

## **RANCANG BANGUN ALAT PEMILAH OTOMATIS KEMATANGAN BUAH TOMAT BERDASARKAN WARNA DAN BERAT DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR TCS3200 DAN SENSOR *LOAD CELL***

**Siska Yuliana<sup>1</sup>, Bambang Sugiarto<sup>2</sup>, Tri Arif Wiharso<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik Universitas Garut, Garut, Jawa Barat, 44151, Indonesia

Korespondensi: siskayuliana674@gmail.com

### **ARTICLE HISTORY**

**Received:26-12-2024**

**Revised:27-12-2024**

**Accepointed:27-12-2024**

### **Abstrak**

Kebutuhan masyarakat Indonesia terhadap bahan pangan semakin meningkat setiap harinya. Salah satu bahan pangan yang dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia adalah buah tomat. Hal ini disebabkan oleh kegunaan dari buah tomat yang bisa digunakan di beberapa jenis makanan dan minuman. Kegunaan dari buah tomat biasanya dilihat dari tingkat kematangannya yang dibedakan berdasarkan warna. Buah tomat memiliki beberapa variasi baik variasi warna maupun ukuran. Untuk dapat memisahkan buah tomat para petani melakukan penyortiran dengan cara manual berdasarkan pengamatan visual dengan beberapa tenaga kerja dan membutuhkan waktu yang cukup lama karena hasil tani yang sangat banyak. Pada penelitian ini, dibuat alat yang dapat membantu para petani dalam proses pemilihan atau penyortiran yang dapat membedakan buah tomat berdasarkan warna dan berat. Alat dibuat dengan menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler, sensor TCS3200 sebagai pendeteksi kematangan berdasarkan warna, sensor *Load Cell* sebagai pendeteksi berat, dan servo sebagai pembuka pintu dan pengarah buah tomat untuk mengarahkan tomat ketika salah satu kriteria terdeteksi. Sistem akan memilah tomat berdasarkan empat kriteria, yaitu berat matang, berat belum matang, ringan matang, dan ringan belum matang. Buah tomat akan berada di wadah penampungan sementara sebelum dilanjutkan pada proses pendeteksian dan pengklasifikasian. Pengujian keseluruhan dilakukan dengan 10 sampel tomat yang memiliki variasi warna dan berat yang beragam. Kondisi lingkungan pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan intensitas cahaya yang terkontrol. Jarak antara sensor TCS3200 dengan tomat yang akan dideteksi berkisar antara 4-5 cm bergantung pada ukuran dan posisi tomat. Sedangkan, untuk sensor *Load Cell* ditempatkan tepat di bawah tomat untuk mendeteksi beratnya. Berdasarkan hasil pengujian, 9 dari 10 tomat berhasil dideteksi baik dari tingkat kematangan maupun berat dari buah tomat. Sementara 1 tomat gagal terdeteksi. Kegagalan deteksi ini disebabkan oleh sensor TCS3200 yang tidak dapat mendeteksi kematangan dikarenakan warna dari tomat yang tidak merata.

**Kata kunci:** *Load Cell*, Otomatis, Pemilah, TCS3200, Tomat

## **DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC TOMATO RIPENESS SORTING DEVICE BASED ON COLOR AND WEIGHT USING TCS3200 SENSOR AND LOAD CELL**

### **Abstract**

*Indonesian people's need for food is increasing every day. One of the foodstuffs needed by the people of Indonesia is tomatoes. This is due to the usefulness of tomatoes that can be used in several types of food and drinks. The usefulness of tomatoes is usually seen from the level of maturity which is distinguished by color. Tomatoes have several variations in both color and size. To be able to separate tomato fruit, farmers sort manually based on visual observation with several workers and takes quite a long time because of the large number of crops. In this research, a tool is made that can help farmers in the selection or sorting process that can distinguish tomato fruit based on color and weight. The tool is made using Arduino Uno as a microcontroller, TCS3200 sensor as a color-based ripeness detector, Load Cell sensor as a weight detector, and servo as a door opener and tomato fruit director to direct tomatoes when one of the criteria is detected. The system will sort tomatoes based on four criteria, namely heavy ripe, heavy immature, light ripe, and light immature. The tomatoes will be in a temporary storage container before proceeding to the detection and classification process. The overall test is conducted with 10 tomato samples that have various color and weight variations. The environmental conditions of the test are carried out indoors with controlled light intensity. The distance between the TCS3200 sensor and the tomato to be detected ranges from 4-5 cm depending on the size and position of the tomato. Meanwhile, the Load Cell sensor is placed just below the tomato to detect its weight. Based on the test results, 9 out of 10 tomatoes were successfully detected both from the ripeness level and weight of the tomato fruit. While 1 tomato failed to be detected. This detection failure is caused by the TCS3200 sensor which cannot detect ripeness due to the uneven color of the tomato.*

