



Rancang Bangun Alat *Mobile Smart Trash Bin* Menggunakan Raspberry Pi

Indra Hermawan^{1*}, Asep Kurniawan², Rachman Hanafi³, Albarofi Fierelio Kinandes Sumarsono⁴,
Muhammad Arlan Ardiawan⁵

^{1,2,3,4,5}Politeknik Negeri Jakarta, Teknik Informatika dan Komputer, Jakarta, Indonesia

¹indra.hermawan@tik.pnj.ac.id, ²asep.kurniawan@tik.pnj.ac.id

*Corresponding Author

Diserahkan: 28 Oktober 2022

Diterima: 26 Januari 2023

Diterbitkan: 31 Mei 2023

ABSTRAK

Standar hidup masyarakat semakin meningkat dengan adanya perkembangan ekonomi global, sehingga produksi sampah domestik menjadi semakin meningkat dari tahun ke tahun. Namun dalam pengolahan sampah masih terdapat masalah dimana masih tercampurnya sampah berbahaya sehingga dapat menyebabkan penyebaran covid saat ini. Saat ini tren mulai bergeser ke perangkat pintar yang menggunakan Internet of Things untuk mengatasi masalah umum seperti masalah pengolahan sampah. Dalam penelitian ini diusulkan sebuah mobile smart trash bin yang dapat mengurangi interaksi secara langsung karena memiliki fitur buka tutup otomatis, dapat mengirimkan data berat sampah, dan dapat dikendalikan dari jarak jauh dengan dilengkapi livestream video. Sistem yang dikembangkan diuji dengan metode pengujian fungsionalitas, pengujian performa, dan pengujian konektifitas. Pengujian fungsionalitas memberikan hasil bahwa keseluruhan sistem dapat bekerja. Pengujian performa pada sensor ultrasonik memberikan hasil tingkat keakurasian sebesar 97,18%, servo motor MG995 berada di angka 100%, sensor berat memiliki tingkat keakurasian 98,65%, dan penggunaan baterai dalam keadaan bersiap dapat bekerja selama 13 Jam 3 Menit 40 Detik dan dalam keadaan bekerja dapat bekerja selama 1 Jam 56 Menit 42 Detik. Pengujian konektivitas dari rata-rata delay kontrol robot ketika diberikan perintah adalah 103,4ms, dan delay pada pengiriman data berat sampah adalah 112,8ms.

Kata kunci: HX711, Internet of Thing, Load Cell Half Bridge, Mobile Smart Trash Bin, Raspberry Pi, Sensor Ultrasonic

ABSTRACT

People's living standards are increasing with the development of the global economy, so that the production of domestic waste is increasing from year to year. However, in waste processing there is still a problem of mixing waste in landfills where hazardous waste is still mixed so that it can cause the spread of covid. Currently the trend is starting to shift to smart devices that use the Internet of Things to solve common problems such as waste management problems. In this study, a mobile smart trash bin is proposed which can reduce direct interaction because it has an automatic opening and closing feature, can transmit waste weight data, and can be controlled remotely and equipped with livestream. The developed system is tested by the methods of functionality testing, performance testing, and connectivity testing. Functionality testing gives the result that the whole system can work. Performance testing on the ultrasonic sensor results in an accuracy rate of 97.18%, the MG995 servo motor is at 100%, the weight sensor has an accuracy rate of 98.65%, and the use of batteries in standby can work

for 13 hours 3 minutes 40 seconds and in a running state can work for 1 hour 56 minutes 42 seconds. The connectivity test of the average delay of robot control when given a command is 103.4ms, and the delay in sending waste weight data is 112.8ms.

Keywords: HX711, Internet of Thing, Load Cell Half Bridge, Mobile Smart Trash Bin, Raspberry Pi, Sensor Ultrasonic

1. PENDAHULUAN

Dengan berkembang dan meningkatnya ekonomi global, standar hidup masyarakat juga semakin meningkat, sehingga produksi sampah domestik menjadi semakin meningkat dari tahun ke tahun [1]. Sampah adalah material sisa yang sudah tidak lagi digunakan dan berasal dari berbagai jenis benda. Sampah selalu dihasilkan oleh manusia setiap harinya, sehingga akan menjadi masalah jika tidak tercapainya persentase pengelolaan sampah yang baik. Indonesia pada tahun 2021 dapat menghasilkan sampah sebanyak 41,654,853.72 Ton/tahun dengan penanganan sampah sebesar 27.25% (11,350,479.19 Ton/tahun), membuat pengurangan sampah tiap tahunnya sebanyak 7.73% (3,217,959.65 Ton/tahun) dengan rata-rata sampah terkelola sebesar 34.97% (14,568,438.85 Ton/tahun) dan sampah yang tidak terkelola sebesar 65.03% (27,086,414.87 Ton/tahun). Sehingga Indonesia masih menjadi salah satu penyumbang sampah yang banyak seperti pada data yang ditampilkan pada **Error! Reference source not found.** (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, 2021).



Gambar 1. Capaian Kinerja Tempat Sampah

Sehingga Indonesia masih menjadi salah satu penyumbang sampah yang banyak seperti pada data yang ditampilkan pada **Error! Reference source not found.** Penyakit korona virus ini sudah menjadi masalah kesehatan masyarakat di seluruh dunia, terutama ketika penyakit ini dinyatakan menjadi pandemi oleh The World Health Organization (WHO) [2]. Sudah dua tahun wabah virus COVID-19, banyak tindakan-tindakan keamanan dan jaga jarak yang menjadi “new normal” [3]. Pada masa pandemi ini membatasi interaksi secara luas, sehingga menghambat kinerja para petugas kebersihan, serta aktivitas masyarakat yang porsi lebih banyaknya melakukan kegiatan dirumah menyebabkan bertambahnya jumlah sampah rumah tangga dan juga sampah dari limbah kesehatan seperti limbah masker wajah [4], sarung tangan, dan juga pelindung wajah [5] yang tentu saja dapat menjadi media penyebaran virus [6]. Pengambilan sampah dilakukan oleh petugas kebersihan dan dibawa ke tempat pengepulan sampah untuk dilakukannya pemilahan sekaligus menimbang berat sampah secara manual, tentunya pada masa pandemi ini petugas menjadi lebih rentan terpapar virus dikarenakan seringnya melakukan kontak secara langsung dengan sampah berbahaya.

