

# Sistem Kontrol *Color Sorting Machine* dengan Pengolahan Citra Digital

Al Chairi<sup>\*)1</sup>, Riki Mukhaiyar<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

<sup>\*)</sup>Corresponding author, [alchairi83@gmail.com](mailto:alchairi83@gmail.com)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat *sorting machine* otomatis berbasis *digital image processing*. *Digital image processing* pada penelitian ini digunakan sebagai sistem deteksi objek benda berwarna yang berbentuk tabung dengan diameter 40 mm dan tinggi 25 mm dengan berat  $\pm 28$  gram dari bahan *High Density Polyethylene* (HDPE) yang berjalan di sebuah mesin sorter berupa *belt conveyor*. *Image processing* di proses menggunakan *personal computer* (PC) dengan bahasa pemrograman Python menggunakan pustaka *open computer vision* (openCV). Metode pendeteksian objek pada penelitian ini menggunakan metode *color filtering* model ruang warna HSV agar dapat mendeteksi objek yang dibatasi terhadap tiga warna yaitu warna merah, biru dan kuning. Model ruang warna HSV (*Hue, Saturation, Value*) dipilih karena ruang warna ini telah memperhitungkan kemurnian warna dan intensitas cahaya. *Setpoint* untuk nilai HSV diatur di *Graphical User Interface* *tracbar* GUI-Python yang dibuat menggunakan pustaka *tkinter*. *Setpoint* nilai HSV masing - masing warna disimpan dalam *JavaScript Object Notation* (JSON). Hasil dari data *Image processing* yang di proses di *personal computer* akan di kirim ke Mikrokontroler ATmega 2560 dengan komunikasi *serial USB*. Mikrokontroler ATmega 2560 sendiri berfungsi sebagai pusat kendali komponen yang terdapat pada *sorting machine*. Hasil penelitian ini menunjukkan *image processing* bisa mendeteksi objek berwarna dengan baik tetapi *setpoint* nilai HSV yang harus di *setting* sesuai dengan pencahayaan ruangan.

## Abstract

*This study aims to create an automatic sorting machine based on digital image processing. Digital image processing in this study was used as a detection system for colored objects in the form of tubes with a diameter of 40 mm and a height of 25 mm with a weight of  $\pm 28$  grams made of High Density Polyethylene (HDPE) material running on a sorter machine in the form of a belt conveyor. Image processing is processed using a personal computer (PC) with the Python programming language using the open computer vision (openCV) library. The object detection method in this study uses the color filtering method of the HSV color space model so that it can detect objects that are limited to three colors, namely red, blue and yellow. The HSV (Hue, Saturation, Value) color space model was chosen because this color space has taken into account the purity of the color and the intensity of the light. The setpoint for the HSV value is set in the GUI-Python Graphical User Interface *tracbar* built using the *tkinter* library. The HSV value setpoint for each color is stored in JavaScript Object Notation (JSON). The results of the Image processing data that are processed on a personal computer will be sent to the ATmega 2560 Microcontroller with USB serial communication. The ATmega 2560 microcontroller itself functions as the control center for the components contained in the sorting machine. The results of this study indicate that image processing can detect colored objects well, but the HSV value setpoint must be set according to the room lighting.*

## PENDAHULUAN

Penerapan sistem otomasi pada mesin produksi di dunia industri bertujuan menggantikan kerja manusia untuk mengoptimalkan hasil produksi supaya proses produksi bisa dilakukan secara cepat, akurat, dan proses produksi bisa dilakukan tanpa henti [1]. Konveyor adalah salah satu mekanisme yang dipakai pada mesin untuk membantu proses produksi. Konveyor berfungsi untuk memindahkan barang

## INFO.

### Info. Artikel:

No. 393

Received. May, 19, 2023

Revised. June, 1, 2023

Accepted. July, 5, 2023

Page. 387 – 396

### Kata kunci:

- ✓ *Color sorting machine*
- ✓ *Image processing*
- ✓ *Python*
- ✓ *OpenCV*
- ✓ *Color filtering HSV*

dalam jumlah yang banyak tanpa henti dari suatu tempat ke tempat lain dengan proses yang sangat cepat yang digerakkan oleh motor listrik [2] - [4]. Penyortiran barang biasanya bisa diklasifikasikan berdasarkan jenis warna, berat atau bentuk barangnya [5]. *Actuator* yang biasa digunakan untuk penyortiran barang menggunakan sistem pneumatik yaitu menggunakan silinder yang ditenagai dengan tekanan angin dari *compresor* untuk mendorong benda menuju *storage* pada saat penyortiran barang [2].

Pengolahan citra digital (*digital image processing*) adalah disiplin ilmu yang mempelajari teknik – teknik pengolahan citra. Citra yang dimaksud adalah gambar diam (foto) maupun gambar bergerak yang berasal dari kamera. Sedangkan digital disini mempunyai maksud bahwa pengolahan citra atau gambar dilakukan secara digital menggunakan komputer [6] - [7]. *Image processing* bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra supaya bisa diinterpretasikan oleh manusia ataupun komputer. Komputer visi (*computer vision*) merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana agar komputer mengamati dan mengambil informasi dari suatu gambar [8] - [9]. Dengan gambar yang telah ditingkatkan kualitasnya dengan proses pengolahan citra, maka dengan *computer vision* dapat membaca dan mengambil informasi dari gambar tersebut [10].

