

JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

Fruit Sorting System for Oranges Based on Size and Color Using Fuzzy Logic

Panji Eka Prasetya^a, Ali Rizal Chaidir*^b, Arizal Mujibtamala Nanda Imron^b, Immawan Wicaksono^b, Guido Dias Kalandro^b, Gramandha Wega Intyanto^b

^a Student of the Department of Electrical Engineering, Universitas Jember

^b Lecturer of the Department of Electrical Engineering, Universitas Jember

Corresponding E-mail: ali.rizal@unej.ac.id ^b panjeka15@gmail.com ^a, ali.rizal@unej.ac.id ^b immawanw@unej.ac.id ^b gramandha@unej.ac.id ^b guidokalandro89@gmail.com ^b

Open Access

Received 9th June 2024
 Accepted 14th June 2024
 Published 15th June 2024

Abstract: Along with advances in technology, the use of human labor in managing agricultural products is decreasing because it has been replaced by robots. Robots perform better than human workers who have emotions and need time to rest. This can cause errors when sorting fruit due to lack of concentration caused by fatigue. The large harvest of oranges takes a long time to sort them, starting from color, size, weight, and price, before they are marketed. To make it easier for farmers to sort their harvest from orange fruit, this research was created titled "Citrus Fruit Sorting System Based on Size and Color Based on Fuzzy Logic." The sorting system based on color and size that will be made has the advantage that the fruit being sorted is more varied because it is equipped with fuzzy logic. Fuzzy logic allows membership values between 0 and 1, levels of gray as well as black and white, and in linguistic form, uncertain concepts such as "a little," "fairly," and "very." Apart from that, the system is made more human-friendly because the rule base is created by humans. The sorting tool that was made to be controlled using an Arduino UNO board with the help of Arduino IDE software managed to obtain a success rate of 62.5% for the low and medium-quality classes and a success rate of 87.5% for the high-quality class with an overall average success rate of 70.8 %.

Keywords: Arduino UNO, Fuzzy logic, Orange, System sorting

Pendahuluan

Seiring dengan kemajuan teknologi, penggunaan tenaga manusia dalam pengelolaan hasil pertanian semakin berkurang karena telah tergantikan dengan robot. Robot memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan tenaga kerja manusia yang memiliki emosi dan membutuhkan waktu untuk istirahat. Hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya kesalahan pada waktu memilah buah yang disebabkan oleh kurang konsentrasi yang disebabkan oleh kelelahan. Sebagai negara dengan mayoritas penduduk yang bekerja sebagai petani, Indonesia memiliki hasil panen yang sangat melimpah [1]. Dari berbagai macam buah yang berkembang subur, jeruk adalah salah satu yang populer di masyarakat. Kemudahan dalam pertumbuhannya serta kemampuannya menghasilkan jeruk yang berkualitas dan berlimpah menjadikannya pilihan yang disukai [2].

Dengan besarnya hasil panen buah jeruk tersebut diperlukan waktu yang lama untuk memilah jeruk mulai dari tekstur serta bentuk [3], warna, ukuran, berat dan harga sebelum dipasarkan. Untuk memudahkan petani dalam memilah hasil panen dari buah jeruk, maka

dibuatlah penelitian ini dengan judul "Sistem Sortir Buah Jeruk Berdasarkan Ukuran dan Warna Berbasis Logika Fuzzy". Beberapa sistem sortir belum menggunakan logika fuzzy [4], Sehingga sistem sortir yang dibuat ini memiliki kelebihan dimana buah yang disortir lebih bervariasi karena dilengkapi dengan logika fuzzy. Logika Fuzzy memfasilitasi nilai-nilai keanggotaan yang berada di antara 0 dan 1, menangani nuansa dari abu-abu hingga hitam dan putih. Dalam terminologi linguistik, ini memungkinkan penanganan konsep yang bersifat ambigu seperti "sedikit", "cukup", dan "sangat". Selain itu sistem yang dibuat lebih human friendly dikarenakan rule base yang dibuat oleh manusia. Dengan dibuatnya penelitian ini diharapkan dapat mempermudah dan mempercepat proses pemilahan hasil panen buah jeruk, sehingga dapat meringankan dan menekan biaya yang diperlukan oleh petani jeruk.

