

Perancangan Pemilah Sampah Otomatis di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS)

Elian Hardiawan¹, Alma Vita Sophia^{1*}, Luqman Cahyono¹, Novita Yuliana²

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111,

²Sekolah Menengah Pertama Negeri 2 Sedati Sidoarjo, Sidoarjo 61253

*E-mail: alma@ppns.ac.id

Abstrak

Saat ini pengelolaan sampah di PPNS belum menerapkan sistem pengelolaan sampah yang ideal menurut Undang-Undang No.18 Tahun 2008, tentang pengelolaan sampah. Proses pemilahan sampah dapat mempermudah pengelolaan sampah menuju proses pengelolaan lanjutan seperti untuk daur ulang menjadi kompos dan barang yang bernilai, oleh karena itu langkah inovatif ini bertujuan untuk membuat sistem otomatis agar mempermudah dalam memilah sampah sesuai jenis. Berdasarkan permasalahan tersebut peneliti mengusulkan sebuah penerapan pemilahan sampah secara otomatis dalam memilah sampah. Tempat sampah ini mengklasifikasikan menjadi 3 jenis sampah yaitu *compostable*, *non-compostable*, dan *residue*. Cara kerja sampah ini yaitu dengan sensor proximity kapasitif, induktif, dan inframerah untuk mengklasifikasikan jenis sampah. Sistem ini dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai sistem kontrol sensor dan aktuator. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan persentase rata-rata keberhasilan servo adalah 99,85% dan persentase rata-rata masing-masing sampah *compostable* adalah 65%, *non-compostable* adalah 85%, dan *residue* adalah 85%.

Keywords: Sampah, ESP32, Proximity, Motor Servo mg-995r

1. PENDAHULUAN

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) adalah perguruan tinggi yang terus mengalami perkembangan setiap tahunnya seperti jumlah mahasiswa, tenaga kependidikan dan karyawan lainnya. Perkembangan tersebut juga berpengaruh ke produk sampah yang bisa meningkat setiap harinya. Meningkatnya jumlah warga PPNS dan berubahnya pola konsumsi dapat meningkatkan jumlah sampah yang dihasilkan. Sehingga kondisi tersebut cukup krusial jika tidak ada pengelolaan sampah secara baik (Yusari & Purwohandoyo, 2020). Pengelolaan sampah merupakan proses yang melibatkan pengurangan terhadap timbulan sampah meliputi pewadahan, pengumpulan, pemindahan, pengolahan, pengangkutan, serta pemrosesan akhir sampah (Agustina, 2020). Menurut Choiri, Erlan dan Alma (2022) timbulan sampah pada PPNS meliputi organik 28%, anorganik 52%, dan campuran 20%.

Permasalahan sampah tidak hanya diatasi oleh pemerintah, namun seluruh lapisan masyarakat harus bekerja sama demi mewujudkan lingkungan yang ideal (Choiri et al., 2022). Saat ini PPNS belum menerapkan sistem pengelolaan sampah yang baik menurut UU No 18 Tahun 2008, sampah yang belum terpilah kemungkinan bisa menghambat dalam proses pengelolaan selanjutnya. Pemilahan sampah adalah salah satu kegiatan dalam pengelolaan sampah agar pengelolaan tidak selalu terpusat di TPA. Pemilahan sampah sendiri adalah sistematisa pembuangan sampah yang secara disiplin diterapkan agar sampah dipilah berdasarkan jenisnya untuk memudahkan proses pengolahan lebih lanjut sehingga dapat memberi manfaat (ALIA, 2023).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu adanya langkah inovatif yang dapat memilah sampah sesuai jenisnya secara otomatis. Perancangan sampah pintar bukan hal baru, sebenarnya sudah ada beberapa pembuatan sampah pintar sebelumnya yang menggunakan sensor. Pada penelitian ini pembuatan sampah otomatis yang bertujuan untuk memilah secara otomatis tanpa ada campur tangan manusia. Alat ini dirancang dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler-nya. Alat ini menggunakan tiga sensor untuk membedakan kedua jenis sampah, yakni sensor proximity, kapasitif, inframerah, dan induktif. Ketika masyarakat mendekati sampah ke alat ini. Motor servo akan membuka salah satu dari 3 tempat sampah yang telah dibedakan. Dengan alat ini diharapkan masyarakat tidak salah memilih tempat sampah untuk membuang sampahnya. Alat ini juga dilengkapi dengan aplikasi berbasis website untuk monitoring ketinggian sampah (Akbar et al., 2021).