Beberapa contoh model ruang warna digunakan untuk pengolahan citra dengan *computer vision* yaitu model ruang warna RGB (*Red, Green, Blue*) [11], model ruang warna CMYK (*Cyan, Magenta, Yellow, Key*), model ruang warna HSV (*Hue, Saturation, Value*) dan model ruang warna HSL (*Hue, Saturation, Lightness*). Model ruang warna RGB dan CMYK belum mempertimbangkan kemurnian warna dari warna putih dan *intensitas* cahaya. Sementara model ruang warna HSV dan HSL telah memperhitungkan itu [12] - [13].

Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu *color filtering* HSV dan *thresholding* [12], [14]. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah penerapan *computer vision* pada peralatan otomasi industri produksi dengan kerja khusus untuk pemilah objek berdasarkan warna menggunakan kamera dengan teknik pengolahan citra.

## **METODE PENELITIAN**

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah *color filtering* HSV pada pengolahan citra (*image processing*) dengan bahasa pemrograman Python dengan pustaka OpenCV dan Tkinter untuk GUI-Python. Untuk *sorting machine* sendiri dibangun atau dirakit setelah melalui perancangan sedemikian rupa baik secara *hardware* maupun *software*. Perancangan *hardware* terdiri dari rancangan mekanik, rancangan elektronik, dan sistem pneumatik. Dimana perancangan mekanik menggunakan *software autodesk inventor profesional 2023*, rancangan elektronik atau *electronic circuit* menggunakan *software autodesk eagle* dan rancangan *pneumatic system* menggunakan *software fluidsimsim*. Untuk perancangan *software* menggunakan *software arduino IDE*. Pembuatan blok diagram dan *flowchart* merupakan langkah awal sebelum perancangan dimulai karena harus mengetahui sistem kerja mesin atau alat yang akan dirancang dan dibuat nantinya.

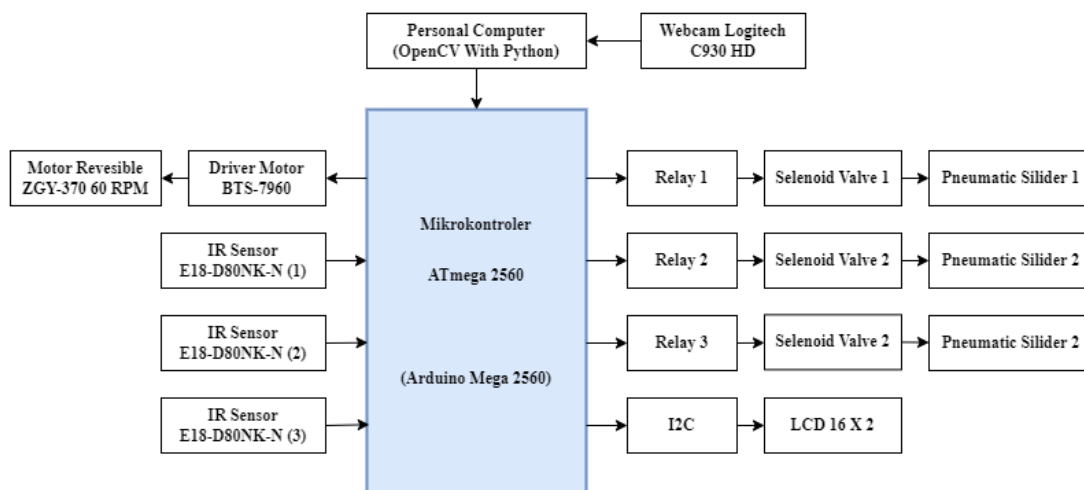
### **Blok Diagram**

Blok Diagram merupakan elemen terpenting dalam perancangan dan pembuatan alat, sebab dari blok diagram bisa mengetahui prinsip kerja alat secara keseluruhan.

Gambar 1 adalah blok diagram yang merupakan pernyataan ringkas tentang seluruh sistem kerja alat yang akan dibuat [15]. Berikut ini merupakan penjelasan dari blok diagram alat yang akan dibuat :

1. *Webcam* Logitech C930HD sebagai input sensor untuk menangkap citra objek berwarna.
2. *Personal Computer* (PC) sebagai pusat kontrol untuk pengolahan citra dan *Graphical User Interface*.
3. Mikrokontroler ATmega 2560 sebagai pusat kendali yang lebih difokuskan untuk mengolah atau mengontrol perangkat keras yang ada pada *sorting machine*.

