

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISA

5.1 Tujuan dan Prosedur Pengukuran dan Pengujian

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa sistem tong sampah pintar berbasis ESP32 dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi dan rancangan yang telah dibuat. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja masing masing komponen serta memastikan seluruh bagian sistem dapat bekerja secara terintegrasi dalam proses pendeteksian, klasifikasi, dan pemilahan sampah logam dan nonlogam. Selain itu, pengujian bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor induktif dan sensor kapasitif dalam mendeteksi objek berdasarkan karakteristik materialnya. Pengujian juga dilakukan terhadap sensor ultrasonik untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi tingkat kepenuhan tempat sampah, serta terhadap motor servo untuk memastikan mekanisme pemilahan dapat bergerak sesuai dengan hasil klasifikasi yang diperoleh.

Pada tahap persiapan pengujian, seluruh komponen dan rangkaian dipastikan telah terpasang dengan baik dan sistem berada dalam kondisi siap digunakan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beberapa jenis sampah sebagai objek uji untuk mengetahui respons sensor dan mekanisme pemilahan. Setiap hasil deteksi dicatat dan dibandingkan dengan kategori sampah yang sebenarnya untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan klasifikasi. Selanjutnya, dilakukan pengujian tingkat kepenuhan tempat sampah dengan memberikan variasi jarak objek terhadap sensor ultrasonik. Pengujian motor servo dilakukan dengan mengamati pergerakan mekanisme pemilah berdasarkan hasil deteksi sampah. Pengukuran parameter kelistrikan dilakukan menggunakan sensor INA219 untuk mengetahui kondisi tegangan, arus, dan daya selama sistem beroperasi. Data hasil pengukuran dan pengujian kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan analisis kinerja sistem secara keseluruhan.

Data pengujian pemilahan sampah logam dan nonlogam kemudian dikirim ke aplikasi Blynk untuk memverifikasi fungsionalitas monitoring jarak jauh. Berikut merupakan beberapa prosedur pengukuran dan pengujian yang dilakukan pada sistem tong sampah pintar ;

1. Langkah pertama adalah menyusun dan memeriksa rangkaian alat dengan memastikan posisi setiap komponen telah sesuai dengan rancangan. Komponen yang diperiksa meliputi ESP32, sensor induktif, sensor kapasitif, sensor ultrasonik, sensor INA219, LCD, serta servo sebagai mekanisme pemilah sampah.
2. Seluruh peralatan yang akan digunakan dipersiapkan dan diperiksa terlebih dahulu untuk memastikan setiap komponen dapat berfungsi dengan baik. Pemeriksaan dilakukan pada koneksi ESP32, sensor pendeteksi jenis sampah, sensor ultrasonik untuk pengukuran kapasitas tempat sampah, sensor INA219 untuk pengukuran tegangan, arus, dan daya, serta mekanisme servo.
3. Sistem alat kemudian diaktifkan dan dilakukan pengujian pendeteksian jenis sampah dengan memasukkan sampel sampah logam dan non-logam secara bergantian. Hasil pembacaan sensor diamati untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membedakan jenis sampah serta mengarahkan sampah ke tempat yang sesuai melalui mekanisme servo.
4. Pengujian kapasitas tempat sampah dilakukan menggunakan sensor ultrasonik dengan memberikan variasi kondisi isi pada masing-masing tempat sampah. Hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan kondisi aktual untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi tingkat kapasitas tempat sampah.
5. Pengujian sistem monitoring dilakukan dengan mengamati parameter kelistrikan yang diperoleh dari sensor INA219, meliputi tegangan, arus, dan daya. Data hasil pengukuran kemudian ditampilkan pada platform Blynk untuk mengetahui kemampuan sistem dalam melakukan pemantauan kondisi alat.

6. Pengujian sistem pencatatan data dilakukan dengan mengirimkan data dari ESP32 secara langsung ke Google Spreadsheet. Data yang dikirim meliputi hasil pembacaan tegangan, arus, daya, jumlah sampah logam, jumlah sampah non-logam, serta kondisi kapasitas tempat sampah. Pengujian dilakukan dengan mengamati kesesuaian data yang ditampilkan pada Blynk dan data yang tersimpan pada Google Spreadsheet.
7. Pengujian terakhir dilakukan untuk mengevaluasi kinerja keseluruhan sistem berdasarkan hasil pendeteksian jenis sampah, keberhasilan mekanisme pemilahan, pembacaan kapasitas tempat sampah, pengukuran parameter kelistrikan, serta proses pengiriman dan pencatatan data. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam menjalankan fungsi yang telah dirancang.