**Key words:** *Automatic, Load Cell, Sorter, TCS3200, Tomato*

### **1. Pendahuluan**

Kebutuhan masyarakat Indonesia terhadap bahan pangan semakin meningkat setiap harinya. Salah satu bahan pangan yang dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia adalah buah tomat. Sebagaimana kita ketahui, buah tomat merupakan salah satu hasil tani yang banyak dicari dan dibutuhkan oleh sebagian besar masyarakat Indonesia. Hal ini disebabkan oleh kegunaan dari buah tomat yang bisa digunakan di beberapa jenis makanan atau pun minuman. Kegunaan dari buah tomat biasanya dilihat dari tingkat kematangannya yang dibedakan berdasarkan warna. Buah tomat memiliki beberapa variasi warna, untuk buah tomat yang berwarna merah biasanya digunakan untuk membuat minuman seperti jus, dan untuk tomat yang berwarna hijau dan kuning biasanya digunakan untuk bumbu masak atau campuran makanan lainnya [1]. Selain warna, berat dari buah tomat pun beragam mulai dari kecil, sedang, hingga besar. Untuk dapat memisahkan buah tomat para petani pasca panen melakukan penyortiran pada buah tomat berdasarkan warna kulit dan berat dari buah tomat. Di era kemajuan teknologi saat ini, para petani pasca panen masih melakukan proses pemilihan secara manual dengan

memilih dan memilah buah tomat berdasarkan tingkat kematangannya dengan melihat warna dan berat dari buah tomat. Untuk melakukan hal tersebut dibutuhkan beberapa tenaga kerja dan pastinya memakan waktu yang cukup lama karena hasil tani yang sangat banyak. Dalam proses pemilihan dengan cara manual tersebut, sering kali terjadi kesalahan dalam proses pemilihan atau penyortiran buah tomat tersebut. Sehingga dibutuhkan sebuah alat yang nantinya dapat mendukung para petani untuk dapat memaksimalkan hasil panen mereka [2]. Alat tersebut nantinya akan membantu para petani dalam proses penyortiran yang dapat membedakan buah tomat berdasarkan warna dan beratnya. Alat ini membantu petani menyortir tomat berdasarkan warna dan berat menggunakan sensor TCS3200 untuk warna dan sensor Load Cell untuk berat.

Sensor TCS3200 adalah sensor terprogram yang mengubah arus menjadi frekuensi dengan menggunakan filter frekuensi dan dilengkapi dengan 64 photodiode untuk mendeteksi intensitas cahaya pada warna suatu benda. Photodiode terbagi menjadi empat bagian, 16 untuk merah, 16 untuk hijau, 16 untuk biru, dan 16 untuk warna clear. Sehingga dapat mendeteksi empat mode warna, yaitu merah, hijau, biru, dan clear [4]. Sedangkan, sensor *Load Cell* digunakan untuk mengukur massa suatu benda. Komponen utamanya strain gauge, mengalami deformasi fisik saat diberikan gaya yang menyebabkan perubahan resistansi elektriknya. Perubahan resistansi ini terjadi ketika beban diterapkan pada sensor *Load Cell* [5].

