

SISTEM SORTIR BENDA BERDASARKAN BENTUK DAN WARNA BERBASIS KOMPUTER VISION

Andi Fitriati^{*)}, Yoan Elviralita, Nanang Roni Wibowo, Amal Mulia dan Sri Wulandari

Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik Bosowa, Makassar, Indonesia

^{*)}Penulis korespondensi, E-mail: andi.fitriati@politeknikbosowa.ac.id

Abstrak

Beberapa Industri manufaktur menghasilkan berbagai macam produk menggunakan metode manual dalam proses penyortiran. Sistem penyortiran metode manual masih mengandalkan tenaga manusia, sehingga dibutuhkan ketelitian manusia dalam bekerja untuk menjaga kualitas produksi. Namun, kualitas produksi menurun seiring dengan berkurangnya kinerja manusia akibat kelelahan. Pada penelitian ini dirancanglah sebuah sistem sortir benda yang bertujuan untuk mengklasifikasikan benda berdasarkan bentuk dan warna menggunakan komputer vision sehingga dapat menjaga kualitas produksi, menghemat waktu, tenaga dan biaya. Metode penelitian yang digunakan adalah metode experimental yang menerapkan teori image processing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat menyortir benda berdasarkan bentuk dan warna menggunakan kamera sebagai pendeteksinya, lalu diproses oleh komputer vision sehingga penggerak sistem sortir di kontrol oleh arduino. Suatu benda akan dikenali bentuk dan warnanya jika nilai HSV yang dikalibrasi disesuaikan dengan kondisi ruangan, sedangkan kondisi ruangan deteksi terbaik nilai Hue High = 100, Hue Low = 10, Saturation High = 54, Saturation Low = 10, Value Tinggi = 255, Nilai Rendah = 29. Benda akan terdorong masuk ke dalam wadah bila diberikan putaran servo minimal 170 derajat. Konveyor akan bergerak setiap 10 cm per langkah. Penelitian ini akan menunjukkan bahwa komputer vision dapat diterapkan untuk menyortir objek berdasarkan karakteristik tertentu.

Kata kunci: Komputer Vision, Arduino

Abstract

Several industrial manufactures has produced many products by using manual method in sorting process. This sorting method still rely on human labors, so it still requires human accuracy in working to maintain the quality of product. Meanwhile, the product quality will decrease along with the declining of human performance due to fatigue. In this research material sorting system is designed to classified an object based on shape and color by using vision computer so it can maintain the product quality, saving time, energy and cost. Experimental research method applied image processing theory. Research result shows that system can sort an object based on shape and color using camera as detector, and processing by computer vision and sorting system drive by Arduino. An object will acknowledge by its shape and color when if the calibrating HSV value adjusted with the room condition, whereas the best detection room condition value of Hue High = 100, Hue Low = 10, Saturation High = 54, Saturation Low = 10, Value High = 255, Value Low = 29. The object will be push into the container when it is given rotation of servo minimal 170 degree. The conveyor will move every 10 cm per step. The research will show that vision computer can be applied for object sorting according to certain characteristics.

Keywords: Komputer Vision, Arduino

1. Pendahuluan

Seiring dengan Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya di bidang teknologi Computer Vision, komputer mampu untuk melihat, memproses, mengakuisisi, memodifikasi, serta menganalisis suatu tugas. Hal ini tentu dibutuhkan dalam segala bidang,

misalnya untuk melakukan sortir benda. Sortir benda dapat didefinisikan sebagai memilih sekumpulan obyek yang berkaitan dengan sifat fisik mereka (seperti dimensi, ukuran, berat, warna dan lain lain) secara berurutan atau dalam set tertentu [1]. Berbagai macam peralatan sortir diciptakan untuk memenuhi kebutuhan industri, seperti dalam pemilihan produk

berkualitas pada proses produksi, sehingga menghasilkan produk sesuai keinginan konsumen. Saat ini masih banyak industri yang melakukan proses pemilihan/sortir produk secara manual menggunakan tenaga manusia, tentunya hal ini akan menguras banyak tenaga dan akan menghabiskan banyak waktu. Tingkat ketelitian manusia dalam bekerja mengalami penurunan seiring lamanya waktu akibat kelelahan. Sementara tuntutan industri terhadap kualitas produksi semakin meningkat.