5.2 Pengujian Sensor Poximity Induktif LJ12A3-4-Z/BY PNP

Pengujian sensor induktif dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan benda berbahan logam pada sistem pemilahan sampah. Pengujian dilakukan dengan memberikan beberapa sampel benda logam pada area pendeteksian sensor. untuk mengetahui apakah benda yang diberikan dapat terdeteksi sebagai sampah logam. Hasil pengujian sensor Induktif dapat dilihat pada **tabel 5.1**

Tabel 5. 1 *Pengujian Sensor Proximity Induktif LJ12A3-4-Z/BY PNP*

Tanggal	Waktu	Jenis Objek sampah	klasifikasi	Jumlah Logam terdeteksi	Jumlah Nonlogam terdeteksi
03/09/2026	17.14.44	Kaleng minuman	LOGAM	1	0
03/09/2026	17.15.04	Kaleng Pengharum Ruangan	LOGAM	2	0
03/09/2026	17.15.28	Tumblr Logam bekas	LOGAM	3	0
03/09/2026	17.15.39	Kaleng minuman	LOGAM	4	0
03/09/2026	17.15.47	Sendok	LOGAM	5	0

5.3 Pengujian Sensor Proximity Kapasitif LJC18A3

Pengujian sensor kapasitif dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan objek non-logam pada sistem pemilahan sampah. Pengujian dilakukan dengan memberikan beberapa sampel objek non-logam pada area pendeteksian sensor. **Tabel 5.2** menunjukkan hasil pengujian Sensor Kapasitif

Tabel 5. 2 *Pengujian Sensor Proximity Kapasitif LJC18A3*

Tanggal	Waktu	Jenis Objek sampah	klasifikasi	Jumlah Logam terdeteksi	Jumlah Nonlogam terdeteksi
03/09/2026	17.16.13	Botol Handbody bekas	NON-LOGAM	5	1
03/09/2026	17.16.35	Buku Bekas	NON-LOGAM	5	2
03/09/2026	17.16.42	Gelas Plastik	NON-LOGAM	5	3
03/09/2026	17.17.14	Botol Sunscreen bekas	NON-LOGAM	5	4
03/09/2026	17.17.23	Gelas Plastik	NON-LOGAM	5	5

5.4 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mengukur jarak dan menentukan tingkat kapasitas isi pada masing-masing tempat sampah. Sensor ultrasonik digunakan untuk memantau kondisi bak sampah logam dan non-logam berdasarkan jarak antara sensor dengan permukaan sampah. **Tabel 5.3** merupakan tabel pengujian sensor dengan jarak aktual.

Tabel 5. 3 *Pengujian Sensor Ultrasonik pada Bak Logam dan Nonlogam*

Kondisi Bak	Jarak Aktual HC-SR04	Level Bak(%)	Durasi Echo
Penuh	≤ 5 cm	100%	294,12 μ s
Hampir Penuh	10 cm	$\pm 75\%$	588,24 μ s
Setengah	15 cm	$\pm 50\%$	882 μ s

Kondisi Bak	Jarak Aktual HC-SR04	Level Bak(%)	Durasi Echo
Hampir Kosong	20 cm	$\pm 25\%$	1.176 μs
Kosong	$\geq 24/26$ cm	0%	1.412 μs

Pengujian dilakukan dengan mengamati nilai jarak yang diperoleh sensor melalui **Serial Monitor** pada ESP32. Pengukuran jarak dihitung dengan **persamaan 2.3** dan mendapatkan nilai durasi echo pada **tabel 5.3** dengan nilai kerambatan udara 0,034 dilakukan dengan memberikan variasi kondisi isi pada tempat sampah, mulai dari kondisi kosong hingga kondisi penuh. Nilai jarak yang diperoleh kemudian dikonversikan oleh sistem menjadi persentase kapasitas isi tempat sampah. Pada program yang digunakan, jarak 24 cm atau lebih menunjukkan kondisi bak kosong dengan persentase 0%, sedangkan jarak 5 cm atau kurang menunjukkan kondisi bak penuh dengan persentase 100%. Nilai dsd antara kedua jarak tersebut akan dikonversikan menjadi persentase kapasitas sesuai dengan program yang telah dibuat. Hasil pengujian kemudian dicatat untuk mengetahui kesesuaian antara kondisi aktual isi tempat sampah dengan persentase kapasitas yang ditampilkan oleh sistem.

