



Al Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Journal homepage:
<https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/IJR/index>
p-ISSN 2502-4922, e-ISSN 2615-0867



Pengembangan Sistem Sortasi Buah Kopi Berbasis Warna dengan Conveyor dan Kendali Arduino

Ian Hardianto Siahaan^{a*}, Alfin Riski Hariyono^b, Ninuk Jonoadji^c

^{a,b,c} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra, Surabaya
ian@petra.ac.id*, c12180056@john.petra.ac.id, ninukj@petra.ac.id

Info Artikel

Riwayat Artikel:
Diterima: 30 Maret 2026
Diterima dalam bentuk revisi: 5 Mei 2026
Diteima/publis: 11 Mei 2026

Abstrak

Tingkat kematangan buah selama proses panen dan pascapanen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas kopi. Namun, metode sortasi manual yang biasa digunakan masih menghasilkan pemisahan yang tidak konsisten antara buah kopi yang sudah matang dan yang belum matang, yang berpotensi menurunkan kualitas produk akhir. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem sortasi buah kopi berbasis warna yang menggunakan conveyor untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi proses pemisahan. Sistem yang dikembangkan terdiri dari sensor deteksi warna, unit kendali berbasis Arduino Uno, dan aktuator solenoid push-pull untuk membedakan buah kopi yang sudah matang dari yang belum. Sistem memiliki pembatas waktu operasi maksimum lima menit yang digunakan oleh fungsi timer mikrokontroler untuk menjaga kinerja stabil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat mencapai target kinerja dengan tingkat pencampuran buah kopi belum matang dalam hasil sortasi tidak melebihi 10%. Selain itu, sistem beroperasi dengan baik dan konsisten selama periode operasi. Pembatasan waktu telah ditunjukkan untuk mempertahankan akurasi pemisahan dan mencegah penurunan kinerja akibat peningkatan suhu aktuator. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas sortasi buah kopi, khususnya untuk petani dan industri kecil, sistem yang dikembangkan dapat menjadi solusi ekonomis dan praktis.

Kata Kunci

sortasi buah kopi, deteksi warna, conveyor, arduino

Abstract

The ripeness level of the fruit during the harvest and post-harvest process has a significant influence on the quality of coffee. However, commonly used manual sorting methods still result in inconsistent separation between ripe and unripe coffee fruits, which has the potential to degrade the quality of the final product. The purpose of this research is to develop a color-based coffee fruit sorting system that uses a conveyor to improve the efficiency and consistency of the separation process. The developed system consists of a color detection sensor, an Arduino Uno-based control unit, and a push-pull solenoid actuator to distinguish ripe coffee beans from unripe ones. The system has a maximum operating timer of five minutes which is used by the microcontroller timer function to keep performance stable. The results of the study showed that the system could achieve the performance target with the mixing rate of unripe coffee fruits in the sorting results not exceeding 10%. In addition, the system operates well and consistently during the period of operation. Timing restrictions have been shown to maintain separation accuracy and prevent performance degradation due to increased actuator temperature. Therefore, to improve the quality of coffee fruit sorting, especially for farmers and small industries, the developed system can be an economical and practical solution.

<http://dx.doi.org/10.31602/al-jazari.v11i1.23097>



@UNISKA 2026. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal

Jurnal Al Jazari is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Salah satu minuman yang sangat disukai oleh masyarakat Indonesia adalah kopi (Srikandi et al., 2019). Kopi adalah hasil pertanian yang dihasilkan dari biji kopi

yang telah disangrai dan dihaluskan menjadi bubuk yang digunakan sebagai minuman (Sinaga et al., 2024). Selain itu, kopi merupakan salah satu komoditas ekspor utama yang memainkan peran penting dalam perekonomian

negara (Cahyono et al., 2023). Komoditas perkebunan berkontribusi besar pada perekonomian Indonesia, baik domestik maupun internasional, dan berperan penting dalam pemasukan devisa, mendorong petani dan pelaku ekonomi lainnya untuk berkembang (Budiyanto et al., 2021).