Sistem sortir benda otomatis menggunakan komputer vision dapat menganalisis benda secara real-time, sehingga mempermudah dan mempercepat proses penyortiran. Proses tersebut tidak lagi menggunakan tenaga manusia untuk memilih benda berdasarkan bentuk dan warna, sehingga mengurangi terjadinya human error, dan tingkat kualitas benda dapat diatur sesuai standar perusahaan. Sistem ini sangat berguna, terutama bagi perusahaan yang memproduksi berbagai macam benda yang berbeda bentuk dan warna, seperti industri farmasi. Penggunaan sensor warna TCS 3200 sangat banyak digunakan pada sistem sortir benda berdasarkan warna, seperti penelitian yang dilakukan oleh Yopi Mandari dkk yang membuat robot penyortir benda padat berdasarkan warna berbasis Arduino, dengan melakukan pengujian menyortir warna hijau, merah dan biru. Hasil penelitian menunjukkan robot dapat memisahkan barang sesuai dengan warna tanpa adanya kendala walaupun dilakukan secara berulang-ulang [1]. Penelitian terkait model sistem sortir warna menggunakan PLC dengan Sensor Warna TCS 230 berbasis mikrokontroler oleh Herynata Sagita dkk mengungkapkan bahwa kinerja sensor warna dipengaruhi oleh jarak sensor pada objek, dengan jarak optimal adalah 0.75 cm [2]. Penggunaan sensor warna TCS 3200 untuk memilah benda berdasarkan warna juga telah dilakukan pada penelitian Marlindia Ike Sari dkk, dengan hasil pengujian menunjukkan bahwa warna objek dapat diidentifikasi oleh sensor warna dengan kisaran warna yang ditentukan [3].

Pada tahun 2019, Dewi Lestari dkk membuat sistem sortir permen berdasarkan warna dengan menggunakan TCS 3200. Sensor dapat bekerja maksimal dan penggunaan servo motor Mg90s, walaupun terdapat kendala yang diakibatkan oleh motor servo tersebut karena hanya dapat berputar 180° [4]. Ahmad Safaris dkk pada tahun 2020 juga melakukan penelitian menggunakan sensor warna TC 3200 untuk menyortir benda dengan warna kuning, merah, biru dan hijau. Selain warna tersebut dianggap tidak terdeteksi [5]. Penggunaan sensor warna TCS34725 dalam memilah kematangan buah tomat telah dilakukan oleh Adi Gunawan Ginting dkk, yang mana sensor ini dapat memilah tomat sesuai dengan tingkat kematangannya dalam bentuk RGB [6]. Pada pembuatan miniatur pemilah benda berdasarkan warna menggunakan sensor TCS 3200 untuk memilah warna merah dan putih yang dilakukan oleh Fahrizal dkk, mengungkapkan bahwa TCS 3200 lebih baik dalam membaca warna putih dibanding warna lain [7].

Penggunaan sensor warna TCS 3200 juga digunakan pada penelitian Sri Wulandari dkk, dengan menguji 6 jenis warna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai warna RGB dapat berubah-ubah pada hasil deteksi sensor, tergantung pada tingkat cahaya yang ada pada ruangan tersebut [8].

Penyortir Bola Berwarna menggunakan TCS 3200 pada penelitian yang dilakukan oleh Zuly Budiarto dkk menunjukkan bahwa sensor tersebut dapat menyortir 10 jenis warna pada bola sebanyak 30 bola per menit [9]. Sensor TCS 3200 juga digunakan pada penelitian Mariza Wijayanti dkk, dengan jarak jangkauan sensor untuk mendeteksi objek warna dapat mencapai jarak kira-kira 2,5 cm [10]. Pengolahan gambar saat ini menjadi perhatian besar yang mengarah ke sistem penyortiran. Telah dikembangkan beberapa teknik untuk pengolahan gambar dengan tujuan melakukan sortir baik berdasarkan warna maupun bentuk.