5.5 Pengujian Sensor INA219

Pengujian sensor INA219 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam melakukan pengukuran parameter kelistrikan pada sistem, meliputi tegangan, arus, dan daya. Hasil pembacaan sensor diperoleh melalui ESP32 dan ditampilkan pada **Serial Monitor** serta digunakan sebagai data monitoring pada sistem Blynk.

PV		
Tegangan	:	8.79 V
Arus	:	4.60 mA
Daya	:	40.00 mW
=====		

Metal Shorter By Anandya •		
Voltage	Arus	Watt
8,81 ^v	4,1 ^{mA}	40 ^{mW}

Gambar 5. 1 Pengujian Sensor INA219

Pengujian Sensor INA219 dilakukan pada **Gambar 5.1** dengan mengaktifkan sistem kemudian mengamati nilai tegangan, arus, dan daya yang terbaca oleh sensor INA219. Nilai hasil pengukuran dicatat pada beberapa kondisi pengoperasian alat untuk mengetahui perubahan parameter kelistrikan selama sistem bekerja.

5.6 Pengujian Servo MG996R

Pengujian servo dilakukan untuk mengetahui kemampuan servo dalam mengarahkan sampah ke tempat pemilahan yang sesuai berdasarkan hasil deteksi sensor. Pada sistem ini terdapat dua servo, yaitu Servo A untuk jalur sampah logam dan Servo B untuk jalur sampah non-logam.



Gambar 5. 2 Posisi awal flap yang digerakkan servo MG996R



Gambar 5. 3 Posisi Flap Servo Bak Logam Terbuka



Gambar 5. 4 Posisi Flap Servo Bak NonLogam Terbuka

Pengujian Servo Pada **Gambar 5.2**, **Gambar 5.3** dan **Gambar 5.4** dilakukan dengan memberikan objek logam dan non-logam secara bergantian pada sistem. Setelah sensor menentukan jenis objek, diamati apakah servo yang sesuai bergerak ke posisi buka dan kemudian kembali ke posisi semula. Hasil pengujian dicatat berdasarkan kesesuaian pergerakan servo dengan jenis objek yang terdeteksi.

5.7 Pengujian LCD 16 x 2

Pengujian dilakukan dengan mengaktifkan sistem dan mengamati tampilan LCD pada beberapa kondisi pengoperasian. Pada kondisi awal, LCD diamati untuk memastikan informasi sistem dapat ditampilkan dengan baik. Selanjutnya, sampel

logam dan non-logam dimasukkan secara bergantian untuk mengetahui apakah informasi jenis sampah dan perubahan jumlah sampah pada **Gambar 5.5** LCD sesuai dengan hasil deteksi sistem.



Gambar 5. 5 Tampilan LCD sesuai dengan Program

5.8 Pengujian Ketahanan Catu Daya 24 Jam

Pengujian ini dilakukan dalam 2 kondisi untuk mengetahui Ketahanan catu daya alat. Pengujian dengan 2 kondisi ini dilakukan dengan metode sebagai berikut

