

## Rancang Bangun Alat Penyortir Jeruk Berbasis Fuzzy Mamdani Menggunakan Sensor TCS34725

Achmad Nur Arif<sup>1\*</sup>, Denny Irawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Gresik, Indonesia

\*e-mail: [\\*achmadnurarif8@gmail.com](mailto:achmadnurarif8@gmail.com), [den2mas@umg.ac.id](mailto:den2mas@umg.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini membahas perancangan dan implementasi sistem penyortiran buah jeruk berdasarkan tingkat kematangan menggunakan sensor warna TCS34725 dan logika fuzzy Mamdani. Sensor membaca nilai RGB buah jeruk yang kemudian diolah menjadi variabel fuzzy melalui fungsi keanggotaan segitiga untuk menentukan kategori Mentah, Setengah Matang, Matang, atau Busuk. Sistem dilengkapi motor servo sebagai aktuator sortir dan conveyor sebagai media pergerakan buah. Pengujian dilakukan terhadap 14 sampel jeruk untuk mengevaluasi akurasi klasifikasi, respons aktuator, dan kestabilan sensor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara real-time dengan tingkat akurasi penyortiran sebesar **85,7%**. Kesalahan klasifikasi umumnya disebabkan oleh perubahan pencahayaan dan warna buah yang berada pada batas antar kategori. Secara keseluruhan, metode fuzzy Mamdani terbukti efektif dalam mendukung proses penyortiran berbasis warna dan dapat dioptimalkan lebih lanjut melalui stabilisasi pencahayaan dan perbaikan perangkat mekanik.

**Kata kunci:** penyortiran jeruk, sensor TCS34725, fuzzy Mamdani, RGB, motor servo.

### *Automated Orange Sorting Using Mamdani Fuzzy Logic and TCS34725 Sensor*

#### ABSTRACT

*This study presents the design and implementation of an orange-sorting system based on ripeness classification using the TCS34725 color sensor and the Mamdani fuzzy logic method. The sensor acquires RGB values from the oranges, which are then processed as fuzzy variables through triangular membership functions to determine the categories: Unripe, Half-Ripe, Ripe, or Rotten. The system employs servo motors as sorting actuators and a conveyor mechanism for fruit movement. Experimental tests using 14 sample oranges were carried out to evaluate classification accuracy, actuator performance, and sensor stability. The results indicate that the system operates in real time with a sorting accuracy of **85.7%**. Misclassifications were mainly caused by changes in ambient lighting and fruit colors near category boundaries. Overall, the Mamdani fuzzy approach proved effective for color-based sorting and can be further enhanced by improving lighting stability and mechanical components.*

**Keywords:** orange sorting, TCS34725 sensor, Mamdani fuzzy logic, RGB, servo motor.

### PENDAHULUAN

Jeruk merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi dan permintaan pasar yang tinggi di Indonesia. Konsumsi jeruk secara nasional meningkat karena harga yang relatif terjangkau dan kandungan nutrisi yang bermanfaat. Pemanfaatannya mencakup rumah tangga, supermarket, hotel, restoran, hingga industri olahan. Produksi jeruk nasional juga cukup besar dengan kontribusi utama berasal dari Provinsi Jawa Timur, Sumatera Utara, Bali, Kalimantan Barat, dan Sumatera Barat. Meskipun demikian, kemampuan Indonesia dalam menembus pasar ekspor masih rendah, salah satunya disebabkan oleh kualitas buah yang belum konsisten sehingga menurunkan daya saing produk [1],