Metode

Blok Diagram Sistem

Untuk mendukung jalannya penelitian diperlukan komponen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Komponen input pada sistem sortir berbasis arduino [5]

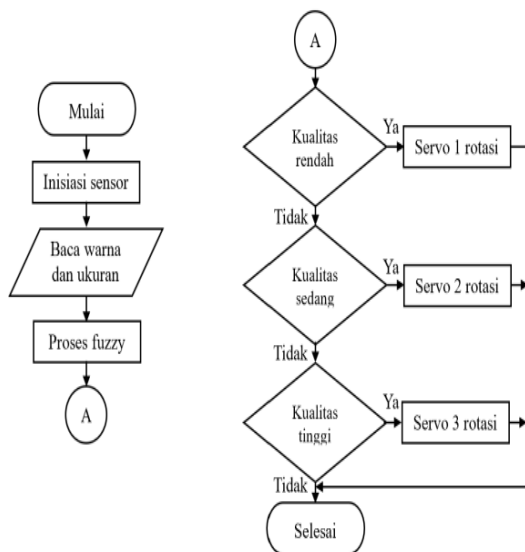
[6], sensor yang digunakan adalah sensor TCS3200 dan sensor ultrasonik untuk membaca warna serta ukuran buah. Hasil pembacaan akan diteruskan dan diproses oleh mikrokontroler arduino uno. *Output* yang dihasilkan berupa putaran pada motor servo [7] [8]sesuai dengan hasil pembacaan dan algoritma yang telah diberikan pada sistem.



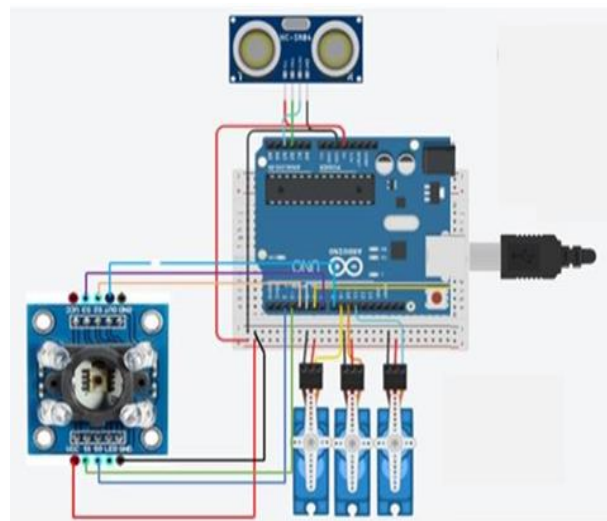
Gambar 1. Blok diagram sistem

Diagram Alir Sistem

Dalam penelitian ini, sistem sortir yang dikembangkan berfungsi untuk mengategorikan kualitas buah jeruk berdasarkan warna dan ukuran diameternya (Gambar 1). Servo 1 bertugas untuk mensortir buah jeruk dengan kualitas rendah, servo 2 mensortir buah jeruk dengan kualitas sedang dan servo 3 akan mensortir buah dengan kualitas tinggi. Sistem yang dibuat terdiri dari sensor warna TCS3200 dan sensor ultrasonik sebagai perangkat input yang akan meneruskan hasil pembacaan menuju mikrokontroler arduino.



Gambar 2. Diagram alir sistem



Gambar 3. Desain elektrikal sistem

Hasil pembacaan tersebut akan menggerakkan aktuator berupa 3 motor servo yang akan bergerak masing-masing sesuai dengan karakteristik objek yang terbaca oleh sensor (Gambar 3) dan algoritma yang diterapkan.

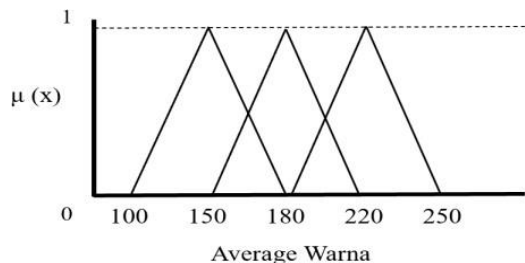
Fuzzyfikasi Variabel Warna

Data yang digunakan pada alat ini merupakan nilai RGB yang terbaca pada buah jeruk oleh sensor warna TCS3200 (Tabel 1).