Perkembangan teknologi yang semakin maju setiap harinya, membuat kehidupan manusia menjadi lebih efisien dan mudah dengan bergantung pada kemajuan teknologi. Kegiatan-kegiatan manusia yang memerlukan tenaga bisa dialihkan dengan penggunaan teknologi. Dalam beberapa tahun terakhir, dengan pesatnya perkembangan Internet of Things, teknologi yang menggunakan Internet of Things ini semakin banyak digunakan dalam membangun jaringan pintar [7]. Dengan begitu teknologi saat ini bisa menciptakan perangkat cerdas untuk membantu proses kegiatan Pengelolaan sampah manusia dengan menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Internet of Things (IoT) adalah platform di mana perangkat setiap hari menjadi lebih pintar, pemrosesan setiap hari menjadi cerdas, dan komunikasi

setiap hari menjadi informatif [8]. Teknologi ini memanfaatkan internet sebagai sumber media yang memperluas manfaat, dan konektivitas internet dengan perangkat keras maupun lunak dalam penyelesaian masalah [9].

Saat ini tren mulai bergeser ke perangkat pintar yang menggunakan IoT untuk mengatasi masalah umum seperti masalah pengelolaan sampah [10]. Penelitian [11] mengembangkan sistem tempat sampah pintar menggunakan mikrokontroler arduino, dan melakukan pemilahan menggunakan sensor inductive proximity dan sensor LDR. Dalam penelitian ini menggunakan mikrokontroler Raspberry Pi 3B+ dan menggunakan kamera untuk pemilahan. Penelitian [12] mengembangkan tempat sampah yang dapat mengetahui tingkat kepenuhan pada tempat sampah dengan menggunakan sensor ultrasonik dan diintegrasikan ke web server sehingga petugas akan mendapatkan notifikasi saat sampah sudah penuh. Penelitian [13] mengembangkan tempat sampah bergerak mengikuti jalur hitam, dan ketika berhenti, tutup tempat sampah akan terbuka dengan menggunakan servo SG90. Dalam penelitian ini pergerakan robot akan menggunakan kontrol dari jarak jauh, dan sistem buka tutup otomatis menggunakan servo MG995. Pada penelitian yang ada sistem tempat sampah yang dikembangkan tidak mampu di kontrol jarak jauh dan tidak dapat melihat kondisi disekitar tempat sampah. Sehingga menyebabkan tempat sampah mudah dipindahkan oleh orang yang tidak berkepentingan. Hal tersebut menyebabkan posisi tempat sampah tidak sesuai dengan lokasi yang ditentukan. Selain itu, petugas tidak dapat melihat keadaan disekitar tempat sampah apakah lokasi penempatan sudah sesuai atau belum dengan kebutuhan masyarakat.

Dalam mengatasi permasalahan tersebut pada penelitian ini dikembangkannya sebuah tempat sampah pintar yang dilengkapi fitur buka tutup otomatis, dan dapat mengirimkan data berat sampah. Selain itu, tempat sampah yang dikembangkan dapat dikendalikan dari jarak jauh sehingga tempat sampah dapat berjalan menuju tempat pengepul sampah. Hal tersebut dikarenakan tempat sampah yang dikembangkan dapat berkomunikasi dengan server sehingga dapat dikendalikan melalui jaringan internet. sehingga petugas tidak perlu menjemput tempat sampah secara manual dan mengurangi interaksi antara petugas dengan sampah berbahaya yang dapat menularkan virus berbahaya. Tidak hanya itu saja, tempat sampah pintar yang dikembangkan juga dilengkapi dengan *livestream* sehingga petugas kebersihan dapat melihat keadaan disekitar tempat sampah apabila tempat sampah dipindahkan atau dicuri. Raspberry Pi dipilih dikarenakan memiliki dimensi yang kecil dan berupa komputer single board yang dapat [14] ditenagai oleh baterai sehingga robot dapat bergerak secara leluasa di lapangan.