Kopi memerlukan beberapa langkah dalam proses pengolahannya sebelum dapat dikonsumsi. Ini termasuk memilih kualitas buah kopi, membersihkan, menyortir, fermentasi, perambangan, pemisahan biji dari daging buah (pulping), dan pengeringan (Allo, 2024). Oleh karena itu, biji kopi yang diproduksi produsen harus memenuhi standar kualitas yang ditetapkan di Indonesia. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 52 tahun 2012 dan SNI 01-2907-2008 tentang biji kopi masih berlaku untuk penanganan pasca panen (Sirappa et al., 2024). Salah satu cara untuk mempertahankan kualitas kopi serta meningkatkan daya saing di pasar adalah dengan tetap mempertahankan rasa, kualitas, dan kadar kafein biji kopi (Cahyo et al., 2024). Tidak dapat disangkal bahwa industri kopi sangat penting bagi ekonomi Indonesia. Namun, untuk mencapai kualitas kopi yang baik dan memenuhi standar pasar yang semakin tinggi, pengolahan biji kopi menjadi elemen penting (Muttaqin & Mihdar, 2024).

Warna buah kopi, yang idealnya merah seperti buah ceri, menunjukkan tingkat kematangan buah saat dipanen, yang merupakan komponen penting yang menentukan mutu kopi. Sementara buah kopi yang belum matang berwarna hijau dan kurang berkualitas. Gambar 1 menunjukkan perbedaan karakteristik tersebut.



Gambar 1. Buah kopi berwarna merah dan hijau

Sumber: Sejarah kopi liberika aroma nangka yang sudah terlupakan

Pengolahan kopi terdiri dari banyak bagian yang saling terintegrasi secara sistematis, mulai dari pengumpulan biji hingga pemisahan. Buah kopi yang telah disortir harus segera dikeringkan selama proses pengolahan kopi kering. Standar pengeringan buah kopi yang baik adalah sampai kadar air mencapai 12% (Mizar et al., 2022). Dalam sistem modern, proses sortasi dapat dilakukan dengan bantuan teknologi berbasis sensor, yang meningkatkan produktivitas dan konsistensi hasil. Sistem sensor warna telah dikembangkan untuk membantu mesin pengolahan kopi, seperti mesin

pulper, memisahkan buah kopi berdasarkan tingkat kematangannya sebelum tahap pengupasan. Namun, di lapangan, pemetikan buah kopi biasanya dilakukan secara bersamaan tanpa memperhatikan tingkat kematangan buah. Akibatnya, buah yang matang (berwarna merah) dicampur dengan buah yang belum matang (berwarna hijau), yang mengurangi rasa dan aroma kopi. Buah kopi yang sudah matang biasanya memiliki rasa yang lebih baik, sedangkan buah kopi yang belum matang cenderung memiliki rasa yang kurang baik, seperti kecut dan tidak manis. Oleh karena itu, proses sortasi yang efektif diperlukan untuk membedakan buah kopi berdasarkan tingkat kematangannya.

Berbagai teknologi sortasi berbasis sensor telah digunakan dalam berbagai industri, seperti pertanian dan pengolahan makanan, untuk mempercepat dan meningkatkan akurasi proses pemisahan. Sensor inframerah IR-FC51 adalah salah satu sensor yang dapat digunakan. Ini didasarkan pada prinsip reflektansi cahaya inframerah. Sensor ini menggunakan fotodiode sebagai penerima dan LED inframerah sebagai pemancar. Fungsi mereka adalah untuk mengidentifikasi perubahan intensitas cahaya yang disebabkan oleh pantulan objek. Meskipun demikian, petani masih belum menggunakan sensor murah dan mudah digunakan untuk proses sortasi buah kopi.

Sistem sortasi buah kopi yang menggunakan sensor warna dan pengolahan citra telah dikembangkan dalam penelitian sebelumnya untuk meningkatkan keakuratan pemisahan. Namun demikian, sebagian besar sistem tersebut masih menggunakan teknologi yang cukup kompleks dan mahal, yang membuatnya sulit untuk diterapkan pada skala petani dan industri kecil. Selain itu, sistem sortasi sederhana yang menggunakan sensor reflektansi dan memasukkan conveyor dan mekanisme pemisahan otomatis juga masih sangat terbatas di pasaran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem sortasi sederhana untuk buah kopi berbasis warna yang menggunakan conveyor dan sensor IR-FC51 untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik warna buah kopi. Diharapkan sistem ini dapat memisahkan buah kopi matang dan belum matang secara lebih efisien dan konsisten. Ini akan meningkatkan kualitas hasil pengolahan kopi serta mendukung proses pascapanen yang lebih baik.