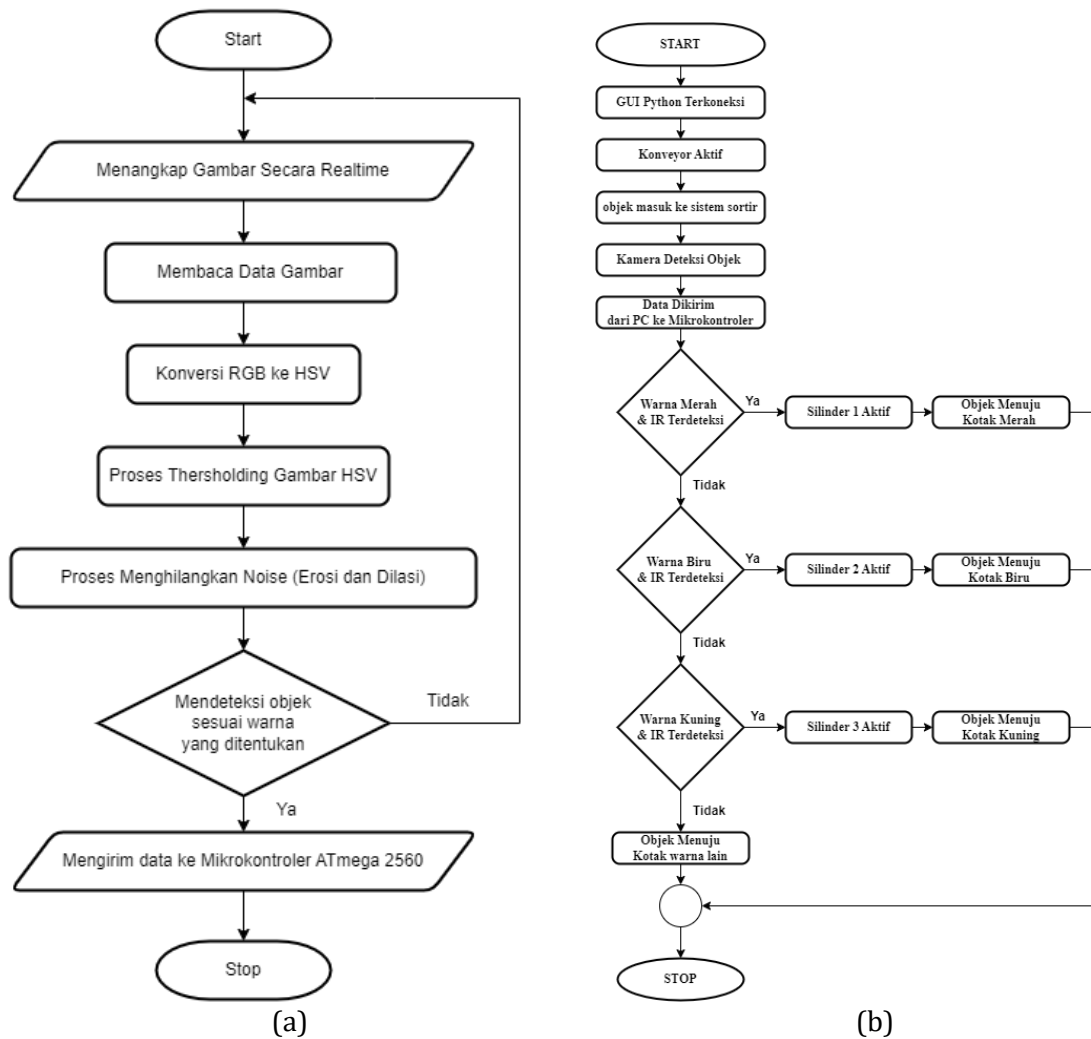
4. Driver motor berfungsi sebagai penerjemah data dari arduino sehingga dapat melakukan pengaturan arah, pengeraman, dan kecepatan motor yang merupakan penggerak utama untuk konveyor.
5. Relay berfungsi untuk kontrol *on* dan *off* selenoid valve.
6. LCD 16x2 berfungsi sebagai penampil data dari hasil pembacaan warna yang telah berhasil terbaca oleh *webcam*.
7. Selenoid valve berfungsi untuk kontrol pneumatik silinder. Jenis selenoid valve yang digunakan yaitu selenoid valve airtac 12 VDC tipe 4V210-08.
8. Sensor Infrared difungsikan sebagai objek untuk pendeteksi objek yang berjalan di *belt conveyor*.
9. Motor DC sebagai *actuator* untuk *belt conveyor*. Motor DC yang digunakan yaitu motor DC Reversible ZGY-370 60 RPM.
10. Pneumatik Silinder difungsikan sebagai *actuator* untuk pendorong objek yang akan disortir menuju *storage*. Jenis pneumatik silinder yang digunakan yaitu MAL 16 x100.



Gambar 1. Blok Diagram Alat

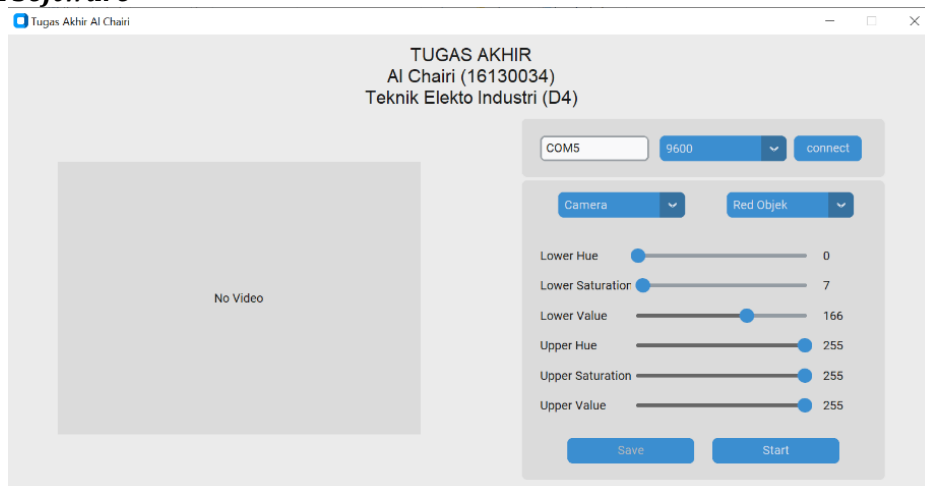
### Diagram Alir Penelitian

Prinsip kerja secara keseluruhan *color sorting machine* dikontrol melalui *personal computer* (PC) sebagai pusat kontrol utama yang menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka *computer vision* (openCV) untuk pengolahan citra atau *image processing*. Mikrokontroler ATmega 2560 sebagai pusat kontrol untuk *actuator* dan sensor yang ada pada *color sorting machine* yang diprogram menggunakan Arduino IDE. Gambar 2(a) merupakan *flowchart* untuk pengolahan citra digital. Gambar 2(b) merupakan *flowchart* untuk *sorting machine*.