2. METODE PENELITIAN

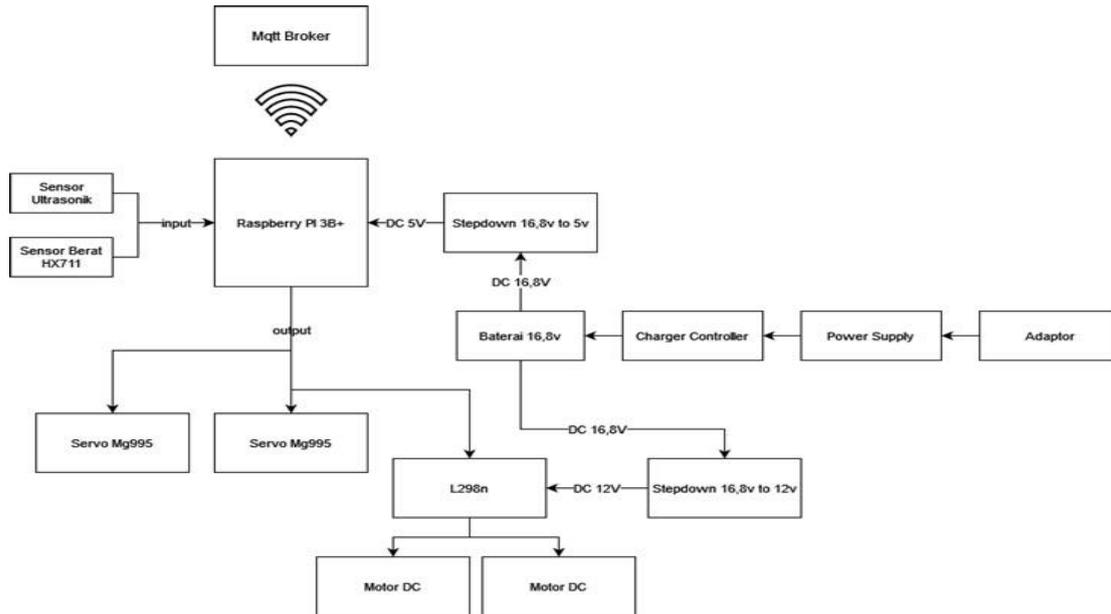
2.1 Analisa Kebutuhan

Pada penelitian ini dirancang alat *Mobile Smart Trash Bin* (MSTB) yang dilengkapi dengan sistem buka tutup otomatis pada pintu tempat sampah dan mengirimkan data berat sampah. Alat ini dapat dikendalikan dari jarak jauh dan bergerak dengan roda. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan kamera untuk *livestream* sehingga petugas kebersihan dapat melihat kondisi disekitar lokasi tempat sampah.

2.2 Perancangan Sistem

Perancangan alat MSTB ini terdiri dari beberapa modul yaitu: 1. Raspberry Pi 3b+ sebagai alat yang mengelola keseluruhan sistem. 2. Sensor Ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi jarak tangan untuk buka tutup otomatis. 3. Servo Mg955 sebagai penggerak untuk menutup pintu tempat sampah dan juga sebagai penggerak untuk memilah. 4. Kamera USB sebagai pendeteksi sampah untuk sortir dan *livestream* ketika ada perintah untuk kontrol. 5. Loadcell hx711 Half Bridge Weight Sensor untuk mendeteksi berat setiap limbah berbahaya atau tidak berbahaya. 6. Motor dinamo DC sebagai penggerak tempat sampah agar dapat berjalan. 7. Baterai 18650 sebagai daya untuk menghidupkan sistem. **Error! Reference source not found.** menunjukkan diagram sistem MSTB.

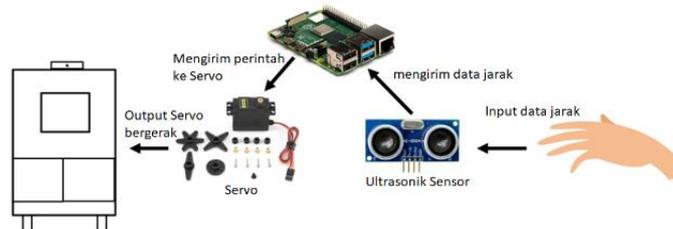
Tempat sampah pintar ini dapat membuka dan menutup pintu secara otomatis, pada **Error! Reference source not found.** dapat dilihat diagram skematik, dimulai dari jarak tangan yang mendekat terdeteksi



Gambar 2. Diagram Alir Sistem MSTB

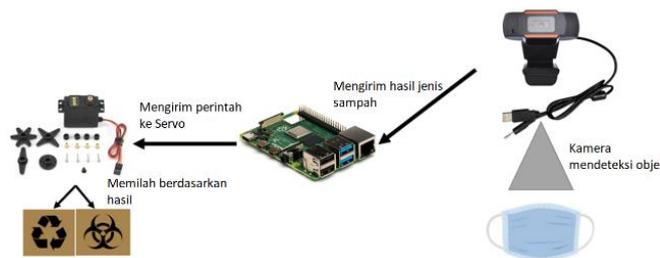
oleh sensor ultrasonik sehingga data tersebut diolah oleh mikrokontroler. Selanjutnya mikrokontroler mengirimkan perintah ke servo untuk membuat gerakan yang bisa membuat pintu tertutup, terbuka secara otomatis. Berikut spesifikasi servo MG995:

- Berat: 55 g
- Dimensi: kira-kira 40,7 x 19,7 x 42,9 mm.
- Torsi berhenti: 8,5 kgf cm (4,8 V), 10 kgf cm (6 V)
- Kecepatan pengoperasian: 0,2 d/60° (4,8 V), 0,16 d/60° (6 V)
- Tegangan pengoperasian: 4,8 V hingga 7,2 V
- Lebar pita mati: 5 s
- Desain bantalan bola ganda yang stabil dan tahan guncangan • Kisaran suhu: 0 C – 55 C



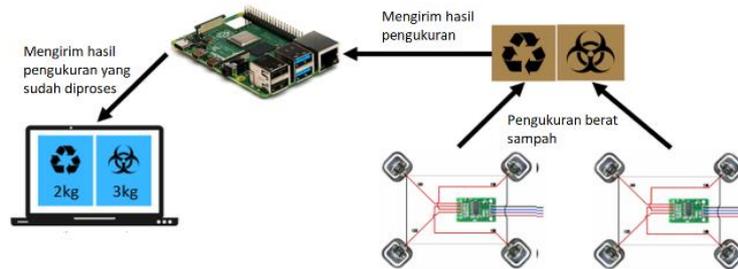
Gambar 3. Skema Pembuka Pintu MSTB

Tempat sampah pintar ini dapat memilah limbah B3 maupun Non B3 secara otomatis, pada Gambar 1 terlihat diagram skematik, dimulai dari kamera yang mengirimkan data hasil jenis sampah yang terdeteksi sehingga dapat diolah oleh mikrokontroler dan perintah dibuat untuk servo sehingga dapat bergerak untuk memilah limbah berbahaya atau tidak berbahaya.