Tabel 1 Nilai RGB Untuk Kelompok Warna Buah Jeruk

Warna	Nilai Average RGB
Kuning <i>Low</i>	186, 248
Kuning <i>Mid</i>	151, 215
Kuning <i>High</i>	106, 180

Berdasarkan tabel di atas buah jeruk dengan kelas kuning *High* memiliki nilai warna rata-rata 106, 180. Kemudian pada buah jeruk dengan kelas warna Kuning *Mid* memiliki nilai warna rata-rata 151, 215 dan pada buah jeruk dengan kelas warna kuning *Low* memiliki warna rata-rata 186, 248 (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik himpunan warna pada buah jeruk

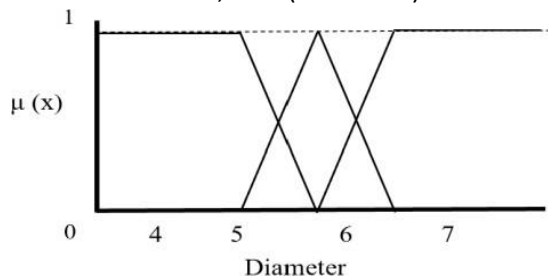
Fuzzyfikasi Variabel Ukuran

Pembacaan ukuran dilakukan melalui jarak yang terukur antara sensor ultrasonik dengan buah jeruk sehingga dapat diperoleh diameter buah dengan klasifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Klasifikasi Ukuran Buah Jeruk

Kelas Buah	Ukuran Diameter (cm)
Kecil	<5
Sedikit Besar	5-6,5
Besar	>6,5

Berdasarkan data klasifikasi ukuran buah jeruk pada tabel 2 dapat diketahui buah dengan ukuran kecil memiliki diameter < 5 cm, buah ukuran sedikit besar memiliki diameter 5 – 6,5 cm dan buah ukuran besar memiliki diameter > 6,5 cm (Gambar 5).



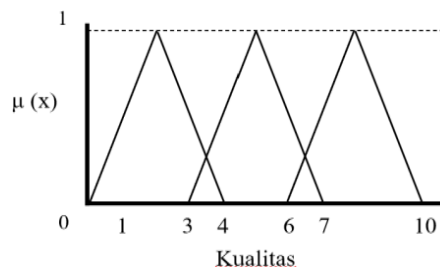
Gambar 5. Grafik himpunan fungsi ukuran

Fuzzyfikasi Variabel Keluaran

Variabel keluaran yang digunakan dalam penelitian ini merupakan skala kualitas buah jeruk yang diperoleh dari variabel input yang telah diberikan (Tabel 3). Kualitas buah jeruk dibagi 3 kelas yaitu rendah, sedang, dan tinggi (Gambar 6).

Tabel 3 Variabel Keluaran Fuzzy

Himpunan	Semesta Pembacaan
Rendah	[0 – 4]
Sedang	[3 – 7]
Tinggi	[6 – 10]



Gambar 6. Grafik himpunan variabel keluaran

Aturan Dasar (Rule Based)

Dalam sistem kontrol logika Fuzzy, aturan dasar atau 'Rule based' beroperasi melalui relasi yang diungkapkan dalam format "Jika-Maka" atau "if-then". Sistem berbasis aturan ini digunakan sebagai cara untuk menyimpan dan mengolah pengetahuan, dengan tujuan untuk membantu dalam menyelesaikan beragam masalah. Hal tersebut dapat diartikan sebagai sistem pakar yang memanfaatkan aturan tertentu untuk menyampaikan pengetahuannya (Tabel 4).

Tabel 4. Aturan Dasar Fuzzy

Ukuran	Nilai average warna		
	Kuning Low	Kuning Mid	Kuning High
Kecil	Rendah	Rendah	Sedang
Sedikit besar	Rendah	Sedang	Tinggi
besar	Sedang	Tinggi	Tinggi