METODE PENELITIAN

Suatu pendekatan sistematis diperlukan untuk merancang dan mengembangkan alat sortasi buah kopi yang dapat membedakan dengan lebih akurat buah kopi matang dari yang belum matang. Pendekatan ini mencakup perancangan perangkat keras dan integrasi sistem kendali serta mekanisme pemisahan yang bekerja secara otomatis dan terkoordinasi. Akibatnya, metodologi penelitian ini disusun untuk memastikan

bahwa sistem yang dikembangkan dapat memenuhi tujuan kinerja yang telah ditetapkan, serta bahwa spesifikasi awal ditetapkan, perancangan sistem dilakukan, implementasi perangkat dilakukan, dan pengujian kinerja alat dilakukan. dalam kondisi operasional yang direncanakan. Bagian metodologi penelitian berikut memberikan penjelasan rinci tentang langkah-langkah penelitian yang dilakukan untuk membangun sistem sortasi buah kopi ini.

Penentuan Spesifikasi Awal

Spesifikasi awal untuk penelitian ini dibuat berdasarkan kondisi lapangan nyata, di mana buah kopi yang dipanen biasanya terdiri dari campuran buah matang (berwarna merah) dan belum matang (berwarna hijau). Oleh karena itu, sistem dirancang untuk mampu membedakan karakteristik buah kopi berdasarkan perbedaan respons pantulan terhadap sensor.

Untuk memenuhi kebutuhan skala petani dan kapasitas mekanisme conveyor untuk mengalirkan buah kopi secara konsisten, kapasitas sistem ditetapkan sebesar 2 kg per siklus proses. Selain itu, target kinerja sistem adalah tingkat pencampuran buah kopi belum matang dalam hasil sortasi tidak lebih dari 10%, yang dianggap sebagai indikator keberhasilan proses pemisahan.

Dalam hal operasional, sistem dirancang untuk memiliki batas waktu kerja paling lama lima menit per siklus. Ini dilakukan untuk menjaga kinerja aktuator stabil dan mencegah penurunan akurasi karena suhu yang meningkat. Selain itu, pilihan untuk sensor inframerah IR-FC51 sebagai pendeteksi, penggunaan mikrokontroler Arduino Uno sebagai unit kontrol, dan penggunaan solenoid push-pull sebagai mekanisme pemisahan.

Untuk menjaga stabilitas kinerja aktuator, sistem menggunakan pola kerja siklik. Setelah beroperasi secara kontinu selama tidak lebih dari lima menit, sistem dihentikan untuk jeda pendinginan. Waktu jeda, yang berkisar antara 300 dan 600 detik, ditetapkan dengan mempertimbangkan sifat termal solenoid yang mengalami peningkatan suhu selama proses sortasi. Mekanisme ini digunakan untuk mencegah overheating, yang dapat mengurangi akurasi pemisahan. Ini memastikan bahwa sistem tetap berjalan secara konsisten dan andal selama siklus operasi berikutnya.

Perancangan Sistem

Untuk mendukung proses sortasi buah kopi secara otomatis, sistem dirancang dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama yang berfungsi secara terkoordinasi. Sistem terdiri dari hopper sebagai tempat penampungan awal, conveyor sebagai media pengangkut, sensor inframerah IR-FC51 untuk mendeteksi karakteristik buah kopi, mikrokontroler Arduino Uno sebagai unit pengendali, dan solenoid push-pull sebagai mekanisme pemisahan.