Gambar 2. Flowchart (a) image processing, (b) color sorting machine

Perancangan Software



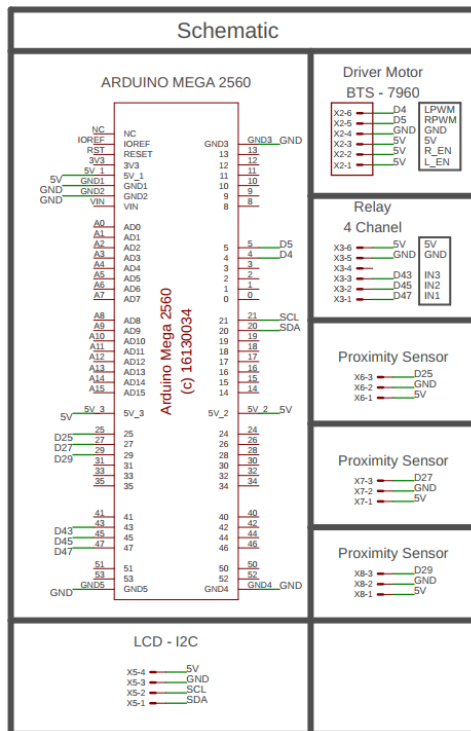
Gambar 3. Tampilan GUI - Python Image Processing

Gambar 3 di atas merupakan rancangan tampilan antar muka atau GUI-Python. Software yang digunakan untuk pengolahan citra (Image Processing) dan GUI adalah IDLE Python dengan pustaka open source computer vision (OpenCV) untuk pengolahan citranya dan untuk penggunaan pustaka tkinter untuk Graphical User Interface (GUI). GUI Python dirancang untuk tujuan supaya nilai HSV (Hue,

Saturation, Value) dan running motor penggerak untuk konveyor bisa diatur lewat GUI. Setpoint nilai HSV nanti disimpan ke dalam JSON (JavaScript Objek Natation).

**Perancangan Rangkaian**

Konfigurasi dari pin I2C-LCD 16x2, relay dan proximity sensor yang terkoneksi dengan mikrokontroler ATmega 2560 dapat dilihat pada Gambar 4 dengan penjelasan bisa dilihat pada Tabel 1.



**Gambar 4. Konfigurasi Pin Komponen Dengan Mikrokontroler ATmega 2560**

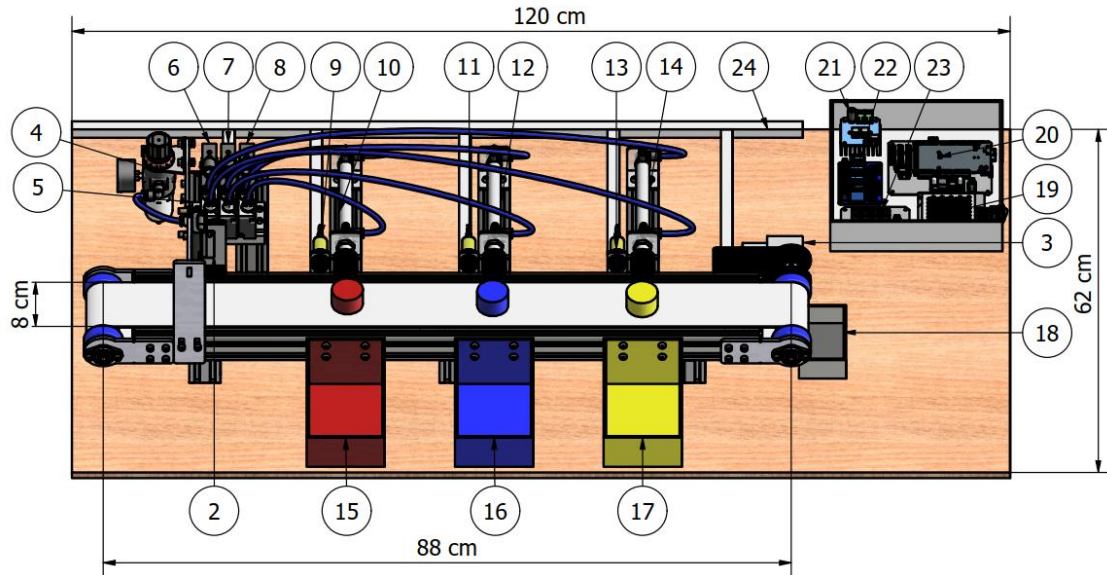
**Tabel 1. Keterangan Konfigurasi Pin Komponen Dengan Mikrokontroler**