Pada penelitian ini terdapat beberapa referensi yang digunakan, diantaranya adalah penelitian “Prototyping Alat Pendeteksi Kematangan Buah Kopi Berbasis Arduino Menggunakan Sensor APDS GY-9960” [3]. Persamaan dari penelitian ini merancang alat untuk dapat melakukan proses penyortiran dari suatu objek berdasarkan pada warna objek menggunakan sensor warna. Sedangkan, Perbedaan dalam penelitian ini adalah penggunaan sensor TCS3200, dimana sensor ini lebih sesuai dengan tujuan penelitian yang berfokus pada analisis warna saja, berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan sensor dengan sensor yang memiliki fungsi lebih beragam. Selain itu pada penelitian ini menambahkan sensor *Load Cell* untuk mengukur berat buah tomat, yang mana pada riset terdahulu tidak diterapkan karena pengukuran berat tidak menjadi fokus atau kebutuhan utama penelitian tersebut. Referensi lain yang digunakan adalah penelitian “Rancang Bangun Alat Pemisah Buah Tomat Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Cahaya”[1]. Persamaan dari penelitian ini merancang alat yang dapat menyortir atau memilah buah tomat berdasarkan warna dengan menggunakan sensor TCS3200. Sedangkan, perbedaan dalam penelitian ini adalah ditambahkan sensor *Load Cell* untuk dapat memisahkan buah tomat berdasarkan beratnya. Penelitian ini melengkapi studi sebelumnya dengan mengurangi kesalahan pendeteksian akibat perubahan intensitas cahaya, melalui pengujian pada malam hari dengan kondisi cahaya yang lebih terkontrol.

## 2. Metode

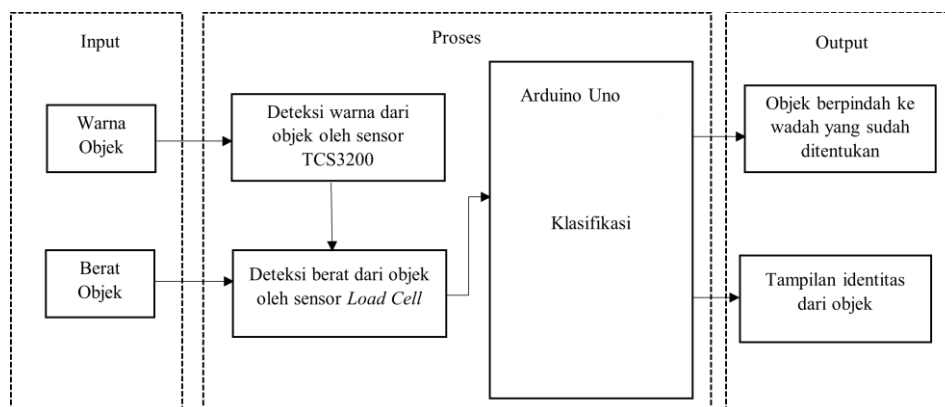
Metode penelitian yang digunakan meliputi beberapa tahap, tahap pertama melakukan studi literature dengan melakukan riset atau mencari data dengan membaca jurnal ilmiah, buku referensi, dan publikasi yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Tahap berikutnya adalah pengumpulan alat dan bahan, dimana komponen dipilih berdasarkan

spesifikasi, fungsi. Setelah, menentukan komponen yang akan digunakan selanjutnya dilakukan perancangan dan implementasi alat untuk memastikan alat dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Setelah itu, uji coba dilakukan untuk memastikan bahwa alat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Terakhir, tahap evaluasi dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan juga untuk mengetahui kekurangan dari alat yang dibuat.

## 2.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan Arduino Uno ATmega328 sebagai mikrokontroler, Arduino Uno merupakan *board* yang menggunakan *chip* mikrokontroler ATmega328 [6]. Selain itu, terdapat sensor TCS3200 untuk dapat membedakan atau mendeteksi objek berdasarkan warnanya, dan sensor *Load Cell* yang akan dirangkai bersama HX711 digunakan untuk mendeteksi beban atau berat dari suatu objek. HX711 merupakan modul penguat yang mengkonversi *analog to digital signal* pada *load cell* [7]. Motor servo sebagai pintu dan mengarahkan buah tomat, Motor DC sebagai penggerak conveyor. Driver L298N merupakan modul untuk mengatur arah dan kecepatan putaran Motor DC [8]. LCD 16x2 akan dirangkai bersama modul I2C, LCD merupakan panel penampil yang dibuat dari bahan *crystal cair*. LCD digunakan sebagai tampilan suatu data. Baik berupa karakter, huruf, maupun grafik [9]. PCA9685 merupakan modul pengontrol 16 saluran yang dapat mengontrol 16 output PWM melalui komunikasi I2C. Dengan menggunakan modul PCA9685, dapat mengontrol sampai dengan 16 servo atau pun alat lain yang menggunakan PWM [10]. Pada penelitian ini, PCA9685 digunakan sebagai modul yang mengontrol 6 motor servo.

