

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT PENYORTIR BARANG PADA KONVEYOR DENGAN PENGOLAHAN CITRA

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ITEMS DEVICE SORTING ON CONVEYOR WITH IMAGE PROCESSING

Fajar Ridho Wicaksono¹, Angga Rusdinar², Ig. Prasetya Dwi Wibawa³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹fajarridho.wic@gmail.com, ²anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id,
³prasdwiwawa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Alat penyortir barang adalah sebuah alat yang digunakan untuk penyortiran sebuah barang pada suatu industri. Di dalam dunia industri dibutuhkan alat penyortiran yang otomatis, cepat, serta presisi dalam pendistribusian suatu barang. Dengan adanya penelitian tugas akhir ini diharapkan dalam pendistribusian suatu barang dengan cepat dan presisi sehingga hasil yang di dapat maksimal. Penelitian tugas akhir dibuat sebuah alat penyortir otomatis yang berbasis pengolahan citra melalui sebuah kamera sehingga pendistribusian barang dapat efektif.

Pada alat ini, terdapat sebuah kamera yang dipasang diatas letak dari konveyor. Ketika barang terdeteksi oleh kamera maka akan diolah dengan metode pengolahan citra berdasarkan warna pada OpenCV, maka single board computer (SBC) sebagai kontroler akan mencari data manakah yang sesuai dengan input, jika sesuai dengan data yang telah di input maka pendorong yang terdapat pada konveyor yang berupa motor DC akan bergerak mendorong barang tersebut.

Pada hasil perancangan penyortiran barang berbasis pengolahan citra pada konveyor dalam mengolah data akan menghasilkan data yang cukup akurat karena pencocokan data menggunakan sebuah kamera yang dapat dipantau datanya. Dengan hasil yang cukup akurat tersebut alat ini diharapkan dapat digunakan untk meningkatkan efektifitas, dapat di monitoring, dan profit dalam sebuah perusahaan serta membantu pekerjaan manusia.

Kata kunci: *OpenCV, Raspberry Pi, Konveyor, Pengolahan Citra*

Abstracts

Sorting machine is a tool used for sorting a product in an industry. In the industrial field, an automatic, fast, and high precision sorting machine is vital in the distribution of products. This final research project aims at designing a fast and high precision sorting machine to boost the result. This research designed an automatic image-based sorting machine with camera to improve the effectiveness of the distribution of products.

A camera was installed on the top of the conveyor. Therefore, when the camera detects a products, at the same time, the scanning process creates a color-based image processing method using OpenCV, therefore single board computer (SBC), as the controller, verifies this input based on database. As soon as the data has been authenticated, a DC motor in the conveyor will pull the product out.

The result of image processing-based sorting machine in the conveyor has generated a more accurate data since the authentication process is monitored by a camera. This accurate output is expected to improve effectiveness, monitoring, and profit of the company and to assist human work.

Keywords: *OpenCV, Raspberry Pi, Conveyor, Image Processing*

1. Pendahuluan

Pada saat ini, perkembangan teknologi dan informasi berkembang sangat pesat serta menjadi kebutuhan bagi setiap orang, tanpa terkecuali pada perusahaan. Pada dasarnya setiap orang menggunakan teknologi untuk kebutuhannya serta untuk membantu pekerjaan manusia tanpa terkecuali dalam menjalankan perusahaan. Semua teknologi umumnya menggunakan *Integrated Circuit* (IC) yang merupakan komponen elektronika yang menjadi bagian pengolah informasi pada suatu alat.

Mikrokontroler mempunyai kelebihan yaitu dapat membuat otomatisasi pada sebuah alat sehingga alat tersebut dapat digunakan dan membantu bagi pengguna. Pada penelitian ini akan merancang desain dan implementasi alat penyortir barang menggunakan pengolahan citra yang terdapat pada konveyor.

Pada penelitian ini menggunakan pengolahan citra karena dengan metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi dan memilah barang berdasarkan warna. Metode pengolahan citra ini dilakukan untuk memperbaiki kesalahan data sinyal gambar yang terjadi akibat transmisi dan selama akuisisi sinyal, serta untuk meningkatkan kualitas penampakan gambar agar lebih mudah diinterpretasi oleh sistem penglihatan manusia baik dengan melakukan manipulasi dan juga penganalisisan terhadap gambar.