Defuzzyfikasi

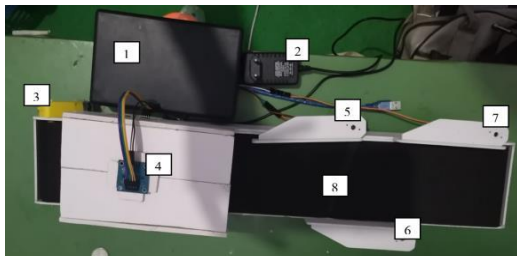
Metode defuzzyfikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode defuzzyfikasi centroid. Dalam metode ini setiap fungsi direpresentasikan oleh fungsi keanggotaan

$$Z^x = \frac{M1+M2+M3}{A1+A2+A3}$$

Pusat masa atau centroid dari himpunan fuzzy dihitung dengan menggunakan nilai tengah dari variabel input yang terhubung dengan tingkat keanggotaan masing-masing himpunan. Keterangan:

- Z = Defuzzyfikasi
- M = Momentum
- A = Luas wilayah
- μ = Derajat keanggotaan

Hasil dan Pembahasan



Gambar 7. Alat yang Digunakan

Keterangan:

- 1. Arduino box
- 2. Adaptor
- 3. Motor DC
- 4. Sensor TCS3200
- 5. Lengan sortir 3
- 6. Lengan sortir 2
- 7. Lengan sortir 1
- 8. Belt Conveyor



Gambar 8. Peletakkan sensor pada penutup

Alat yang akan digunakan dalam pengujian ini dirancang pada sebuah konveyor dengan panjang konveyor 60 cm, lebar sabuk konveyor sebesar 10 cm dan tinggi konveyor sebesar 5,5 cm (Gambar 7).

Pada bagian ujung konveyor tempat dimana buah jeruk diletakkan, terdapat sebuah penutup yang berfungsi sebagai tempat peletakkan sensor sekaligus untuk menjaga intensitas cahaya yang ada disekitar sensor warna TCS 3200. Sensor warna TCS 3200 sangat sensitif terhadap cahaya dari luar sehingga diperlukan benda

pendukung berupa penutup untuk meminimalisir perubahan cahaya yang ada disekitar sensor (Gambar 8).

Pengujian Sudut Motor Servo

Alat yang dibuat pada penelitian ini menggunakan 3 buah motor servo berupa servo 1, servo 2 dan servo 3.

$$M = \int \mu(z)zdz$$

$$A = \int \mu(z)dz$$

$$Z^x = \frac{\int \mu(z)z^x dz}{\int \mu(z)dz}$$

Jenis motor servo yang digunakan pada penelitian ini adalah motor servo dengan tipe MG90S. Masing-masing motor servo akan diuji sebanyak 5 kali dengan sudut yang diberikan pada Arduino uno sebesar 135 derajat pada servo 1 dan 3 serta sudut 45 derajat untuk motor servo 2. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Sudut Servo

Servo 1

Percobaan ke-	Sudut yang dihasilkan oleh alat sortir (°)	Besar sudut diukur menggunakan penggaris busur (°)	Error %
1	135	135	0
2	135	135	0
3	135	135	0
Rata-rata error			0

Servo 2

Percobaan ke-	Sudut yang dihasilkan oleh alat sortir (°)	Besar sudut diukur menggunakan penggaris busur (°)	Error %
1	45	45	0
2	45	45	0
3	45	45	0
Rata-rata error			0

Servo 3

--	--	--	--

Percobaan ke-	Sudut yang dihasilkan oleh alat sortir (°)	Besar sudut diukur menggunakan penggaris busur (°)	Error %
1	134	135	0,74
2	134	135	0,74
3	133	135	1,48
Rata-rata error			0,98

Pengujian Ukuran Buah Jeruk

Data ukuran dari buah jeruk dilakukan pengujian dengan menggunakan bantuan sensor ultrasonik HC-SR04. Ketika sensor ultrasonik dihidupkan, ia mengirimkan gelombang ultrasonik yang kemudian dipantulkan kembali oleh permukaan kulit jeruk. Sensor kemudian menerima pantulan suara tersebut dan menghitung waktu yang diperlukan gelombang ultrasonik menuju ke permukaan jeruk hingga kembali ditangkap oleh sensor.

Buah jeruk yang diuji diklasifikasikan menjadi tiga kelas berdasarkan panjang diameternya. Kelas ukuran tersebut antara lain adalah kecil, sedikit besar dan besar. Kelas ukuran kecil berisikan buah jeruk dengan rentang diameter < 5cm, kemudian untuk kelas ukuran sedikit besar berisi buah jeruk dengan rentang diameter 5 – 6,5cm dan terakhir kelas ukuran besar yang berisi buah jeruk dengan rentang diameter > 6,5cm. (Tabel 6).

