

RANCANG BANGUN SISTEM SORTIR BUAH CABAI BERDASARKAN WARNA BERBASIS ARDUINO UNO

Didacus Nofeano Masmur¹, Menhya Snae²

¹Program Studi Teknik Informatika, STIKOM Uyelindo

²Program Studi Sistem Informasi, STIKOM Uyelindo

Jl. Perintis Kemerdekaan, Kupang – Nusa Tenggara Timur, Indonesia

Email: ¹didacusnofeanomasmur@gmail.com, ²menhyasnae@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong upaya pencarian alternatif dalam proses sortir buah cabai yang umumnya masih dilakukan secara manual. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan alat sortir otomatis khusus untuk cabai dengan fokus utama pada peningkatan efisiensi proses sortir serta peningkatan keamanan dan kualitas cabai sebelum dijual. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang melibatkan studi literatur mendalam tentang teknologi yang relevan, diikuti dengan serangkaian eksperimen pada berbagai sampel cabai yang berbeda, dan pencatatan teliti atas hasil yang diperoleh. Alat ini bekerja dengan mengumpulkan sampel dari berbagai warna cabai yang ingin diidentifikasi, berdasarkan tingkat kematangan (mentah, matang, busuk), menggunakan conveyor dan sensor tcs34725 yang dikendalikan oleh Arduino. Hasil dari sensor akan ditampilkan di liquid crystal display (lcd) dan dikirim ke servo untuk mengarahkan cabai ke tempat yang sesuai dengan kondisinya. Hasil dari penelitian ini adalah pengembangan alat sortir cabai otomatis yang dapat memberikan solusi efektif untuk mengatasi tantangan pekerjaan manual sebelumnya. Alat ini mampu mencapai tingkat akurasi 92,3% dengan tingkat error 7,7%. Kontribusi unik dari penelitian ini adalah pengembangan teknologi alternatif yang inovatif untuk mendukung upaya mengurangi beban kerja manusia dan meningkatkan efisiensi dalam proses sortir cabai.

Kata kunci: Arduino, Cabai, Conveyor, Servo, Tcs34725

ABSTRACT

The development of science and technology encourages efforts to find alternatives in the chili sorting process which is generally still done manually. This study aims to design and develop an automatic sorting tool specifically for chili with a main focus on increasing the efficiency of the sorting process and improving the safety and quality of chili before being sold. The research method used is an experimental method that involves an in-depth literature study of relevant technology, followed by a series of experiments on various different chili samples, and careful recording of the results obtained. This tool works by collecting chili samples of various colors to be identified, based on the level of ripeness (raw, ripe, rotten), using a conveyor and tcs34725 sensor controlled by Arduino. The results from the sensor will be displayed on a liquid crystal display (lcd) and sent to the servo to direct the chili to the appropriate place according to its condition. The result of this study is the development of an automatic chili sorting tool that can provide an effective solution to overcome the challenges of previous manual work. This tool is able to achieve an accuracy level of 92,3% with an error rate of 7,7%. The unique contribution of this research is the development of innovative alternative technology to support efforts to reduce human workload and increase efficiency in the chili sorting process.

Keywords: Arduino, Chili, Conveyor, Servo, Tcs34725

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin maju, mendorong banyak orang untuk mencari cara alternatif dalam meringankan pekerjaan yang sebelumnya dilakukan secara manual dengan menggunakan tenaga manusia dan digantikan oleh mesin. Penyortiran adalah proses memisahkan benda berdasarkan klasifikasi seperti ukuran, warna, bentuk, dan bau, dan sering dilakukan dalam pertanian dan industri. Petani tomat masih menyortir buah secara manual, yang sering menimbulkan kesalahan dalam klasifikasi ukuran dan tingkat kematangan. Solusi teknologi berupa alat penyortir otomatis berbasis Arduino Uno dirancang untuk membantu petani memilah tomat berdasarkan warna dan ukuran [1].

Sortir memiliki peranan penting dalam industri pertanian dan perdagangan, khususnya pada buah cabai yang merupakan salah satu bumbu bahan masakan di Indonesia dan negara-negara lain di dunia yang memberikan rasa



pedas yang khas. Selama periode 2019-2023, volume ekspor cabai Indonesia selalu lebih rendah dibandingkan impornya. Ekspor terendah terjadi pada 2019 dengan total 7,04 ton senilai USD 14,8 juta. Pada 2020, ekspor meningkat menjadi 10,2 ton dengan nilai USD 25,1 juta, dan kembali mengalami sedikit peningkatan pada 2023, dengan kenaikan volume 6,15% dan nilai 15,83% dibandingkan tahun 2022. Sementara itu, impor cabai pada 2023 justru mengalami peningkatan, dengan volume naik 4,56% dan nilai bertambah 3,13% dibanding tahun sebelumnya. Impor 2023 juga menjadi yang tertinggi selama periode ini, mencapai 60,1 ribu ton senilai USD 142 juta [2].