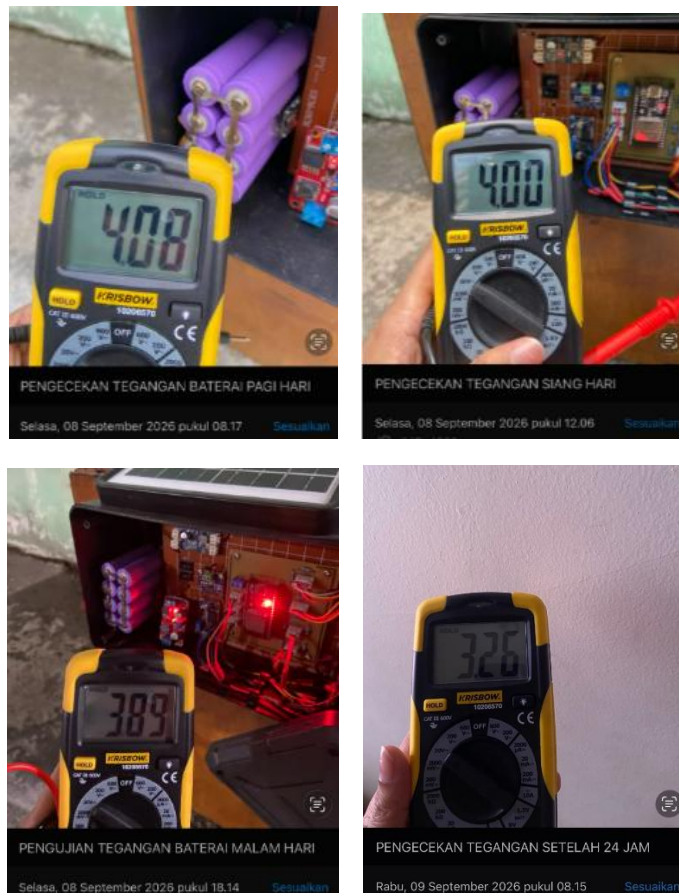
5.8.1 Alat Kondisi *standby* 24 Jam : Sistem aktif, Fungsi Pemilahan digunakan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan tegangan baterai saat sistem beroperasi dan melakukan proses pemilahan. Pengujian pemilahan dilakukan sebanyak 90 kali, yang terdiri dari 45 kali untuk klasifikasi logam dan 45 kali untuk klasifikasi nonlogam. Pengukuran tegangan baterai dilakukan secara langsung menggunakan multimeter pada empat periode waktu, yaitu pagi hari, siang hari, malam hari, dan pagi hari berikutnya. Pengujian dilakukan mulai tanggal 8 September 2026 pukul 08.17 WIB hingga tanggal 9 September 2026 pukul 08.15 WIB. **Tabel 5.4** merupakan hasil pengujian sistem aktif dengan pemilahan selama 24 jam

Tabel 5. 4 Hasil Pengujian sistem aktif pemilahan beroperasi

PENGUJIAN CATU DAYA SISTEM STANDBY 24 JAM FUNGSI PEMILAHAN AKTIF				
Periode	Waktu	Tegangan Baterai (V)	Jumlah Pemilahan	Kondisi sistem
Pagi	08.15	4,08	30	Aktif

PENGUJIAN CATU DAYA SISTEM STANDBY 24 JAM FUNGSI PEMILAHAN AKTIF				
Siang	12.06	4	30	Aktif
Malam	18.14	3,89	30	Aktif
Pagi berikutnya	08.15	3,26	0	Aktif