Colour Histogram yang pertama diteliti oleh Swain dan Ballard untuk pengolahan citra dengan merancang lengan robot yang dapat memilah warna [11]. Pada tahun 2011, P. Deepa dan S.N. Geethalakshmi pada jurnalnya yang berjudul “Improved Watershed Segmentation for Apple Fruit Grading”, menggunakan teknik gradasi buah dengan menggunakan metode segmentasi DAS. Deteksi tepi multi skala akan memperbaiki sisi-sisi kecil dan mengubah daerah tepi dan daerah lain dengan warna berbeda, yang kemudian digabungkan untuk mendapatkan hasil akhir. Metode ini meningkatkan akurasi dalam penilaian kualitas buah, sehingga memudahkan untuk mengelompokkan buah yang matang dan buah yang mentah [12]. Kemudian berlanjut ke penelitian penelitian misalnya oleh Aji Wira Saputra (2012) dengan judul “Simulasi Manufaktur Pemilah Barang Berdasarkan Warna (Hitam dan Putih) Menggunakan Sensor Warna Berbasis Mikrokontroler Atmega328” yang pada penelitiannya menggunakan sensor QTI sebagai pendeteksi benda yang berwarna hitam dan putih serta menggunakan Atmega328 sebagai kontrolernya [13].

Penelitian yang dilakukan oleh Aji Wira Saputra (2012) yang hanya mendeteksi warna (hitam dan putih) dan menggunakan sensor QTI sebagai pendeteksi benda yang berwarna hitam dan putih serta menggunakan Atmega328 sebagai kontrolernya, sehingga penelitian ini memiliki kendala yaitu tidak dapat mendeteksi bentuk.. Atef A Ata, Sohair F Rezka, Ahmed El-Hneway dan Mohammed Diab pada tahun 2013 membuat desain dan mengembangkan lengan robot untuk melakukan sortir warna RGB. Penelitian ini menggunakan MATLAB untuk mengolah obyek terdeteksi, letaknya dan tingkatan warnanya [14]. Fina Supegina dan Dede Sukindar (2014) dengan judul “Perancangan Robot Pencapit Untuk Penyortir Barang Berdasarkan Warna Led RGB Dengan Display LCD Berbasis Arduino Uno”. Dalam penelitiannya menggunakan sensor warna RGB untuk mendeteksi warna

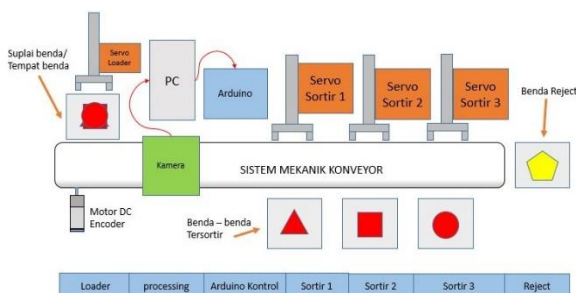
berdasarkan warna led RGB yang menggunakan display LCD dan kontrolernya menggunakan arduino uno [15]. Fina Supegina dan Dede Sukindar (2014) berhasil merancang Robot Pencapit Untuk Penyotir Barang Berdasarkan Warna Led Rgb Dengan Display Lcd Berbasis Arduino Uno namun perancangan tersebut masih jarang di aplikasikan di industri. Yustinus Pancasila Prayitno (2015) dengan judul “Rancang Bangun Aplikasi Pendeteksi Bentuk dan Warna Benda pada Mobile Robot Berbasis Webcam”. Dalam penelitiannya, menggunakan webcam untuk mendeteksi warna RGB dan benda yang berbentuk lingkaran [16]. Pada tahun 2017, Tuong Phuic Tho merancang system yang dapat membedakan antara buah tomat dan buah markisa menggunakan ANFIS dengan judul " Using ANFIS to predict picking position of the fruits sorting system”, yang mana pada penelitian ini, peneliti menggunakan kamera beresolusi tinggi dan gambar yang diperoleh dari kamera kemudian diproses dengan ANFIS untuk mengidentifikasi karakteristik objek berdasarkan warna dan ukuran [17]. Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini tidak hanya warna hitam dan putih maupun gradasi warna, tetapi beberapa warna lain, serta mendeteksi beberapa bentuk benda dengan menggunakan computer vision.