Pemilihan metode ini dikarenakan pada tugas akhir fokus kepada pencocokan data dari bentuk barang sehingga tidak terjadi kesalahan pada pendataan yang dilakukan. Penelitian sebelumnya telah diteliti dengan metode RFID. Metode tersebut kurang aplikatif karena banyak memerlukan RFID tag sebagai alat untuk penyortir serta kurang implementatif di dunia perindustrian.

Maka dengan munculnya solusi dan masalah tersebut, penulis mencoba membuat sesuatu yang dapat menyelesaikan masalah tersebut yaitu “Perancangan Dan Implementasi Alat Penyortir Barang Pada Konveyor Dengan Pengolahan Citra”.

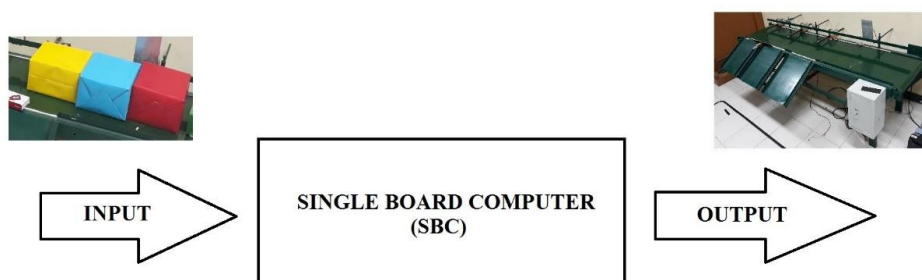
2. Dasar Teori

2.1. Cara Kerja Konsep Solusi

Berdasarkan rumusan masalah, cara kerja konsep solusi adalah sebagai berikut: akan dibuat alat penyortir barang berdasarkan warna pada konveyor, dimana barang yang akan disortir yaitu barang yang berwarna merah dan biru. Barang yang di input untuk disortir akan terdeteksi warnanya melalui kamera, setelah itu akan diolah dalam sebuah single board computer (SBC). Kemudian barang yang telah diolah tersebut yang disortir berdasarkan warna merah serta melalui jalur distribusi 1, sementara barang yang berwarna biru akan disalurkan menuju jalur distribusi 2, dan jalur distribusi 3 digunakan untuk barang yang berwarna selain merah dan biru. Gambar 2.1 menunjukkan sistem pada alat penyortir pada konveyor.

Sistem ini memiliki input berupa barang yang berwarna dan kemudian dideteksi melalui sensor kamera yaitu dengan menggunakan kamera raspberry. Deteksi warna akan diolah dalam sebuah single board computer yaitu raspberry-pi. Pengolahan data pada single board computer dalam bentuk bahasa pemrograman python, yang didalamnya terdapat skript untuk membedakan warna yang akan disortir. Ketika barang yang sudah terdeteksi tersebut didalam skript tersebut akan menggerakkan motor dc selaku aktuator yang akan mendorong sesuai jalur distribusi.

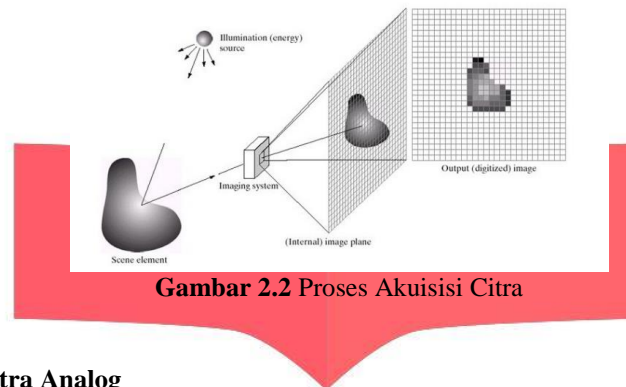
Single board computer mempunyai peran yang sangat penting antara lain penghubung program dengan output berupa pergerakan motor dc. Single board computer mengeksekusi peran tersebut melalui skript program yang telah dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman python.