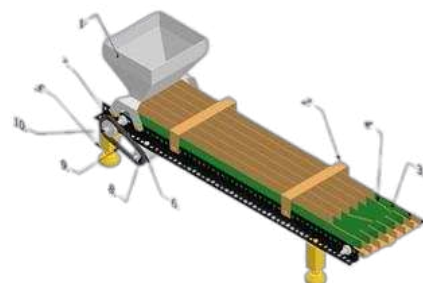
Buah kopi yang dimasukkan ke dalam hopper akan dialirkan secara terus menerus melalui conveyor menuju area di mana sensor akan mendeteksinya (Siahaan et al., 2024). Sensor IR-FC51 bekerja dengan prinsip reflektansi cahaya inframerah. Karakteristik permukaan buah kopi yang berbeda dideteksi oleh sensor ini, kemudian diubah menjadi sinyal listrik dan diproses oleh mikrokontroler. Arduino menggunakan informasi yang dibaca sensor untuk mengirimkan sinyal kendali ke aktuator solenoid, yang akan mengarahkan buah kopi ke jalur yang tepat.

Untuk memastikan proses pemisahan berlangsung secara tepat dan konsisten, desain sistem juga mempertimbangkan untuk menyinkronkan kecepatan conveyor, waktu respons sensor, dan aktuasi solenoid. Dengan integrasi ini, sistem diharapkan dapat melakukan proses sortasi buah kopi secara otomatis dengan tingkat akurasi yang sesuai dengan target kinerja yang telah ditetapkan.

Implementasi Sistem dan Integrasi

Untuk memulai tahap implementasi, sistem dibuat menjadi perangkat keras dan perangkat lunak yang terintegrasi. Ini termasuk sensor inframerah IR-FC51, conveyor sebagai media pengangkut, mikrokontroler Arduino Uno sebagai unit kendali, dan solenoid push-pull sebagai aktuator pemisah. Dalam skema ini, sensor berfungsi sebagai input, Arduino mengolah sinyal, dan solenoid berfungsi sebagai output.

Sensor IR-FC51 menggunakan pantulan cahaya inframerah untuk mendeteksi karakteristik buah kopi. Kemudian mikrokontroler memproses sinyal untuk menentukan kategori buah kopi dan secara otomatis mengaktifkan aktuator. Agar proses sortasi dapat dilakukan secara konsisten, sistem dirancang untuk memastikan kecepatan conveyor, pembacaan sensor, dan respons aktuator sinkronisasi satu sama lain. Untuk menjaga kestabilan operasional, sistem bekerja secara siklik dengan durasi maksimum 5 menit yang diikuti jeda pendinginan sebelum melanjutkan siklus berikutnya.



Gambar 2. Perancangan sistem dan implementasinya

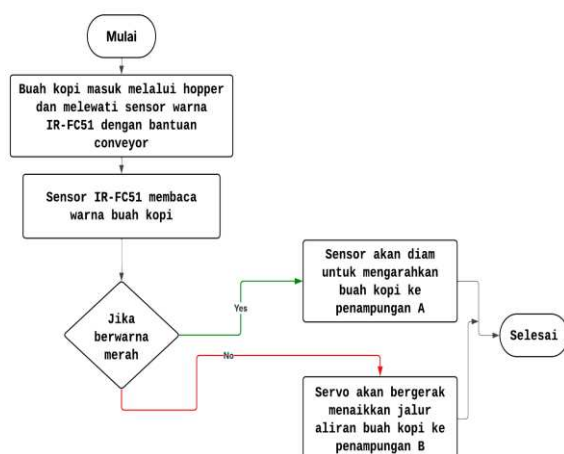
Sistem alat sortasi buah kopi berbasis conveyor yang terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi ditunjukkan pada Gambar 2. Sebelum masuk ke sistem, proses dimulai dengan hopper (1),

wadah penampungan awal buah kopi. Lajur buah kopi (2) kemudian dialirkan ke belt conveyor (3), yang berfungsi sebagai media pengangkut utama selama proses sortasi. Sistem transmisi menggerakkan belt conveyor. Sistem ini terdiri dari motor DC (6) sebagai sumber penggerak, yang terhubung dengan pulley motor DC (8) dan diteruskan ke pulley yang digerakkan (7) melalui V-belt (9). Roller gravity (10) membantu menopang dan mengurangi gesekan untuk menjaga pergerakan belt stabil selama proses operasi. Bagian tengah sistem terdiri dari sekat pemisah buah kopi (4), yang mengarahkan buah kopi ke jalur tertentu berdasarkan hasil deteksi sensor (Siahaan et al., 2022). Penyangga rangka (5) menopang seluruh sistem, berfungsi sebagai struktur utama yang menjamin bahwa sistem tetap kokoh dan stabil selama beroperasi. Alat ini memiliki kemampuan untuk mengalirkan dan memisahkan buah kopi secara otomatis dalam satu sistem yang terintegrasi dengan kombinasi bagian-bagian ini.