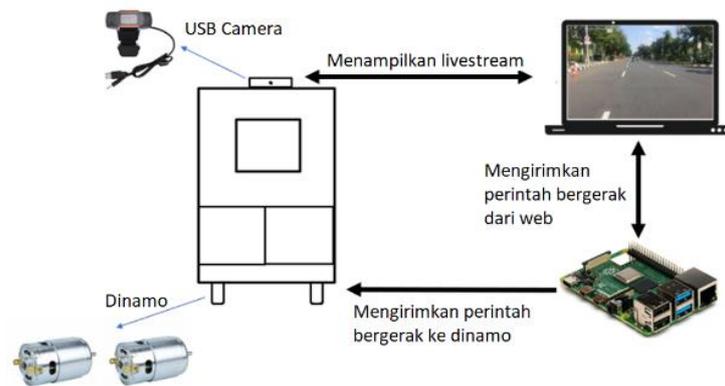
Gambar 1. Skema Penggerak Pemilahan

Tempat sampah pintar ini dapat mengetahui berat sampah pada setiap klasifikasi sampah, baik bahan berbahaya maupun tidak berbahaya, pada Gambar 2 dapat dilihat diagram skematik, mulai dari sensor berat yang mengirimkan data berat ke mikrokontroler sehingga dapat diproses dan terus ditampilkan.



Gambar 2. Skema Deteksi Berat Sampah

Tempat sampah pintar ini dapat dipindahkan dan dikendalikan dari jarak jauh, pada Gambar 3 terlihat diagram skematik, mikrokontroler dapat diakses untuk melakukan livestream dan kontrol. Rangkaian baterai tegangan nominal satu baterai 18650 adalah 3,7V yang dapat diisi hingga maksimum sehingga menyentuh 4.2V, jadi jika dihitung mendapatkan hasil 14.8V dan jika baterai terisi penuh memiliki tegangan 16.8V. Dengan menggunakan 4 seri ini diharapkan penggunaan baterai tetap di atas 12V meskipun baterai yang digunakan sudah mulai berkurang.



Gambar 3. Skema Pengendalian dan Livestream.

2.3 Pengujian

Terdapat tiga prosedur pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian fungsionalitas, pengujian performa dan pengujian konektifitas. Selanjutnya dijelaskan ketiga prosedur pengujian tersebut.

2.3.1 Prosedur Pengujian Fungsionalitas

Pengujian fungsional alat dilakukan secara keseluruhan agar didapatkannya hasil data status dari keseluruhan sistem yang dibuat. Sistem yang diujikan terdiri dari :

- 1) Sistem Buka Tutup Otomatis
- 2) Sistem Penggerakan Pemilahan
- 3) Sistem Pendeteksi Berat Sampah
- 4) Sistem Kendali Gerak Tempat Sampah

2.3.2 Prosedur Pengujian Performa

Pada tahap ini pengujian performa dilakukan pada setiap modul yang ada pada MSTB yaitu pengujian sensor ultrasonik, pengujian servo motor, pengujian sensor berat, dan pengujian baterai.

- a) **Prosedur Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04**
Pengujian performa pada sensor ultrasonik ini dilakukannya uji keakuratan dan melakukan perbandingan sensor ultrasonik dalam mendeteksi jarak dengan jarak sebenarnya yang diukur menggunakan media ukur konvensional seperti penggaris. Parameter yang diukur berupa jarak dalam centimeter (cm) sebuah benda yang dihadapkan ke sensor ultrasonik. Pendeteksian dilakukan secara berulang selama 10 kali pengujian dengan jarak yang berbeda. Selama pendeteksian benda diukur jarak sebenarnya sehingga didapatkannya hasil perbandingan antara jarak yang didapat oleh sensor ultrasonik dengan jarak sebenarnya dan didapatkannya selisih jarak dalam pengujian sehingga dapat ditemukan persentase *error*.
- b) **Prosedur Pengujian Servo Motor**
Pengujian performa pada servo motor ini dilakukannya uji keakuratan dan melakukan perbandingan sudut pergerakan servo motor yang sudah diprogram dengan sudut sebenarnya yang diukur dengan menggunakan media ukur penggaris busur. Pengujian dilakukan berulang selama 10 kali pengujian dengan kondisi sudut yang berbeda, sesuai dengan keadaan servo yang terpasang. Selisih antara sudut yang sudah diprogram dengan sudut gerak servo sebenarnya didapatkan sehingga dapat ditemukan persentase eror dari setiap pengujian yang dilakukan.
- c) **Prosedur Pengujian Sensor Berat HX711**
Pengujian performa pada sensor berat HX711 ini dilakukan dengan menguji keakuratan sensor dalam memberikan data dalam menimbang berat. Pengujian dilakukan dengan melakukan perbandingan antara timbangan digital dengan sensor berat HX711. Parameter yang didapat berupa berat (Kg) benda yang berada diatas sensor berat dan timbangan digital, sehingga didapatkannya selisih pengukuran. Dengan adanya selisih pengukuran antara sensor berat dengan timbangan digital maka didapatkannya persentase *error* dari setiap pengujian yang dilakukan.
- d) **Prosedur Pengujian Baterai 18650**
Pengujian performa pada baterai dilakukannya pengukuran terhadap kemampuan baterai dalam memberikan suplai ke setiap alat yang bekerja dan seberapa lama baterai bertahan ketika sistem dinyalakan selama terus menerus.