Alamat Kontroler	Alamat Komponen	Fungsi
Pin Digital 25	D25	Deteksi objek berwarna merah
Pin Digital 27	D27	Deteksi objek berwarna biru
Pin Digital 29	D29	Deteksi objek berwarna kuning
Pin Digital 47	Relay 1 (IN1)	Kontrol selenoid valve silinder objek merah
Pin Digital 45	Relay 2 (IN2)	Kontrol selenoid valve silinder objek biru
Pin Digital 43	Relay 3 (IN3)	Kontrol selenoid valve silinder objek kuning
Pin Digital 4	LPWM	Forward Level atau Sinyal PWM Input BTS - 7960
Pin Digital 5	RPWM	Invers Level atau Sinyal PWM Input BTS - 7960
Pin Digital 20	SDA	Pin SDA I2C – LCD 16 x 2
Pin Digital 21	SCL	Pin SCL I2C – LCD 16 x 2

**Perancangan Hardware**

Perancangan hardware merupakan gambaran keseluruhan dalam pembuatan suatu alat supaya bisa bekerja berdasarkan rancangan sistem yang telah dibuat. Perancangan hardware merupakan tahap awal sebelum pembuatan alat. Perancangan hardware sangat berguna untuk meminimalisir kesalahan alat yang akan dibuat [2]. Perancangan hardware pada pembuatan sebuah peralatan otomasi dapat berupa perancangan mekanikal alat, perancangan rangkaian elektronik dan perancangan sistem pneumatik [1].

Pada perancangan mekanikal alat dirancang menggunakan *software 3D modeling* atau *3D parametric*. Pada perancangan desain mekanik alat yang akan dirancang menggunakan *software autodesk inventor profesional 2023*. Dari perancangan mekanikal alat bisa diperhitungkan bahan dan biaya dari alat yang akan dibuat. Desain alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 5 dengan keterangan masing – masing desain mekanik alat dan komponen yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 5. Desain Mekanikal Alat

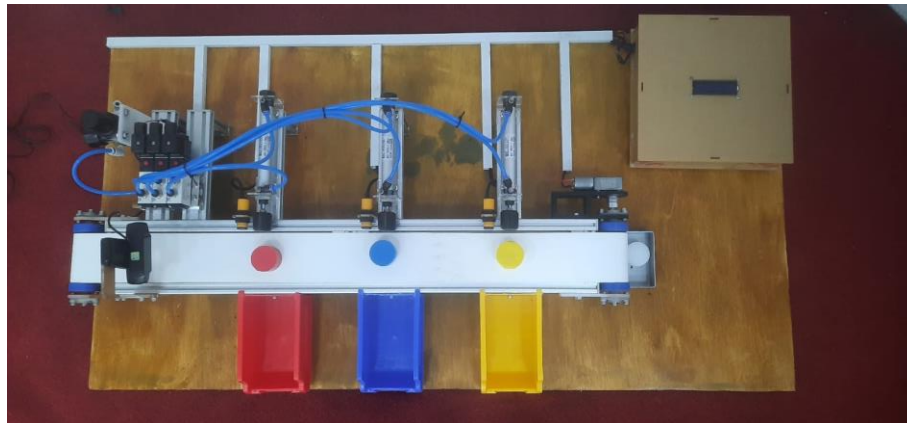
Tabel 2. Keterangan Desain Mekanikal Alat

No	Keterangan	No	Keterangan
1	Konveyor	13	Sensor Infrared (Kuning)
2	Webcam Logitech C930E HD	14	Pneumatik Silinder (Kuning)
3	Motor Reversible 12 VDC 60 RPM	15	Storage (Merah)
4	Air Filter	16	Storage (Biru)
5	Manifold Blok	17	Storage (Kuning)
6	Solenoid Valve 12 VDC (Merah)	18	Storage (Warna lain)
7	Solenoid Valve 12 VDC (Biru)	19	Power Supply 12V 3.2 A
8	Solenoid Valve 12 VDC (Kuning)	20	Modul Arduino Mega 2560
9	Sensor Infrared (Merah)	21	Driver Motor BTS-7960
10	Pneumatik Silinder (Merah)	22	Relay 4 Chanel
11	Sensor Infrared (Biru)	23	Terminal Blok
12	Pneumatik Silinder (Biru)	24	Duck Kabel

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui apakah alat sudah berfungsi sesuai rancangan baik secara *hardware* maupun *software*. Berikut adalah bentuk fisik asli dari alat *color sorting machine* yang telah dirancang sedemikian rupa menggunakan *software autodesk inventor profesional 2023*. Bentuk fisik alat dapat dilihat pada Gambar 6.