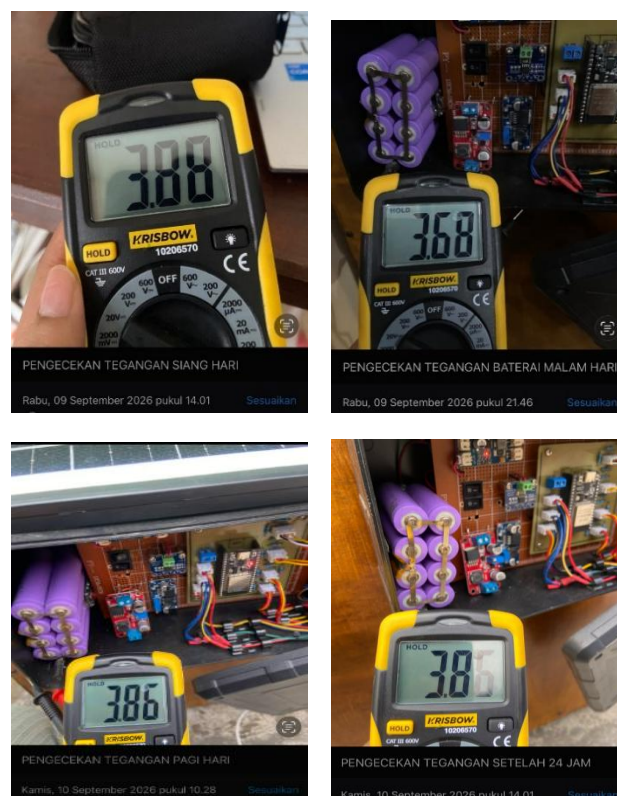


Gambar 5. 6 Pengukuran Tegangan Baterai

Berdasarkan pada **Gambar 5.6** pengukuran diatas, Berdasarkan tegangan baterai mengalami penurunan selama sistem beroperasi selama 24 jam. Tegangan awal sebesar 4,08 V pada pagi hari menurun menjadi 4,00 V pada siang hari dan 3,89 V pada malam hari. Pada pagi hari berikutnya, tegangan baterai tercatat sebesar 3,26 V. Penurunan tegangan menunjukkan adanya penggunaan energi baterai selama sistem melakukan proses pemilahan sebanyak 90 kali.

5.8.2 Alat Kondisi *standby* 24 Jam : Sistem Aktif, Fungsi Pemilahan Tidak digunakan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan tegangan baterai ketika sistem dalam kondisi aktif tanpa melakukan proses pemilahan. Sistem dibiarkan beroperasi selama 24 jam, sedangkan pengukuran tegangan baterai dilakukan pada empat periode waktu, yaitu siang hari, malam hari, pagi hari, dan siang hari berikutnya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan tegangan baterai ketika sistem aktif tanpa adanya aktivitas pemilahan. Pengujian dilakukan dimulai pada tanggal 9 September 2026 jam 14.01 siang hari hingga tanggal 10 September 2026 jam 14.01. ditunjukkan pada **Gambar 5.7** yang merupakan pengujian tegangan baterai. **Tabel 5.5** merupakan hasil pengujian sistem aktif 24 tanpa pemilahan



Gambar 5. 7 Pengujian Tegangan Baterai

Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Tegangan 24 jam

PENGUJIAN CATU DAYA SISTEM STANDBY 24 JAM FUNGSI PEMILAHAN TIDAK AKTIF				
Periode	Waktu	Tegangan Baterai (V)	Jumlah Pemilahan	Kondisi sistem
Siang	14.01	3,88	0	Aktif
Malam	22.10	3,68	0	Aktif
Pagi	09.00	3,86	0	Aktif
Siang	14.01	3,86	0	Aktif

Berdasarkan **Tabel 5.5**, dilakukan pengujian catu daya selama 24 jam pada kondisi sistem aktif tanpa menggunakan fungsi pemilahan. Pengujian dimulai pada pukul 14.01 dengan tegangan baterai sebesar 3,88 V. Pada pukul 22.10, tegangan baterai menurun menjadi 3,68 V. Selanjutnya, pada pukul 09.00 hari berikutnya, tegangan meningkat menjadi 3,86 V dan pada pukul 14.01 tetap berada pada 3,86 V. Selama pengujian berlangsung tidak terdapat proses pemilahan sehingga jumlah pemilahan tetap 0. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem tetap aktif selama 24 jam meskipun fungsi pemilahan tidak digunakan, dengan perubahan tegangan baterai dari 3,88 V menjadi 3,86 V pada akhir pengujian.

5.8.3 Perhitungan Kebutuhan Energi Sistem

Perhitungan kebutuhan energi dilakukan untuk mengetahui konsumsi daya masing-masing komponen dan total energi yang dibutuhkan sistem selama 24 jam. Komponen utama yang diperhitungkan meliputi ESP32, dua sensor HC-SR04, sensor proximity induktif, sensor proximity kapasitif, LCD 16×2, INA219, dan dua motor servo. Dengan diperhitungkan dengan **persamaan 2.8** berikut :

$$E_{sistem} = E_{ESP32} + E_{Ultrasonik} + E_{induktif} + E_{kapasitif} + E_{LCD} + E_{INA219} + E_{servo}$$

$$E_{sistem} = 28,80 + 3,60 + 1,20 + 1,56 + 0,12 + 0,12 + 0,15625$$

$$E_{sistem} = 35,56 \text{ Wh}$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan energi sistem membutuhkan energi 35,56 Wh selama 24 jam, dengan energi efisiensi 85% adalah 41,84 Wh. Kemudian menentukan Energi Nominal Baterai :