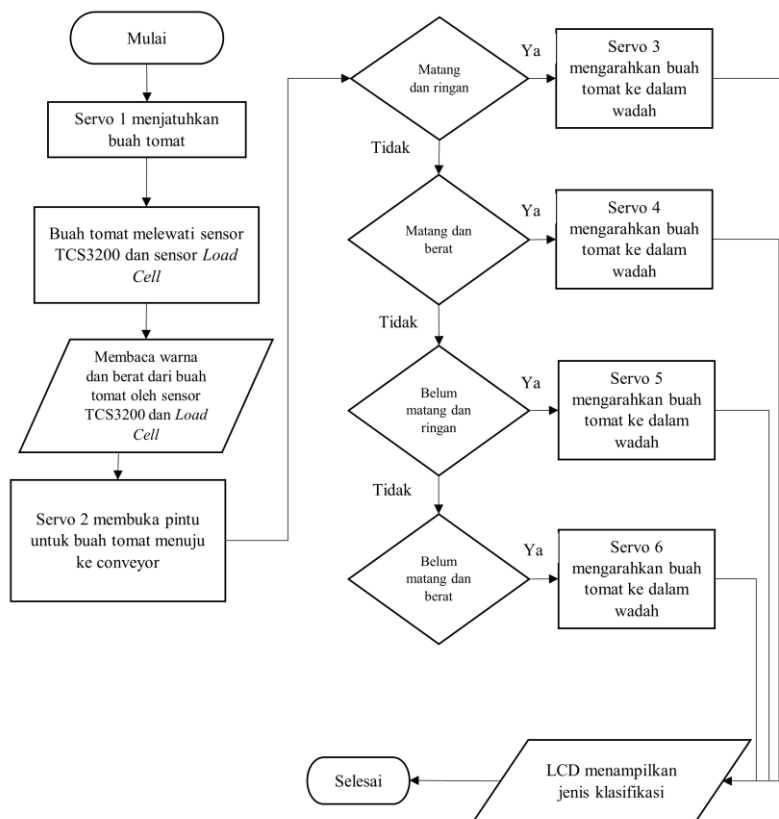
## 2.2 Diagram Blok



Gambar 1. Blok Diagram

Pada **gambar 1** di atas menggambarkan bagaimana alat bekerja mulai dari input, proses, sampai dengan output. Pada bagian input terdapat warna dan berat objek yang akan dideteksi oleh sensor. Selanjutnya, pada bagian proses terdapat beberapa tahapan. Pertama dilakukan deteksi warna menggunakan sensor TCS3200, kemudian deteksi berat menggunakan sensor Load Cell. Setelah itu, data dari hasil deteksi warna dan berat akan diklasifikasikan berdasarkan kategori yang telah ditentukan. Untuk bagian output, objek yang telah terklasifikasi berdasarkan warna dan beratnya akan dipindahkan ke wadah yang sesuai menggunakan motor servo. Informasi mengenai warna dan berat dari objek akan ditampilkan pada layar LCD. Informasi yang ditampilkan berupa kematangan objek dan nilai berat dari objek.

