

Perancangan Sistem Penyortir Botol dengan Menggunakan Sensor Warna RGB TCS3200

Romi Wiryadinata

Firas Azhari Hamaedi

Wahyuni Martiningsih

Akbar Gunawan

Jurusan Teknik Elektro
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Cilegon, Indonesia
wiryadinata@untirta.ac.id

Jurusan Teknik Elektro
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Cilegon, Indonesia
x3firas@gmail.com

Jurusan Teknik Elektro
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Cilegon, Indonesia
y_martiningsih@untirta.ac.id

Jurusan Teknik Industri
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Cilegon, Indonesia
a68ar@untirta.ac.id

Abstrak — Sampah plastik menjadi penyebab utama kerusakan lingkungan hidup karena membutuhkan waktu 100 hingga 500 tahun sampai terurai dengan sempurna. Pada tahun 2016 jumlah sampah botol plastik di Indonesia mencapai 4,8 miliar sehingga perlu pengembangan teknologi untuk mengatasi masalah limbah botol plastik di Indonesia. Sensor warna TCS3200 dapat digunakan untuk membuat alat penyortir sampah botol plastik untuk mempermudah dan mengurangi kesalahan manusia pada saat proses penyortiran. Dari 60 kali percobaan dengan 4 jenis botol berbeda diperoleh akurasi sebesar 71%. Kesalahan pembacaan jenis botol plastik dapat dikurangi dengan cara meletakkan objek tepat di depan sensor warna dan tanpa cahaya dari luar.

Kata Kunci — Sortir Botol, Botol Plastik, Sensor Warna, TCS3200

I. PENDAHULUAN

Bahan kemasan yang terbuat dari plastik telah menimbulkan masalah. Polimer plastik yang tidak mudah terurai secara alami mengakibatkan terjadinya penumpukan sampah plastik dan menjadi penyebab kerusakan lingkungan hidup. Plastik membutuhkan waktu 100 hingga 500 tahun hingga dapat terurai dengan sempurna. Plastik memiliki sifat yang sulit terdegradasi (*non-biodegradable*) [1].

Botol kemasan air merupakan plastik jenis PET (*Poly Ethylene Terephthalate*). Sampah plastik yang tidak terolah dengan baik biasanya dibuang ke lokasi yang cekung kemudian ditutupi dengan tanah atau dibuang saja tanpa ada tindakan selanjutnya. Pemusnahan sampah plastik dengan cara pembakaran (*incineration*), tidak efektif dan berisiko sebab dengan pembakaran munculnya polutan dari emisi gas buang (CO₂, CO, NO_x, dan SO_x) dan polusi yang lain sehingga diperlukan cara pengolahan lain untuk mengolah sampah plastik [2].

Pengembangan teknologi sangat saat ini dibutuhkan adalah untuk mempermudah kerja manusia dalam mengatasi permasalahan sampah plastik secara efektif dan efisien. Pengolahan sampah botol plastik sangat diperlukan karena melihat tingginya penggunaan botol plastik di Indonesia tanpa adanya pengolahan sampah botol plastik dengan baik. Sampah plastik akan berdampak negatif terhadap lingkungan karena tidak dapat terurai dengan cepat dan dapat menurunkan kesuburan tanah. Sampah plastik yang dibuang sembarangan juga dapat menyumbat saluran drainase, selokan, dan sungai sehingga bisa menyebabkan banjir. Sampah plastik yang dibakar bisa mengeluarkan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia [3]. Daur ulang limbah plastik merupakan satu satunya cara yang dapat mengurangi

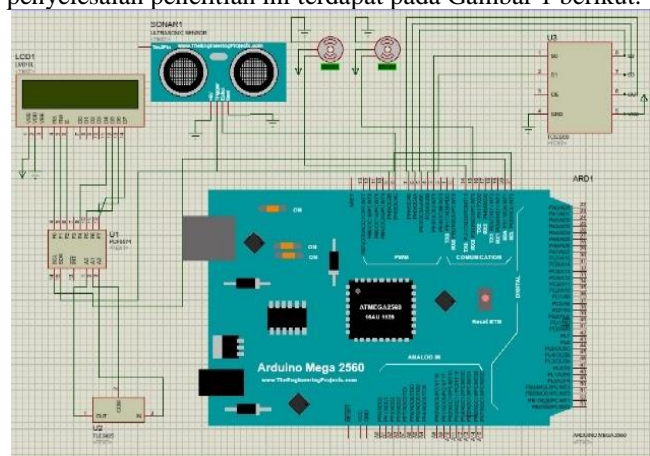
jumlah limbah yang ada [4]. Perlu dibuat alat penyortir botol untuk mengurangi masalah yang disebabkan oleh sampah botol plastik menggunakan mikrokontroler dan sensor sebagai alat yang dapat menekan biaya dalam pengembangan teknologi [5].