Pengujian tingkat kematangan buah cabai sering kali masih dilakukan secara manual oleh para petani dan pedagang di pasar. Proses ini memakan waktu lama dan bisa menjadi sangat melelahkan, terutama jika dilakukan dalam skala besar. Selain itu, pengukuran kematangan cabai secara manual rentan terhadap kesalahan akibat faktor kelelahan dan kurangnya fokus. Dalam penelitian ini, pengambilan sampel cabai dilakukan secara manual dengan mengklasifikasikannya berdasarkan warna secara visual. Sebanyak enam buah cabai dari setiap kategori warna dipilih secara acak dari hasil panen, dengan kategori warna meliputi hijau terang, kuning muda, merah terang, merah kekuningan, coklat gelap, dan coklat terang. Pemilihan sampel dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria tertentu, yaitu bentuk cabai yang utuh dan bebas dari cacat fisik. Warna-warna tersebut dipilih untuk merepresentasikan berbagai tingkat kematangan cabai, mulai dari mentah hingga busuk.

Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan sebuah sistem yang dapat membantu dalam proses pengujian kematangan buah cabai secara efisien. Salah satu solusi adalah dengan memanfaatkan Arduino Uno, *platform opensource* yang banyak digunakan untuk mengendalikan berbagai macam perangkat dan sensor. Sistem ini menggunakan sensor Tcs34725 untuk membaca warna pada setiap cabai yang melewatinya. Sampel warna yang terbaca kemudian diubah menjadi data numerik yang dapat diproses dan dibaca oleh Arduino Uno. Sebelumnya, Arduino Uno sudah diatur dengan nilai referensi untuk semua warna yang mungkin dihasilkan. Dengan data yang diproses oleh Arduino Uno, alat dapat menentukan jenis warna buah cabai tersebut dan menempatkannya dalam kategori yang sesuai. Untuk membantu dalam proses pengaturan dan penentuan jenis, Arduino Uno didukung oleh alat seperti Servo. Saat buah cabai melewati sensor Tcs34725, Arduino Uno akan mengidentifikasi sampel warna yang didapatkan sebelumnya. Setelah identifikasi, Arduino Uno akan memberikan sinyal ke Servo untuk mengarahkan buah cabai ke tempat penampungan yang sesuai berdasarkan jenis yang sudah ditentukan sebelumnya. Dengan adanya sistem ini, proses sortir kematangan buah cabai dapat dipercepat dan meminimalisir kesalahan sehingga dapat meningkatkan kualitas dan keamanan produk yang dihasilkan. Kecepatan proses sortir buah cabai dengan alat otomatis dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti desain mekanik, kecepatan sensor dan aktuator, algoritma pemrosesan data, serta kapasitas input alat. Desain mekanik yang optimal dapat meminimalkan hambatan fisik, sedangkan kecepatan sensor dan aktuator memengaruhi kecepatan respon alat dalam memilah cabai. Kapasitas input menentukan volume cabai yang dapat diproses dalam satu siklus. Untuk mengukur efektivitas alat, perlu dilakukan perbandingan waktu proses dengan metode manual, serta evaluasi terhadap kualitas hasil sortir, biaya operasional, dan kemudahan penggunaan. Data yang relevan termasuk waktu pemilahan per kilogram, kapasitas per jam, tingkat kesalahan sortir, dan konsistensi kinerja alat. Dengan analisis yang mendalam, alat sortir cabai dapat dioptimalkan agar lebih cepat, akurat, efisien, dan mudah digunakan.

2. METODE PENELITIAN

Tinjauan Pustaka

a. Cabai

Cabai diperkenalkan ke Asia pada abad ke-16 oleh pedagang Portugis dan Spanyol, menyebar luas di Asia Tenggara. Sebelum mengenal cabai, masyarakat Indonesia menggunakan cabai Jawa (*Piper retrofractum*) untuk menambah rasa pedas pada masakan. Saat ini, terdapat lima spesies utama dari genus *Capsicum* yang dibudidayakan, yaitu *Capsicum annum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum Chinese*, *Capsicum baccatum*, dan *Capsicum pubescens*. Di Indonesia, *Capsicum annum* dan *Capsicum frutescens* adalah dua spesies utama, dengan cabai rawit (*Capsicum frutescens*) sebagai salah satu tanaman *hortikultura* dari famili *Solanaceae*. Cabai rawit memiliki nilai ekonomi tinggi serta variasi warna, rasa, dan nutrisi. Tujuan utama tahapan ini adalah menilai tingkat kematangan cabai rawit, yang dianggap matang jika nilai komponen merah (R) di atas 150, menunjukkan perubahan dari hijau ke merah. Nilai tinggi pada komponen merah juga menandakan kualitas cabai, sementara komponen hijau (G) harus di bawah 50 dan komponen biru (B) di bawah 70, sesuai rentang warna RGB (0-255), untuk evaluasi objektif kematangan [3].