2.3.3 Prosedur Pengujian Konektifitas

Pada tahap ini pengujian konektifitas dilakukan pada modul motor driver dan sensor berat.

- a) **Prosedur Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04**
Prosedur pengujian konektifitas ini menguji seberapa besar *delay* motor driver ketika menerima masukan perintah dari jarak jauh. Pengujian dilakukan secara berulang 10 kali dengan memberikan perintah dari jarak jauh, sehingga didapatkannya parameter berupa waktu (ms) *delay* dari pergerakan robot MSTB
- b) **Prosedur Pengujian Delay Sensor Berat HX711**
Prosedur pengujian konektifitas juga diberikan kepada sensor berat, dikarenakan sensor ini mengirimkan hasil datanya, sehingga bisa ditampilkan nantinya. Pengujian dilakukan secara berulang 10 kali sehingga didapatkannya parameter berupa waktu *delay* dari pengiriman data berat sampah yang didapat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Fungsionalitas

Pengujian fungsionalitas dari keseluruhan sistem dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**

Tabel 1. Hasil Pengujian Fungsionalitas

No	Pengujian	Hasil	Status
1	Objek terdeteksi < 10cm	Sistem membuka tutup tempat sampah	Bekerja
2	Tidak ada objek terdeteksi (3detik)	Sistem menutup tutup tempat sampah	Bekerja
3	Pengiriman Data Berat Sampah Berbahaya	Sistem menerima dan mengirim data berat sampah berbahaya	Bekerja
4	Pengiriman Data Berat Sampah Tidak Berbahaya	Sistem menerima dan mengirim data berat sampah tidak berbahaya	Bekerja
5	Menyalakan Livestream	Kamera untuk melakukan livestream menyala	Bekerja
6	Mematikan Livestream	Kamera untuk melakukan livestream mati	Bekerja
7	Kontrol Tempat Sampah Bergerak Maju	Dua dinamo berputar ke depan	Bekerja
8	Kontrol Tempat Sampah Mundur	Dua dinamo berputar ke belakang	Bekerja
9	Kontrol Tempat Sampah Belok Kanan	Dinamo kanan berputar ke belakang dan Dinamo kiri berputar ke depan	Bekerja
10	Kontrol Tempat Sampah Belok Kiri	Dinamo kanan berputar ke depan dan Dinamo kiri berputar ke belakang	Bekerja

Melihat dari hasil pengujian keseluruhan sistem dapat disimpulkan bahwa kinerja alat dari mulai mendeteksi adanya tangan sampai mengontrol robot dapat berfungsi dengan baik.

3.2 Hasil Pengujian Perfoma

Pada tahap ini dilakukan pengujian performa dari modul-modul yang ada pada MSTB yaitu performa sensor ultrasonik HC-SR04, performa servo motor, dan sensor berat HX711.

3.2.1 Pengujian Keakuratan Performa Sensor HC-SR04

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari penggaris dengan hasil dari modul ultrasonik HC-SR04.

Tabel 2. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian ke-	Penggaris (cm)	Sensor HC-SR04 (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
1	4	4,134	0,134	3,350
2	5	5,126	0,126	2,520
3	6	6,416	0,416	6,930
4	7	7,211	0,211	3,014
5	8	8,241	0,241	3,012
6	9	9,251	0,251	2,788
7	10	10,322	0,322	3,220
8	11	11,215	0,215	1,954
9	12	12,190	0,190	1,583
10	13	13,411	0,411	3,161

Pada Tabel 2 ditampilkan diagram hasil pengujian pengukuran keakurasian dari sensor ultrasonik, dimana ditemukan sedikit selisih antara pengukuran sensor dengan penggaris. Data hasil selisih berkisar dari 0 cm – 0,5 cm perbedaan selisih dengan *error rate* keseluruhan < 10%. Sehingga dapat diketahui bahwa tingkat keakurasian sensor ultrasonik dari 10 kali pengujian seperti dalam (1).

$$100\% - 2,82\%(\text{rata-rata } error \text{ rate}) = 97,18\% \quad (1)$$

Maka sensor ultrasonik memiliki tingkat keakurasian sebesar 97,18%.

3.2.2 Pengujian Keakuratan Performa Servo Tutup Tempat Sampah

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur keakurasian dari motor servo pada saat menutup dan membuka tempat sampah. Motor servo bergerak dari sudut 0⁰ hingga 90⁰. Untuk memastikan penutup tempat sampah dapat menutup dan membuka dengan baik maka perlu diuji posisi untuk 0⁰ dan posisi 90⁰. Pengujian servo tutup tempat sampah ini dilakukan sebanyak 10 kali. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Servo Motor Buka Tutup Otomatis 0 dan 90 Derajat

Pengujian ke-	Susut 0 Derajat			Sudut 90 Derajat		
	Sudut (°)	Derajat Servo Motor MG995 (°)	Error (%)	Sudut (°)	Derajat Servo Motor MG995 (°)	Error (%)
1	0	0	0	90	90	0
2	0	0	0	90	90	0
3	0	0	0	90	90	0
4	0	0	0	90	90	0
5	0	0	0	90	90	0
6	0	0	0	90	90	0
7	0	0	0	90	90	0
8	0	0	0	90	90	0
9	0	0	0	90	90	0
10	0	0	0	90	90	0

Pada **Error! Reference source not found.** ditampilkan diagram hasil pengujian pengukuran keakurasian dari motor servo pada 0 dan 90 derajat, dimana tidak ditemukannya selisih derajat dari pengukuran derajat servo ketika diprogram dengan pergerakan derajat servo yang diukur dengan penggaris busur. Sehingga dapat diketahui bahwa tingkat keakurasian dari 0 derajat servo motor dari 10 kali pengujian adalah 100%.