### 2.3 Flow Chart



Gambar 2. Flow Chart






**Gambar 2** menjelaskan bagaimana alat bekerja, dimulai dari servo 1 yang berada di pintu pemilah utama yang dapat mengeluarkan buah tomat yang berada di wadah penyimpanan. Setelah itu, tomat akan melewati sensor TCS3200 dan sensor *Load Cell* yang secara bersamaan akan mendeteksi warna dan massa dari buah tomat yang melewatinya. Setelah objek terdeteksi, servo 2 akan membuka pintu untuk objek menuju ke conveyor untuk berpindah ke tempat atau wadah berdasarkan jenis klasifikasinya. Dan servo lainnya akan aktif untuk mengarahkan objek apabila objek sesuai dengan klasifikasi yang sudah ditentukan. Secara bersamaan, LCD akan menampilkan identitas dari buah tomat yang dideteksi dengan menampilkan keterangan mengenai kematangan dan massa dari objek.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Pengujian Sensor TCS3200

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sensor TCS3200 telah mengenali objek dalam hal ini adalah buah tomat matang dan belum matang. Pada pengujian ini, sensor TCS3200 digunakan untuk mendeteksi warna dari buah tomat dengan mengukur nilai Red, Green, dan Blue (RGB) dari sampel pengujian. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 5 sampel buah tomat yang memiliki variasi warna yang berbeda-beda. Berikut merupakan hasil pengujian sensor TCS3200 terhadap 5 sampel objek buah tomat yang ditunjukkan oleh **Tabel 1**.










**Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor TCS3200**




| No. | Buah Tomat  | Nilai |       |      | Hasil        |
|-----|---|-------|-------|------|--------------|
|     |   | Red   | Green | Blue |              |
| 1.  |  | 37    | 58    | 52   | Matang       |
| 2.  |  | 43    | 50    | 50   | Belum Matang |
| 3.  |  | 39    | 51    | 50   | Matang       |
| 4.  |  | 45    | 59    | 55   | Matang       |
| 5.  |  | 43    | 51    | 52   | Belum Matang |

### 3.2 Hasil Pengujian Sensor Load Cell

Pada pengujian ini, sensor *Load Cell* digunakan untuk mengukur berat dari buah tomat. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 12 sampel buah tomat dengan berat yang bervariasi. Buah tomat yang memiliki berat lebih dari 55 gram termasuk ke dalam kategori berat, dan buah tomat yang memiliki berat kurang dari 55 gram termasuk ke dalam kategori ringan sesuai dengan batasan yang direkomendasikan oleh petani. Berat dari buah tomat ini diukur dengan menggunakan timbangan digital dan menggunakan sensor *Load Cell*. Hasil pengukuran oleh sensor *Load Cell* akan dibandingkan dengan hasil dari pengukuran oleh timbangan digital yang dijadikan sebagai referensi. Berikut hasil dari pengukuran berat dari 12 sampel buah tomat yang ditunjukkan oleh **Tabel 2**.

**Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Load Cell**

| No. | Buah Tomat  | Timbangan Digital (gram) | Sensor <i>Load Cell</i> (gram) | Error (%) |
|-----|---|--------------------------|--------------------------------|-----------|
| 1.  |  | 45                       | 44                             | 2.2       |
| 2.  |  | 39                       | 40                             | 2.5       |
| 3.  |  | 48                       | 50                             | 4         |
| 4.  |  | 53                       | 50                             | 6         |
| 5.  |  | 50                       | 50                             | 0         |
| 6.  |  | 52                       | 50                             | 4         |
| 7.  |  | 59                       | 60                             | 1,6       |
| 8.  |  | 51                       | 50                             | 2         |
| 9.  |  | 60                       | 60                             | 0         |

|                            |   |    |    |      |
|----------------------------|---|----|----|------|
| 10.                        |  | 59 | 60 | 1.6  |
| 11.                        |  | 65 | 65 | 0    |
| 12.                        |  | 45 | 45 | 0    |
| Persentase error rata-rata |   |    |    | 1.99 |

### 3.3 Hasil Pengujian Keseluruhan



Gambar 3. Tomat Ringan dan Belum Matang





Gambar 4. Tomat Berat dan Matang

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan sebagaimana yang ditunjukkan oleh **Gambar 3** dan **Gambar 4**, pengujian menggunakan 10 sampel tomat, 9 diantaranya berhasil dideteksi dan diklasifikasikan, sementara 1 tomat gagal terdeteksi. Kegagalan deteksi ini disebabkan oleh sensor TCS3200 yang tidak dapat mendeteksi kematangan dari tomat tersebut dikarenakan warna dari tomat tidak merata sehingga nilai RGB yang terbaca berada di luar rentang nilai RGB yang telah ditentukan.