Sensor merupakan alat yang dapat menerima rangsangan dan menanggapi dengan suatu sinyal elektrik [6]. Warna merupakan salah satu unsur yang dapat dideteksi secara otomatis menggunakan sensor warna dengan membedakan pembacaan RGB (*Red Green Blue*) [7][8]. Setiap jenis botol memiliki warna yang berbeda sehingga dapat dikelompokkan berdasarkan warna yang terdapat di dalamnya.

Sensor warna yang dapat memberikan pembacaan warna RGB yang akurat adalah TCS3200 [6]. Sensor tersebut adalah sebuah susunan foto dioda silikon yang dapat dikonfigurasi dan dilengkapi konverter frekuensi yang terpasang pada *chip* dalam bentuk CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) [9]. Sensor warna TCS3200 memiliki empat jenis dioda. Merah, biru, hijau dan bening [10]. Ketika proyek cahaya ke TCS3200 dapat memilih berbagai jenis dioda oleh kombinasi yang berbeda [11]. Ada hubungan antara *output* dengan intensitas cahaya. Frekuensi *output* berkisar antara 2Hz sampai 500kHz [8][12]. Alat penyortir botol berdasarkan warna yang dirancang pada penelitian ini menggunakan sensor RGB TCS3200 dan diharapkan dapat mengurangi polusi akibat sampah botol plastik yang dimusnahkan dengan cara pembakaran juga dapat mempermudah manusia dalam proses penyortiran jenis botolnya.

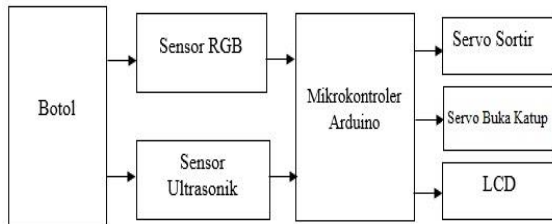
II. METODE PENELITIAN

Secara umum penelitian ini melalui beberapa tahap penyelesaian, adapun rangkaian keseluruhan untuk penyelesaian penelitian ini terdapat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Rangkaian Keseluruhan Sistem

Beberapa komponen yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah sensor RGB TCS3200 untuk deteksi warna botol. Sensor ultrasonik berfungsi sebagai pendeteksi keberadaan botol dalam alat. Sistem bekerja apabila sensor jarak berhasil mendeteksi keberadaan botol. Sistem tidak akan berjalan apabila sensor jarak tidak mendeteksi adanya botol. LCD berfungsi sebagai tampilan yang membantu pembacaan sensor jarak terhadap objek. Akurasi dan keandalan sensor sangat penting dalam hal ini, maka dari itu penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui tingkat akurasi dan keandalan dari sensor jarak yang digunakan pada alat. Berikut diagram blok (Gambar 2) yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2. Blok Diagram Perancangan Alat

