

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI *SMART TRASH BIN* MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SMART TRASH BIN USING FUZZY LOGIC METHOD

Adelia Pramita Dewi¹, Ramdhan Nugraha², Sony Sumaryo³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹adeliapramita@student.telkomuniversity.ac.id, ²ramdhan@telkomuniversity.co.id,

³sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Tempat sampah adalah tempat untuk menampung sampah secara sementara. yang biasanya terbuat dari logam atau plastik. Di dalam ruangan tempat sampah umumnya diletakkan di dapur untuk membuang sisa keperluan dapur seperti sisa makanan atau botol-botol bekas. Ada juga tempat sampah khusus kertas yang digunakan di kantor. Tempat sampah yang isinya tercampur akan membutuhkan waktu lagi untuk memilah sampah tersebut agar menjadi sampah yang sejenis. Dengan adanya alasan yang telah disebutkan diatas, maka dibutuhkan tempat sampah yang dapat memilah sampah secara otomatis. Tugas akhir ini membuat rancangan *hardware* untuk *Smart Trash Bin* yang dapat memilah sampah secara otomatis. Yaitu sampah kering jenis botol plastik, kertas dan kaleng.

Kata Kunci : Sampah, Tempat Sampah, Pemilah Sampah Otomatis.

Abstract

Trash bin is a temporary place to collect garbage. which is usually made of metal or plastic. In the room, trash bins are generally placed in the kitchen to dispose of leftover kitchen utensils such as leftovers or used bottles. There are also special paper bins whose used in the office. Trash bins with mixed contents will need more time to sort the trash to make it into the same kind of garbage. Due to the reasons stated above, we need a trash bin that can sort garbage automatically. This final project makes a hardware design for the Smart Trash Bin that can sort the garbage automatically. Namely dry plastic bottles, paper and cans.

Keywords : Trash, Waste, Trash Bin, Automatic Garbage Sorter.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan masalah utama yang sedang dihadapi saat ini. Sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis [1]. Sampah adalah sesuatu yang tidak berguna lagi, dibuang oleh pemiliknya atau pemakai semula [2].

Tidak ada data yang pasti mengenai sampah yang ada di Indonesia maupun di dunia. Namun dapat diperkirakan bahwa dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk dunia ini, maka kebutuhan makanan akan meningkat dan konsekuensi lainnya adalah peningkatan jumlah sampah.

Pengolahan sampah menjadi sangat penting karena sangat berpengaruh pada biaya pengolahan. Sampah yang tercampur akan membutuhkan biaya pengolahan yang lebih mahal. Karena kunci dari pengelolaan sampah adalah pemilahan, atau pemisahan antara jenis sampah yang satu dengan jenis sampah yang lain. Contohnya seperti jenis sampah kaleng, plastik dan kertas yang dapat dikelompokkan menjadi sampah yang masih memiliki nilai ekonomi.

Dengan alasan yang telah disebutkan diatas, untuk itu penulis ingin mengembangkan inovasi tempat sampah pintar atau *Smart Trash*. Cara kerja dari sistem *Smart Trash Bin* adalah dapat memilah sampah kaleng, plastik dan kertas secara otomatis. Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat membantu pekerjaan petugas kebersihan menjadi lebih efektif dan efisien.

2. Dasar Teorio

2.1 Sampah

Sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis [1]. Sampah adalah bahan yang tidak mempunyai nilai

atau tidak berharga untuk maksud biasa atau utama dalam pembikinan atau pemakaian barang rusak atau bercacat dalam pembikinan manufaktur atau materi berkelebihan atau ditolak atau buang [3].

Jenis sampah yang dapat dipilah oleh *Smart Trash Bin* yaitu hanya sampah kering jenis botol plastik, kertas HVS dan kaleng minuman atau makanan.

2.2 *Smart Trash Bin*

Smart Trash Bin adalah tempat sampah pintar yang mampu mempermudah pekerjaan petugas kebersihan. Ada berbagai macam jenis *Smart Trash Bin* yang sudah ada, ada yang tutupnya bisa terbuka sendiri apabila ada orang yang akan membuang sampah, ada juga yang dapat memilah sampah organik dan anorganik, dan berbagai macam fitur lainnya. *Smart Trash Bin* yang dibuat dalam tugas akhir ini adalah tempat sampah pintar yang dapat memilah sampah plastik, kertas dan kaleng secara otomatis. Hal ini tentu sangat membantu karena dengan adanya *Smart Trash Bin*, petugas kebersihan tidak perlu memisahkan sampah-sampah tersebut secara manual sehingga membuat pekerjaan petugas kebersihan menjadi lebih efektif dan efisien.