Pengujian Kinerja Alat

Pengujian ini menggunakan sampel campuran buah matang dan belum matang sebanyak 2 kg per siklus. Itu dioperasikan selama lima menit dan dilanjutkan dengan jeda pendinginan untuk siklus berikutnya. Tingkat pencampuran buah kopi belum matang, waktu operasi, dan kestabilan sistem adalah parameter yang diamati. Untuk menentukan efektivitas dan batas operasional sistem, data dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan hasil dengan target pencampuran maksimum 10% dan menilai dampak waktu operasi terhadap performa aktuator.

Alur proses pengujian sistem digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3. Diagram ini menunjukkan proses pengujian, yang dimulai dengan persiapan sampel buah kopi, pengoperasian alat selama waktu yang telah ditentukan, dan pengumpulan dan analisis data dari hasil sortasi. Dengan presentasi ini, setiap fase pengujian dapat dipahami secara terorganisir dan sistematis sesuai dengan prosedur yang diterapkan.



Gambar 3. Proses sortasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Kapasitas Sistem

Analisis kapasitas, yang melibatkan kondisi operasional nyata, diperlukan untuk menentukan kemampuan kerja sistem secara lebih realistis. Selain waktu kerja yang diperlukan untuk proses sortasi untuk menjaga kinerja aktuator stabil, sistem juga menerapkan jeda pendinginan selama setiap siklus operasi. Akibatnya, perhitungan kapasitas tidak hanya memperhitungkan waktu proses saja. Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkan lebih akurat bagaimana sistem bekerja dalam situasi kehidupan nyata.

$$\text{Kapasitas (Q)} = \frac{\text{massa per siklus}}{\text{waktu kerja} + \text{waktu jeda}} \quad (1)$$

Waktu kerja = 5 menit (proses pengujian),

Waktu delay = 5 menit.

Waktu total sistem = 10 menit $\left(\frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}}\right) = \frac{10}{60} \text{ jam}$,

$$\text{Kapasitas (Q)} = \frac{2 \text{ kg}}{\frac{10}{60} \text{ jam}} = 12 \text{ kg/jam}$$

Perhitungan Daya Motor DC

Untuk menghitung massa motor penggerak, metode sistem belt conveyor digunakan. Belt conveyor adalah ban berjalan yang digunakan untuk membawa material dan meneruskan gaya. Itu terbuat dari karet memanjang yang tidak terputus yang digulungkan di antara dua pulley di ujung belt (Ridwan, 2025). Metode ini memperhitungkan massa total sistem yang terdiri dari beban buah kopi, belt, dan roller. Setelah koefisien gesekan efektif dan faktor kehilangan energi dihitung, gaya kerja sistem digunakan untuk menghitung torsi dan daya yang dibutuhkan untuk pulley penggerak. Untuk memastikan bahwa motor yang digunakan dapat menggerakkan conveyor dengan cara yang paling efisien, analisis ini juga mempertimbangkan efisiensi mekanis sistem. Untuk menjamin kinerja sistem yang stabil dan konsisten selama operasi, motor dengan spesifikasi daya yang lebih tinggi tetap dipilih, meskipun hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan daya teoretis relatif kecil.