3.2.3 Pengujian Keakuratan Sensor Berat HX711

Pada pengujian ini dilakukan uji berat sampah dengan membandingkan hasil dari timbangan digital dengan hasil dari sensor berat. Pada **Error! Reference source not found.** ditampilkan diagram hasil pengujian pengukuran keakurasian dari sensor berat HX711, dimana ditemukan sedikit selisih antara pengukuran sensor berat HX711 dengan timbangan digital. Data hasil selisih berkisar dari 0 Kg – 0,1 Kg perbedaan selisih dengan *error rate* keseluruhan < 5%. Sehingga dapat diketahui bahwa tingkat keakurasian sensor berat HX711 dari 10 kali pengujian seperti dalam (2).

$$100\% - 1,74\%(\text{rata-rata error rate}) = 98,26\%. \tag{2}$$

Maka sensor berat sampah berbahaya HX711 ini memiliki tingkat keakurasian sebesar 98,26%.

Tabel 4 Tabel Pengujian Sensor Berat Sampah Berbahaya

Pengujian ke-	Timbangan Digital (Kg)	Berat Dari Sensor HX711 (Kg)	Error (%)
1	0,50	0,515	3,000
2	1,00	1,035	3,500
3	1,50	1,549	3,266
4	2,00	2,009	0,450
5	2,50	2,532	1,280
6	3,00	2,988	0,400
7	3,50	3,535	1,000
8	4,00	3,946	1,350
9	4,50	4,405	2,100
10	5,00	4,948	1,020

3.2.4 Pengujian Penggunaan Listrik

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran penggunaan listrik dari baterai pada sistem MSTB. Pada **Error! Reference source not found.** dapat dilihat hasil pengujian penggunaan listrik dari baterai pada sistem MSTB dalam kondisi *standby*. Penggunaan listrik dan lama pemakaian baterai didapat menggunakan perhitungan seperti dalam (3).

$$\begin{aligned} \text{Total Daya} &= 3,64\text{W}+0,075\text{W}+0,033\text{W}+0,033\text{W} = 3,780\text{W} \\ \text{Total Arus} &= 0,7\text{A}+0,015\text{A}+0,010\text{A}+0,010\text{A} = 0,735\text{A} \end{aligned} \quad (3)$$

Waktu Pemakaian dengan Baterai 12000mAh dihitung seperti dalam (4).

$$\begin{aligned} 12000\text{mAh} &= 12\text{Ah} \\ 12\text{Ah}/0,735\text{A} &= 16,326 \text{ jam} - \text{dieffisiensi baterai } 20\% \\ &= 16,326 \text{ jam} - 3,265 \text{ jam} \\ &= 13,061 \text{ jam} \end{aligned} \quad (4)$$

Dengan perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan listrik total MSTB dalam keadaan *standby* ini adalah 3,780Watt. Dengan menggunakan kapasitas baterai 12000mAh maka didapatkan lama waktu pemakaian dari MSTB ini adalah selama 13 Jam 3 Menit 40 Detik.

Tabel 5. Penggunaan Daya Alat Standby

No	Alat	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	Raspberry Pi 3b+	5,2	0,700	3,640
2	Sensor Ultrasonic	4,98	0,015	0,075
3	Motor Servo Buka Tutup	5,1	0	0
4	Motor Servo Pemilahan	5,1	0	0
5	Hx711 Berat Berbahaya	3,3	0,010	0,033
6	Hx711 Berat Tidak Berbahaya	3,3	0,010	0,033
7	Dinamo DC Kanan	11,5	0	0
8	Dinamo DC Kiri	11,5	0	0

Pada **Error! Reference source not found.** dapat dilihat hasil pengujian penggunaan daya baterai pada sistem MSTB yang sedang berjalan secara keseluruhan. Penggunaan listrik didapat menggunakan perhitungan, seperti dalam (5).

$$\begin{aligned} \text{Total Daya} &= 4,420\text{W}+0,075\text{W}+0,510\text{W}+1,785\text{W}+0,033\text{W}+ 0,033\text{W}+20,700\text{W} +20,700\text{W} = 48,255\text{W} \\ \text{Total Arus} &= 0,85\text{A}+0,015\text{A}+0,10\text{A}+0,35\text{A}+0,010\text{A}+0,010\text{A}+ 1,8\text{A}+1,8\text{A} = 4,935\text{A} \end{aligned} \quad (5)$$

Waktu Pemakaian dengan Baterai 12000mAh, seperti dalam (6).

$$\begin{aligned} 12000\text{mAh} &= 12\text{Ah} \\ 12\text{Ah}/4,935\text{A} &= 2,431 \text{ jam} - \text{dieffisiensi baterai } 20\% \\ &= 2,431 \text{ jam} - 0,486 \text{ jam} \\ &= 1,945 \text{ jam} \end{aligned} \quad (6)$$

Dengan perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan listrik total MSTB dalam keadaan *running* ini adalah 48,255Watt. Dengan menggunakan kapasitas baterai 12000mAh maka didapatkan lama waktu pemakaian dari MSTB ini adalah selama 1 Jam 56 Menit 42 Detik.