2.3 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler [4].



Gambar II-1. Arduino Mega 2560.

2.4 Sensor Proximity Induktif

Sensor Jarak Induktif atau *Inductive Proximity Sensor* adalah Sensor jarak yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan logam baik logam jenis *ferrous* maupun logam jenis *non-ferrous*. Sensor ini dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan ada atau tidak adanya objek logam. Sensor ini pada dasarnya terdiri dari sebuah osilator, sebuah koil dengan inti ferit, rangkaian detektor, rangkaian output, kabel dan konektor. Osilator pada sensor jarak ini akan membangkitkan gelombang sinus dengan frekuensi yang tetap. Sinyal ini digunakan untuk menggerakkan kumparan atau koil. Koil dengan Inti ferit ini akan menginduksi medan elektromagnetik. Ketika garis-garis medan elektromagnetik ini ter-interupsi oleh objek logam, tegangan osilator akan berkurang sebanding dengan ukuran dan jarak objek dari kumparan atau koil. Output dari sensor jarak jenis induktif ini dapat berupa analog maupun digital [5].

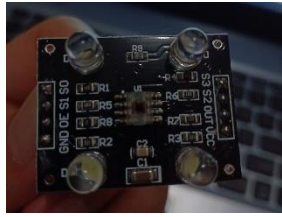


Gambar II-2. Sensor proximity induktif.

2.5 Sensor warna TCS230

Sensor warna TCS230 adalah sensor warna yang sering digunakan pada aplikasi mikrokontroler untuk pendeteksian suatu objek benda atau warna sari objek yang dimonitor. Pada dasarnya sensor warna TCS230 adalah rangkaian *photodiode* yang disusun secara matrik *array* 8x8 dengan 16 buah konfigurasi *photodiode* yang berfungsi sebagai filter warna merah, 16 *photodiode* sebagai filter warna biru dan 16

photodiode lagi tanpa filter warna. Sensor warna TCS230 merupakan sensor yang dikemas dalam *chip* DIP 8 pin dengan bagian muka transparan sebagai tempat menerima intensitas cahaya yang berwarna. [6]



Gambar II-3. Sensor TCS230.

2.6 Motor Servo

Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian *gear*, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian *gear* yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo. Penggunaan sistem kontrol *loop* tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Posisi poros *output* akan dihasilkan oleh sensor, untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang diinginkan atau belum, dan jika belum, maka kontrol *input* akan mengirim sinyal kendali untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan [7].

Pada tugas akhir ini penulis menggunakan motor servo jenis MG996R. Motor servo ini memiliki kinerja tinggi dengan *gear* logam (*metal gear*), *ball bearing* ganda, 180° rotasi, kabel koneksi sepanjang 30 cm, dan dilengkapi dengan aksesoris untuk digunakan sesuai kebutuhan. Servo motor ini cocok untuk aplikasi yang membutuhkan motor dengan torsi yang memadai hingga 13 kg.cm (batas *stall torque* pada 7,2 Volt), sehingga bekerja dengan lebih akurat, cepat dan responsif, dan berdaya lebih kuat.

2.7 Metode Fuzzy Logic

Logika *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh, seorang peneliti dari Universitas California, pada tahun 1960-an. Logika *fuzzy* dikembangkan dari teori himpunan *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* adalah pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (*linguistic variable*), yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan, dalam semesta U . Keanggotaan suatu nilai pada himpunan dinyatakan dengan derajat keanggotaan yang nilainya antara 0.0 sampai 1.0. Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah [8]. Sistem kendali logika *fuzzy* terdiri dari beberapa tahapan seperti pada diagram berikut.

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah pemetaan nilai input yang merupakan nilai tegas ke dalam fungsi keanggotaan himpunan fuzzy, untuk kemudian diolah didalam mesin penalaran.

$$\text{fuzzyfikasi} : x \rightarrow \mu(x) \quad (1)$$

b. Aturan Dasar

Aturan dasar dalam kendali logika *fuzzy* adalah aturan implikasi dalam bentuk “jika ... maka ...”. Aturan dasar tersebut ditentukan dengan bantuan seorang pakar yang mengetahui karakteristik objek yang akan dikendalikan.