Dengan massa buah kopi 2 kg, massa belt conveyor 0,5 kg, dan massa roller 2,5 kg, massa total sistem diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Massa Total (M)} &= m_{\text{kopi}} + m_{\text{belt}} + m_{\text{roller}} \\ &= 2 \text{ kg} + 0,5 \text{ kg} + 2,5 \text{ kg} = 5 \text{ kg} \end{aligned} \quad (2)$$

Dengan mempertimbangkan koefisien gesekan efektif sebesar 0,3, gaya yang berfungsi pada sistem dihitung sebagai berikut:

$$F = m \cdot g \cdot \mu \quad (3)$$

$$= (5 \text{ kg}) (9,81 \text{ m/s}^2) (0,3) = 14,7 \text{ N}$$

Selanjutnya, torsi yang dihasilkan oleh pulley yang digerakkan dihitung dengan mempertimbangkan jari-jari pulley. Dengan diameter pulley 25 mm, jari-jari pulley adalah 0,0125 m, sehingga:

$$T = F \cdot r \quad (4)$$

$$= (14,7 \text{ N}) (0,0125 \text{ m}) = 0,184 \text{ Nm}$$

Dengan putaran pulley sebesar 208 RPM, kecepatan sudut sistem dapat dicapai:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (5)$$

$$= \frac{2\pi (208 \text{ rpm})}{60} = 21,78 \text{ rad/s}$$

Berdasarkan nilai torsi dan kecepatan sudut tersebut, daya mekanis sistem dihitung sebagai:

$$P = T \cdot \omega \quad (6)$$

$$= (0,184 \text{ Nm}) (21,78 \text{ rad/s}) = 4 \text{ Watt}$$

Dengan mempertimbangkan efisiensi sistem sebesar 60%, daya motor yang diperlukan adalah:

$$P_{\text{motor DC}} = \frac{P}{\eta} \quad (7)$$

$$= \frac{4 \text{ Watt}}{0,60} = 6,7 \text{ Watt}$$

Selain itu, faktor keamanan digunakan 2-3 kali lipat untuk mempertimbangkan faktor beban dinamis dan kondisi operasional, sehingga diperoleh kebutuhan daya sebenarnya:

$$P \approx (2-3)(6,7 \text{ Watt}) \quad (8)$$

$$\approx 13-20 \text{ Watt}$$

Berdasarkan spesifikasi real dilakukan pemilihan motor DC dengan Brushless gear motor CM45-4575-24V, type Micro Motor, Daya output 20 W dengan 440 rpm. Torque sebesar 253 kg.cm.

Evaluasi Pengujian

Dalam setiap siklus, sampel buah kopi campuran antara buah matang dan belum matang digunakan untuk menguji, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Siklus berikutnya dimulai setelah sistem dihidupkan selama lima menit dan dihentikan untuk pendinginan. Tingkat pencampuran buah kopi belum matang pada hasil sortasi, durasi operasi, dan kestabilan kinerja sistem selama pengujian di antara parameter yang diamati. Selanjutnya, data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan hasil dengan target pencampuran maksimum 10% dan menilai pengaruh durasi.



Gambar 4. Proses pengujian

Gambar 5–6 menunjukkan hasil pengujian yang menunjukkan bahwa sistem sortasi menghasilkan dua kategori keluaran, yaitu wadah penampungan buah kopi berwarna merah dan wadah penampungan buah kopi berwarna hijau. Buah kopi yang matang (merah) diarahkan ke wadah utama sebagai hasil yang diharapkan, dan buah kopi yang belum matang (hijau) dialihkan ke wadah penampungan buah kopi. Kesuksesan sistem dalam membedakan kedua kelompok tersebut merupakan tanda pertama bahwa mekanisme deteksi dan aktuasi yang digunakan telah melakukan tugas yang direncanakan.



Gambar 5. Hasil sortir penampungan dan penimbangan warna merah



Gambar 6. Hasil sortir penampungan dan penimbangan warna hijau

Evaluasi tingkat kesalahan (error) terkonsentrasi pada hasil pada wadah penampungan buah kopi berwarna merah, seperti yang ditunjukkan pada hasil sortir. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa buah kopi yang telah matang sangat penting untuk menghasilkan kopi berkualitas tinggi, terutama dari segi cita rasa dan aroma. Akibatnya, setiap kontaminasi buah kopi yang belum matang (berwarna hijau) yang ditemukan dalam wadah penampungan merah secara langsung menunjukkan penurunan kualitas hasil sortir dan merupakan indikator utama dari kesalahan sistem.