Langkah selanjutnya menentukan nilai Energi keseluruhan dengan efisiensi 85%:

$$E = \frac{35,56 \text{ Wh}}{0,85} = 41,84 \text{ Wh}$$

Dan menentukan Jumlah Baterai yang dipakai :

$$\begin{aligned} \text{baterai} &= \frac{41,84 \text{ Wh}}{10,175 \text{ Wh}} \\ &= 4,11 \\ &= 5 \text{ cell} \end{aligned}$$

Energi Nominal Baterai :

$$\begin{aligned} E_{nominalbaterai} &= 3,7 \text{ V} \times 2,750 \text{ mAh} \\ &= 10,175 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Menentukan kapasitas 5 cell baterai :

$$\begin{aligned} &= 5 \times 2.750 \text{ mAh} \\ &= 13.750 \text{ mAh} = 13,75 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Maka Energi Nominal 5 Baterai tersebut :

$$\begin{aligned} E_{nominal} &= 3,7 \times 13,75 \text{ Ah} \\ &= 50,875 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Maka Energi Efektif baterai dengan nilai 85%:

$$E \text{ efektif baterai} = \frac{50,875 \text{ Wh}}{0,85} = 43,24 \text{ Wh}$$

Maka Daya Panel dengan nilai efisiensi 85% dengan persamaan 2.7:

$$P_{panel} = \frac{E_{sistem}}{t \times \eta}$$

$$P_{panel} = \frac{35,56}{9 \times 0,85} = 4,65 \text{ W}$$

Dan Arus untuk Panel adalah :

$$I_{panel} = \frac{10,175 \text{ Wh}}{9 \text{ jam}}$$

$$= 1,13 \text{ A}$$

$$= 2 \text{ A (nilai pembulatan)}$$

Maka Panel dengan Tegangan 5V yang perlu digunakan :

$$P = V \times I$$

$$= 5V \times 2A$$

$$= 10W$$

Berdasarkan perhitungan diatas dengan spesifikasi Panel surya 5V 10 W diatas dapat memenuhi kebutuhan sistem secara 24 jam

5.9 Pengujian Akurasi

Pengujian Akurasi Pemilahan klasifikasi sampah secara selang seling dilakukan untuk mengetahui sistem dalam mendeteksi dan mengklasifikasi sampah berdasarkan jenis, dengan 2 klasifikasi yaitu logam dan nonlogam.

Tabel 5. 6 Pengujian Akurasi Pemilahan

Tanggal	Waktu	Jumlah Logam terdeteksi	Jumlah Nonlogam terdeteksi	klasifikasi	Status
03/09/2026	17.40.33	1	1	LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.40.41	1	2	NON-LOGAM	TERDETEKSI

Tanggal	Waktu	Jumlah Logam terdeteksi	Jumlah Nonlogam terdeteksi	klasifikasi	Status
03/09/2026	17.40.48	2	2	LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.40.56	2	3	NON-LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.41.04	3	3	LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.41.12	3	4	NON-LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.41.20	4	4	LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.41.27	4	5	NON-LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.41.35	5	5	LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.41.47	5	6	NON-LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.41.56	6	6	LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.42.06	6	7	NON-LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.42.14	7	7	LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.42.24	7	8	NON-LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.42.30	8	8	LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.42.50	8	9	NON-LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.43.00	9	9	LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.43.33	9	10	NON-LOGAM	TERDETEKSI
03/09/2026	17.43.41	10	10	LOGAM	TERDETEKSI

Berdasarkan **Tabel 5.6**, pengujian akurasi sistem dilakukan sebanyak 20 kali dengan memberikan sampah logam dan nonlogam secara bergantian. Dari 20 kali pengujian, sebanyak 10 sampah logam dan 10 sampah nonlogam berhasil

dideteksi dan diklasifikasikan sesuai jenisnya. Seluruh hasil pengujian menunjukkan status “TERDETEKSI” dan tidak terdapat kesalahan klasifikasi. Berdasarkan perhitungan dengan **persamaan akurasi 2.2** jumlah pengujian benar sebanyak 20 dari total 20 pengujian, diperoleh nilai akurasi sebesar 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan klasifikasi sampah logam dan nonlogam sesuai dengan hasil pengujian yang dilakukan.