Warna aditif adalah warna yang dihasilkan dari cahaya dan dikenal sebagai spektrum, di mana warna-warna tersebut terbentuk melalui interaksi cahaya. Warna dasar aditif terdiri dari tiga warna primer, yaitu merah, hijau, dan biru, yang sering disingkat dengan istilah RGB. Dalam model warna ini, pencampuran ketiga warna primer dalam proporsi yang sama akan menghasilkan warna putih, yang merupakan hasil dari akumulasi cahaya. Selain itu, kombinasi antara dua warna primer juga menghasilkan warna sekunder yang memiliki karakteristik unik. Misalnya, ketika biru dicampurkan dengan merah, akan tercipta warna magenta yang mencolok. Di sisi lain, pencampuran merah dan hijau menghasilkan warna kuning yang cerah, sementara kombinasi hijau dan biru menciptakan warna cyan yang segar. Jika ketiga warna primer, yaitu merah, hijau, dan biru, dicampur bersama, hasilnya adalah warna putih, yang menandakan kehadiran semua warna cahaya. Pemahaman tentang warna aditif



dan cara mereka berinteraksi sangat penting dalam berbagai bidang, termasuk desain grafis, teknologi layar, dan seni, di mana kombinasi warna yang tepat dapat mempengaruhi persepsi visual dan estetika [4].

b. Sortasi

Proses sortasi atau seleksi merupakan salah satu rangkaian kegiatan yang dilakukan pasca panen. Kegiatan ini umumnya dikerjakan di bangsal pengemasan atau di kebun. Tujuan utamanya adalah untuk memisahkan buah-buahan yang layak untuk dipasarkan dari yang tidak layak. Buah-buahan yang tidak memenuhi syarat, seperti yang busuk, terserang penyakit, cacat, terlalu muda atau terlalu tua, akan dipisahkan [5].

c. Conveyor

Conveyor adalah sistem mekanis yang menggunakan motor DC untuk memindahkan barang dari satu lokasi ke lokasi lain. Banyak industri menggunakannya untuk memindahkan barang dalam jumlah besar secara berkelanjutan, sehingga memberikan nilai ekonomis yang menguntungkan.

d. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah jenis motor yang dilengkapi dengan sistem umpan balik tertutup, yang memungkinkan posisi motor untuk dikendalikan dan diinformasikan kembali ke dalam rangkaian kontrolnya. Komponen utama motor servo ini terdiri dari motor DC, serangkaian roda gigi (*gear*), *potensiometer*, dan rangkaian kontrol.

e. Arduino Uno

Arduino merupakan versi terbaru dari keluarga Arduino yang berbasis mikrokontroler Atmega328. Arduino ini menyempurnakan model sebelumnya, yakni Duemilanove. Perbedaan utama antara Arduino dan model sebelumnya adalah pada penggunaan driver komunikasi USB. Arduino tidak lagi menggunakan chip FTDI (*Future Technology Devices International*) sebagai driver komunikasi USB-to-serial, melainkan menggunakan mikrokontroler Atmega328 yang telah diprogram sebagai konverter dari USB ke komunikasi serial [6].

f. Arduino IDE

Software yang digunakan untuk Arduino melibatkan penggunaan driver dan IDE. IDE, singkatan dari *Integrated Development Environment*, adalah program khusus yang digunakan pada komputer untuk membuat rancangan atau sketsa program yang akan dijalankan di papan Arduino [7].

g. Sensor TCS34725

Sensor warna adalah sensor yang digunakan pada aplikasi mikrokontroler untuk pendeteksian suatu objek benda atau warna dari objek yang dimonitor. Salah satu jenis sensor warna yang populer adalah tcs34725, yang merupakan versi terbaru dari sensor warna tcs3200 dan tcs230. Dilengkapi dengan filter infrared (*ir*), tcs34725 mampu mendekati warna yang ditangkap oleh mata manusia. Keunggulan sensor ini terletak pada sensitivitas dan akurasi deteksi warna yang tinggi, memungkinkan penggunaannya dalam berbagai kondisi pencahayaan [8].

h. *Liquid Crystal Display* (LCD)

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai komponen utamanya. Dalam konteks aplikasi yang disebutkan, digunakan LCD dot matriks dengan kapasitas menampilkan 16 kolom dan 2 baris karakter. Fungsi utama dari LCD adalah sebagai perangkat penampil yang digunakan untuk menunjukkan status kerja suatu perangkat atau system [9].