Untuk menjaga konsistensi kualitas tersebut, proses penyortiran jeruk berdasarkan tingkat kematangan menjadi hal yang penting. Pada banyak industri kecil dan menengah, penyortiran masih dilakukan secara manual sehingga rentan terhadap kesalahan, dipengaruhi subjektivitas

pekerja, dan membutuhkan waktu yang lebih lama. Diperlukan solusi otomasi yang mampu melakukan penyortiran secara cepat dan akurat.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan pemanfaatan sensor warna serta metode logika fuzzy untuk menyelesaikan permasalahan penyortiran buah. Penelitian pada buah tomat menggunakan logika fuzzy Sugeno terbukti mampu mengelompokkan tingkat kematangan berdasarkan nilai RGB [2] sedangkan penelitian lain menggunakan sensor TCS3200 pada buah pepaya juga menunjukkan kinerja yang baik dengan tingkat akurasi mencapai 93,33% [3]. Sistem sortir otomatis berbasis IoT pada buah tomat juga telah dikembangkan menggunakan sensor warna dan load cell [4]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut belum secara spesifik menyesuaikan konfigurasi sensor warna untuk karakteristik buah jeruk yang memiliki variasi warna berbeda serta sensitif terhadap kondisi pencahayaan.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian ini mengembangkan alat penyortir buah jeruk menggunakan sensor warna TCS34725 yang memiliki sensitivitas lebih baik dan dilengkapi fitur kompensasi cahaya. Metode Fuzzy Mamdani digunakan untuk menangani ketidakpastian dan transisi warna pada jeruk dari mentah hingga busuk, sehingga sistem dapat mengambil keputusan klasifikasi tingkat kematangan secara lebih adaptif. Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem akuisisi warna, penyusunan fungsi keanggotaan fuzzy berdasarkan data RGB jeruk, implementasi aturan fuzzy, serta integrasi aktuator servo untuk proses penyortiran.

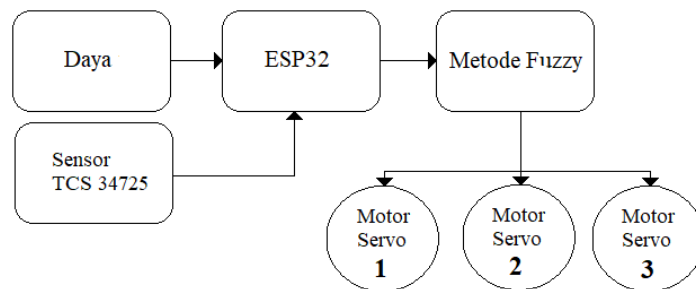
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem penyortiran buah yang lebih efisien dan konsisten, serta mendukung peningkatan kualitas produk pertanian khususnya komoditas jeruk.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini mencakup perancangan perangkat keras, pemrosesan data sensor warna, penyusunan logika fuzzy Mamdani, serta pengujian akurasi alat penyortir buah jeruk. Sistem bekerja dengan membaca nilai RGB dari sensor warna TCS34725, mengubahnya menjadi variabel fuzzy berdasarkan fungsi keanggotaan, melakukan proses inferensi, dan menghasilkan keputusan berupa pergerakan motor servo untuk mengarahkan buah ke kategori kematangan yang sesuai.

## Desain Sistem

Sistem penyortiran terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu: sensor warna TCS34725, mikrokontroler ESP32, motor servo sebagai aktuator sortir, motor penggerak conveyor, dan unit catu daya. Sensor TCS34725 dipilih karena sensitivitasnya tinggi dan memiliki IR filter serta auto gain control, sehingga lebih stabil terhadap variasi cahaya dibanding sensor generasi sebelumnya seperti TCS3200 [3], [5]. Desain mekanik menggunakan conveyor agar buah bergerak secara teratur melewati area pembacaan sensor.



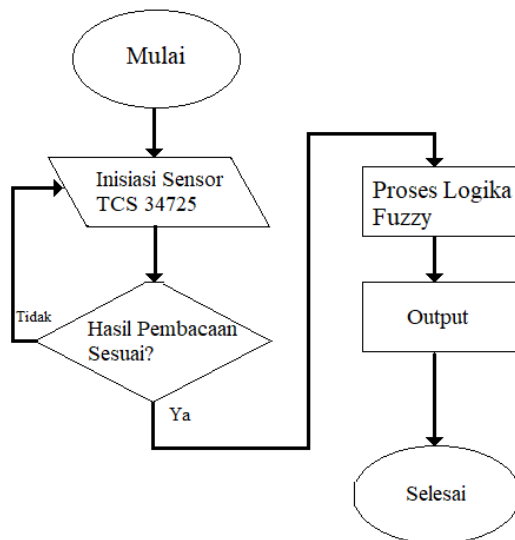
Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Sistem penyortiran terdiri dari beberapa komponen utama Sensor warna TCS34725, Mikrokontroler ESP32, Motor servo sebagai aktuator sortir, Motor penggerak conveyor, Unit catu daya. Sensor TCS34725 dipilih karena sensitivitas tinggi, dilengkapi IR filter dan auto gain control, sehingga lebih stabil terhadap variasi cahaya dibanding sensor generasi sebelumnya seperti TCS3200 [3], [8]. Desain mekanik menggunakan conveyor agar buah bergerak secara teratur melewati area pembacaan sensor.