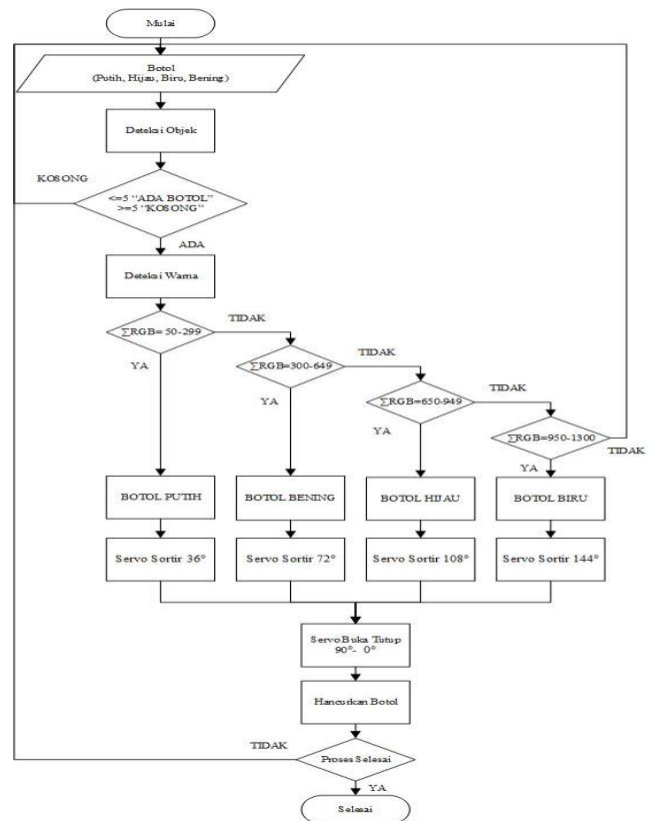
Sensor warna merupakan komponen vital pada alat sortir botol. Sensor warna mengidentifikasi jenis botol berdasarkan warna dan mendapatkan nilai RGB dan jumlah RGB yang terdapat pada setiap botol. Banyak faktor yang mempengaruhi pembacaan sensor terhadap objek diantaranya adalah jarak sensor terhadap objek dan gangguan dari cahaya luar. Sensitivitas dari sensor yang tinggi mengakibatkan pembacaan yang tidak stabil apabila ada gangguan dari cahaya dari luar. Penelitian yang dilakukan adalah menguji sensor terhadap objek apabila jarak dari sensor terhadap objek berbeda-beda dan pembacaan sensor terhadap objek dengan adanya gangguan dari cahaya luar (menggunakan senter dengan cahaya putih). Cahaya dari senter akan di tembakkan ke arah sensor pada saat proses pembacaan sensor terhadap objek untuk mengetahui perubahan nilai RGB yang terbaca apabila dilakukan hal tersebut.

Motor servo yang digunakan pada alat memiliki dua fungsi. Motor servo yang pertama untuk membuka katup dan motor servo yang kedua berfungsi sebagai lengan sortir. Sudut yang digunakan pada motor servo yang berfungsi sebagai pembuka katup adalah sudut 90° dan 0° . sudut yang digunakan pada servo yang berfungsi sebagai lengan sortir adalah sudut 36° , 72° , 108° , dan 144° . Motor servo akan bergerak berdasarkan sinyal PWM yang diberikan. Analisa yang dilakukan adalah melihat bentuk dan lebar sinyal PWM terhadap pergerakan dari motor servo. Penelitian ini dilakukan dengan cara menghubungkan osiloskop Hantek 6022BE dengan sinyal perintah dari mikrokontroler terhadap servo motor

Beberapa variabel yang menjadi objek pengujian, yaitu:

- Pengujian sensor jarak, untuk mengetahui keakurasian sensor untuk mendeteksi objek,
- Pengujian sensor warna, untuk mengetahui nilai RGB pada botol, dan mengetahui kemungkinan gangguan yang terjadi pada alat, dan
- Pengujian motor servo, untuk menentukan pergerakan servo pada alat.

Penggambaran detail dari sistem penyortir botol dapat dilihat pada diagram alir (Gambar 3) di bawah ini:



Gambar 3. Diagram Alir Sistem Alat

Perancangan *prototype* alat sortir botol ini memiliki dimensi dengan ukuran panjang 50, lebar 50 cm, dan tinggi 70 cm. Bahan yang digunakan untuk pembuatan kerangka alat penyortir botol ini adalah menggunakan besi dan pembuatan *body* menggunakan bahan Zn dengan bentuk rangkaian dan fisik seperti gambar 4 berikut.



Gambar 4. Alat penyortir botol tampak depan (A), Alat penyortir botol tampak samping (B), Alat penyortir tampak belakang (C)