2. Metode

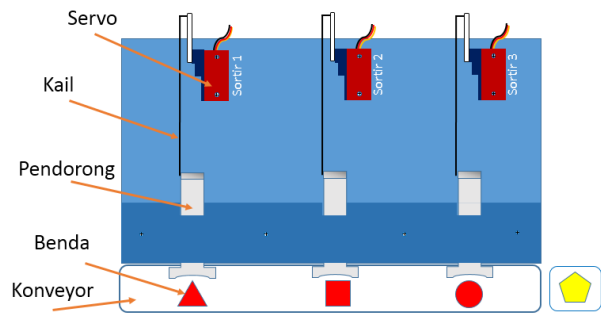
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan terlebih dahulu melakukan kajian pustaka. Langkah langkah yang dilakukan dapat diuraikan sebagai berikut :

2.1. Perancangan Mekanik

Diagram blok sistem adalah salah satu hal yang paling penting dalam desain sebuah perangkat, karena dari diagram blok sistem dapat diketahui cara kerja dari sebuah rangkaian tersebut. Dari sirkuit blok diagram dapat diketahui bahwa sebuah sistem mampu bekerja sesuai dengan desain. Blok diagram sistem sortir benda berdasarkan bentuk dan warna dapat ditunjukkan pada Gambar 1 dan rancangan mekaniknya ditunjukkan pada Gambar 2.



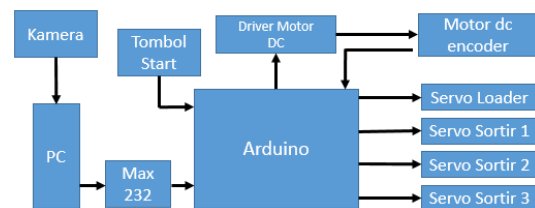
Gambar 1. Diagram Blok Proses Sistem Sortir



Gambar 2. Rancangan Mekanik Sistem Sortir

2.2. Perancangan Sistem Kontrol

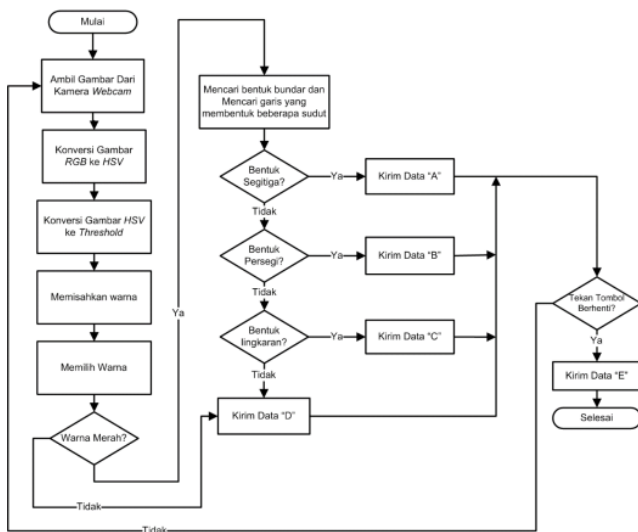
Sortir merupakan proses memilih benda berdasarkan bentuk dan warna. Benda yang berada pada konveyor akan didorong, sehingga secara otomatis dapat dimasukkan ke dalam wadah yang telah di siapkan. Sistem sortir pada penelitian ini menggunakan arduino sebagai pengontrolannya, dengan komunikasi usb serial maka data dari komputer proses dapat dikirim ke arduino melalui kabel USB serial. Beragamnya metode komunikasi antarmuka memungkinkan untuk menggunakan metode komunikasi yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan dibangun. Diagram blok sistem pengontrolan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem Pengontrolan

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Program pendeteksi benda dapat dilihat flowchartnya pada Gambar 4, yang mana terlihat bahwa data yang dikirim akan dieksekusi oleh arduino dan menggerakkan beberapa actuator.