Contoh bentuk implikasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\text{Jika } X = A \text{ dan } Y = B \text{ maka } Z = C. \quad (2)$$

c. Menentukan nilai

Pada tahapan ini sistem menalar nilai masukan untuk menentukan nilai keluaran sebagai bentuk pengambil keputusan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu *max*, *additive* dan probabilistik OR. Pada metode *max*, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (*union*). Secara umum dapat ditulis :

$$\mu_{df}(x_i) \leftarrow \max(\mu_{df}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (3)$$

d. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan kebalikan dari fuzzifikasi, yaitu pemetaan dari himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas. Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari

komposisi aturan-aturan *fuzzy*. Hasil dari defuzzifikasi ini merupakan *output* dari sistem kendali logika *fuzzy*.

$$Z^* = defuzzyfier (Z) \tag{4}$$

dengan

Z = hasil penalaran *fuzzy*

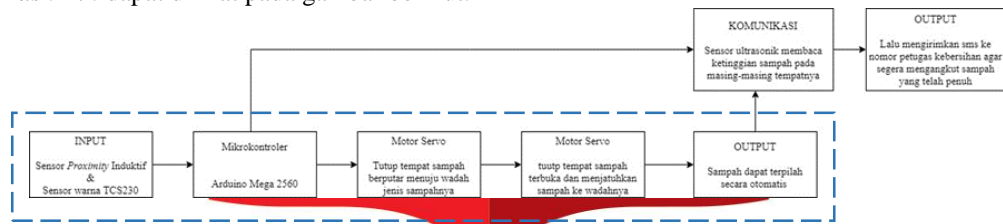
$Defuzzyfier$ = defuzzifikasi

Z^* = keluaran kendali logika *fuzzy*

3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

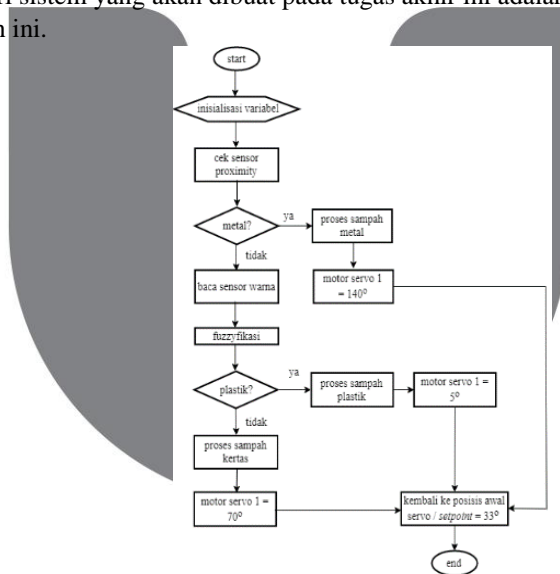
Desain sistem atau gambaran umum sistem yang dibuat pada Tugas Akhir ini meliputi dua bagian utama yaitu bagian perangkat keras (*hardware*) dan bagian perangkat lunak (*software*). Sistem pendeteksi sampah dirancang dengan tutup tempat sampah yang dapat berputar secara otomatis sesuai wadah jenis sampahnya, lalu pemilahan sampah tersebut menggunakan metode logika *fuzzy*. Gambaran umum sistem kerja *Smart Trash Bin* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar III-1. Diagram sistem *Smart Trash Bin*.

3.2 Desain Perangkat Lunak

Diagram alir dari sistem yang akan dibuat pada tugas akhir ini adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



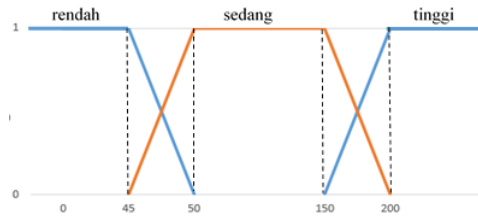
Gambar III-2. Diagram Alir sistem *Smart Trash Bin*.

3.3 Fuzzifikasi

Tahap fuzzifikasi adalah tahapan awal dalam pembentukan metode logika *fuzzy*. Pada tahap ini terdapat gambaran fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan berbentuk trapesium dengan jenis fungsi keanggotaan “rendah”, “sedang” dan “tinggi”. R, G, B adalah input pada blok *fuzzy*.