i. Kabel *Jumper*

jumper adalah kabel yang menggunakan setiap pin untuk menghubungkan komponen yang dibutuhkan. Jenis kabel *jumper* dibedakan berdasarkan konektor kabelnya [10].

j. *Breadboard*

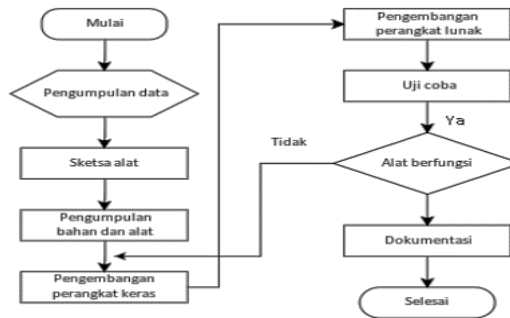
Breadboard Arduino, yang juga dikenal sebagai papan roti atau *project board*, merupakan perangkat yang sering digunakan dalam pembuatan *prototype* rangkaian elektronik. Ini adalah *platform* yang sangat berguna untuk menciptakan sementara atau uji coba *prototype* elektronik tanpa perlu melakukan proses soldering [11].

k. Kabel *USB*

Kabel *USB* ini digunakan untuk menghubungkan *computer* atau laptop ke Arduino. Kabel ini memiliki dua fungsi utama. Pertama, digunakan untuk mengirimkan program ke Arduino. Kedua, berfungsi sebagai *port* komunikasi serial untuk mengizinkan pertukaran data antara *computer* dan Arduino [12].

Prosedur Penelitian

Tahapan perancangan mencakup langkah-langkah mulai dari studi literatur, perancangan alat, hingga penyajian hasil. Ini memberikan arahan sistematis bagi peneliti untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Tahapan prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



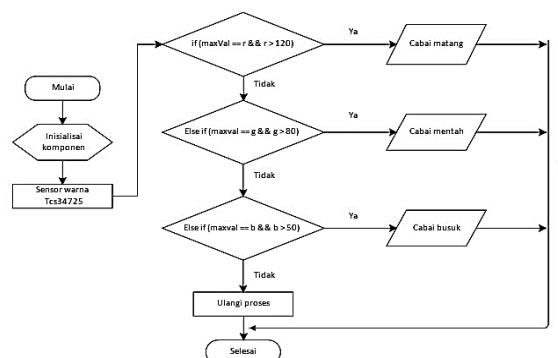
Gambar 1. *Flowchart* Prosedur Penelitian

Penjelasan *flowchart* prosedur penelitian:

1. Mulai
Langkah awal dari proses pengembangan alat atau perangkat.
2. Pengumpulan Data
Melakukan penelitian dan analisis literatur yang relevan untuk memahami pengetahuan yang sudah ada dalam bidang yang berkaitan dengan alat atau perangkat yang akan dikembangkan. Ini membantu memahami solusi yang telah ada dan menemukan area untuk inovasi.
3. Sketsa Alat
Merencanakan dan merancang secara rinci bagaimana alat atau perangkat akan diimplementasikan.
4. Pengumpulan Alat dan Bahan
Mengidentifikasi dan mengumpulkan semua komponen, alat, dan bahan yang dibutuhkan berdasarkan desain yang telah dibuat.
5. Pengembangan Perangkat Keras
Merancang, mengembangkan, dan merakit komponen fisik perangkat, seperti sirkuit elektronik dan mekanisme, sesuai dengan rencana desain.
6. Pengembangan Perangkat Lunak
Merancang, mengembangkan, dan mengimplementasikan perangkat lunak yang diperlukan untuk alat atau perangkat. Ini melibatkan menulis kode dan mengatur logika operasi.
7. Uji Coba
Menguji coba perangkat keras dan perangkat lunak secara terpisah atau bersama-sama untuk memastikan bahwa semuanya berfungsi sesuai yang diharapkan.
8. Revisi Alat Sortir
 - a. Jika alat berfungsi maka akan lanjut ke alur berikutnya.
 - b. Jika alat tidak berfungsi maka akan Kembali ke alur ke-5.
9. Dokumentasi
Mencatat semua detail terkait desain, pengembangan, uji coba, dan modifikasi yang telah dilakukan pada alat atau perangkat.
10. Selesai
Langkah akhir dari proses pengembangan, menandakan bahwa alur kerja telah selesai.