Gambar 2.1 Diagram Blok Konsep Solusi

2.2. Pengertian Citra

Kata citra atau yang lebih dikenal secara umum dengan kata “gambar” dapat didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi (2D), $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial, dan amplituda dari f pada setiap kombinasi atau pasangan koordinat (x,y) merupakan tingkat kecerahan dari sebuah citra pada titik tersebut[5]. Suatu citra diperoleh dari penangkapan pantulan sinar yang dipantulkan oleh suatu objek dan cahaya yang ditangkap disajikan dalam bentuk citra. Alat-alat optik juga mempunyai proses yang sama dalam mendapatkan suatu citra atau gambar seperti kamera. Dalam proses akuisisi citra tersebut dapat dilihat seperti pada gambar 2.3



2.2.1 Pengenalan Citra Analog

Motor DC merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (mixer, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motormotor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

2.2.2 Pengenalan Citra Digital

Citra digital adalah merupakan representative dari citra $f(x,y)$ yang sudah dikonversi menjadi diskrit berdasarkan sampling dan kuantisasi. Sampling dengan menyatakan besarnya kotak-kotak yang tersusun dalam suatu baris dan kolom. Sampling pada citra menyatakan besar ukuran pixel (titik) pada citra sedangkan kuantisasi menyatakan besarnya tingkat kecerahan dalam tingkat grayscale) sesuai dengan jumlah bit biner yang terdapat pada suatu alat optik. Biasanya, ukuran dari sebuah array citra adalah beberapa ratus piksel dikalikan beberapa ratus piksel dan terdapat beberapa puluh kemungkinan perbedaan tingkat keabuan[4]. Dalam mempresentasikan sebuah citra matriks dapat diketahui pada gambar II.3.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

Gambar 2.3. Representasi Citra Matriks

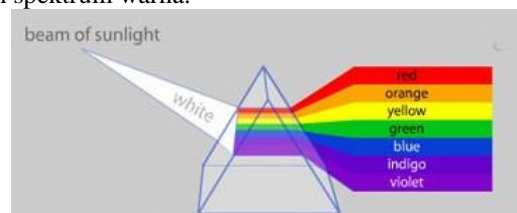
2.2.3 Pengenalan Citra Bergerak

Citra bergerak adalah rangkaian citra diam yang ditampilkan secara berurutan (sekuensial) sehingga memberikan kesan pada mata sebagai gambar yang bergerak. Setiap citra dalam rangkaian tersebut disebut frame. Citra bergerak dapat juga disebut video yang memiliki satuan Frame per Second (FPS). Semakin banyak frame per detik maka semakin baik kualitas video yang dihasilkan dan begitu pula sebaliknya semakin sedikit frame per detik maka video yang dihasilkan kurang memuaskan. Gambar-gambar yang tampak pada film layar lebar atau televisi pada hakekatnya juga terdiri atas ratusan atau ribuan citra atau gambar.

2.3 Pengenalan Ruang Warna (Colour Space)

Warna adalah spektrum tertentu yang terdapat di dalam suatu cahaya sempurna (berwarna putih). Intensitas suatu warna ditentukan oleh panjang gelombang cahaya. Panjang gelombang warna yang masih bisa ditangkap mata manusia berkisar antara 380-780 nanometer. Sebagai contoh warna biru memiliki panjang gelombang 460 nanometer.

Cahaya yang dapat dilihat adalah bukan cahaya dengan satu panjang gelombang melainkan kumpulan panjang gelombang tertentu. Warna terbentuk dari kumpulan gelombang dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Penyajian campuran elemen dasar untuk menghasilkan warna dinamakan dengan Color Space atau Ruang Warna. Warna terbentuk dari kumpulan gelombang dengan panjang gelombang yang berbeda-beda seperti pada gambar 2.4 untuk pembentukan spektrum warna.



Gambar 2.4. Pembentukan spectrum warna

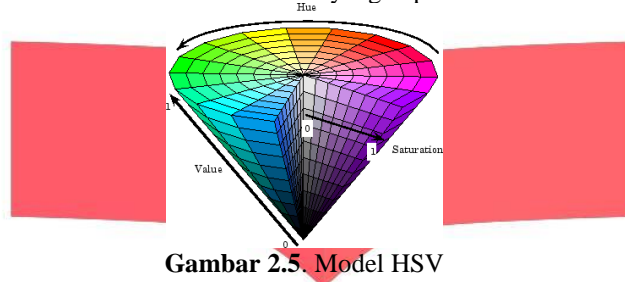
2.4 Pengertian Metode HSV

Ruang warna adalah model matematis abstrak yang menggambarkan cara agar suatu warna dapat dipresentasikan sebagai baris angka biasanya dengan nilai-nilai dari tiga atau empat buah warna.