### Flowchart Sistem

Alur kerja sistem ditunjukkan pada Gambar 2. Proses dimulai ketika mikrokontroler menerima suplai daya dan melakukan inisialisasi sensor warna. Selanjutnya dilakukan proses kalibrasi awal dengan memberikan objek warna solid, memastikan pembacaan sensor sesuai standar referensi. Kalibrasi ini penting karena sensor warna sangat sensitif terhadap cahaya lingkungan [8].

Setelah kalibrasi, sistem membaca nilai RGB jeruk dan memproses data menggunakan logika fuzzy Mamdani untuk menentukan kategori kematangan. Hasil inferensi digunakan untuk mengontrol motor servo agar buah diarahkan ke jalur sortir: mentah, setengah matang, matang, atau busuk.



Gambar 2. Flowchart Sistem

### Pengambilan Data Warna

Data warna diperoleh dari sensor TCS34725 yang menghasilkan intensitas Red (R), Green (G), dan Blue (B). Nilai RGB kemudian direkam dan dikelompokkan berdasarkan kategori kematangan jeruk. Tabel 1 menunjukkan rentang nilai RGB setiap kategori yang diperoleh dari pengukuran awal sampel jeruk.

Tabel 1 Range RGB

No	Tingkat Kematangan	Warna	R	G	B
1	Mentah	Hijau	50–80	120–150	50–80
2	Setengah Matang	Kuning-Hijau	130–160	130–160	50–80
3	Matang	Oranye	200–220	120–140	50–70
4	Busuk	Coklat	150–180	90–110	60–80

### Penyusunan Fungsi Keanggotaan Fuzzy Mamdani

Fuzzy Mamdani digunakan karena mampu menangani gradasi warna tanpa batas tegas antar kategori [2], [3]. Nilai RGB dinormalisasi ke rentang **0–100** sebelum dimasukkan ke fungsi fuzzy..

Tabel 2 Keanggotaan Fuzzy

No	Tingkat Kematangan	Range Fuzzy (0–100)
1	Mentah	0–20–40
2	Setengah Matang	30–50–70
3	Matang	60–75–90
4	Busuk	80–90–100

#### Keterangan:

- Nilai tengah mewakili puncak segitiga (derajat keanggotaan = 1)
- Nilai bawah & atas mewakili awal dan akhir fungsi keanggotaan (derajat = 0)

Persamaan umum fungsi keanggotaan segitiga: dengan  $a, b, c$  merupakan nilai batas bawah, tengah, dan atas pada masing-masing kategori.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c \\ 0, & x \geq c \end{cases}$$

$$\mu_R \text{Mentah}[x] = \begin{cases} 1; & x = 15 \\ \frac{x-0}{15-0}; & 0 < x < 15 \\ \frac{32-x}{32-15}; & 15 < x < 32 \\ 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 32 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_R \text{Setengah Matang}[x] = \begin{cases} 1; & x = 45 \\ \frac{x-28}{45-28}; & 28 < x < 45 \\ \frac{62-x}{62-45}; & 45 < x < 62 \\ 0; & x \leq 28 \text{ atau } x \geq 62 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_R \text{Matang}[x] = \begin{cases} 1; & x = 58 \\ \frac{x-58}{75-58}; & 58 < x < 75 \\ \frac{92-x}{92-75}; & 75 < x < 92 \\ 0; & x \leq 75 \text{ atau } x \geq 92 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_R \text{Busuk}[x] = \begin{cases} 1; & x = 105 \\ \frac{x-88}{105-88}; & 88 < x < 105 \\ \frac{122-x}{122-105}; & 105 < x < 122 \\ 0; & x \leq 88 \text{ atau } x \geq 122 \end{cases} \quad (4)$$

