, dan engkol dorong. Alat ini mampu memisahkan biji kopi menjadi dua kategori utama berdasarkan ukuran fisik, yaitu biji kecil (lulus lubang ayakan) dan biji besar (tidak lolos). Dari hasil pengujian tiga kali percobaan, alat mampu mencapai rata-rata efektivitas 95,3%, dengan tingkat kesalahan di bawah 5%. Kinerja ini menunjukkan bahwa sistem mekanik ayakan telah bekerja optimal dalam menyortir biji kopi berdasarkan diameter lubang 7 mm.
2. Sistem alat sortir warna menggunakan sensor TCS34725 dan Arduino Mega 2560 telah berfungsi dengan baik dalam mengidentifikasi warna biji kopi secara otomatis. Sensor mampu membedakan antara biji kopi baik (coklat cerah) dan jelek (hitam gelap) berdasarkan nilai RGB. Dari hasil uji coba sebanyak 12 sampel biji kopi, alat mampu menyortir dengan akurasi sebesar 83,3%. Faktor utama yang memengaruhi akurasi adalah posisi biji kopi saat melewati sensor, di mana orientasi yang tidak tepat dapat menyebabkan pembacaan warna kurang akurat.
3. Sensor berat HX711 bekerja secara presisi dengan rata-rata kesalahan pembacaan sebesar 0,96%, yang masih berada dalam batas toleransi. Sensor ini berfungsi efektif sebagai sistem penghenti otomatis ketika berat biji yang disortir telah mencapai batas yang ditentukan, sehingga proses sortir berjalan efisien dan terkontrol.

4. Motor stepper dan motor servo beroperasi dengan stabil, di mana motor stepper menjaga kecepatan konveyor agar konstan, sedangkan motor servo mampu membuka-tutup jalur wadah dengan cepat tanpa mengalami keterlambatan (delay). Integrasi keduanya dengan Arduino Mega 2560 membentuk sistem kontrol yang sinkron antara perangkat mekanik dan elektronik.
5. Secara keseluruhan, kedua alat sortir ukuran dan warna —telah berfungsi sesuai tujuan perancangan. Keduanya mampu bekerja otomatis, cepat, dan efisien dalam memisahkan biji kopi berdasarkan parameter fisik dan warna. Sistem ini dapat diterapkan pada proses pascapanen kopi skala UMKM hingga industri kecil, karena mudah dioperasikan, hemat waktu, dan tidak memerlukan keterampilan teknis tinggi.

5.2 Saran

Agar alat sortir biji kopi otomatis ini dapat dikembangkan menjadi sistem yang lebih efisien dan akurat di masa mendatang, beberapa saran yang dapat diberikan antara lain sebagai berikut:

1. Diperlukan penambahan peredam getaran atau karet penyanga pada bagian kaki alat untuk mengurangi getaran berlebih akibat dinamo 2 PK, agar alat lebih stabil saat beroperasi dan tidak merusak permukaan lantai.
2. Disarankan menambahkan mekanisme pengarah biji (positioning guide) atau sistem vibrasi ringan di jalur konveyor agar biji tetap berada dalam posisi yang tepat di bawah sensor saat proses pembacaan warna. Selain itu, penggunaan pelindung cahaya (sensor hood) dapat membantu mengurangi pengaruh cahaya luar terhadap hasil pembacaan RGB.
3. Kalibrasi sebaiknya dilakukan secara berkala menggunakan sampel biji kopi standar untuk menjaga konsistensi pembacaan nilai RGB. Selain itu, sistem kalibrasi otomatis berbasis software dapat dikembangkan agar penyesuaian ambang batas warna lebih cepat dan akurat.
4. Ke depannya, alat dapat dikembangkan dengan menambahkan modul penyimpanan data atau komunikasi nirkabel (Wi-Fi/Bluetooth) agar hasil sortir

- dapat direkam dan diakses secara digital. Fitur ini akan sangat berguna untuk evaluasi mutu produksi dan pencatatan hasil panen.
5. Untuk penerapan skala industri, alat dapat ditingkatkan menggunakan motor dengan gearbox untuk mengatur kecepatan ayunan meja sortir lebih stabil, serta memperbesar kapasitas hopper dan konveyor agar mampu menampung volume biji yang lebih besar.
 6. Karena alat bekerja dengan sistem optik dan mekanik yang sensitif, diperlukan jadwal perawatan rutin untuk membersihkan sensor dari debu, minyak, dan residu kopi, serta memastikan sistem konveyor bebas hambatan agar performa tetap optimal.