HSV mendefinisikan warna pada terminologi Hue, Saturation, dan Value. HSV merupakan warna-warna yang sama dengan ditangkap oleh indera manusia. Sedangkan warna RGB merupakan campuran dari

warna primer. Model HSV ditunjukkan pada gambar 2.5. Melalui model gambar diatas, HSV memiliki 3 karakteristik pokok, yaitu Hue, Saturation dan Value.

Hue menyatakan Hue memiliki sudut 360° yang menunjukkan jenis warna yang dapat ditemukan pada spektrum warna. Saturation adalah tingkat kemurnian suatu warna yang bisanya memiliki nilai 0 sampai 1. Sedangkan Value adalah intensitas kecerahan dari suatu warna yang dapat bernilai dari 0 sampai 100% [1].



Gambar 2.5. Model HSV

Perhitungan konversi RGB menjadi HSV dapat dirumuskan sebagai berikut [1].

$$H = \tan \left(\frac{3(G-B)}{(R-G)+(R-B)} \right) \tag{2.2}$$

$$S = 1 - \frac{\min(R,G,B)}{V} \tag{2.3}$$

$$V = \frac{R+G+B}{3} \tag{2.4}$$

Apabila nilai S = 0, maka H tidak dapat ditentukan. Oleh karena itu diperlukan normalisasi RGB terlebih dahulu dengan menggunakan rumus sebagai berikut [1].

$$r = \frac{R}{(R+G+B)} \tag{2.5}$$

$$g = \frac{G}{(R+G+B)} \tag{2.6}$$

$$b = \frac{B}{(R+G+B)} \tag{2.7}$$

Setelah nilai r, g, dan b dinormalisasi, rumus transformasi RGB ke HSV menjadi sebagai berikut [1].

$$v = \max(r,g,b) \tag{2.8}$$

$$s = \begin{cases} 0, & \text{jika } V = 0 \\ 1 - \frac{\min(r,g,b)}{v}, & V > 0 \end{cases} \tag{2.9}$$

2.5 Konveyor

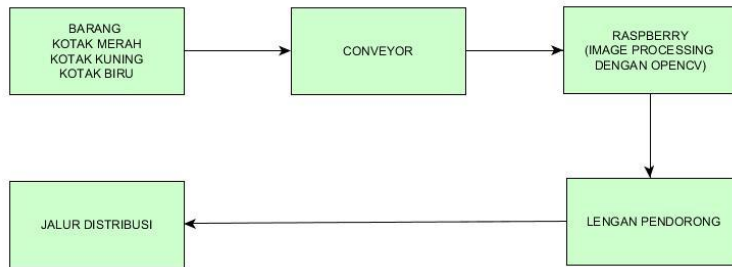
Konveyor adalah sebuah sistem mekanik yang berfungsi untuk memindah atau alat untuk mengangkut barang dari satu tempat ke tempat lain. Konveyor banyak digunakan pada perindustrian untuk pendistribusian barang dalam jumlah yang banyak dan berkelanjutan. Konveyor banyak digunakan karena mempunyai beberapa manfaat yaitu mempunyai nilai ekonomis dalam pendistribusian suatu barang dibanding dengan manusia, dapat memobilisasi barang dalam jumlah yang banyak dan kontinyu dari satu tempat menuju tempat lain. Seperti pada gambar 2.6 konveyor mempunyai jalur distribusi yang telah dirancang.



Gambar 2.6. Konveyor dan jalur distribusi

2.6. Desain sistem

Prinsip kerja alat ini adalah jika terdapat barang yang berupa kotak yang berwarna merah dan biru maka kamera akan menangkap gambar tersebut yang selanjutnya akan diolah melalui OpenCV yang terdapat pada Raspberry Pi 3 yang selanjutnya akan menggerakkan motor DC untuk mendorong ke jalur distribusi sesuai dengan input. Jalur distribusi 1 untuk untuk menyortir warna biru, jalur distribusi 2 untuk menyortir warna merah, sedangkan jalur distribusi 3 untuk menyortir warna selain merah dan biru.