Tabel 6. Tabel Penggunaan Daya Alat Running

No	Alat	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	Raspberry Pi 3b+	5,2	0,850	4,420
2	Sensor Ultrasonic	4,98	0,015	0,075
3	Motor Servo Buka Tutup	5,1	0,100	0,510
4	Motor Servo Pemilahan	5,1	0,350	1,785
5	Hx711 Berat Berbahaya	3,3	0,010	0,033
6	Hx711 Berat Tidak Berbahaya	3,3	0,010	0,033

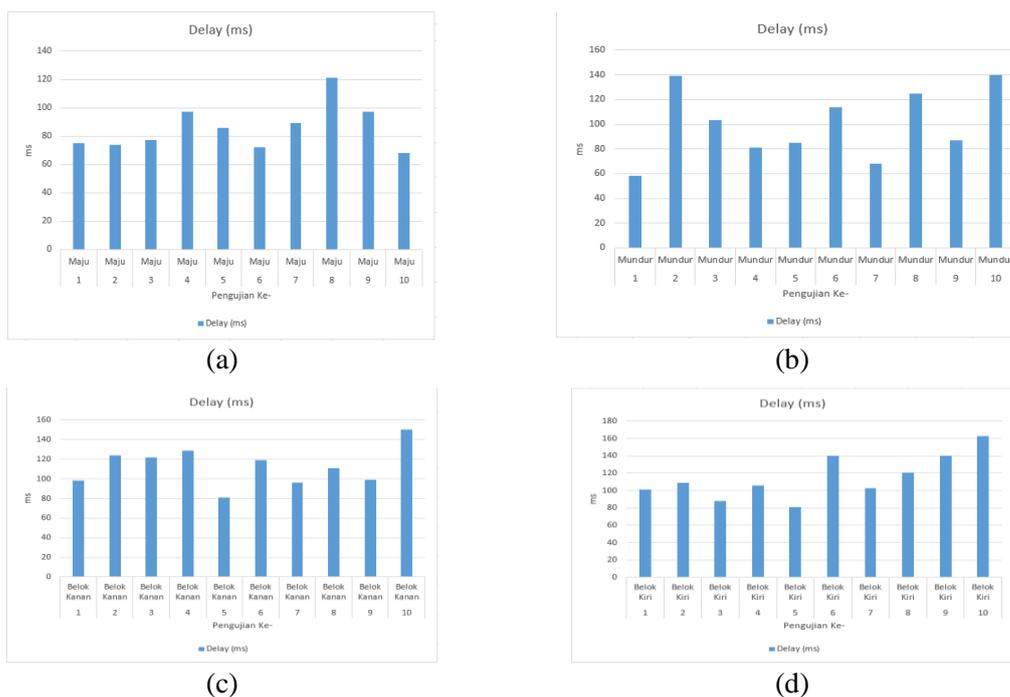
No	Alat	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
7	Dinamo DC Kanan	11,5	1,800	20,700
8	Dinamo DC Kiri	11,5	1,800	20,700

3.3 Pengujian Konektivitas

Pada tahap ini dilakukan pengujian konektivitas dari modul – modul yang ada pada MSTB. Pertama adalah pengujian delay kontrol dan pengujian delay pengiriman data berat sampah. Selanjutnya dibahas kedua pengujian tersebut.

3.3.1 Pengujian Delay Kontrol

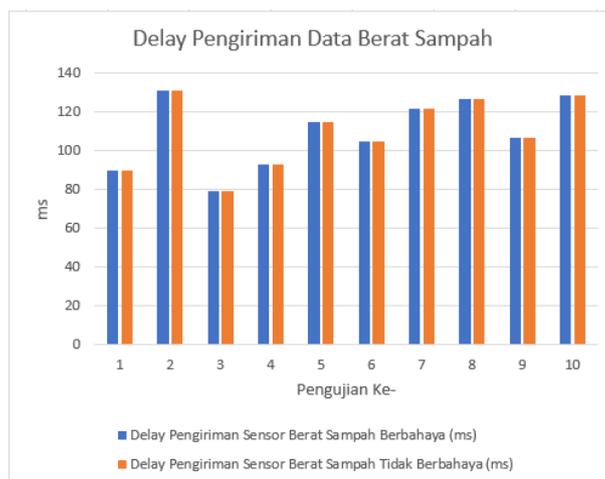
Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk mengetahui *delay* dari pergerakan robot ketika diberikan perintah. Pada Gambar 4(a) ditampilkan diagram hasil pengujian pengukuran *delay* dinamo ketika mendapatkan perintah maju. Ditemukan rata-rata *delay* yang didapatkan dari pengujian dinamo kontrol maju tersebut adalah 85,6ms. Pada Gambar 4(b) ditampilkan diagram hasil pengujian pengukuran *delay* dinamo ketika mendapatkan perintah maju. Ditemukan rata-rata *delay* yang didapatkan dari pengujian dinamo kontrol mundur tersebut adalah 100ms. Pada Gambar 4(c) ditampilkan diagram hasil pengujian pengukuran *delay* dinamo ketika mendapatkan perintah maju. Ditemukan rata-rata *delay* yang didapatkan dari pengujian dinamo kontrol mundur tersebut adalah 112,9ms. Pada Gambar 4(d) ditampilkan diagram hasil pengujian pengukuran *delay* dinamo ketika mendapatkan perintah maju. Ditemukan rata-rata *delay* yang didapatkan dari pengujian dinamo kontrol mundur tersebut adalah 115,2ms.



Gambar 4. (a) Diagram Delay Dinamo Kontrol Maju, (b) Delay Dinamo Kontrol Mundur, (c) Delay Dinamo Kontrol Belok Kanan, dan (d) Delay Dinamo Kontrol Belok Kiri

3.3.2 Pengujian Delay Pengiriman Data Berat Sampah

Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk mengetahui *delay* pengiriman dari sensor berat sampah ke server. Pada Gambar 5 ditampilkan diagram hasil pengujian pengukuran *delay* Pengiriman kedua data berat sampah yaitu sampah berbahaya dan tidak berbahaya. Hasil *delay* yang didapatkan dari kedua sensor sama dikarenakan sampah berbahaya dan tidak berbahaya dikirim secara bersamaan. Ditemukan rata-rata *delay* yang didapatkan dari pengujian kedua sensor berat tersebut adalah 112,8ms.