5.9.1 Pengujian konsistensi Sistem Klasifikasi

Pengujian Konsistensi sistem dilakukan untuk mengetahui sistem dalam melakukan klasifikasi sampah secara berulang. Pengujian dilakukan sebanyak 45 kali untuk sampah logam dan nonlogam dibagi dalam 3 waktu yaitu, pagi hari, siang hari, dan malam hari.

PENGUJIAN LOGAM DAN NONLOGAM PAGI HARI										
Tanggal	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Bak Logam (%)	Bak NonLogam(%)	Logam	Nonlogam	Klasifikasi	Status
08/09/2026	08.07.12	10.21	0,22222222	52.00.00	0	0	1	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.07.20	10.21	05.00	52.00.00	0	0	2	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.07.29	10.19	05.00	52.00.00	0	0	3	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.07.38	10.22	05.00	50.00.00	0	0	4	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.07.46	10.23	05.20	52.00.00	0	0	5	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.07.55	10.23	05.00	52.00.00	0	0	6	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.08.20	10.23	05.00	50.00.00	0	0	7	1	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.08.56	10.23	05.20	52.00.00	0	0	10	1	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.09.09	10.23	05.00	50.00.00	0	0	11	1	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.09.16	10.23	0,22222222	52.00.00	0	0	12	1	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.09.25	10.23	05.00	52.00.00	0	0	13	1	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.09.33	10.24	05.20	50.00.00	0	0	14	1	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.09.40	10.24	0,22222222	52.00.00	0	0	15	1	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.10.42	10.25	0,22222222	50.00.00	0	0	0	1	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.10.59	10.25	05.00	50.00.00	0	0	0	3	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.11.06	10.25	05.20	52.00.00	0	0	0	4	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.11.16	10.25	05.00	52.00.00	0	0	0	5	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.11.24	10.26	0,22222222	52.00.00	0	0	0	6	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.11.59	10.25	05.00	52.00.00	0	0	0	7	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.12.37	10.26	0,22222222	52.00.00	0	0	0	8	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.12.48	10.26	0,20833333	52.00.00	0	0	0	9	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.13.00	10.26	05.00	50.00.00	0	0	0	10	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.13.08	10.26	05.20	52.00.00	0	0	0	11	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.13.15	10.26	0,20833333	52.00.00	0	0	0	12	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.13.26	10.26	05.00	50.00.00	0	0	0	13	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.13.36	10.26	0,22222222	52.00.00	0	0	0	14	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	08.13.46	10.26	05.00	52.00.00	0	0	0	15	NON-LOGAM	TERDETEKSI

PENGUJIAN LOGAM DAN NONLOGAM SIANG HARI

Tanggal	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Bak Logam (%)	Bak NonLogam(%)	Logam	Nonlogam	Klasifikasi	Status
08/09/2026	12:10:40	11.00	05.20	56.00.00	0	0	1	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:10:47	11.02	05.50	58.00.00	0	0	2	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:10:58	11.02	05.50	58.00.00	0	0	3	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:11:08	11.01	05.50	56.00.00	0	0	4	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:11:15	11.01	05.30	58.00.00	0	0	5	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:11:22	11.01	05.50	58.00.00	0	0	6	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:11:29	11.00	05.20	58.00.00	0	0	7	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:11:38	11.00	05.20	56.00.00	0	0	8	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:11:51	11.00	05.20	58.00.00	0	0	9	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:12:00	11.00	05.30	58.00.00	0	0	10	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:12:07	11.01	05.30	56.00.00	0	0	11	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:12:15	11.00	05.50	58.00.00	0	0	12	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:12:25	11.00	05.30	58.00.00	0	0	13	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:12:45	11.00	05.20	58.00.00	0	0	14	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:12:54	11.00	05.30	56.00.00	0	0	15	0	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:13:54	10.43	05.00	50.00.00	0	0	15	3	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:14:03	10.43	05.00	56.00.00	0	0	15	4	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:14:19	10.42	05.20	56.00.00	0	0	15	6	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:14:35	10.43	05.00	56.00.00	0	0	15	7	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:14:46	10.40	05.20	52.00.00	0	0	15	8	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:14:53	10.38	05.20	52.00.00	0	0	15	9	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:15:06	10.38	05.20	52.00.00	0	0	15	10	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:15:16	10.44	05.00	52.00.00	0	0	15	11	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:15:26	10.45	0,22222222	56.00.00	0	0	15	12	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:15:51	10.44	05.20	56.00.00	0	0	15	15	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:16:01	10.41	05.00	56.00.00	0	0	15	16	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	12:16:37	10.49	0,22222222	56.00.00	0	0	15	17	NON-LOGAM	TERDETEKSI