Alat Sortir

Berikut ini adalah rangkain *flowchart* dari cara kerja alat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Flowchart* Cara Kerja Alat Sortir

Penjelasan *Flowchart* cara kerja alat:

1. Mulai
Langkah awal dari proses pengembangan alat atau perangkat.
2. Inisialisasi Komponen
 - a. Siapkan semua komponen dan perangkat yang diperlukan: *Arduino Uno*, sensor TCS34725, Motor Servo, LCD 2x16, dan *Conveyor*.
 - b. Hubungkan semua komponen ke *Arduino Uno* sesuai dengan koneksi yang diperlukan.
3. Sensor Warna
 - a. *If (maxval == r && r > 120)*
Ini memeriksa apakah nilai maksimum (*maxval*) sama dengan nilai r dan apakah r lebih dari 120. R di sini bisa mewakili intensitas warna merah pada cabai. Jika intensitas merah mendominasi dan lebih dari 120, ini menggambarkan bahwa cabai berada pada kondisi matang. Cabai matang biasanya berwarna merah cerah. Angka 120, batas ini mungkin ditetapkan untuk menunjukkan bahwa cabai memiliki kandungan warna merah yang cukup tinggi untuk dianggap matang.
 - b. *Else if (maxval == g && g > 80)*
Ini memeriksa apakah nilai maksimum (*maxval*) sama dengan nilai g dan apakah g lebih dari 80. G di sini bisa mewakili intensitas warna hijau pada cabai. Jika intensitas warna hijau lebih dominan dan melebihi 80, maka kondisi ini menggambarkan bahwa cabai berada pada keadaan mentah. Cabai mentah seringkali berwarna hijau. angka 80, ini mungkin menjadi batas yang ditentukan untuk menunjukkan bahwa cabai masih memiliki warna hijau cukup kuat untuk dianggap belum matang atau mentah.
 - c. *Else if (maxval == b && b > 50)*
Ini memeriksa apakah nilai maksimum (*maxval*) sama dengan nilai b dan apakah b lebih dari 50. b di sini bisa mewakili intensitas warna biru atau representasi dari kegelapan/pembusukan pada cabai. Jika intensitas warna biru atau kegelapan lebih dominan dan lebih dari 50, maka kondisi ini menggambarkan bahwa cabai dalam keadaan busuk. Angka 50, Ini adalah batas yang mungkin menandakan bahwa cabai sudah kehilangan warna merah atau hijau dan mulai berubah menjadi gelap atau kebiruan, tanda-tanda pembusukan.
4. Ulangi proses
Pada bagian ini menjelaskan bahwa penyortiran cabai itu dilakukan berulang ulang selama alat dihidupkan.
5. Selesai
Langkah akhir dari proses pengembangan alat atau perangkat.

Menghitung *Error Rate*

Berikut adalah rumus untuk menghitung error rate untuk hasil pengujian pertama dan kedua dari alat sortir buah cabai berdasarkan *Arduino*.

$$FP = 1$$

$$FN = 0$$

$$\text{Total} = 12$$

$$\text{error rate} = \frac{FP+FN}{TP+TN+FN} \times 100\%$$

$$= \frac{0+1}{4+8+0+1} \times 100\%$$

$$= \frac{1}{13} \times 100\%$$

$$= 0.0769 \times 100\%$$

$$= 7.7 \%$$

Menghitung Akurasi

Berikut adalah rumus untuk menghitung akurasi untuk hasil pengujian pertama dan kedua dari alat sortir buah cabai berdasarkan *Arduino*.

$$TP = 4$$

$$TN = 8$$

$$FP = 1$$

$$FN = 0$$

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\%$$

$$= \frac{4+8}{4+8+0+1} \times 100\%$$

$$= \frac{12}{13} \times 100\%$$



$$= 0.923 \times 100\%$$

$$= 92.3 \%$$

Jadi, keberhasilan dari alat ini adalah 92,3% dan *error rate* adalah 7,7%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem

Alat sortasi cabai berdasarkan warna berbasis Arduino Uno, memiliki dimensi keseluruhan yaitu panjang 30 cm, tinggi 13 cm, dan lebar 25 cm. Tampilan dari Prototipe Alat Penyortir Cabai pada Gambar 3.









Gambar 3. Prototipe Alat Penyortir Cabai

Pengujian Sistem

Jenis cabai yang digunakan dalam pengujian adalah cabai rawit, karena umum ditemukan di seluruh Indonesia. Pengujian warna dilakukan dengan membaca warna cabai secara berulang pada setiap variasi, lalu menghitung nilai kesalahan untuk mengevaluasi akurasi sistem. Enam sampel warna yang diuji meliputi dua cabai matang (merah terang dan merah kuning), dua cabai mentah (hijau terang dan kuning muda), serta cabai busuk (coklat gelap dan coklat terang), sampel cabai dapat dilihat pada Tabel 1.