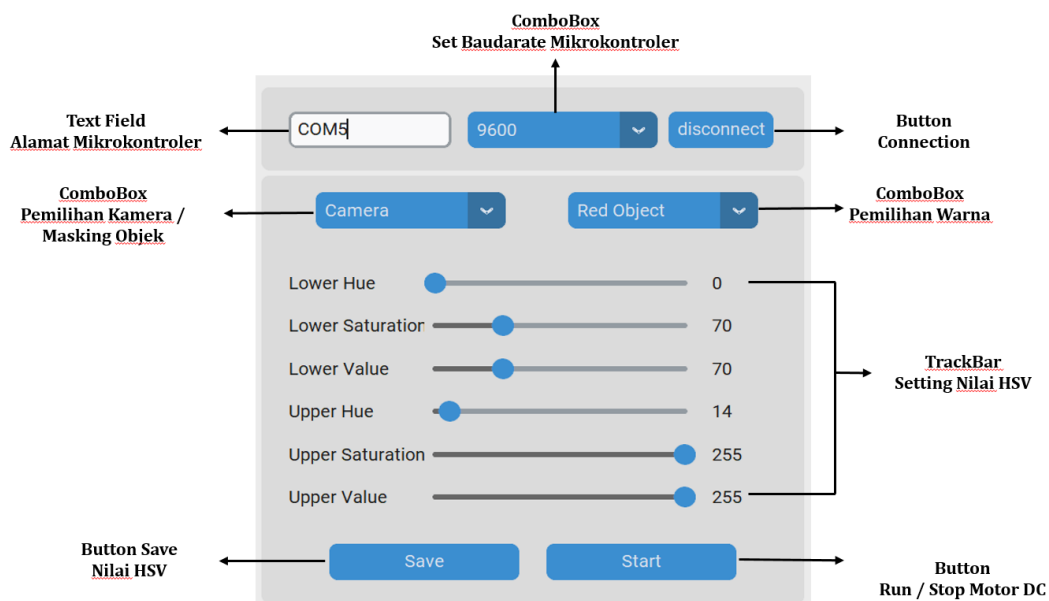


Gambar 6. Bentuk Fisik Alat

Sebuah alat atau program dapat dikatakan bekerja jika telah melakukan beberapa pengujian sesuai yang diharapkan dari alat yang dibuat. Tujuan pengujian yaitu untuk mendapatkan evaluasi dari alat yang telah diuji agar menghasilkan kinerja yang baik dengan memperbaiki setiap masalah yang didapat pada saat melakukan pengujian. Beberapa pengujian yang dilakukan pada alat yang dibuat yaitu pengujian komunikasi *personal computer* (GUI-Python) dengan Mikrokontroler Atmega 2560, pengujian warna yang akan disortir dengan setpoint nilai HSV, pengujian sensor adjustable infrared (sensor proximity), pengujian *actuator* (pneumatik silinder dan motor dc).

### Pengujian Komunikasi PC Dengan Mikrokontroler

Gambar 7 menunjukkan tampilan GUI – Python yang dijalankan pada *personal computer*.



Gambar 7. Komunikasi GUI-Python Dengan Mikrokontroler

Hasil dari pengujian GUI dengan Mikrokontroler berjalan dengan baik dimana alamat mikrokontroler (COM5) dan baudrate mikrokontroler (9600 bps) bisa terkoneksi antara *personal computer* (GUI-Python) dengan Mikrokontroler dengan mengaktifkan button koneksi yang ada pada GUI. Untuk motor DC sebagai penggerak *belt conveyor* juga di *run* atau *stop* melalui GUI. Pengaturan nilai HSV masing – masing warna menggunakan trakbar pada GUI sesuai warna objek yang akan diatur. Nilai HSV masing-masing warna objek disimpan dalam *JavaScript Object Notation* (JSON) dengan mengklik tombol save pada GUI setelah pengaturan nilai HSV dilakukan.

### Setpoint Nilai HSV (*Hue, Saturation, Value*)

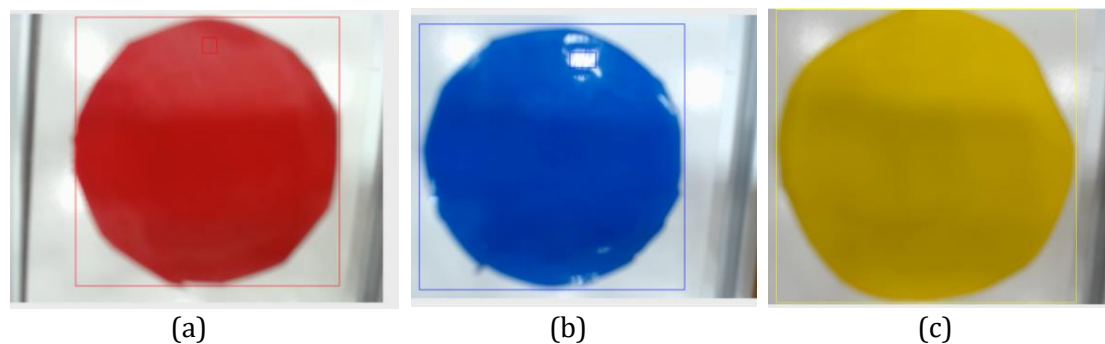
Setpoint nilai HSV saat pengujian bisa dilihat pada Tabel 3. Setpoint nilai HSV diatur pada trakbar GUI-Python. Nilai rentang HSV masing masing warna akan bisa berubah sesuai dengan kondisi pencahayaan saat pengujian.

Tabel 3. Setpoint Nilai HSV Saat Pengujian

		Objek Merah	Objek Biru	Objek Kuning
Lower Hue	(L - H)	0	96	24
Lower Saturation	(L - S)	70	74	120
Lower Value	(L - V)	70	113	120
Upper Hue	(U - H)	14	115	42
Upper Saturation	(U - S)	255	255	255
Upper Value	(U - V)	255	255	255

### Pengujian Warna Yang Akan Di Sortir

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui warna yang akan di sortir bisa terdeteksi pada GUI. Gambar 8 menunjukkan hasil deteksi objek pada *personal computer* (GUI - Python).