Gambar 4. Flowchart Program Pendeteksi Benda

Pada Gambar 4, ketika data diterima oleh arduino maka arduino akan memproses data tersebut sehingga aktuator dapat di kontrol berdasarkan data tersebut. Dapat dilihat pada gambar dibawah ketika Arduino menerima data “A” maka akan menggerakkan servo penyortir benda 1, ketika Arduino menerima data “B” maka akan menggerakkan servo penyortir benda 2, ketika arduino menerima data “C” maka akan menggerakkan servo penyortir benda 3 dan ketika arduino menerima data “D” maka conveyor akan meneruskan ke tempat reject.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Mekanik dan Sistem Sortir

Pada saat sortir satu dalam kondisi maksimum dan posisi sortir dua dan tiga dalam kondisi minimum. Sortir satu mempunyai motor servo yang berputar dari 0 derajat ke beberapa derajat lebih tinggi sehingga diperoleh hasil konversi dari gerakan putaran ke gerakan horizontal menggunakan kail pendorong. Adapun tabel yang menunjukkan hasil uji coba dari sortir 1 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Servo Sortir 1

No	Data Posisi Servo Sortir1	Gerakan Horizontal (cm)	Kondisi Benda
1	140	3,8	Tidak terdorong penuh
2	150	4,3	Tidak terdorong penuh
3	160	4,5	Tidak terdorong penuh
4	170	4,8	Terdorong penuh
5	180	5,2	Terdorong penuh

Pada saat sortir dua dalam kondisi maksimum dan posisi sortir satu dan tiga dalam kondisi minimum. Sortir dua juga mempunyai motor servo yang berputar dari 0 derajat ke beberapa derajat lebih tinggi sehingga diperoleh hasil konversi dari gerakan putaran ke gerakan horizontal

menggunakan kail pendorong. Adapun tabel yang menunjukkan hasil uji coba dari sortir 2 pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Servo Sortir 2

No	Data Posisi Servo Sortir2	Gerakan Horizontal (cm)	Kondisi Benda
1	140	3,8	Tidak terdorong penuh
2	150	4,2	Tidak terdorong penuh
3	160	4,5	Tidak Terdorong Penuh
4	170	4,9	Terdorong Penuh
5	180	5,1	Terdorong penuh

Pada saat sortir tiga dalam kondisi maksimum dan posisi sortir satu dan dua dalam kondisi minimum. Sortir dua juga mempunyai motor servo yang berputar dari 0 derajat ke beberapa derajat lebih tinggi sehingga diperoleh hasil konversi dari gerakan putaran ke gerakan horizontal menggunakan kail pendorong. Adapun tabel yang menunjukkan hasil uji coba dari sortir 3 pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Servo Sortir 3

No	Data Posisi Servo Sortir3	Gerakan Horizontal (cm)	Kondisi Benda
1	140	3,8	Tidak terdorong penuh
2	150	4,2	Tidak terdorong penuh
3	160	4,5	Tidak terdorong penuh
4	170	4,9	Terdorong penuh
5	180	5,1	Terdorong penuh

3.2. Pengujian Kamera














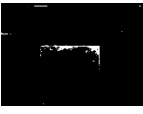




Kamera yang digunakan adalah kamera webcam, dimana kamera ini digunakan sebagai input untuk dapat di proses oleh komputer, sehingga hasil dari proses tersebut akan akan dikirim ke arduino untuk di proses penyortiran. Dalam pendeteksian benda berdasarkan bentuk dan warna, kondisi lingkungan sangat mempengaruhi terdeteksinya benda terutama cahaya. Makanya perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan mengatur nilai HSV (Hue Saturation dan Value) yang disediakan pada aplikasi pendeteksi. Berikut hasil data pendeteksian benda berdasarkan bentuk dan warna sebelum di kalibrasi.





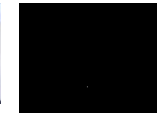


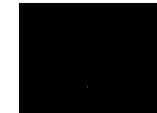




Dapat dilihat pada Tabel 4 bahwa sebelum dikalibrasi masih banyak gangguan pendeteksian yang ditangkap oleh kamera. Ketika akan mendeteksi warna merah dengan beberapa bentuk, masih mendeteksi area yang tidak di inginkan, hal ini dikarenakan kondisi lingkungan yang belum sesuai dengan pendeteksian bentuk dan warna yang diinginkan. Maka dari itu perlu dilakukan kalibrasi agar pendeteksian lebih bagus. Berikut tabel data pendeteksian bentuk dan warna menggunakan kamera yang sudah dikalibrasi.