Metode ini menegaskan bahwa parameter kinerja sistem dapat dihitung dengan tingkat kemurnian hasil sortir utama, bukan hanya kemampuan pemisahan umum. Oleh karena itu, tingkat pencampuran buah kopi belum matang dalam wadah merah yang lebih rendah menunjukkan bahwa sistem yang dibuat lebih akurat dan efektif. Karena kategori ini secara alami menunjukkan buah kopi yang belum memenuhi standar pengolahan, hasil sortir pada wadah penampungan hijau tidak digunakan sebagai parameter utama dalam evaluasi kesalahan. Dalam hal ini, masuknya buah kopi matang ke dalam wadah hijau lebih tepat dikategorikan sebagai kehilangan hasil (loss) daripada kesalahan kritis sistem. Oleh karena itu, kualitas hasil sortir utama selalu menjadi fokus analisis karena merupakan gambaran dari kinerja sistem secara keseluruhan.

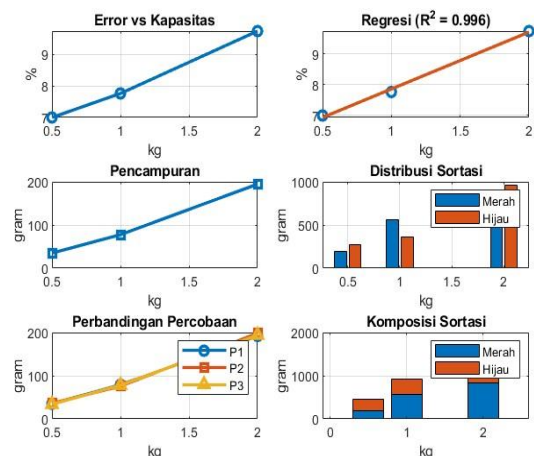
Hasilnya menunjukkan bahwa sistem sortasi buah kopi diuji pada tiga kapasitas berbeda: 0,5 kilogram, 1 kilogram, dan 2 kilogram. Setiap kapasitas diuji tiga kali. Hasil sortir pada wadah merah dan hijau, jumlah buah kopi belum matang yang tercampur dalam wadah merah, dan nilai dan persentase pencampuran rata-rata dicatat.

Pengujian menunjukkan bahwa pencampuran rata-rata sebesar 35 gram dengan persentase error sebesar 7% pada kapasitas 0,5 kg; pencampuran rata-rata sebesar 77,6 gram dengan persentase error sebesar 7,76% pada kapasitas 1 kg; dan pencampuran rata-rata sebesar 194,6 gram dengan persentase error sebesar 9,73% pada kapasitas 2 kg. Persentase error (%) dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan regresi linear berikut ini.

$$\% \text{ Error} = 1,84 \text{ kapasitas} + 6,015 ; R^2 = 0,9964 \quad (9)$$

Nilai error di bawah 10% menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang baik dalam memisahkan buah kopi ketika jumlah pencampuran masih dalam batas toleransi yang dapat diterima. Ini menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik, meskipun ada kecenderungan untuk error meningkat pada kapasitas yang lebih besar.

Untuk menunjukkan hubungan antara kapasitas dan tingkat kesalahan sortasi, pencampuran dan komposisi sortasi ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Hasil evaluasi distribusi sortasi serta error

Meskipun wadah merah masih mengandung banyak buah kopi belum matang, hasil sortir pada wadah merah dan hijau menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan sesuai kategori yang ditentukan. Pola ini menunjukkan bahwa jumlah pencampuran dan nilai error sistem yang meningkat berkorelasi positif dengan kapasitas.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat konsistensi yang cukup baik antar percobaan (P1, P2 dan P3), tetapi karena kapasitas input meningkat, akurasi berkurang. Ini menunjukkan bahwa sistem mungkin tidak dapat melakukan kinerja terbaiknya pada kondisi beban yang lebih besar.