2. METODE

Berikut adalah metode dalam klasifikasi jenis sampah dan perancangan tempat sampah otomatis.

2.1 Klasifikasi Sampah

Klasifikasi sampah ini adalah jenis sampah yang akan dipilah dalam perancangan alat pemilah sampah otomatis. Terdapat 3 jenis sampah yang paling banyak secara umum dari setiap kategori berdasarkan penelitian di kampus PPNS sebagai berikut:

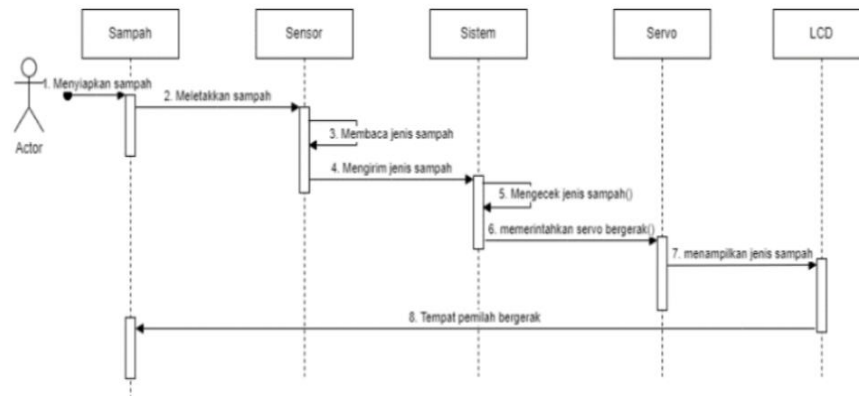
Tabel 1. Klasifikasi jenis sampah

No	Jenis	Keterangan	Contoh
1	<i>Compostable</i>	Sampah organik yang bisa dikomposkan	Daun, Sayur, Sisa makanan
2	<i>Non Compostable</i>	Sampah organik yang bisa di daur ulang atau anorganik	Plastik, kertas, kain
3	<i>Residue</i>	Sampah yang tidak dapat digunakan kembali	Kaleng, dan logam lainnya

Berdasarkan tabel 1 sampah akan diklasifikasikan ke dalam 3 jenis berbeda dimana yaitu *compostable*, *non compostable*, dan *residue*. 3 jenis sampah tersebut yang akan menentukan cara kerja pemilah otomatis yang dapat terbuang ke dalam 3 tempat sampah sesuai jenis yang telah ditentukan.

2.2 Sequence Diagram

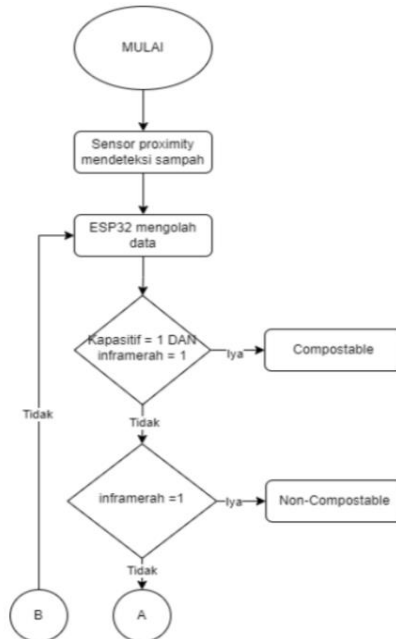
Pengguna menyiapkan sampah ke tempat wadah yang terdapat sensor untuk mendeteksi sampah yang terdiri dari 3 sensor yaitu sensor kapasitif, induktif dan inframerah. Setelah sensor mendeteksi sampah maka sensor akan mengirim ke sistem sampah yang terdeteksi, lalu sistem akan mengecek jenis sampah dan memicu motor servo untuk bergerak sesuai arah yang sudah ditentukan. Selanjutnya LCD akan menampilkan sampah yang terdeteksi oleh sensor maka tempat pemilah akan bergerak sesuai arah yang ditentukan.