Pengujian dilakukan sebanyak 60 kali pada masing-masing warna botol yaitu biru, hijau, bening, dan putih sehingga diketahui tingkat keberhasilan dan kegagalan alat dalam proses penyortiran botol berdasarkan warna dari awal sampai alat bekerja sampai selesai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan secara berurutan, dimulai dari pengujian sensor jarak, sensor warna, pergerakan servo, dan pengujian sistem secara keseluruhan. Jarak yang diambil yaitu diameter dari tempat botol masuk ke dalam alat. Pengujian dilakukan dalam posisi berhadapan dengan objek, hal ini dilakukan untuk mendapatkan akurasi dan pantulan

yang sempurna sehingga pembacaan lebih optimal dan mengurangi kesalahan dalam pembacaan. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan objek yaitu botol di depan sensor ultrasonik dengan jarak 1 cm dimulai dari jarak 3 cm sampai dengan 20 cm. Pembacaan kesalahan yang diambil adalah pada saat pembacaan pada jarak 15 cm terdapat kesalahan sebanyak 0,33%. Pengukuran jarak oleh sensor ultrasonik yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut

TABLE I. PENGUJIAN SENSOR JARAK

Jarak terukur (cm)	Jarak terbaca (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
3	3	0	0
4	4	0	0
5	5	0	0
6	6	0	0
7	6	-1	0,14
8	7	-1	0,12
9	9	0	0
10	9	-1	0,1
11	11	0	0
12	11	-1	0,08
13	13	0	0
14	14	0	0
15	13	-2	0,13
16	15	-1	0,03
17	17	0	0
18	18	0	0
19	19	0	0
20	20	0	0
Rata-rata			0,33

Terlihat bahwa pada jarak yang digunakan pada alat yaitu dari 1 sampai 5 cm jika terdeteksi ada botol, maka ditampilkan pada layar LCD ada botol, jika jarak yang terbaca melebihi 5 cm maka akan terbaca kosong. Selisih nilai yang terjadi disebabkan oleh pembulatan nilai waktu tempuh gelombang ultrasonik yang dipancarkan tidak sempurna pada saat diproses oleh program pada mikrokontroler Arduino Mega 2560. Kesalahan juga terjadi akibat letak yang tidak presisi antara sensor dan benda atau bidang pantul dari gelombang yang dipancarkan.

Sensor RGB TCS3200 diletakkan pada bagian bawah dari tempat masuknya botol, sensor ini bekerja jika keberadaan botol telah terdeteksi oleh sensor ultrasonik. Sensor warna membaca warna berdasarkan jumlah dari pembacaan nilai frekuensi yang dibaca dari frekuensi warna merah, hijau dan biru yang kemudian jumlah dari nilai pembacaan RGB tersebut yang dijadikan acuan untuk mengidentifikasi jenis botol. Sensor diletakkan tepat berada dekat dengan botol yang di deteksi warna, nilai RGB, dan jumlah nilai RGB yang terdapat pada botol yang digunakan. Pengujian Tabel 2 dilakukan dengan kondisi minim cahaya dari luar untuk mempengaruhi kesalahan dari cahaya yang dibaca oleh sensor.

TABLE II. PENGUKURAN SENSOR WARNA TERHADAP NILAI RGB

Objek warna	Pembacaan ADC
Biru	950-1300
Hijau	650-949
Bening	300-649
Putih	50-299

Nilai pada Tabel 2 adalah nilai frekuensi dari warna objek yang terbaca oleh sensor RGB TCS3200. Nilai frekuensi dari warna objek yang terbaca akan menjadi acuan dalam pembacaan sensor terhadap objek yang akan dideteksi yaitu jenis botol berdasarkan warna. Nilai frekuensi pada pembacaan tersebut bisa berubah-ubah karena perbedaan posisi, gangguan dari sinar atau cahaya lain, dan perubahan jarak pada saat pembacaan. Nilai pembacaan ADC (*Analog Digital Converter*) adalah nilai terkecil sampai nilai terbesar pembacaan sensor warna terhadap objek botol terdapat pada Tabel 3 berikut

TABLE III. PENGUJIAN SENSOR DENGAN VARIASI JARAK

Jenis Botol	Jarak (cm)	Nilai ADC	Keterangan
Biru	1	1192	Biru
	2	1297	Biru
	3	1509	Tidak Terbaca
Hijau	1	863	Hijau
	2	931	Hijau
	3	1007	Biru
Bening	1	444	Bening
	2	573	Bening
	3	812	Hijau
Putih	1	163	Putih
	2	256	Putih
	3	379	Bening

Dari tabel 3, pengukuran dengan jarak yang berbeda yaitu 1, 2, 3 cm. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa jarak sangat berpengaruh terhadap pembacaan. Semakin besar jarak antara sensor dengan objek benda (botol) maka semakin besar nilai ADC yang didapatkan sehingga dapat mengakibatkan kesalahan pembacaan. Kesalahan pembacaan jenis botol pada seluruh percobaan terjadi pada jarak 3 cm. Pada jarak 1 cm dan 2 cm tidak terjadi kesalahan dalam pembacaan, tetapi semakin jauh jarak antara sensor dengan botol maka semakin besar nilai ADC yang terbaca oleh sensor. Hal ini membuktikan bahwa jika pembacaan dilakukan secara akurat, maka botol harus berada di posisi dekat dengan sensor TCS3200. Berikut ini Tabel 4 pengujian dengan jarak objek yang berbeda.