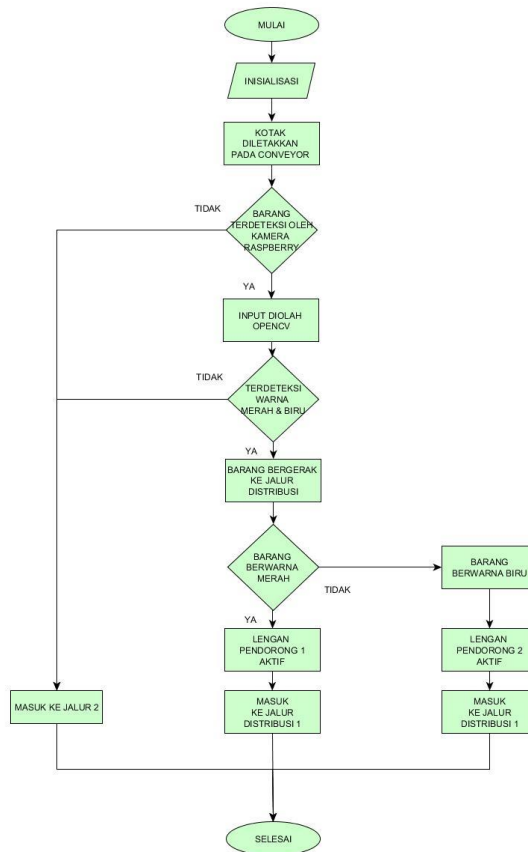


Gambar 3.1. Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 3.1, sistem dimulai dari input barang berwarna yang diurutkan kemudian akan dihantarkan melalui konveyor dengan belt konveyor yang digerakkan dengan motor DC 24V. Barang yang melalui konveyor tersebut akan terdeteksi oleh kamera raspberry. Kamera yang mendeteksi warna barang tersebut akan menangkap citra tersebut lalu akan diolah dengan OpenCV yang terdapat pada single board computer (SBC) yaitu raspberry-pi 3 model B. Data olahan tersebut akan menggerakkan motor DC 6V yang akan bergerak mendorong barang yang terdeteksi sesuai dengan jalur distribusi yang telah ditentukan.

2.7. Flowchart Sistem

Program yang digunakan Perancangan perangkat lunak dari alat penyortir barang dengan pengolahan citra ini menggunakan bahasa pemrograman python.

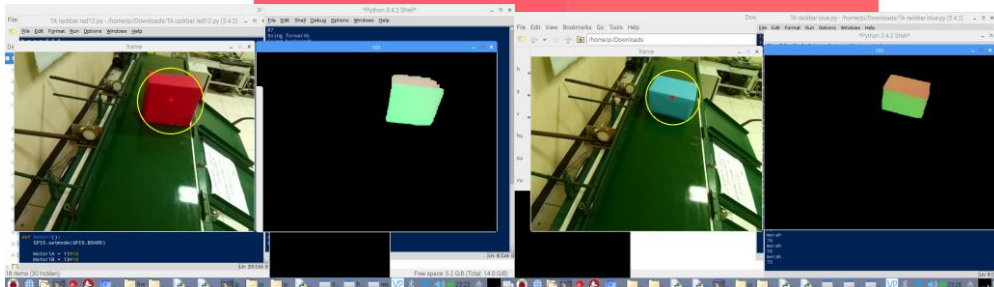


Gambar 3.2. Flowchart Deteksi gambar melalui kamera

3. Hasil Pengujian dan Analisis

3.1 Pengujian Warna yang akan di Sortir

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui warna yang di deteksi untuk disortir pada sistem yang dibuat. Warna yang akan disortir yaitu warna merah dan biru. Akan dilakukan pengujian untuk pengujian warna-warna yang akan dideteksi.



Gambar 4.1. Hasil Pengujian warna merah dan biru

Tabel 3.1 Hasil Pengujian warna

Pengujian Warna	Hasil Pengujian
Merah	Terdeteksi
Biru	Terdeteksi
Kuning	Tidak Terdeteksi
Hijau	Tidak Terdeteksi
Hitam	Tidak Terdeteksi
Abu-abu	Tidak Terdeteksi
Putih	Tidak Terdeteksi

Dari data table 3.1 bahwa yang terdeteksi dari warna merah dan biru.

dapat ditarik kesimpulan sistem tersebut adalah

3.2 Pengujian terhadap Warna

Pembacaan Jarak Merah dan Biru

Pada pengujian ini untuk mengukur dan mengetahui tingkat akurasi dari algoritma pembacaan jarak. Pengujian ini membandingkan jarak hasil pengolahan dengan jarak sebenarnya.