#### Aturan Fuzzy (Rule Base)

Aturan fuzzy disusun berdasarkan kombinasi nilai RGB yang mewakili kategori kematangan jeruk. Struktur rule mengacu pada metode pemilahan buah lain [2], [3], Dimana aturannya

IF (R, G, B) berada pada rentang Mentah THEN kategori = Mentah

IF (R, G, B) berada pada rentang Setengah Matang THEN kategori = Setengah Matang

IF (R, G, B) berada pada rentang Matang THEN kategori = Matang

IF (R, G, B) berada pada rentang Busuk THEN kategori = Busuk

Tabel 3. Contoh Ringkas Rule Fuzzy

Sensor 1	Sensor 2	Kategori Output
Mentah	Mentah	Mentah
Mentah	Setengah	Mentah
Setengah	Matang	Setengah Matang
Matang	Busuk	Matang
Busuk	Busuk	Busuk

**Proses Defuzzifikasi**

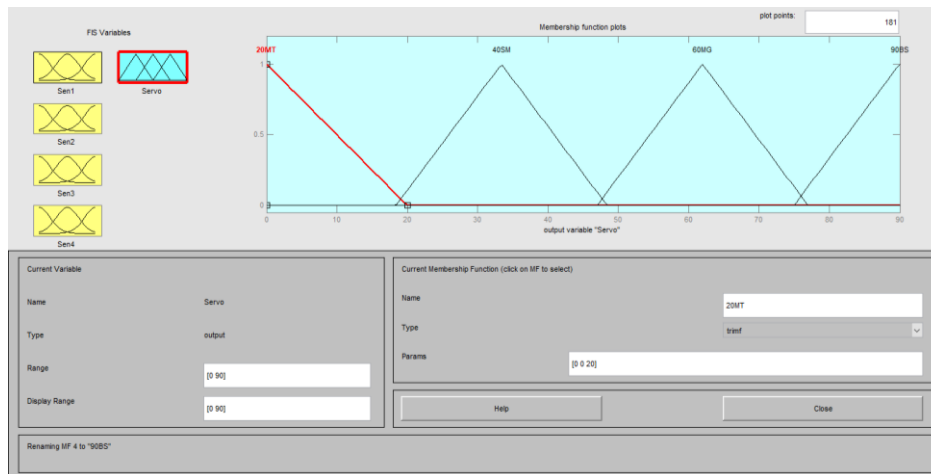
Metode centroid digunakan untuk memperoleh output stabil. Nilai defuzzifikasi (0–100) diterjemahkan menjadi sudut servo:

Tabel 43 Motor Servo

No	Tingkat Kematangan	Sudut Servo
1	Mentah	20°
2	Setengah Matang	40°
3	Matang	60°
4	Busuk	90°

Persamaan transformasi numerik:

$$\theta = \frac{\text{defuzz}}{100} \times (90 - 20) + 20$$



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Motor Servo

**Pengujian Sistem**

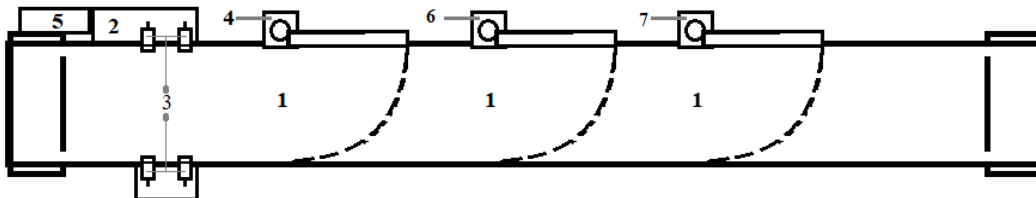
Pengujian dilakukan dengan menempatkan sampel jeruk pada conveyor dan mengamati pembacaan sensor serta respon motor servo. Lima sampel awal digunakan untuk uji fungsional dasar [5], [6]