TABLE IV. PENGUJIAN SENSOR DENGAN GANGGUAN CAHAYA

Jenis Botol	Jarak Cahaya Terhadap Sensor (cm)	Nilai ADC	Keterangan
Biru	Tanpa Gangguan	1163	Biru
	15	956	Biru
	10	901	Hijau
Hijau	Tanpa Gangguan	896	Hijau
	15	680	Hijau
	10	644	Bening
Bening	Tanpa Gangguan	612	Bening
	15	560	Bening
	10	504	Bening
Putih	Tanpa Gangguan	120	Putih
	15	115	Putih
	10	90	Putih

Pengujian pada Tabel 4 dilakukan dengan menembakkan cahaya pada jarak 15 dan 10 cm dari sensor warna. Dari hasil pengujian yang didapat. Diketahui bahwa sensor harus terhindar dari pengaruh cahaya dari luar agar

mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Pembacaan nilai ADC pada sensor mengalami pengurangan apabila cahaya di pancarkan mengarah ke sensor warna, semakin dekat pancaran cahaya yang diberikan maka semakin kecil nilai yang terbaca oleh sensor.

Pada percobaan di atas terjadi kesalahan pembacaan pada pembacaan botol biru dengan jarak pancaran cahaya 10 cm. kesalahan pembacaan terjadi akibat nilai ADC dari botol biru yang berkurang akibat gangguan dari cahaya sehingga menyerupai nilai parameter pembacaan pada botol hijau seperti yang terlihat pada Tabel 4. kesalahan pembacaan juga terjadi pada pembacaan botol hijau dengan jarak pembacaan 10 cm. Hal ini terjadi akibat nilai ADC botol hijau yang sama dengan nilai ADC dari botol bening. Pada pembacaan botol bening dan putih tidak terjadi kesalahan pembacaan karena nilai ADC dari kedua botol masih sesuai dengan parameter pembacaan pada tabel 2, akan tetapi pembacaan nilai ADC tetap mengalami penurunan.

Servo motor pada alat ini berfungsi sebagai pembuka katup dan sebagai penyortir botol. Pada buka tutup katup, sudut yang digunakan adalah 0° dan 90°. Sedangkan untuk penyortir botol digunakan empat sudut yang mewakili setiap jenis botol. Nilai sudut terhadap jenis botol dapat dilihat pada Tabel 5.

TABLE V. NILAI SUDUT TERHADAP JENIS BOTOL

Objek Warna	Sudut Gerak Servo
Hijau	36°
Biru	72°
Bening	108°
Putih	144°

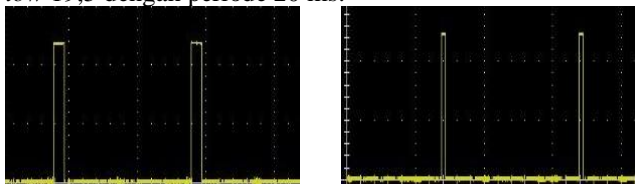
Tabel 5 di atas menunjukkan bahwa jika sensor warna mendeteksi salah satu jenis botol maka servo motor akan bergerak sesuai dengan sudut yang di tentukan terhadap nilai botol yang terbaca oleh sensor warna. Pengujian pengendalian servo dilakukan dengan menggunakan Hantek 6022BE untuk mengetahui bentuk sinyal dari pergerakan motor servo terhadap masing-masing sudut dan disajikan pada Tabel 6 berikut ini.