Tabel 3. Hasil Pengujian Keseluruhan

| No. | Buah Tomat  | Nilai RGB |    |    | Tampilan LCD                       | Servo         |
|-----|---|-----------|----|----|------------------------------------|---------------|
|     |   | R         | G  | B  |                                    |               |
| 1.  |  | 45        | 63 | 57 | Ringan: 54.00g<br>Ket: Matang      | Servo 5 aktif |
| 2.  |  | 45        | 53 | 55 | Berat: 61.00g<br>Ket: Belum Matang | Sevo 4 aktif  |
| 3.  |  | 44        | 58 | 55 | Berat: 67.00g<br>Ket: Matang       | Servo 3 aktif |
| 4.  |  | 43        | 50 | 51 | Berat: 71.00g<br>Ket: Belum Matang | Servo 4 aktif |
| 5.  |  | 43        | 51 | 51 | Berat: 65.00g<br>Ket: Belum Matang | Servo 4 aktif |

|     |   |    |    |    |                                     |                            |
|-----|---|----|----|----|-------------------------------------|----------------------------|
| 6.  |  | 45 | 49 | 55 | Ringan: 45.00g<br>Ket: Matang       | Servo 5 aktif              |
| 7.  |  | 43 | 52 | 52 | Ringan: 50.00g<br>Ket: Belum Matang | Servo 6 aktif              |
| 8.  |  | 46 | 57 | 55 | Ringan: 45.00g<br>Ket: Matang       | Servo 5 aktif              |
| 9.  |  | 45 | 55 | 51 | Ringan: 51.00g<br>Ket: No Object    | Tidak ada servo yang aktif |
| 10. |  | 44 | 59 | 56 | Ringan: 50.00g<br>Ket: Matang       | Servo 5 aktif              |

Berdasarkan pengujian alat secara keseluruhan yang ditunjukkan oleh **Tabel 3**, juga terdapat variasi selisih antara berat dari buah tomat yang diukur oleh timbangan dengan yang diukur oleh *Load Cell*. Berbeda dengan pengujian *Load Cell* sebelumnya yang ditunjukkan Tabel 3 dimana pada pengujian tersebut buah tomat diukur dengan menggunakan sensor *Load Cell* dengan diletakkan satu persatu. Sedangkan pada pengujian alat secara keseluruhan ini sebagaimana yang ditunjukkan **Tabel 4**, buah tomat jatuh atau turun dari tempat penampungan lalu melewati sensor *Load Cell* untuk dilakukan pengukuran berat.

**Tabel 4. Pengujian Keseluruhan Sensor Load Cell**

| No.             | Buah Tomat  | Berat Objek (Timbangan) | Berat Objek (Sensor Load Cell) | Error (%) |
|-----------------|---|-------------------------|--------------------------------|-----------|
| 1.              |  | 55 gram                 | 54 gram                        | 1.8       |
| 2.              |  | 70 gram                 | 61 gram                        | 12.9      |
| 3.              |  | 65 gram                 | 67 gram                        | 3.1       |
| 4.              |  | 65 gram                 | 71 gram                        | 9.2       |
| 5.              |  | 60 gram                 | 65 gram                        | 8.3       |
| 6.              |  | 50 gram                 | 45 gram                        | 10        |
| 7.              |  | 50 gram                 | 50 gram                        | 0         |
| 8.              |  | 45 gram                 | 45 gram                        | 0         |
| 9.              |  | 55 gram                 | 51 gram                        | 7.2       |
| 10.             |  | 55 gram                 | 50 gram                        | 9.1       |
| Rata-rata error |   |                         |                                | 6.2       |