Tabel 1. Sampel Cabai


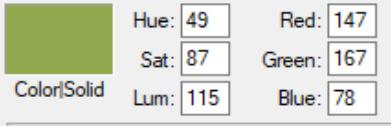

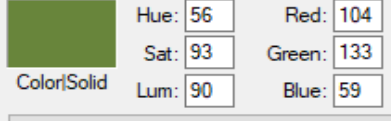

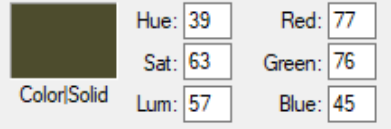

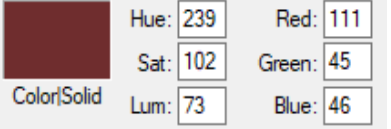
Sampel cabai			
No	Cabai matang	Cabai mentah	Busuk/tidak terdeteksi
1			
2			

Pengujian Pertama

Berikut adalah data pengujian pertama dari alat sortir buah cabai berdasarkan warna berbasis Arduino uno dengan pencahayaan dan posisi yang berbeda karena setiap sampel cabai ukurannya berbeda. Karena sensor sensitif terhadap cahaya, ukuran objek, dan jarak. Pengujian pertama dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Pertama


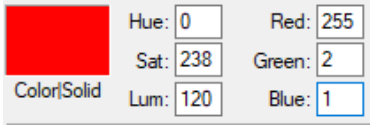

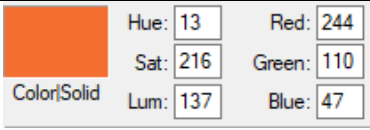

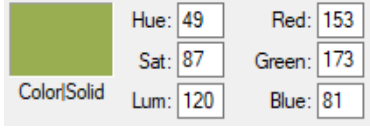

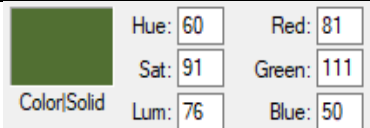

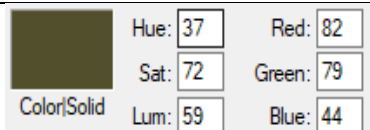
No	Pengujian Cabai Matang	Nilai RGB	Pemeriksaan nilai warna dengan aplikasi notepad	Hasil Sortir
1		R =385 G =194 B = 96	 Hue: 239 Sat: 238 Lum: 120 Red: 255 Green: 1 Blue: 9	Benar
2		R =190 G = 82 B = 50	 Hue: 9 Sat: 140 Lum: 113 Red: 190 Green: 82 Blue: 50	Benar
No	Pengujian Cabai Mentah	Nilai RGB	Pemeriksaan nilai warna dengan aplikasi notepad	Hasil Sortir


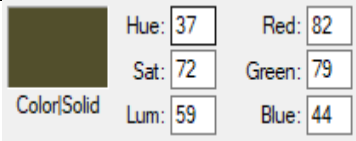
3		R =147 G =167 B = 78		Benar
4		R =104 G =133 B = 59		Benar
No	Pengujian Cabai Rusak	Nilai RGB	Pemeriksaan nilai warna dengan aplikasi notepad	Hasil Sortir
5		R = 77 G = 76 B = 45		Benar
6		R =111 G = 85 B = 46		Salah

Pengujian Kedua

Berikut adalah data pengujian kedua dari alat sortir buah cabai berdasarkan warna berbasis Arduino uno dengan pencahayaan dan posisi yang berbeda karena setiap sampel cabai ukurannya berbeda. Karena sensor sensitif terhadap cahaya, ukuran objek, dan jarak. Pengujian pertama dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Kedua

No	Pengujian Cabai Matang	Nilai RGB	Pemeriksaan nilai warna dengan aplikasi notepad	Hasil Sortir
1		R = 410 G = 218 B = 109		Benar
2		R = 244 G = 110 B = 67		Benar
No	Pengujian Cabai Mentah	Nilai RGB	Pemeriksaan nilai warna dengan aplikasi notepad	Hasil Sortir
3		R = 153 G = 173 B = 81		Benar
4		R = 84 G = 111 B = 50		Benar
No	Pengujian Cabai Rusak	Nilai RGB	Pemeriksaan nilai warna dengan aplikasi notepad	Hasil Sortir
5		R = 82 G = 79 B = 44		Benar

6		R = 114 G = 89 B = 49		Benar
---	---	-----------------------------	--	-------

Perhitungan *Confusion Matrix*

Confusion Matrix adalah teknik penting dalam mengukur kinerja model klasifikasi, khususnya dalam kasus *supervised learning* pada *machine learning*. Matriks ini memberikan gambaran perbandingan antara hasil klasifikasi model dengan nilai sebenarnya dari data uji. Dengan menggunakan *Confusion Matrix*, pengembang dapat mengevaluasi performa model secara detail, sehingga membantu dalam memilih model yang paling baik untuk menyelesaikan suatu permasalahan klasifikasi [13].