TABLE VI. PENGUJIAN MOTOR SERVO PEMBUKA KATUP

Tabel 6. Pengujian Pergerakan Motor Servo Pembuka Katup

Sudut (°)	Pulsa High (ms)	Pulsa Low (ms)	Periode (ms)
0	0,54	19,5	20,0
90	1,47	18,5	20,0

Pada Tabel 6 terlihat pergerakan motor servo pada saat membuka katup dan pada saat menutup katup sebesar 90° dan 0°. Pada saat motor servo bergerak ke arah sudut 90° nilai pulsa high 1,47 ms dan pulsa low 18,5 ms. Pada saat motor servo bergerak ke sudut 0° nilai pulsa high 0,54 ms dan pulsa low 19,5 dengan periode 20 ms.



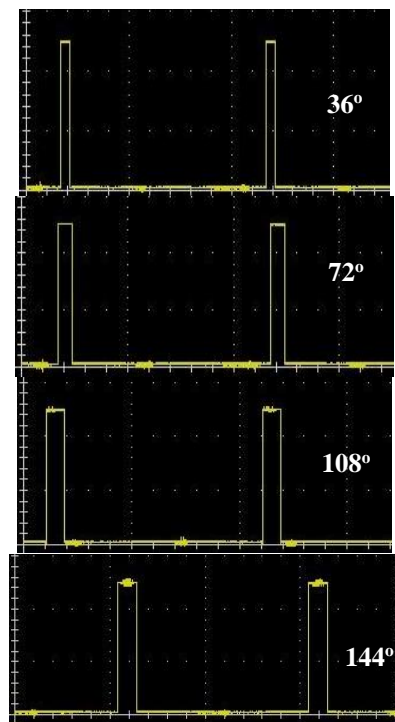
Gambar 4. Bentuk Sinyal PWM Motor Servo dengan sudut 90° dan 0°

Bentuk sinyal dari gambar 4 memiliki lebar pulsa 1,47 ms. Sinyal tersebut digunakan untuk menggerakkan servo pada sudut 90° atau membuka katup pada saat botol terdeteksi oleh sensor ultrasonik. Lebar pulsa 0,54 ms digunakan untuk menggerakkan servo pada sudut 0° atau menutup kembali katup yang sebelumnya telah terbuka. Sehingga pengujian servo penyortir terdapat pada Tabel 7 berikut.

TABLE VII. PENGUJIAN MOTOR SERVO PENYORTIR BOTOL

Sudut (°)	Pulsa High (ms)	Pulsa Low (ms)	Warna botol
36	0,91	19,1	hijau
72	1,29	18,7	Biru
108	1,66	18,3	Bening
144	2,03	18,0	Putih

Dari tabel 7 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai sudut yang diperlukan maka semakin besar nilai pulsa high yang diberikan begitu juga sebaliknya. Berikut (Gambar 9) sinyal yang diberikan oleh mikrokontroler terhadap servo motor berdasarkan sudut-sudut pada tabel 7.



Gambar 9. Bentuk Sinyal PWM Motor Servo Penyortir Setiap Sudutnya

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat pada saat proses penyortiran botol berdasarkan warna dari awal hingga akhir. Botol dimasukkan ke dalam alat kemudian sensor ultrasonik akan mendeteksi keberadaan botol untuk membuka katup motor servo yang pertama dan sensor warna akan mendeteksi warna yang terdapat pada botol. Botol akan diteruskan ke alat penghancuran botol sebelum akhirnya disortir berdasarkan warna oleh motor servo yang akan bergerak berdasarkan warna yang terbaca oleh sensor warna. Satu proses penyortiran botol menghabiskan waktu 25 detik. Hasil pengujian secara keseluruhan terdapat pada Tabel 8 berikut.

TABLE VIII. PENGUJIAN ALAT SECARA KESELURUHAN

Pengujian Alat	Tingkat Keberhasilan (%)
Sortir Botol Biru	81
Sortir Botol Hijau	80
Sortir Botol Bening	84
Sortir Botol Putih	87

Pengujian sistem kerja alat secara keseluruhan yang telah dilakukan adalah sebanyak 60 kali pada setiap botol, dan sistem kerja pada alat penyortir botol ini memiliki rata-rata tingkat keberhasilan sebesar 83 %. Pada pengujian ini alat berhasil mendeteksi keberadaan dan warna botol sebelum pada akhirnya di sortir berdasarkan warna pada setiap botol.