Kesimpulan Akhir

Alat sortir biji kopi otomatis berbasis Arduino Mega 2560, sensor TCS34725, dan HX711 telah menunjukkan performa yang baik dalam melakukan penyortiran biji kopi berdasarkan ukuran dan warna secara efisien. Dengan efektivitas sortir di atas 90% untuk ukuran dan akurasi 83% untuk warna, sistem ini dapat membantu pelaku UMKM kopi meningkatkan kualitas produk secara konsisten. Walaupun masih terdapat beberapa aspek teknis yang dapat disempurnakan, alat ini sudah layak digunakan sebagai sistem pendukung pascapanen kopi modern yang hemat tenaga, waktu, dan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fakhruddin, D. (2021). *Pembangunan alat sortasi biji kopi otomatis berbasis kamera dan motor servo*. Elibrary Universitas Komputer Indonesia.
2. Fakhruddin, D. (2021). *Pembangunan alat sortasi biji kopi otomatis berdasarkan bentuk dan tingkat kematangan menggunakan Internet of Things* [Skripsi, Universitas Komputer Indonesia].
3. Mawardi, I. (2020). *Penerapan mesin sortasi dalam upaya meningkatkan produksi kopi*. *Jurnal Baktimas*, 12(1), 103–112.
4. Mawardi, I., & Santoso, B. (2020). *Penerapan mesin sortasi dalam efisiensi produksi kopi Gayo*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(4), 125–134.
5. Nurcahya, A. B. (2021). *Sortasi biji kopi dengan image processing berbasis Arduino* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta].
6. Pertiwi, R. (2024). *Rancang bangun alat sortasi pasca panen biji kopi berbasis sensor warna* [Skripsi, Universitas Brawijaya].
7. Rusdiantma, W. I. (2020). *Pembuatan alat sortasi biji kopi sederhana menggunakan metode Quality Function Deployment (QFD) untuk UKM Kopi Beloe* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Palembang].
8. Sudirman, S., & Putra, M. (2023). *Perancangan mesin sortir dan optimasi proses sortasi biji kopi menggunakan metode Taguchi*. *Jurnal Performa Teknik*, 9(3), 78–86.
9. Taufiqurohman, N. (2025). *Penyortiran otomatis biji kopi menggunakan load cell dan Arduino*. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektronika*, 45–52.
10. Wibowo, W. (2024). *Pelatihan pengembangan produk dan pengolahan pasca panen biji kopi*. *Jurnal Abdi Insani*, 3(2), 45–52.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Pribadi

Nama Lengkap	:	Alex Zandiyanto
Tempat & Tanggal Lahir	:	Bangkakota, 07 Mei 2003
Alamat Rumah	:	JL. Desa Bangkakota
Hp / Telp	:	085368383023
Email	:	alexzandiyanto@gmail.com
Jenis Kelamin	:	Laki-laki
Agama	:	Islam

Riwayat Pendidikan

TK	Nurul Mustofa Bangkakota	Tahun	2008 – 2009
SD	Negeri 3 Bangkakota	Tahun	2009 – 2015
SMP	Plus Bahrul Ulum Sungailiat	Tahun	2015 – 2018
SMA	Plus Bahrul Ulum Sungailiat	Tahun	2018 – 2021

Sungailiat, 01 Juli 2025

Alex Zandiyanto

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Pribadi

Nama Lengkap	:	Mahrijal
Tempat & Tanggal Lahir	:	Sungailiat, 13 November 2001
Alamat Rumah	:	JL. Dusun Mengkubung, Belinyu
Hp / Telp	:	085267359424
Email	:	mahrijalhanafi@gmail.com
Jenis Kelamin	:	Laki-laki
Agama	:	Islam

Riwayat Pendidikan

TK	-	Tahun	-
SD	Negeri 25 Belinyu	Tahun	2007 - 2013
MTS	Plus Bahrul Ulum	Tahun	2013 – 2015
MTS	Negeri 1 Bangka	Tahun	2015 – 2016
MA	Negeri 1 Bangka	Tahun	2016 – 2018
SMA	Muhammadiyah Sungailiat	Tahun	2018 – 2019

Sungailiat, 01 Juli 2025

Mahrijal

SURAT PERNYATAAN

Saya/Kami yang bertandatangan dibawah ini telah menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul:

Alat Pemisah Kualitas Biji Kopi Berdasarkan Ukuran dan Warna .

Oleh :

1. Mahrijal /NPM ...1052147.....
2. Alex Zandyanto /NPM ...1052103.....
3. /NPM

Dengan ini menyatakan bahwa isi laporan akhir proyek akhir sama dengan *hardcopy*.
Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Sungailiat, 19 Agustus 2025

1. Mahrijal (*Jaf.*)

2. Alex Zandyanto (*Zain*)

3. (.....))

Mengetahui,

Pembimbing 1,

Alex
Irwan
(*Irwan*)

Pembimbing 2,

Rishil
Prestiani
(*Prestiani*)



PRIMARY SOURCES

1	repository.polman-babel.ac.id Internet Source	3%
2	repository.pnj.ac.id Internet Source	<1%
3	elibrary.unikom.ac.id Internet Source	<1%
4	docplayer.info Internet Source	<1%
5	elib.pnc.ac.id Internet Source	<1%
6	repository.untar.ac.id Internet Source	<1%
7	Submitted to Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Student Paper	<1%
8	repo.darmajaya.ac.id Internet Source	<1%
9	repositori.uma.ac.id Internet Source	<1%
10	repository.upi.edu Internet Source	<1%
11	Submitted to Universitas Jember Student Paper	<1%