Tabel 6. Pengukuran Diameter

Percobaan ke-	Ukuran Diameter Pada Sensor (cm)	Ukuran Diameter Menggunakan Penggaris (cm)	Error (%)
1	5	6	16,67
2	6	6	0
3	7	6	16,67
4	8	7	14,28
5	5	5	0

Pengujian Sensor Warna TCS3200

Pengujian warna pada buah jeruk dilakukan dengan bantuan sensor warna TCS3200. Sensor ini memiliki tingkat ketelitian yang lebih baik dari versi sensor warna yang sebelumnya. Data warna yang dibaca pada objek

buah jeruk berupa 3 data warna masing-masing *red*, *green* dan *blue*. Ketiga warna tersebut kemudian diproses menjadi data grayscale dengan cara mengambil nilai rata-rata dari ketiga data warna yang diperoleh. Angka rata-rata tersebutlah yang akan diolah dalam proses *fuzzy logic* untuk mengklasifikasikan setiap buah jeruk yang diuji (Tabel 7).

Tabel 7. Pengujian Warna Buah Jeruk

Percobaan ke-	Red	Green	Blue	Average
1	96	125	15866	126
2	123	129	14378	131
3	99	134	16088	131
4	112	119	15578	128
5	93	103	13170	109

Pengujian Proses Fuzzy

Tabel 8. Pengujian Logika Fuzzy

Diameter (cm)	Nilai Average warna (RGB) Pada Sensor	Output Fuzzy Pada Serial Monitor	Output Matlab	Error (%)
5	131	5	5	0
6	175	6	6.14	2,28
7	160	8	8	0
6	178	7	6.14	14
8	140	8	8	0
7	175	8	8	0
6	195	5	5.1	2
7	140	8	8	0
7	137	8	8	0
5	172	5	3.01	66,11
5	151	5	5	0
5	182	2	2	0

Pengujian proses *fuzzy* merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui tingkat ketelitian dari output fuzzy yang dihasilkan oleh alat sortir. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran

fuzzy yang ditampilkan pada serial monitor pada Arduino IDE dengan hasil simulasi *fuzzy* yang dilakukan dengan bantuan *software* Matlab. Nilai keluaran fuzzy diperoleh dari karakteristik warna dan ukuran dari buah jeruk yang ditangkap oleh kedua sensor.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* matlab diperoleh hasil pengujian Tabel 8. Buah jeruk dengan ukuran yang kecil cenderung memiliki peluang eror yang lebih tinggi seperti yang terjadi pada pengujian ke- 2, 4 dan 10. Hal ini disebabkan karena sensor warna TCS 3200 yang sensitif terhadap jarak dengan objek dan intensitas cahaya disekitarnya Sedangkan untuk buah jeruk yang memiliki diameter besar cenderung menghasilkan output yang sesuai dengan hasil simulasi yang dilakukan pada *software* Matlab. Buah jeruk dengan ukuran yang kecil menyebabkan jarak antara sensor warna TCS 3200 dengan buah jeruk semakin jauh sehingga akurasi dan presisi yang dihasilkan oleh sensor warna TCS 3200 sering mengalami penurunan.

Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada tahap pengujian keseluruhan sistem dilakukan pengujian untuk mengetahui kinerja keseluruhan dari alat yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan proses sortir dari awal buah jeruk diletakkan hingga ditempatkan menuju wadah penampung (Gambar 9).



Gambar 9. Pengujian keseluruhan alat sortir

Data input tersebut nantinya akan menentukan klasifikasi buah jeruk yang disortir kedalam *output* kualitas yang berupa angka 1 hingga 10. Angka 1-4 merupakan kelas untuk buah jeruk dengan kualitas rendah, angka 3-7 merupakan kelas untuk buah jeruk dengan kualitas sedang dan angka 6-10 merupakan kelas untuk buah jeruk dengan kualitas tinggi.