Dari hasil data yang telah di dapatkan seperti pada Tabel 5, dapat dilihat bahwa pendeteksian dapat dilakukan dengan

baik. Pendeteksian warna merah bentuk yang diinginkan dapat terdeteksi tanpa adanya gangguan, sehingga hal ini sangat mempengaruhi proses penyortiran yang akan dilakukan oleh arduino. Dapat dilihat juga nilai dari (Hue Saturation dan Value) pada tabel nilai HSV berubah, nilai tersebut adalah hasil kalibrasi terhadap lingkungan sekitarnya.

Tabel 4. Hasil Pendeteksian Bentuk dan Warna Sebelum Kalibrasi

Kondisi	Gambar Asli	Proses Pendeteksian	Setelah Diproses
HighH=100 LowH=10 HighS=100 LowS=10 HighV=255 LowV=10			
			
			
			
			
			

Kondisi	Gambar Asli	Proses Pendeteksian	Setelah diproses
			
HighH=100 LowH=10 HighS=54 LowS=10 HighV=255 LowV=29			
			
			

Pada keadaan awal, servo loader dan servo penyortir dalam keadaan mundur. kemudian pada proses ke 1 Loader akan memasukkan benda ke konveyor dengan cara servo loader maju kemudian mundur, lalu konveyor berjalan 1 langkah yaitu membawa benda ke proses pendeteksian. Kemudian shift register menggeser data yang didapatkan. ketika didapatkan hasil deteksi kotak dengan nilai data 1 dan servo penyortir masih dalam keadaan mundur. Proses sortir dapat dilihat pada Tabel 5.







Pada proses ke 2, servo loader maju dan mundur, lalu konveyor berjalan 1 langkah yaitu membawa benda ke proses pendeteksian, sehingga didapatkan hasil deteksi segitiga dengan nilai data 2 dan servo sortir 1 aktif yaitu mendorong benda kotak yang sudah sesuai dengan posisi penyortirnya karena proses penyortiran benda kotak merah adalah 1 langkah dari proses pendeteksian.

Pada proses ke 3, servo loader maju dan mundur, lalu konveyor berjalan 1 langkah yaitu membawa benda ke proses pendeteksian, sehingga didapatkan hasil deteksi bundar dengan nilai data 3 dan servo sortir dalam keadaan mundur semua.

Pada proses ke 4, servo loader maju dan mundur, lalu konveyor berjalan 1 langkah yaitu membawa benda ke proses pendeteksian, sehingga didapatkan hasil deteksi bundar dengan nilai data 3 dan servo sortir 2 aktif yaitu mendorong benda segitiga yang sudah sesuai dengan posisi penyortirnya karena proses penyortiran benda segitiga merah adalah 2 langkah dari proses pendeteksian

Proses sortir akan terus dijalankan dan servo penyortir akan aktif ketika data dan posisi penyortirnya sama yaitu data 1

Tabel 5. Hasil Pendeteksian Bentuk dan Warna Setelah Kalibrasi

Kondisi	Gambar Asli	Proses Pendeteksian	Setelah diproses
HighH=100 LowH=10 HighS=54 LowS=10 HighV=255 LowV=29			
			

untuk servo sortir 1 (akan aktif 1 langkah dari stations pendeteksi), data 2 untuk servo sortir 2 (akan aktif 2 langkah dari stations pendeteksi), data 3 untuk servo sortir 3 (akan aktif 3 langkah dari stations pendeteksi) dan selain daripada ketiga data tersebut, akan diteruskan ke wadah reject.

Proses ujicoba ketepatan penyortiran juga dilakukan sebanyak 100 kali dengan tingkat kesesuaian atau akurasi 99,9 %. Alat mampu beroperasi selama 24 jam, dengan waktu penyortiran rata-rata 1 detik setiap benda.