Gambar 5. Diagram Delay Pengiriman Data Berat Sampah

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah dicapai dalam penelitian ini, ada beberapa kesimpulan:

- 1) Pengujian fungsionalitas sistem secara keseluruhan telah memberikan hasil bahwa sistem telah berjalan sesuai dengan desain.
- 2) Sistem buka tutup otomatis dapat bekerja pada tingkat akurasi sensor ultrasonik yaitu sebesar 97,18% dan akurasi motor servo pada 0 derajat berada pada 100% dan akurasi motor servo pada 90 derajat berada pada 100%.
- 3) Sistem pendeteksi pemberat sampah dapat melakukan pembacaan pada tingkat akurasi 98,65% dan memiliki kinerja delay rata-rata 112,8 ms.
- 4) Sistem kendali robot dapat bekerja dengan memiliki performansi delay rata-rata sebesar 85.6ms pada perintah forward, pada perintah backward rata-rata delay sebesar 100ms, pada command turn kanan mendapat delay rata-rata 112.9ms, dan pada perintah belok kiri mendapatkan penundaan rata-rata 115.2ms.
- 5) Total pemakaian listrik MSTB dalam keadaan standby adalah 3.780Watt, dengan waktu pemakaian 13 Jam 3 Menit 40 Detik. Total pemakaian listrik MSTB dalam keadaan berjalan adalah 48.255Watt, dengan waktu pemakaian 1 Jam 56 Menit 42 Detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Politeknik Negeri Jakarta melalui program penelitian Penelitian Bidang Ilmu dan Pengembangan Institusi 2022 dengan nomor hibah B.471/PL3.18/PT.00.06/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Q. Zhang, Q. Yang, X. Zhang, Q. Bao, J. Su, and X. Liu, "Waste image classification based on transfer learning and convolutional neural network," *Waste Manag.*, vol. 135, no. August, pp. 150–157, 2021, doi: 10.1016/j.wasman.2021.08.038.
- [2] F. Uguz, A. Kirkas, T. Yalvac, K. M. Gundogan, and K. Gezginc, "Is there a higher prevalence of mood and anxiety disorders among pregnant women during the COVID-19 pandemic? A comparative study," *J. Psychosom. Res.*, vol. 155, no. January, p. 110725, 2022, doi: 10.1016/j.jpsychores.2022.110725.
- [3] K. Xiang, W.-J. Huang, F. Gao, and Q. Lai, "COVID-19 prevention in hotels: Ritualized host-guest interactions," *Ann. Tour. Res.*, vol. 93, p. 103376, 2022, doi: 10.1016/j.annals.2022.103376.
- [4] D. Cudjoe, H. Wang, and B. zhu, "Thermochemical treatment of daily COVID-19 single-use facemask waste: Power generation potential and environmental impact analysis," *Energy*, p. 123707, 2022, doi: 10.1016/j.energy.2022.123707.
- [5] T. Chowdhury, H. Chowdhury, M. S. Rahman, N. Hossain, A. Ahmed, and S. M. Sait, "Estimation of the healthcare waste generation during COVID-19 pandemic in Bangladesh," *Sci. Total Environ.*, vol. 811, p. 152295, 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.152295.
- [6] M. Ranjbari, Z. Shams Esfandabadi, S. Gautam, A. Ferraris, and S. D. Scagnelli, "Waste management beyond the COVID-19 pandemic: Bibliometric and text mining analyses," *Gondwana Res.*, no. xxxx, 2022,

- doi: 10.1016/j.gr.2021.12.015.
- [7] L. Long, "Research on status information monitoring of power equipment based on Internet of Things," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 281–286, 2022, doi: 10.1016/j.egy.2022.01.018.
 - [8] P. P. Ray, "A survey on Internet of Things architectures," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 30, no. 3, pp. 291–319, 2018, doi: 10.1016/j.jksuci.2016.10.003.
 - [9] F. Nahdi and H. Dhika, "Analisis Dampak Internet of Things (IoT) Pada Perkembangan Teknologi di Masa Yang Akan Datang," 2021.
 - [10] F. Fadel, "The Design and Implementation of Smart Trash Bin," *Acad. J. Nawroz Univ.*, vol. 6, no. 3, pp. 141–148, 2017, doi: 10.25007/ajnu.v6n3a103.
 - [11] H. Hassan, F. Saad, and M. S. Mohd Raklan, "A Low-Cost Automated Sorting Recycle Bin powered by Arduino Microcontroller," *Proc. - 2018 IEEE Conf. Syst. Process Control. ICSPC 2018*, no. December, pp. 182–186, 2018, doi: 10.1109/SPC.2018.8704146.
 - [12] M. Karthik, L. Sreevidya, R. Nithya Devi, M. Thangaraj, G. Hemalatha, and R. Yamini, "An efficient waste management technique with IoT based smart garbage system," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, pp. 7–10, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.07.179.
 - [13] M. Syafaat, W. F. Safari, and S. Wahyu, "Perancangan Dan Pembuatan Mobile Robot Smart Trash Bin Berbasis Bluetooth HC-05," *J. Tek.*, vol. 9, no. 2, pp. 78–86, 2020, doi: 10.31000/jt.v9i2.3623.
 - [14] P. Casado, J. M. Blanes, C. Torres, C. Orts, D. Marroquí, and A. Garrigós, "Raspberry Pi based photovoltaic I-V curve tracer," *HardwareX*, vol. 11, p. e00262, 2022, doi: 10.1016/j.ohx.2022.e00262.