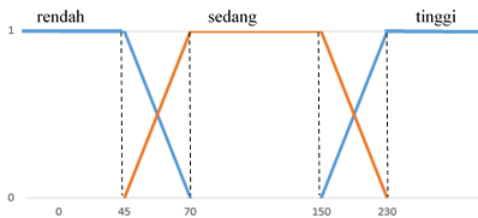
Untuk derajat keanggotaan *fuzzy* yang digunakan adalah sebagai berikut. Nilai yang terdapat pada gambar adalah nilai rata-rata yang diambil dari Tabel IV-1 pada bab 4.

a. Kurva R



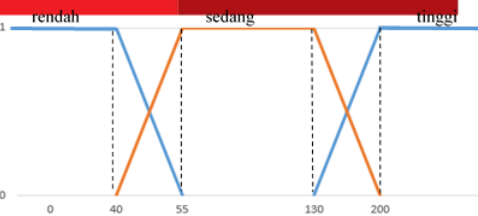
Gambar III-8. Fungsi Keanggotaan R

b. Kurva G



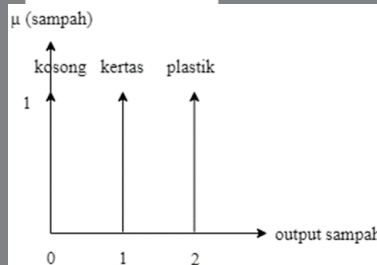
Gambar III-9. Fungsi Keanggotaan G.

b. Kurva B



Gambar III-10. Fungsi Keanggotaan B.

Dibawah ini merupakan gambar grafik *output* pada *fuzzy* dengan bentuk *singleton*. *Singleton* adalah fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan bernilai 1 pada suatu *crisp* tunggal dan nilai *crisp* lainnya adalah 0.



Gambar III-11. Grafik output dari RGB.

3.4 Aturan Dasar dan Penalaran

Metode yang digunakan adalah metode *sugeno*. *Membership function* ada tiga yaitu sampah plastik, kertas dan kosong. Karena *input* ada tiga yaitu R, G, B dan *membership function output*-pun ada tiga, jadi *rules*-nya adalah matriks 3x3.

Tabel III-1. (a), (b), (c) Tabel *Rules Fuzzy*.

(a)

Br			
	Rr	Rs	Rt
Gr	Kertas	Kertas	Kertas
Gs	Kertas	Kertas	Kertas
Gt	Kertas	Kertas	Plastik

(b)

Bs			
	Rr	Rs	Rt
Gr	Kertas	Kertas	Kertas
Gs	Kertas	Kertas	Plastik
Gt	Kertas	Kertas	Plastik

(c)

Bt			
	Rr	Rs	Rt
Gr	Kertas	Kertas	Plastik
Gs	Kertas	Kertas	Plastik
Gt	Plastik	Plastik	Kosong

3.5 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan tahap terakhir, yaitu tahap penentuan hasil dari pengolahan fuzzifikasi yang telah diterapkan melalui aturan dasar atau inference. Pada tahap ini nilai keluaran fuzzy diubah menjadi nilai yang bersifat tegas. Dimana nilai inputan pada fuzzifikasi dipetakan kedalam fungsi keanggotaan tidak tegas.

Pada tugas akhir ini, nilai perhitungan dari keluaran yang ditentukan melalui defuzzifikasi dihasilkan melalui perhitungan dengan metode weight-average. Cara defuzzifikasi ini mengambil nilai rata – rata dari pembobotan yang berupa derajat keanggotaan [9].

$$y * = \sum \frac{\mu(y)y}{\mu(y)} \tag{5}$$

Dimana : y = nilai crisp
 $\mu(y)$ = derajat keanggotaan dari nilai crisp y

4. Pengujian dan Hasil

4.1 Pengujian Sensor Warna

Tabel IV-1. Pembacaan nilai RGB.

No.	Jenis Sampah	Nilai R	Nilai G	Nilai B
1.	Tidak membaca apapun / kosong	290-305	305-315	210-225
2.	Botol Plastik 1	170 - 260	165-260	110-180
3.	Botol Plastik 2	140-185	135-180	90-125
4.	Botol Plastik 3	190-250	185-255	130-180
5.	Kertas HVS	35-55	25-55	20-40
6.	Kertas HVS	40-80	40-75	25-50
7.	Kertas Nasi	40-90	50-110	40-90
8.	Kertas Nasi	55-75	55-85	50-70
9.	Kertas Koran	50-70	50-75	40-60
10.	Kertas Koran	65-75	65-75	50-60

4.2 Pengujian Sampah

Pengujian sampah bertujuan untuk memilah sampah secara otomatis agar petugas kebersihan tidak perlu memilah sampah lagi secara manual.