Keterangan:

1. Total Data Tes : 12
2. Cabai Matang : 4
3. Cabai Mentah : 4
4. Cabai Busuk : 4

Tabel 4. Perhitungan *Confusion Matrix*

Confusion Matrix	Cabai Matang	Cabai Mentah	Cabai Busuk
Matang	4	0	0
Mentah	0	4	0
Busuk	1	0	3

Keterangan:

1. TP adalah *True Positive* (benar positif), yaitu jumlah prediksi yang benar positif.
Contoh: Model memprediksi cabai adalah matang, dan kenyataannya cabai tersebut memang matang.
2. TN adalah *True Negative* (benar negatif), yaitu jumlah prediksi yang benar negatif.
Contoh: Model memprediksi cabai bukan dalam kondisi busuk, dan kenyataannya cabai tersebut memang tidak busuk.
3. FP adalah *False Positive* (salah positif), yaitu jumlah prediksi yang salah positif.
Contoh: Model memprediksi cabai adalah matang, tetapi kenyataannya cabai tersebut masih mentah.
4. FN adalah *False Negative* (salah negatif), yaitu jumlah prediksi yang salah negatif.
Contoh: Model memprediksi cabai bukan dalam kondisi busuk, tetapi kenyataannya cabai tersebut sudah busuk.

Menghitung *Error Rate*

Berikut adalah rumus untuk menghitung error rate untuk hasil pengujian pertama dan kedua dari alat sortir buah cabai berdasarkan Arduino.

$$FP = 1$$

$$FN = 0$$

$$\text{Total} = 12$$

$$\text{error rate} = \frac{FP+FN}{TP+TN+FN} \times 100\%$$

$$= \frac{0+1}{4+8+0+1} \times 100\%$$

$$= \frac{1}{13} \times 100\%$$

$$= 0.0769 \times 100\%$$

$$= 7.7 \%$$

Menghitung Akurasi

Berikut adalah rumus untuk menghitung akurasi untuk hasil pengujian pertama dan kedua dari alat sortir buah cabai berdasarkan Arduino.

$$TP = 4$$

$$TN = 8$$

$$FP = 1$$

$$FN = 0$$

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4+8}{4+8+0+1} \times 100\% \\
 &= \frac{12}{13} \times 100\% \\
 &= 0.923 \times 100\% \\
 &= 92.3\%
 \end{aligned}$$

Jadi, keberhasilan dari alat ini adalah 92,3% dan *error rate* adalah 7,7%. Meskipun akurasi sebesar 92,3% pada prototipe sortir buah cabai merupakan hasil yang cukup baik, akurasi saja tidak cukup untuk menilai keseluruhan performa model. Penting untuk mempertimbangkan berbagai faktor, seperti jenis kesalahan yang terjadi, kondisi lingkungan, variasi bentuk dan warna buah cabai, teknik pengolahan citra yang digunakan, serta ukuran dataset yang tersedia. Dengan menganalisis *Confusion Matrix* secara mendalam dan mengevaluasi model menggunakan berbagai metrik kinerja, serta memperhitungkan faktor eksternal seperti kondisi lingkungan dan keragaman data, sistem sortir buah cabai dapat dikembangkan menjadi lebih akurat, dan efisien pada penelitian selanjutnya.

4. SIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, dan pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat sistem sortir buah cabai berbasis arduino memiliki performa yang cukup baik dengan akurasi mencapai 92,3% dan tingkat kesalahan sebesar 7,7% berdasarkan hasil dua uji coba menggunakan 12 sampel buah cabai. Alat ini mampu mengenali dan memisahkan buah cabai dengan cukup baik, khususnya dalam membedakan cabai matang, mentah, dan busuk, meskipun tingkat akurasi tersebut belum sepenuhnya sempurna. Respons alat terhadap variasi warna buah cabai masih tergolong baik, meskipun terdapat tantangan ketika alat harus membedakan warna yang memiliki tingkat kemiripan tinggi, yang sedikit memengaruhi hasil sortir. Dari segi fleksibilitas, alat ini cukup adaptif karena dapat menyesuaikan pengaturan warna atau kriteria pengenalan warna tertentu untuk memperbaiki kinerjanya sesuai kebutuhan pengguna. Namun, alat ini dapat memiliki beberapa kendala, seperti pengaruh pencahayaan, ukuran objek yang terlalu kecil, atau kerusakan pada kabel.