Gambar 8. Hasil Deteksi Objek Pada GUI-Python (a) objek merah, (b) objek biru, (c) objek kuning

Tabel 4. Hasil Pengujian Warna

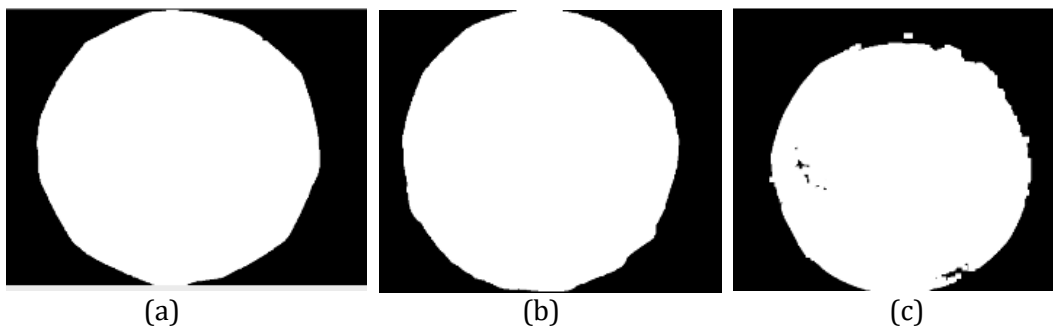
Warna Pengujian	Hasil Pengujian
Merah	Terdeteksi
Biru	Terdeteksi
Kuning	Terdeteksi
Putih	Tidak Terdeteksi
Hitam	Tidak Terdeteksi

Tabel 4 merupakan hasil pengujian deteksi objek dimana objek melewati *belt conveyor* dimana dilakukan pengujian terhadap 3 buah objek berwarna yang telah diintegrasikan (merah, biru dan kuning) dan 2 buah objek berwarna yang tidak diintegrasikan (putih dan hitam) pada pemrograman python.

### Pengujian *filtering coloring HSV*

Gambar 9 dibawah juga ditampilkan hasil citra biner masing - masing objek berwarna (warna merah, biru dan kuning) yang telah melewati proses filter morfologi (erosi dan dilasi) untuk menghilangkan *noise* (cacat). Hasil dari filter morfologi (erosi dan dilasi) merupakan output dari proses *color filtering HSV*.

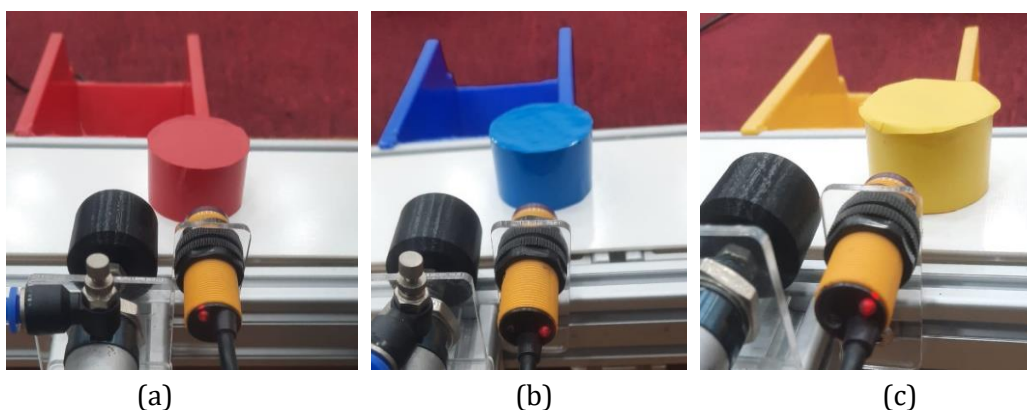




Gambar 9. Hasil Tampilan GUI-Python (a) *filtering* warna merah, (b) *filtering* warna biru, (c) *filtering* warna kuning

**Pengujian Adjustable Infrared (Sensor Proximity)**

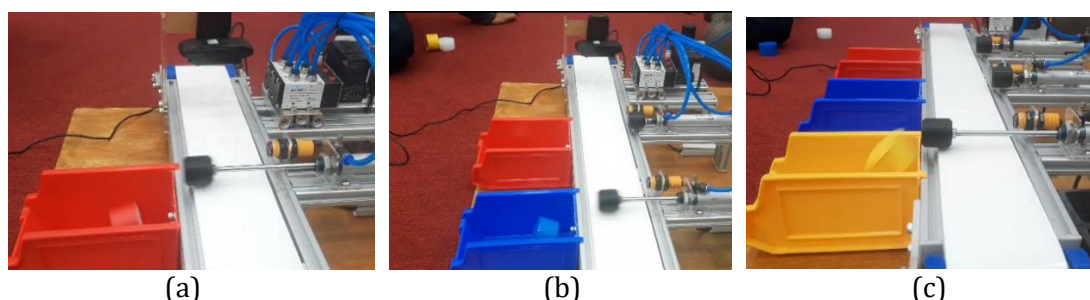
Pengujian *adjustable infrared sensor* (sensor proximity) terhadap keberadaan benda dengan settingan jarak deteksi benda 3 – 12 cm yang diatur pada potensio sensor proximity. *Adjustable infrared sensor* E18 -D80NK bisa mendeteksi benda dengan jarak 3 – 80 cm. Gambar 10 menunjukkan hasil deteksi objek oleh *adjustable infrared sensor* yang diposisikan sebelum pneumatik silinder, dimana sensor bisa mendeteksi objek yang ditandai dengan aktifnya lampu indikator pada sensor saat objek berjalan di *belt conveyor*.