Pengujian waktu menggunakan stopwatch dan video menunjukkan rata-rata satu siklus deteksi dan klasifikasi tomat memakan waktu 6-7 detik, mulai dari tomat turun hingga masuk ke wadah. Sebagai perbandingan, berdasarkan hasil wawancara dengan petani dalam satu hari kerja selama 9 jam, tiga pekerja dapat memproses 10 wadah tomat, dengan setiap wadah berisi 400 tomat. Setiap pekerja memiliki tugas yang berbeda, yakni memisahkan berdasarkan warna, ukuran, dan memasukkan tomat ke wadah. Total waktu yang dibutuhkan untuk memproses 4000 tomat adalah 32400 detik, sehingga rata-rata waktu yang diperlukan per tomat adalah 8.1 detik. Proses pemilihan ini dilakukan secara manual menggunakan pengamatan visual.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa alat pemilah buah tomat yang dirancang memiliki kinerja yang lebih cepat dibandingkan proses manual. Rata-rata waktu yang dibutuhkan alat untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan satu tomat adalah 6 sampai 7 detik, sedangkan proses manual memerlukan waktu 8,1 detik per tomat dengan tiga orang pekerja. Terdapat peningkatan error pada pengukuran berat menggunakan *Load Cell*, dari 1.99% saat pengujian individu menjadi 6.2% saat pengujian keseluruhan akibat benturan saat tomat jatuh dari wadah penampungan. Dan dari 10 sampel tomat yang diuji 9 diantaranya berhasil dipilah dan 1 gagal dideteksi yang disebabkan oleh ketidakmerataan warna dari buah tomat. Adapun saran untuk perbaikan atau pengembangan penelitian selanjutnya, untuk memperbesar wadah penampung tomat guna meningkatkan kapasitas, mendesain ulang area jatuh tomat agar hasil pengukuran *Load Cell* lebih akurat, dan mengembangkan sistem pendeteksi warna yang mampu mengenali variasi warna pada tomat yang tidak merata.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

#### Daftar Pustaka

- [1] B. Samudra, I. Aprilia and Misdiyanto, "Rancang Bangun Alat Pemisah Buah Tomat Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Cahaya," *TESLA*, vol. 23, no. 1, pp. 11-23, 2021.
- [2] D. Anggreani, M. I. Nasution and N. Nasution, "Sistem Penyortir Otomatis Kematangan Tomat Berdasarkan Warna dan Berat Dengan Sensor Tcs3200 Dan Sensor Load Cell Hx711 Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, vol. 12, no. 3, pp. 374-380, 2023.
- [3] H. Susilawati, A. F. Ikhsan and F. Salman, "Prototyping Alat Pendeteksi Kematangan Buah Kopi Berbasis Arduino Menggunakan Sensor APDS GY-9960," *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Teknik Elektro Telekomunikasi Indonesia*, vol. 11, no. 1, pp. 7-15, 2020.

- [4] P. Risma, "Sensor Pemilih Warna," *Jurnal Teliska*, vol. 4, no. 3, pp. 29-36, 2012.
- [5] Y. A. Kurnia, A. Hamdani and A. Budijanto, "Desain Dan Pembuatan Sensor Curah Hujan Tanpa Penakar Berbasis Sensor Load Cell," in *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan V*, 2017.
- [6] I. Zulkarnain, M. Ramadhan and B. Anwar, "Implementasi Alat Pendeteksi Warna Benda Menggunakan Fuzzy Logic dengan Sensor TCS3200 Berbasis Arduino," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*, vol. 2, no. 2, pp. 106-117, 2019.
- [7] W. A. Rahman and M. Nawawi, "Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell Pada Alat Penyortir Buah Otomatis Terhadap Timbangan Manual," *Jurnal ELKOMIKA*, vol. 5, no. 2, pp. 207-220, 2017.
- [8] E. A. Prastyo, "Driver Motor L298N," *Arduino Indonesia Member of TEKNOLAB*, 17 Oktober 2022. [Online]. Available: <https://www.arduinoindonesia.id/2022/10/driver-motor-l298n.html>. [Accessed 1 Agustus 2024].
- [9] Y. Ramadhan and I. Aprilia, "Perancangan Dan Pembuatan Alat Pemisah Buah Mangga Berdasarkan Berat Berbasis Arduino Uno," *TESLA*, vol. 23, no. 1, pp. 46-57, 2021.
- [10] Xukyo, "Using a PCA9685 Module With Arduino," 9 Agustus 2020. [Online]. Available: <https://www.aranacorp.com/en/using-a-pca9685-module-with-arduino/>. [Accessed 1 Agustus 2024].