PENGUJIAN LOGAM DAN NONLOGAM MALAM HARI										
Tanggal	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Bak Logam (%)	Bak NonLogam (%)	Logam	Nonlogam	Klasifikasi	Status
08/09/2026	18:12:24	0,052777778	00.00	00.00	0	0	16	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:12:38	0,048611111	00.00	00.00	0	0	18	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:12:45	0,047222222	00.00	00.00	0	0	19	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:14:43	0,057638889	-0.20	00.00	0	0	21	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:15:06	0,055555556	00.00	00.00	0	0	22	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:15:13	0,057638889	00.00	00.00	0	0	23	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:15:22	0,050694444	00.00	00.00	0	0	24	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:15:29	0,05	00.40	00.00	0	0	25	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:15:36	0,054166667	00.00	00.00	0	0	26	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:15:43	0,054166667	-0.20	00.00	0	0	27	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:15:50	0,052083333	00.20	00.00	0	0	28	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:15:59	0,051388889	-0.40	00.00	0	0	29	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:16:05	0,051388889	00.00	00.00	0	0	30	17	LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:16:56	0,054861111	-0.20	00.00	0	0	30	19	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:17:03	0,061111111	00.00	00.00	0	0	30	20	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:17:19	0,053472222	00.00	00.00	0	0	30	21	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:17:43	0,057638889	-0.20	00.00	0	0	30	23	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:17:51	0,05625	-0.20	00.00	0	0	30	24	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:18:33	0,055555556	-0.40	00.00	0	0	30	26	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:18:42	0,056944444	-0.40	00.00	0	0	30	27	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:18:52	0,058333333	-0.20	00.00	0	0	30	28	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:19:02	0,051388889	00.00	00.00	0	0	30	29	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:19:06	0,05	00.00	00.00	0	0	30	30	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:19:25	0,05	00.00	00.00	0	0	30	32	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:19:40	0,058333333	-0.20	00.00	0	0	30	33	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:19:55	0,051388889	00.00	00.00	0	0	30	34	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:20:10	0,05	00.00	00.00	0	0	30	35	NON-LOGAM	TERDETEKSI
08/09/2026	18:20:35	0,05	00.00	00.00	0	0	30	36	NON-LOGAM	TERDETEKSI

Berdasarkan hasil pengujian sebanyak 45 kali pada objek logam, sistem mampu memberikan hasil klasifikasi yang sesuai pada setiap percobaan. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki konsistensi dalam mendeteksi dan mengklasifikasi objek logam. Pengujian yang sama dilakukan pada objek non-logam untuk mengetahui konsistensi sistem dalam melakukan klasifikasi non-logam.

5.10 Pengujian keseluruhan sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja alat secara keseluruhan dalam menjalankan proses pemilahan sampah secara otomatis. Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan alat dari kondisi awal hingga proses pemilahan selesai, meliputi proses pendeteksian objek, penentuan jenis sampah, penggerakan servo, pembaruan informasi pada LCD, pengiriman data ke Blynk, serta pencatatan data pada Google Spreadsheet.

Pengujian dilakukan dengan memberikan sampel sampah logam dan non-logam secara bergantian pada sistem. Ketika objek terdeteksi, sensor akan menentukan jenis objek, kemudian ESP32 mengaktifkan servo yang sesuai untuk mengarahkan sampah ke tempat pemilahan. Selanjutnya, perubahan jumlah sampah dan kapasitas tempat sampah diamati melalui LCD dan Blynk, sedangkan data hasil pengukuran dicatat pada Google Spreadsheet.

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ Pengujian\ Benar}{Jumlah\ Seluruh\ Pengujian} \times 100\% \quad (2.31)$$

Hasil pengujian keseluruhan kemudian digunakan untuk mengetahui apakah setiap bagian sistem dapat bekerja secara terintegrasi sesuai dengan fungsi yang telah dirancang.