Tabel 9. Pengujian Keseluruhan Alat Sortir

Kualitas buah	Pengujian	Output fuzzy	Hasil pembacaan	Tingkat keberhasilan
---------------	-----------	--------------	-----------------	----------------------

				(%)
Rendah	1	5	Salah	62,5
Rendah	2	5	Salah	
Rendah	3	3	Benar	
Rendah	4	2	Benar	
Rendah	5	4	Benar	
Rendah	6	5	Salah	
Rendah	7	3	Benar	
Rendah	8	1	Benar	
Sedang	1	8	Salah	62,5
Sedang	2	5	Benar	
Sedang	3	6	Benar	
Sedang	4	8	Salah	
Sedang	5	8	Salah	
Sedang	6	5	Benar	
Sedang	7	6	Benar	
Sedang	8	6	Benar	
Tinggi	1	8	Benar	87,5
Tinggi	2	7	Benar	
Tinggi	3	8	Benar	
Tinggi	4	8	Benar	
Tinggi	5	7	Benar	
Tinggi	6	6	Salah	
Tinggi	7	8	Benar	
Tinggi	8	8	Benar	

Hasil pengujian pada Tabel 9 menunjukkan bahwa pengujian pada buah jeruk dengan kelas kualitas rendah dan sedang lebih sering mengalami kesalahan dengan tingkat keberhasilan penyortiran sebesar 62,5%, hal ini disebabkan pada kelas buah kualitas rendah dan sedang terdapat buah jeruk dengan ukuran yang kecil sehingga memperlebar jarak antara sensor yang menyebabkan semakin tingginya potensi kesalahan. Alat yang dibuat berhasil beroperasi dengan kinerja yang cukup baik dengan tingkat keberhasilan rata-rata sebesar 70,8%.

Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengamatan yang telah diteliti dapat ditarik kesimpulan bahwa alat sortir buah jeruk yang dibuat dengan bantuan logika *fuzzy* dapat berjalan sebagaimana mestinya dengan tingkat kesalahan yang cenderung rendah, dengan tingkat keberhasilan rata-rata sebesar 62,5% dan 70,8% setelah dibandingkan dengan simulasi yang dijalankan dengan *software* Matlab.

Rangkaian elektrikal dari alat sortir yang dibuat dapat berjalan dengan baik. Buah jeruk dengan ukuran yang lebih besar cenderung menghasilkan hasil pembacaan yang lebih akurat. Sedangkan untuk buah jeruk dengan ukuran kecil memiliki peluang kesalahan pembacaan yang lebih tinggi dikarenakan sensor warna yang sensitif terhadap jarak dan intensitas cahaya.

Daftar Pustaka

- [1] A. A. I. Alitawan And K. Sutrisna, "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pendapatan Petani Jeruk Pada Desa Gunung Bau Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli," *E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana*, Pp. 796-826, 2017.
- [2] Akhiruddin, "Perancangan Alat Pemisah Dan Pensortir Buah Jeruk Berbasis Arduino," *Journal Of Electrical Technology*, Pp. 35-43, 2017.
- [3] R. E. Pawening, W. J. Shudiq And Wahyuni, "Klasifikasi Kualitas Jeruk Lokal Berdasarkan Tekstur Dan Bentuk Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (K-Nn)," *Coreai: Jurnal Kecerdasan Buatan, Komputasi Dan Teknologi Informasi*, Pp. 10-17, 2020.
- [4] T. W. Wisjhnuadji, A. Narendro And P. Wicaksono, "Sistem Sortir Barang Otomatis Berbasis Arduino Dengan Sensor Warna Dan Monitoring Via Android," *Faktor Exacta*, Pp. 106-112, 2020.
- [5] I. M. N. Arijaya, "Rancang Bangun Alat Konveyor Untuk Sistem Soltir Barang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Resistor*, Pp. 126-135, 2019.
- [6] A. Lestari And O. Candra, "Sistemotomasi Pensortiran Barang Berbasis Arduino Uno," *Jtev (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, Pp. 27-36, 2021.
- [7] Rinaldy, R. F. Christianti And D. Supriyadi, "Pengendalian Motor Servo Yang Terintegrasi Dengan Webcam Berbasis Internet Dan Arduino," *Jurnal Infotel*, Pp. 17-23, 2013.
- [8] H. A. P. Riyanto, "Rancang Bangun Sortir Dan Hitung Lembar Kertas A4 Otomatis Menggunakan Sensor Ldr Dan Aplikasi Blynk," *Journal Of Energy And Electrical Engineering (Jeee)*, Pp. 37-44, 2021.