Dari 60 kali percobaan yang dilakukan pada pengujian botol biru alat berhasil mendeteksi sebanyak 41 kali dan kesalahan pada pembacaan sebanyak 19 kali. Botol hijau berhasil mendeteksi sebanyak 40 kali dan kesalahan pada pembacaan sebanyak 20 kali. Botol bening berhasil mendeteksi sebanyak 44 kali dan kesalahan pada pembacaan sebanyak 16 kali. Botol putih berhasil mendeteksi sebanyak 47 kali dan kesalahan pada pembacaan sebanyak 13 kali.

Kegagalan alat dalam pendeteksian jenis botol terjadi karena beberapa faktor antara lain:

1. Sensor warna gagal mendeteksi jenis botol karena posisi botol yang jauh dari sensor yang mengakibatkan nilai RGB dari botol tidak sesuai dengan parameter yang telah ditentukan pada setiap botol yang di uji.
2. Adanya gangguan dari cahaya dari luar yang mengakibatkan pembacaan sensor terhadap objek terganggu.
3. Bentuk dari permukaan objek yang tidak rata mengakibatkan pembacaan tidak maksimal.

Kegagalan sensor warna pada proses pembacaan yang dilakukan disebabkan oleh letak sensor yang tidak berada dekat dengan botol yang masuk ke dalam alat sehingga pembacaan yang dilakukan oleh sensor tidak maksimal dan nilai pembacaan jumlah RGB yang terdapat pada botol tidak terbaca sesuai parameter yang ditentukan.

IV. PENUTUP

Pada penelitian ini telah dirancang sistem penyortir botol menggunakan sensor RGB TCS3200. Dari hasil analisis data dan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa perancangan sistem penyortir botol dengan menggunakan sensor warna RGB TCS3200 memiliki tingkat keberhasilan 83% pada saat pengujian sistem secara keseluruhan dengan lama penyortiran 25 detik per botol. Semakin jauh jarak objek dari sensor maka semakin besar juga nilai RGB yang terbaca. Semakin banyak gangguan cahaya maka semakin kecil nilai RGB yang terbaca.

REFERENSI

- [1] Riana, P dan Muhammad, T. (2014). *Pemanfaatan Batang Kayu Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pembuatan Plastik Kemasan Makanan Daur Ulang*. Medan: Institut Teknologi Medan. *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2014*.
- [2] Aprian, R. P., dan Munawar, A. (2012). *Pengolahan Sampah Plastik menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis*. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(1).
- [3] Surono, U. B. (2013). *Berbagai metode konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak*. *Jurnal Teknik*, 3(1), 2013.
- [4] Ermawati, R. (2011). *Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif*. *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)*, 5(3), 257-263.
- [5] Dede, S dan Eko, S. (2015). *Perancangan dan Pembuatan Alat Pendeteksi Warna Menggunakan Sensor TCS3200 pada Proses Produksi Kaleng Berbasis Arduino*. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- [6] Romadhon, A. S., & Baihaqi, J. R. (2016). *Prototipe Alat Pemilah Jeruk Nipis Menggunakan Sensor Warna TC230*. *Jurnal Ilmiah Mikrotek*, 1(4), 184-190.
- [7] Amin, U., Ahmad, G., Liaqat, N., Ahmed, M., and Zahoor, S. (2014). *Detection & Distinction of Colors using Color Sorting Robotic Arm in a Pick & Place Mechanism*. Paper ID, 20131882.
- [8] Wiryadinata, R., J. Lelono, Alimuddin. (2014). *Aplikasi LDR sebagai Pendeteksi Warna Berbasis Mikrokontroler*, *JSISKOM*, Vol. 4., No. 1, 12-16.
- [9] Noprana, B., Santi Aji, E., dan Hermanto, D. (2014). *Perancangan Mesin Pemindah Barang Berdasarkan Warna Dengan Loading System*.
- [10] Qiaoyi, L., Yanling, X., Wenlong, Y., Junsheng, H., and Huan, L. (2014). *Study on Color Analyzer based on the Multiplexing of TCS3200 Color Sensor and Microcontroller*. *International Journal of Hybrid Information Technology*, 7(5), 167-174.
- [11] Chowdhary, A. K., Dutta, S., and Ghosh, R. *Neonatal Jaundice Detection using Colour Detection Method*.
- [12] Andrian, Y. (2013). *Robot penyortir benda berdasarkan warna menggunakan sensor warna TCS3200*. *SISFOTENIKA*, 3(2).