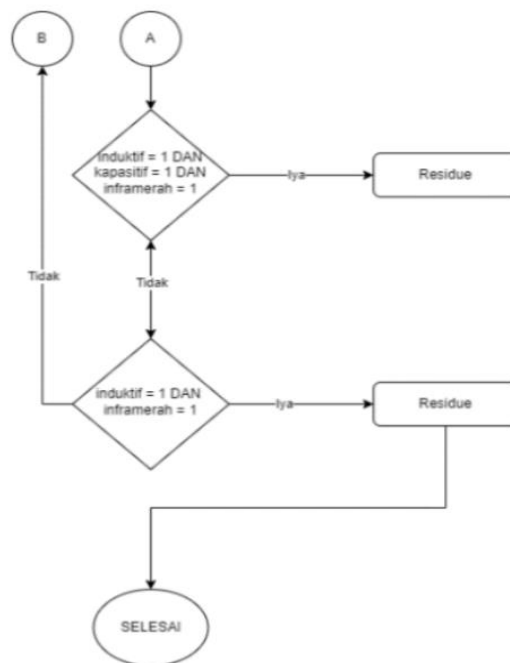
Gambar 1. Sequence diagram pemilah sampah

2.3 Flowchart

Berikut diagram alir cara kerja pemilah sampah otomatis dengan mikrokontroler ESP 32, sensor inframerah, proximity kapasitif, dan proximity induktif. Ketiga sensor tersebut akan bekerja bersamaan bentuk pengkondisian seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. Diagram alir cara kerja sensor

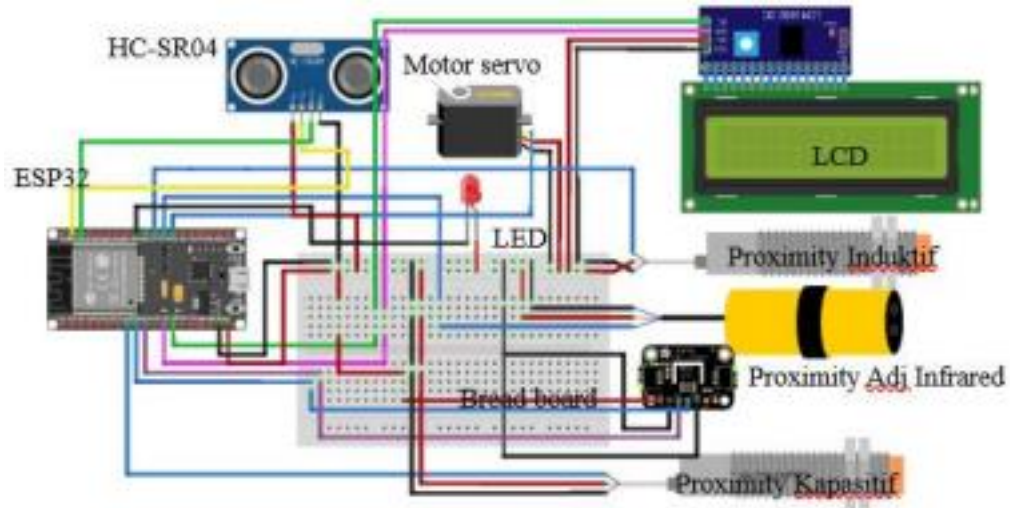


Gambar 3. Diagram alir cara kerja sensor

2.4 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan *hardware* adalah merancang perangkat keras agar bisa diketahui program yang sedang dibuat bisa bekerja atau tidak. Selain perangkat keras dibawah terdapat perangkat keras lainnya seperti kabel *jumper* dan breadboard dimana kabel tersebut berguna untuk menyambungkan dan breadboard dibutuhkan jika pin pada mikrokontroler tidak cukup.