Tabel 3.2. Pengujian Pembacaan Jarak Pada Sudut 70°

No	Warna	Jarak sebenarnya (cm)	Percobaan ke-1 (cm)	Percobaan ke-2 (cm)	Rata-rata (cm)	Error pembacaan (cm)	Error pembacaan (%)
1.	Merah	58	61	62	61.5	3.5	6.03
2.	Biru	58	59	61	60	2	3.448
Rata-rata error pembacaan						2.75	4.739

Dari tabel 3.2 dapat diketahui bahwa rata-rata error pembacaan jarak adalah sebesar 4.739 %. Error ini disebabkan oleh pembacaan pixel yang mengalami gangguan yang terjadi akibat perubahan intensitas cahaya.

3.3 Pengujian Ketepatan Sortir dan Deteksi untuk Sortir terhadap Barang yang Disortir

Pada pengujian ini untuk mengukur ketepatan sortir terhadap barang yang akan disortir. Hasil sortir barang menunjukkan ketepatan barang.

Tabel 3.3 Pengujian ketepatan dan deteksi untuk sortir barang terhadap barang yang akan disortir.

No	Warna	Pengujian	Jalur distribusi 1	Jalur distribusi 2	Jalur distribusi 3	Akurasi
1.	Merah	10 kali	9	0	1	90%
2.	Biru	10 kali	0	7	3	70%

3.	Kuning	10 kali	0	0	10	100%
4.	Hijau	10 kali	0	0	10	100%
5.	Hitam	10 kali	0	0	10	100%
6.	Abu-abu	10 kali	0	0	10	100%
7.	Coklat	10 kali	0	0	10	100%

Hasil pengujian tersebut dapat dilihat dari tabel 3.3 bahwa tingkat akurasi yang bagus dari setiap input warna dengan kesesuaian jalur distribusi.

3.4 Pengujian Ketepatan Lengan Pendorong terhadap Barang yang Disortir

Pada pengujian ini dilakukan untuk menentukan ketepatan lengan pendorong terhadap barang yang disortir.

Tabel 3.4. Pengujian ketepatan sortir barang terhadap barang yang akan disortir.

No.	Warna	Pengujian	Keberhasilan melalui jalur distribusi	Akurasi
1.	Merah	10 kali	9	90%
2.	Biru	10 kali	8	80%
Rata-rata keberhasilan			8.5	85%

Hasil pengujian tersebut dapat dilihat dari tabel 3.4 bahwa tingkat akurasi didapatkan dari lengan pendorong untuk mendorong barang yang disortir tersebut 85% sehingga dapat dikatakan cukup bagus dan sesuai dengan jalur distribusi yang digunakan.

3.5 Pengujian Jarak Antar Barang yang akan Disortir

Pada pengujian ini dilakukan untuk menentukan jarak minimal antar barang yang akan disortir.

Tabel 3.5. Pengujian Jarak Antar Barang yang akan Disortir pada Jarak 80 cm.

No.	Barang 1	Barang 2	Barang 3	Pengujian	Keberhasilan melalui jalur distribusi	Akurasi
1.	Merah	Biru	Merah	10 kali	7	70%
2.	Merah	Merah	Biru	10 kali	7	70%
3.	Biru	Merah	Merah	10 kali	9	90%
4.	Biru	Biru	Merah	10 kali	9	90%
Rata-rata keberhasilan					8	80%

Hasil pengujian pada tabel 3.5 dapat dilihat bahwa tingkat akurasi yang didapatkan pada pengujian jarak antar barang yang akan disortir pada jarak 80 cm adalah 80%. Barang sudah dapat diidentifikasi pada jarak tersebut, akan tetapi masih terdapat error dikarenakan sistem belum sepenuhnya membedakan 2 barang yang akan disortir serta kontur yang berubah mengakibatkan pembacaan barang tidak tepat.

3.6 Pengujian Barang Selain Warna Merah dan Biru yang akan Disortir

Pada pengujian ini dilakukan untuk menguji warna yang dapat digunakan selain warna merah dan biru.

Tabel 3.6. Pengujian Barang Selain Warna Merah dan Biru yang akan Disortir.