Keberhasilan sortir dihitung berdasarkan kecocokan antara keputusan fuzzy dan kondisi aktual. Hasil pengujian awal menunjukkan tingkat akurasi ≈90%, meskipun sensor masih dipengaruhi kondisi pencahayaan, konsisten dengan penelitian pendeteksian pepaya menggunakan TCS3200 [7]



## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4 menunjukkan desain prototype alat penyortir jeruk. Urutan fungsi sortir dimulai dari Matang, Busuk, Mentah, hingga Setengah Matang. Prototype ini terdiri dari (1) Conveyor Belt (2) Control Box (3) Sensor TCS 34725 (4) Servo Motor 1 (5) Motor Conveyor (6) Servo Motor 2 (7) Servo Motor 3.



Gambar 4 Prototype Alat



### Hasil Pengujian Sensor IR





Berdasarkan pengujian, sensor IR berhasil mendeteksi keberadaan buah pada conveyor dengan tepat, menghasilkan output digital 0 sebelum buah datang dan 1 saat buah melewati sensor. Hal ini menunjukkan sensor IR berfungsi optimal sebagai trigger awal proses sortir. Sensor TCS34725 mampu membaca nilai RGB dari buah jeruk pada berbagai tingkat kematangan: Mentah, Setengah Matang, dan Matang. Nilai RGB yang diperoleh sesuai dengan rentang yang telah ditentukan (Tabel 3). Kalibrasi awal menggunakan warna hitam dan putih membantu menstabilkan pembacaan sensor, mengurangi pengaruh variasi cahaya lingkungan.

### Pengujian Sensor Warna TCS34725

Sensor TCS34725 mampu membaca nilai RGB buah jeruk pada berbagai tingkat kematangan dengan stabil. Kalibrasi menggunakan objek hitam dan putih berhasil meningkatkan akurasi pembacaan dan meminimalkan pengaruh pencahayaan sekitar. Tabel 3 menunjukkan distribusi nilai RGB yang konsisten pada setiap kategori. Untuk buah busuk, nilai RGB berada di luar rentang tiga kategori utama, sehingga pada sistem diset untuk diklasifikasikan secara otomatis sebagai "Error/Busuk".

Tabel 4 beberapa nilai RGB dari jeruk yang diuji

No	Foto Buah	Data Uji sensor TCS			Klasifikasi Buah
		R	G	B	
1		82	116	115	Mentah
2		88	114	122	Mentah











3		158	197	95	Setengah matang
4		184	89	48	Matang
5		156	195	99	Setengah matang
6		188	105		Matang

### Analisis Fungsi Fuzzy

Pengujian fuzzy logic menunjukkan bahwa sistem mampu menentukan kategori kematangan berdasarkan kombinasi nilai R, G, dan B. Fungsi keanggotaan segitiga dapat menangani gradasi warna jeruk, terutama pada peralihan Mentah → Setengah Matang. Rule base yang dirancang menghasilkan keputusan yang konsisten pada seluruh pengujian. Proses defuzzifikasi metode centroid memberikan output stabil yang dapat dikonversi langsung ke sudut servo. Keseluruhan alur fuzzy hingga servo berjalan real-time tanpa keterlambatan signifikan. Dengan demikian, logika fuzzy terbukti sesuai digunakan sebagai metode klasifikasi kematangan jeruk

Tabel 5 Tabel Kesesuaian Hasil sortir

No	Foto Buah	Output Fuzzy	Hasil Sortir	Sesuai?
1		Mentah	Mentah	Ya
2		Setengah Matang	Setengah Matang	Ya
3		Mentah	Mentah	Ya
4		Mentah	Mentah	Ya

5		Mentah	Mentah	Ya
6		Matang	Setengah Matang	Tidak
7		Matang	Matang	Ya
8		Setengah Matang	Setengah Matang	Ya
9		Matang	Matang	Ya
10		Mentah	Mentah	Ya
11		Error/Busuk	Setengah Matang	Tidak
12		Matang	Matang	Ya
13		Mentah	Mentah	Ya
14		Setengah Matang	Setengah Matang	Ya

Berdasarkan tabel 4, dari 14 kali pengujian sebanyak 12 kali pengujian menunjukkan sortir dengan benar, ini menunjukkan tingkat akurasi sebesar

$$\text{Akurasi} = \frac{12}{14} \times 100\% = 85.7\%$$

Nilai ini menandakan bahwa sistem bekerja dengan sangat baik pada kondisi pengujian standar.