Gambar 10. Hasil Deteksi Objek (a) warna merah, (b) warna biru, (c) warna kuning

**Pegujian Alat Secara Keseluruhan**

Pengujian alat secara keseluruhan merupakan proses akhir dalam pengujian alat yang dibuat yaitu *color sorting machine* dengan pengolahan citra digital. Dimana mesin dapat menyortir objek berwarna yang di dorong oleh pneumatik silinder ke dalam *storage* yang telah ditentukan. Pada saat pengujian pneumatik silinder menggunakan tekanan angin sekitar 0.4 MPa. Gambar 11 menunjukkan foto dari hasil dari proses penyortiran objek yaitu warna merah, biru dan kuning dimana masing – masing objek akan masuk ke *storage* yang telah ditentukan. Jika kamera tidak mendeteksi objek warna yang telah ditentukan yaitu merah, biru dan kuning objek akan berjalan begitu saja di belt konveyor tanpa melalui proses penyortiran. Tabel 5 merupakan hasil dari pengujian alat *color sorting machine* yang dibuat.



Gambar 11. Hasil Sortir Objek (a) objek merah, (b) objek biru, (c) objek kuning

Tabel 5. Hasil Pengujian *Color Sorting Machine*

No	Objek	Sample	Hasil Pengujian		Persentasi Keberhasilan
			Sesuai	Tidak Sesuai	
1	Merah	10	10	0	100%
2	Biru	10	10	0	100%
3	Kuning	10	10	0	100%

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa metode *color filtering* HSV yang diterapkan dapat melakukan pendeteksian objek dengan baik sehingga *noise* pada hasil pengolahan citra dapat dihilangkan. *Digital image processing* dengan metode *color filtering* HSV ke dalam *sorting machine* bisa diterapkan dengan baik untuk pemilah objek berwarna yang dibatasi ke dalam 3 warna yaitu objek warna merah, biru, dan kuning,

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. H. Simanjuntak and R. , "Sistem Monitoring Pada Sorting Machine Dengan HMI Berbasis PLC," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 2, no. 1, pp. 65 - 70, 2021.
- [2] K. and R. , "Sistem Kontrol Otomatis Sorting Machine Benda Logam Berbasis Programmable Logic Controller," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 3, no. 2, pp. 476 - 486, 2022.
- [3] F. R. Wicaksono, A. Rusdinar and I. P. D. Wibawa, "Perancangan Dan Implementasi Alat Penyortir Barang Pada Konveyor Dengan Pengolahan Citra," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 40 - 47, 2018.
- [4] A. Lestari and O. Candra, "Prototype Sistem Pensortir Barang Di Industri Menggunakan Loadcell Berbasis Arduino Uno," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, vol. 7, no. 1, pp. 27 - 36, 2021.
- [5] A. Safaris and H. Effendi, "Rancang Bangun Alat Kendali Sortir Barang Berdasarkan Empat Kode Warna," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, vol. 6, no. 2, pp. 399 - 410, 2020.
- [6] R. Kusumanta and A. N. Tompunu, "Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB," *Semantik (Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan)*, 2011.
- [7] A. D. Goenawan, M. B. A. Rachman and M. P. Pulungan, "Identifikasi Warna Pada Objek Citra Digital Secara Real Time Menggunakan Pengolahan Model Warna HSV," *In Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Bidang Ilmu Komputer dan Aplikasinya*, Vols. Vol. 3, No. 1, pp. 279-289, 2022.
- [8] K. Umam and B. S. Negara, "Deteksi Obyek Manusia Pada Basis Data Video Menggunakan Metode Background Subtraction Dan Operasi Morfologi," *Jurnal CoreIT: Jurnal Hasil Penelitian Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 2, pp. 31 - 40, 2016.
- [9] A. Sulistyowati, Y. S. Hariyani and A. Novianti, "Perancangan Aplikasi Pembaca Warna Dan Bentuk Berbasis Pengolahan Citra Untuk Daftar Katalog Perpustakaan," *eProceedings of Applied Science*, vol. 4, no. 3, pp. 1 - 13, 2018.
- [10] M. Z. Andrekha and Y. Huda, "Deteksi Warna Manggis Menggunakan Pengolahan Citra Dengan Opencv Python," *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, vol. 9, no. 4, pp. 27 - 33, 2021.
- [11] D. A. Prabowo, D. A. and A. Manik, "Deteksi Dan Perhitungan Objek Berdasarkan Warna Menggunakan Color Object Tracking," *Pseudocode*, vol. 5, no. 2, pp. 85 - 91, 2018.
- [12] R. A. A. Akbar and F. , "Sistem Pergerakan Dan Deteksi Pada Robot Sepak Bola Beroda Berbasis Image Processing Dengan Penerapan Multivision," *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, vol. 20, no. 3, pp. 31 - 42, 2020.
- [13] N. Khamdi, M. Susantok and P. Leopard, "Pendeteksian Objek Bola Dengan Metode Color Filtering HSV Pada Robot Soccer Humanoid," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 123 - 128, 2017.
- [14] A. B. Pulungan and Z. Nafis, "Rancangan Alat Pendeteksi Benda Dengan Berdasarkan Warna, Bentuk, Dan Ukuran Dengan Webcam," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 2, no. 1, pp. 49 - 54, 2021.
- [15] A. Rachmat, *Algoritma Pemrograman Dengan Bahasa C*, Yogyakarta: Andi Offset, 2010.