Saran

Penulis menyadari bahwa *prototype* alat sortir cabai berbasis Arduino masih memiliki beberapa kekurangan dan berharap mendapatkan kritik serta saran dari pembaca untuk penyempurnaan lebih lanjut. Salah satu saran pengembangan yang diusulkan adalah peningkatan akurasi, meskipun kinerja alat sudah cukup baik dengan akurasi sekitar 92,3%, masih ada ruang untuk meningkatkan dengan cara memperbaiki proses pengenalan warna atau melakukan kalibrasi ulang. Selain itu, peningkatan kemampuan dalam membedakan warna yang mirip juga perlu dilakukan, dengan cara memperbaiki algoritma pengenalan warna atau menggunakan sensor warna yang lebih sensitif untuk meningkatkan akurasi sortir. Masalah teknis seperti pencahayaan yang terlalu terang dan kerusakan kabel jumper juga harus diatasi dengan cara memperbaiki desain fisik alat atau mengganti komponen yang rusak agar alat dapat berfungsi lebih optimal. Dari segi kesamaan dan skalabilitas, alat ini sudah cukup baik dalam pengaturan warna, namun dapat lebih ditingkatkan skalabilitasnya untuk mampu menyortir jenis cabai atau buah lainnya, dengan penambahan fitur atau perangkat yang lebih canggih. Terakhir, alat ini juga memiliki potensi besar sebagai media pembelajaran, dan dapat ditingkatkan dengan materi serta panduan lebih lengkap mengenai pemrosesan citra dan pengenalan warna untuk meningkatkan pemahaman dan penerapannya di dunia pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Hanafie, B. Syarifuddin, and, Kamarudding, "Perancangan Alat Penyortir Buah Tomat Berbasis Arduino Uno," *Teknologi Komputer*, vol. 1, no. 1, p. 25, Des. 2021, doi: <https://jtek.ft-uim.ac.id/index.php/jtek/article/view/70>.
- [2] R. Adolph, *Analisis kinerja perdagangan cabai merah*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian, 2024.
- [3] E. I. Sari, S. Suhada, F. Anggraini, D. Hartama, and I. O. Kirana, "Prototype Alat Pengecekan dan Penyortir Kesegaran Cabai Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Tcs230 Berbasis Arduino," *BEES Bull. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2021, doi: 10.47065/bees.v2i1.762.
- [4] Juandri and N. Anwar, "Pengenalan Warna Terhadap Objek dengan Model Analisis Elemen Data Warna Gambar Berbasis Deep Neural Network," *BULLET J. Multidisiplin Ilmu*, vol. 2, no. 1, pp. 23–31, Feb. 2023, Available: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/bullet/article/view/2050>.
- [5] R. Ariansyah, "Rancang Bangun Alat Sortir Jeruk Nipis Berbasis Mikrokontroler," Skripsi, UIN Alauddin Makassar, Kota Makassar, Indonesia, 2019.



- [6] A. S. R. F. Umam, *Project Sistem Kontrol Berbasis Arduino*. Malang: Media Nusa Creative (MNC Publishing), 2022.
- [7] R. Risdiandi, "Analisis Cara Kerja Sensor Ultrasonik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno untuk Merancang Alat Deteksi Banjir secara Otomatis," Skripsi, Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Bandar Lampung, Lampung, Indonesia, 2020.
- [8] W. B. Sakti, *Rancang Bangun Alat Penyortir Kematangan Pada Tomat dengan Menggunakan Sensor Pendeteksi Rgb Tcs34725*. Malanag: Media Nusa Creative, 2021.
- [9] A. Anantama, A. Apriyantina, S. Samsugi, and F. Rossi, "Alat Pantau Jumlah Pemakaian Daya Listrik Pada Alat Elektronik Berbasis Arduino Uno," *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 1, no. 1, p. 29, 2020, doi: 10.33365/jtst.v1i1.712.
- [10] N. selvia, Santosa and A. Hasan, *Rancang Bangun Model Alat Penyiram Otomatis Bibit Kelapa Sawit Berbasis Arduino Uno dan Soil Moisture Sensor*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia, 2023.
- [11] A. Sifaunajah, M. Z. Arifin, and M. R. A. M. Shabet, *Mudah Membangun Jam Digital Berbasis Arduino Atmega*. Jombang: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas KH. A. Wahab Hasbullah, 2023.
- [12] Y. Malliwang, "Tempat Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," Skripsi, Universitas Hasanuddin Makassar, Kota Makassar, Indonesia, 2020.
- [13] N. S. Kuncahyo, "Confusion Matrix untuk Evaluasi Model pada Supervised Learning," media.com. Accessed: Nov 13, 19 [online]. Available: <https://ksnugroho.medium.com/confusion-matrix-untuk-evaluasi-model-pada-unsupervised-machine-learning-bc4b1ae9ae3f>.