4. Kesimpulan

Sistem sortir menggunakan komputer vision dapat mengidentifikasi dan menyortir benda-benda berdasarkan warna dan bentuk, dengan hasil terbaik setelah dilakukan kalibrasi, dengan kemampuan akurasi yang baik, yakni 99,9%.

Referensi

- [1] Y. Mandari and T. Pangaribowo, "Rancang Bangun Sistem Robot Penyortir Benda Padat Berdasarkan Warna Berbasis Arduino," *J. Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 2, May 2016, doi: 10.22441/jte.v7i2.832.
- [2] H. Sagita and B. A. Rozany, "Model Sistem Automasi Sortir Barang Berdasarkan Warna Menggunakan Programmable Logic Control Berbasis Mikrokontroler," *Jutisi*, vol. 6, no. 1, pp. 1367–1374, 2017.
- [3] M. I. Sari, R. Handayani, S. Siregar, and B. Isnu, "Pemilah Benda Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Warna TCS3200," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 4, no. 2, pp. 85–90, 2018, doi: 10.15575/telka.v4n2.85-90.
- [4] A. B. D. Lestari, H.B. Hanafi, "Rancang Bangun Sistem Sortir Berdasarkan Warna," *Ilm. JURUTERA*, vol. 06, no. 01, pp. 14–18, 2019.
- [5] A. Safaris and H. Effendi, "Rancang Bangun Alat Kendali Sortir Barang Berdasarkan Empat Kode Warna," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 2, pp. 399–410, 2020.
- [6] J. A. S. Siregar and K. Handoko, "Jurnal Comasie Jurnal Comasie," *J. Comasie*, vol. 6, no. 2, pp. 40–51, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/comasiejurnal>
- [7] A. B. Mulyadi and A. Fitriati, "Miniatur Pemilah Benda Berdasarkan Warna menggunakan Sensor TCS3200 Berbasis Pneumatik," *Politek. Bosowa*, vol. 3, no. 23, p. 2, 2021.
- [8] S. Wulandari and B. Satria, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Warna Menggunakan Arduino Uno Berbasis IoT (Internet Of Things)," *Paradig. - J. Komput. dan Inform.*, vol. 23, no. 1, 2021, doi: 10.31294/p.v23i1.9861.
- [9] Zuly Budiarto dkk, "Penyortir Bola Berwarna Berbasis Arduino Menggunakan Metode Fuzy," *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, Vol 8 No. 1, 2022, doi : 10.31294/jtk.v4i21
- [10] M. Wijayanti, Y. Fitriyani, A. H. Nugraha, I. T. Handayani, and A. Muchlis, "Prototype Sortasi Benda Berdasarkan Warna Berbasis Arduino," *J. Ilm. Flash*, vol. 8, no. 2, p. 89, 2023, doi: 10.32511/flash.v8i2.960.
- [11] M. Swain, and D. Ballard, (1991), Color indexing. *International Journal of Computer Vision*, 1 No. 7, 11"32
- [12] P. Deepa, (2011), Improved Watershed Segmentation for Apple Fruit Grading, *IEEE, India*
- [13] Aji Wira Saputra, (2012), Simulasi Manufaktur Pemilah Barang Berdasarkan Warna (Hitam dan Putih) Menggunakan Sensor Warna Berbasis Mikrokontroler Atmega328, *Sekolah Tinggi Manajemen Informatika Dan Komputer AMIKOM*,
- [14] Atef. A. Ata, Sohair F. Rezeki, Ahmed El-Shenawy, Mohammed Diab, (2013) Design and Development of 5"DOF Color Sorting Manipulator for Industrial applications; *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol:7, No:12*
- [15] Fina Supegina dan Dede Sukindar, (2014), Perancangan Robot Pencapit Untuk Penyortir Barang Berdasarkan Warna Led RGB Dengan Display LCD Berbasis Arduino Uno, *Jurusan Elektro Universitas Mecru Buana, Jakarta Barat*
- [16] Tuong Phuoc Tho, (2016), Design and development of the vision sorting system, *IEEE, Viet Nam*
- [17] James S, Whales D. The Framework of Electronic Government. U.S. Dept. of Information Technology. Report number: 63. 2005.