No.	Warna	Perbandingan dengan threshold warna lain	Pengujian	Keberhasilan melalui jalur distribusi	Keberhasilan melalui jalur distribusi (%)
1.	Oranye	Terdeteksi	9 kali	9 kali	90%
2.	Nila	Terdeteksi	10 kali	10 kali	100%
3.	Ungu	Terdeteksi	10 kali	10 kali	100%
Rata-rata keberhasilan				9.6	96%

Hasil pengujian pada tabel 3.6 dapat dilihat bahwa warna oranye, nila, dan ungu sudah terdeteksi dan melalui jalur distribusi dengan baik. Warna oranye tidak berhasil satu kali dikarenakan pembacaan pixel yang mengalami gangguan yang terjadi akibat perubahan intensitas cahaya. Semakin besar intensitas cahaya maka akan semakin bagus dalam mendeteksi warna tersebut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis alat penyortir barang berdasarkan warna pada konveyor ini didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem alat penyortir barang berdasarkan warna pada konveyor ini telah dapat bekerja dengan baik sesuai dengan sistem yang telah dirancang dan mendeteksi barang berwarna biru dan merah yang akan disortir dengan baik.
2. Sistem alat penyortir barang berdasarkan warna pada konveyor dengan lengan pendorong yang sudah dapat bekerja dengan baik dalam mendorong ke jalur distribusi yang telah ditentukan dengan akurasi 85% dan dengan deteksi terbaik pada pengukuran pembacaan pada jarak sudut 80o yang menghasilkan rata-rata error sebesar 4.739%.
3. Akurasi dalam pengukuran cukup bagus dengan jarak 0-100 cm dan akurasi dalam mendeteksi barang berdasarkan warna yang ditentukan sudah bekerja dengan baik serta jarak antar barang yang akan disortir bekerja dengan baik pada jarak antar barang 90 cm.

Daftar Pustaka :

- [1] D. Putra, Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta: Andi, 2010.
- [2] Howse, Joseph. 2013. OpenCV Computer Vision with Python. Birmingham: Packet Publishing Ltd
- [3] Garcia, G.B. 2015. Learning Image Processing with OpenCV .Birmingham: Packet Publishing Ltd
- [4] Petrou, Maria. dan Petrou, Costas. 2010. Image Processing : The Fundamentals, John Wiley & Sons, UK.
- [5] Gonzalez, C. Rafael. dan Woods, E. Richard. 2008. Digital Image Processing, 3rd Ed. USA: Prentice Hall, New Jersey.
- [6] Druzhkov, P.N. 2010."New Object Detection Features in the OpenCV Library".Journal of Lobachevskii State University
- [7] Mulyawan, H. "Identifikasi dan Tracking Objek Berbasis Image Processing secara Real Time". Journal of Institut Teknologi Sepuluh November (ITS)
- [8] Gurav, R. M. 2015. "Real time Finger Tracking and Contour Detection for Gesture Recognition using OpenCV". Journal of Engineering Pune. 976
- [9] Hassan, M. F. Abu. Y. Yusof, M. A. Azmi, M. N. Mazli. 2012. Fuzzy Logic Based Intelligent Control of RGB Colour Classification System for Undergraduate Artificial Intelligence Laboratory. Proceedings of the World Congress on Engineering 2012 Vol II WCE 2012, London, U.K.
- [10] Raharjo, Budi. 2015. Mudah Belajar Python untuk aplikasi desktop dan web. Bandung: Informatika Bandung.
- [11] R. P. Foundation, "Raspberry Pi 3," 2016. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>. [Accessed 6 Desember 2017].
- [12] Amasta. Gusti, "AC to DC Converter", 2013. [Online]. Available: <https://gustiiamasta.wordpress.com/2013/05/28/ac-to-dc-converter/> [Accessed 20 Desember 2017].
- [13] Pengertian. temukan, "Pengertian citra digital" [Online]. Available: <http://www.temukanpengertian.com/2013/08/pengertian-citra-digital.html> [Accessed 19 Desember 2017].
- [14] what-when-how, "Image Acquisition (Introduction to Video and Image Processing) Part 1" [Online]. Available: <http://what-when-how.com/introduction-to-video-and-image-processing/image-acquisition-introduction-to-video-and-image-processing-part-1/> [Accessed 17 Desember 2017].
- [15] Mulyana, T. M. Surya. "Pengolahan Citra". [Online]. Available: <http://slideplayer.info/slide/1966480/> [Accessed 17 Desember 2017].