### Analisis Motor Servo

Pengujian aktuator menunjukkan bahwa ketiga motor servo merespons perintah dari sistem fuzzy dengan baik. Setiap servo bergerak menuju sudut yang telah ditentukan sesuai kategori kematangan, sebagaimana tercantum dalam Tabel 4. Keakuratan respon servo memungkinkan buah diarahkan ke jalur sortir yang tepat.

Dalam kondisi idle, seluruh servo berada pada posisi OFF sehingga tidak hanya mengurangi konsumsi daya, tetapi juga mencegah terjadinya gerakan yang tidak diinginkan. Pengujian juga menunjukkan bahwa kecepatan gerak servo cukup memadai untuk mengimbangi laju pergerakan buah di atas conveyor. Meskipun demikian, terdapat toleransi error kecil ketika buah bergerak terlalu cepat sehingga waktu respons servo sedikit tertinggal.

Secara keseluruhan, performa aktuator dinilai stabil dan mampu menjalankan proses penyortiran secara efektif. Integrasi antara output fuzzy dan mekanisme servo berjalan dengan baik sehingga sistem dapat memisahkan buah sesuai kategori kematangannya.

### KESIMPULAN

Sistem penyortiran jeruk berbasis sensor warna TCS34725 dan logika fuzzy Mamdani berhasil dikembangkan dan berfungsi dengan baik. Sensor mampu membaca nilai RGB dengan stabil, sementara fuzzy logic memberikan keputusan klasifikasi yang sesuai untuk menggerakkan motor servo dalam proses sortir. Dari 14 sampel uji, alat mencapai akurasi 85,7%, dengan kesalahan terutama dipengaruhi oleh pencahayaan dan warna buah yang berada di batas kategori. Secara keseluruhan, sistem dinilai efektif dan layak digunakan sebagai prototipe penyortir jeruk berbasis warna..

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. D. dan S. I. Pertanian, "Analisis Lonerka Perdagangan Jeruk," vol. 13, no. 2B, 2023, [Online]. Available: [https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/2B\\_Analisis\\_Kinerja\\_Perdagangan\\_Jeruk\\_2023.pdf](https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/2B_Analisis_Kinerja_Perdagangan_Jeruk_2023.pdf)
- [2] S. S. Harahap, "Implementasi Metode Logika Fuzzy Sugeno Pada Alat Penyortir Buah Tomat Berbasis Mikrokontroler."
- [3] N. A. Z. Fachrul Rahmadany and D. Kurnianto, "Prototype Detection System Of Papaya Murability Using Fuzzy Logic Method Based On Color Sensor," *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 57–70., doi: 10.31289/jite.v7i1.8712.
- [4] A. M. Rafli and E. Andika, "Perancangan Alat Sortir Buah Tomat Menggunakan Fuzzy Logic Sugeno Berbasis IoT." [Online]. Available: <http://semnastera.polteksmi.ac.id/index.php/semnastera/article/view>
- [5] Y. Andrian, "Robot Penyortir Benda Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Warna TCS3200," *J. Sisfotenika*, vol. 3, no. 2, pp. 144–150,.
- [6] A. D. Sapto, "Desain & Perancangan Alat Pemisah Kualitas Buah Jeruk Lemon Otomatis," *J. Ilm. Tek.*, vol. 3, no. 1, pp. 28–37., doi: 10.56127/juit.v3i1.1158.
- [7] M. Rahmawati and Nopriadi, "Alat Pendeteksi Pengecekan Kematangan Buah Tomat Menggunakan Arduino Dengan Sensor Warna," *Comasie*, vol. 3, no. 3, pp. 21–30.