KESIMPULAN

Sistem sortasi buah kopi berbasis sensor yang dikembangkan mampu membedakan buah kopi matang dan belum matang dengan tingkat konsistensi yang baik, seperti yang ditunjukkan oleh nilai error yang tetap di bawah 10%. Namun, peningkatan kapasitas input menyebabkan peningkatan persentase error dan jumlah pencampuran, yang menunjukkan penurunan akurasi pada beban yang lebih tinggi, sehingga sistem bekerja dengan baik pada kapasitas rendah hingga sedang. Oleh karena itu, untuk mempertahankan akurasi pada kapasitas yang lebih tinggi, kecepatan conveyor, respons aktuator, dan sinkronisasi sistem harus dioptimalkan lebih lanjut.

REFERENSI

- Allo, B. R. (2024). Analysis of Coffee Pulper Machine Performance: A Comprehensive Review of Methods, Technologies, and Influencing Factors. *International Journal of Contemporary Sciences (IJCS)*, 1(7), 313–322. <https://doi.org/10.55927/ijcs.v1i7.9119>
- Budiyanto, Izahar, T., & Uker, D. (2021). Karakteristik Fisik Kualitas biji Kopi dan Kualitas Kopi bubuk Sintaro 2

- dan Sintaro 3 dengan Berbagai Tingkat sangrai. *Jurnal Agroindustri*, 11(1), 54–71. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/agroindustri>
- Cahyo, A. S. D., Sinaga, H. V. P., Haris, A., Firdaus, M., & Amelinda, J. (2024). Penentuan Pemasok Biji Kopi Menggunakan Pendekatan Fuzzy Sugeno dan Metode Analytical Hierarchy Process pada Pengambilan Keputusan (Studi Kasus di Prolog Kopi). *Journal of Education Religion Humanities and Multidiciplinary*, 2(2), 1487–1503. <https://doi.org/10.57235/jerumi.v2i2.4448>
- Cahyono, B. E., Nugroho, A. T., & Maulinida, I. W. (2023). Klasifikasi Jenis Biji Kopi dengan Menggunakan Metode Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM). *Teknotan*, 16(3), 191. <https://doi.org/10.24198/jt.vol16n3.9>
- Mizar, M. A., Hadi, M. S., & Hidayat, S. (2022). Implementasi Mesin Pengupas Kopi Bagi Kelompok Wanita Tani Srigading Lawang Kabupaten Malang. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat (SINAPMAS) 2021, 2019*(2963–1599), 364–368.
- Muttaqin, A. N., & Mihdar, U. H. (2024). Optimalisasi produktivitas pengupasan biji kopi melalui modifikasi mesin pengupas. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 19(1), 47–54. <https://doi.org/10.36289/jtmi.v19i1.537>
- Ridwan, S. M. D. (2025). Perancangan Belt Conveyor Batu Bara Dengan Kapasitas 600 T/H Di Pt. X. *Al Jazari : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 10(2), 51–55. <https://doi.org/10.31602/al-jazari.v10i2.19060>
- Siahaan, I. H., Jonoaji, N., & Chandra, A. (2022). Pemanfaatan Roller dan Belt Conveyor pada Pembuatan Prototipe Mesin untuk Proses Sortasi Telur. *Jurnal Teknik Mesin*, 19(2), 40–44. <https://doi.org/10.9744/jtm.19.2.40-44>
- Siahaan, I. H., Shidi, D. B. K., & Jonoaji, N. (2024). Desain Dan Implementasi Conveyor Untuk Efisiensi. *Mekanika : Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 109–116.
- Sinaga, R., Siregar, R. T., Zulazmi, M. F., Okta, A., & Ginting, J. (2024). Modifikasi Desain Mesin Pengupas Kulit Kopi (Huller) Modification of Coffee Bean Skin Peeling Machine (Huller) Design. *Jurnal Agroteknosains*, 8(1).
- Sirappa, M. P., Heryanto, R., & Silitonga, Y. R. (2024). Standardisasi Pengolahan Biji Kopi Berkualitas. In *Warta BSIP Perkebunan* (Vol. 2, Issue 1, pp. 18–25).
- Srikandi, S., Kristanti, A. W., & Sutamihardja, R. (2019). Tingkat Kematangan Biji kopi Arabica (Coffea arabica L.) dalam Menghasilkan Kadar Kafein. *Jurnal Sains Natural*, 9(1), 22–28. <https://doi.org/10.31938/jsn.v9i1.189>