Pada pengukuran kinerja menggunakan *confusion matrix*, terdapat empat istilah sebagai representasi hasil proses klasifikasi. Keempat istilah tersebut adalah *True Positive (TP)*, *True Negative (TN)*, *False Positive (FP)* dan *False Negative (FN)*. Nilai *True Negative (TN)* merupakan jumlah data negatif yang terdeteksi dengan benar, sedangkan *False Positive (FP)* merupakan jumlah data positif namun terklasifikasi salah. Sementara itu, *True Positive (TP)* merupakan data positif yang terdeteksi benar. *False Negative (FN)* merupakan data negatif namun terdeteksi salah.

1. Sampah Kaleng

Perhitungan akurasi, presisi dan sensitifitas pada pengujian sampah kaleng dilakukan dengan membuat kondisi *True* dan *False*. Kondisi *true* adalah sampah kaleng, kondisi *false* adalah sampah kertas dan sampah plastik.

Maka didapatkan perhitungan seperti dibawah ini.

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% = \frac{21 + 49}{21 + 49 + 9 + 0} \times 100\% = \frac{70}{79} \times 100\% = 88,6\%$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% = \frac{21}{21 + 9} \times 100\% = \frac{21}{30} \times 100\% = 70\%$$

$$Sensitifitas = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% = \frac{21}{21 + 0} \times 100\% = \frac{21}{21} \times 100\% = 100\%$$

2. Sampah Plastik

Perhitungan akurasi, presisi dan sensitifitas pada pengujian sampah plastik dilakukan dengan membuat kondisi True dan False. Kondisi true adalah sampah plastik, kondisi false adalah sampah kertas dan sampah kaleng.

Maka didapatkan perhitungan seperti dibawah ini.

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% = \frac{27 + 43}{27 + 43 + 3 + 12} \times 100\% = \frac{70}{85} \times 100\% = 82,3\%$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% = \frac{27}{27 + 3} \times 100\% = \frac{27}{30} \times 100\% = 90\%$$

$$Sensitifitas = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% = \frac{27}{27 + 12} \times 100\% = \frac{27}{39} \times 100\% = 69\%$$

3. Sampah Kertas

Perhitungan akurasi, presisi dan sensitifitas pada pengujian sampah kertas dilakukan dengan membuat kondisi True dan False. Kondisi true adalah sampah kertas, kondisi false adalah sampah plastik dan sampah kaleng.

Maka didapatkan perhitungan seperti dibawah ini.

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% = \frac{22 + 48}{22 + 48 + 8 + 7} \times 100\% = \frac{70}{85} \times 100\% = 82,3\%$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% = \frac{22}{22 + 8} \times 100\% = \frac{22}{30} \times 100\% = 73,3\%$$

$$Sensitifitas = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% = \frac{22}{22 + 7} \times 100\% = \frac{22}{29} \times 100\% = 75,8\%$$

Total hasil perhitungan akurasi, presisi dan sensitifitas keseluruhan pengujian sampah :

$$Akurasi = \frac{akurasi \text{ s.kaleng} + akurasi \text{ s.plastik} + akurasi \text{ s.kertas}}{jumlah \text{ jenis sampah}} = \frac{88,6\% + 82,3\% + 82,3\%}{3} = \frac{253,2\%}{3} = 84,4\%$$

$$Presisi = \frac{presisi \text{ s.kaleng} + presisi \text{ s.plastik} + presisi \text{ s.kertas}}{jumlah \text{ jenis sampah}} = \frac{70\% + 90\% + 73,3\%}{3} = \frac{233,3\%}{3} = 77,7\%$$

$$Sensitifitas = \frac{sensitifitas \text{ s.kaleng} + sensitifitas \text{ s.plastik} + sensitifitas \text{ s.kertas}}{jumlah \text{ jenis sampah}} = \frac{100\% + 69\% + 75,8\%}{3} = \frac{244,8\%}{3} = 81,6\%$$

4.3 Pengujian Servo

Pengujian servo bertujuan untuk mengetahui kinerja motor servo dan ketepatan sudut geraknya ketika memutar tutup tempat sampah menuju setiap wadah sesuai jenis sampahnya.

Tabel IV-2. Pengujian servo.

Pengujian ke-	Input sudut dari pemrograman Arduino	Busur Derajat	Error

1.	33° (<i>set point</i>)	33 °	0%
2.	70 °	65 °	7,14%
3.	33 °	33 °	0%
4.	0 °	5 °	5%
5.	33 °	35 °	6,06%
6.	145 °	145 °	0%
Rata-rata nilai error			3,03%

Dari hasil pengujian servo pada tabel IV-4 menunjukkan bahwa persimpangan derajat gerakan motor servo berkisar 0 °-10 ° dengan rata-rata nilai error sebesar 3,03% yang artinya motor servo memiliki akurasi derajat yang baik.

4.4 Pengujian Keseluruhan Alat

Pengujian keseluruhan alat *Smart Trash Bin* ini bertujuan untuk melihat kinerja alat ini apakah berjalan dengan baik atau tidak.

Sensor proximity induktif akan “On” ketika mendeteksi sampah logam, sensor proximity induktif tidak akan mendeteksi sampah jenis plastik dan kertas, sedangkan sensor warna TCS230 masih dapat mendeteksi kaleng, karena sensor warna membaca sampah kaleng sama seperti nilai sampah kertas atau nilai sampah plastik.

Secara keseluruhan alat ini dapat bekerja dengan baik, hanya saja beberapa kali sampah plastik dan sampah kertas terbaca kebalikannya, hal ini disebabkan oleh peletakan sampah terhadap posisi sensor sehingga nilai RGB yang muncul hampir mirip saling mendekati. Begitu juga pada sampah kaleng yang dapat dideteksi oleh sensor warna, hal ini disebabkan oleh peletakan sensor proximity induktif dan sensor warna TCS230 yang posisinya sejajar.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa didapat kesimpulan dari Tugas Akhir ini sebagai berikut.

- 1) Smart Trash Bin mampu membedakan sampah kaleng, kertas dan plastik secara otomatis;
- 2) Smart Trash Bin memiliki nilai akurasi, presisi dan sensitifitas yang cukup baik. Dengan keseluruhan nilai akurasi sebesar 84,4%, presisi sebesar 77,7% dan sensitifitas sebesar 81,6%.
- 3) Sampah plastik dan kertas terkadang terdeteksi memiliki nilai yang tertukar, hal ini dikarenakan nilai RGB untuk sampah botol plastik mendekati nilai RGB untuk sampah kertas;
- 4) Motor servo untuk tutup tempat sampah memiliki rata-rata nilai error sebesar 2,79%, yang artinya motor servo memiliki akurasi derajat yang baik sehingga tutup tempat sampah mampu mengarahkan sampah untuk dibuang sesuai dengan jenisnya.

Daftar Pustaka :

- [1] Ecolink, “Tentang sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis,” Jakarta, 1996.
- [2] Tandjung, “Tentang Sampah adalah sesuatu yang tidak berguna lagi, dibuang oleh pemiliknya atau pemakai semula,” Palembang, 1982
- [3] Kamus Istilah Lingkungan, “Tentang sampah adalah bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk maksud biasa,” 1994.
- [4] Arduino. Arduino Mega 2560. www.arduino.cc <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoMega2560> [Diakses 19 Juli 2019].
- [5] Anonim, <https://www.mepits.com/tutorial/245/electronics-devices/proximity-sensors-can-sensors-detect-presence-of-objects-without-contact>, 04 Desember 2014. [Diakses 18 Desember 2018].
- [6] Anonim, <https://elektronika-dasar.web.id/sensor-warna-tcs230/>, Wednesday, February 13th 2019. [Diakses 2019].
- [7] Muhamad, K. Arie, “Aplikasi Accelerometer pada Penstabil Monopod Menggunakan Motor Servo,” Politeknik Negeri Sriwijaya, 2016.
- [8] A. Saelan, “Logika Fuzzy,” STEI Institut Teknologi Bandung, 2009.
- [9] A. Rizki, M. Sarwoko, S. Unang, “Analisis Dan Implementasi Sistem Sensor Pada Tempat Sampah Otomatis Dengan Metode Fuzzy Berbasis Mikrokontroler”, Universitas Telkom, Bandung, 2015.