Pada perancangan perangkat keras dapat dilihat gambar 4 dimana gambar tersebut menjelaskan rangkaian yang terdiri dari sensor proximity kapasitif, induktif, inframerah, dan HC-SR04.



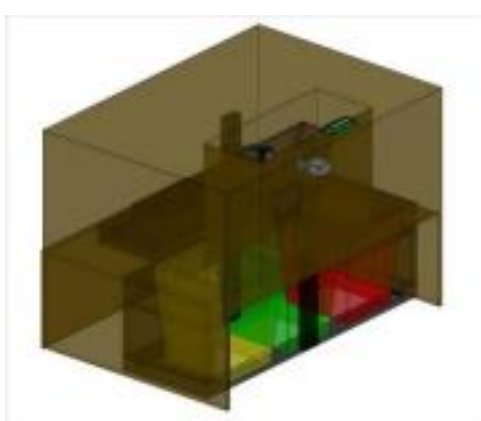
Gambar 4. Perancangan perangkat keras

Tabel 2. Component Wiring

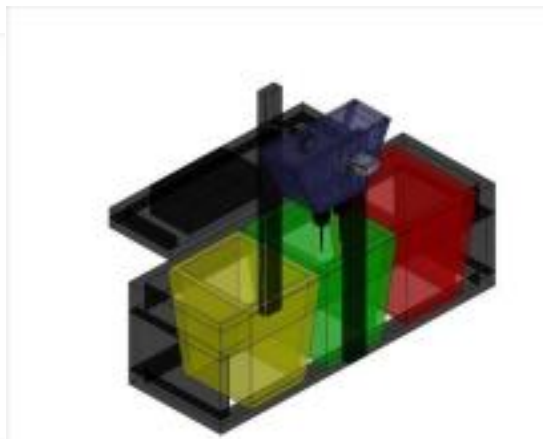
No	Komponen	Digital Pin
1	Inframerah	26
2	Proximity Kapasitif	27
3	Proximity Induktif	25
4	LCD	sda=21 & scl=22
5	Motor Servo 1	14
6	Motor Servo 2	16

2.5 Desain Kontruksi

Berikut adalah desain 3 dimensi dari alat pemilah sampah otomatis terdapat LCD, motor servo, sensor serta 3 tempat sampah dengan dimensi kotak besar 66 x 56 x 32 cm dan dimensi tampak dalam adalah 64 x 19 x 21,5 cm. Tempat sampah warna merah untuk *residue*, warna hijau untuk *compostable*, dan warna kuning untuk *non-compostable*. Desain tempat sampah didesain menggunakan aplikasi AutoCAD 2021 dengan menggunakan email PPNS student, maka akan mendapatkan akses gratis selama email masih berlaku



Gambar 6. Tampak luar



Gambar 5. Tampak dalam

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Sensor

Berikut pengujian 3 sensor yaitu sensor inframerah, kapasitif, dan induktif.

3.1.1 Pengujian Sensor Inframerah

Sensor *proximity infrared adjustable* merupakan salah satu sensor inframerah yang mana keadaannya berupa nilai digital yaitu high dan low. Pengujian sensor inframerah ini dilakukan dengan tujuan untuk pendektasian keberadaan sampah dengan objek agar objek tersebut dapat terbaca (Simone Aveni & Blackett, 2022).

Hasil dari pengujian sensor inframerah yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel uji sensor yang terdapat di bawah. Sensor inframerah batas jarak maksimal 10 cm dapat membaca objek yang akan dideteksi oleh sensor lainnya dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7



Gambar 8. Nilai inframerah 0



Gambar 7. Nilai inframerah 1

Berdasarkan gambar 8 nilai inframerah 0 yang menunjukkan bahwa tidak ada objek didepan sensor, Sedangkan pada gambar 7 nilai inframerah 1 yang menunjukkan bahwa ada objek di depan sensor. Sensor inframerah telah diatur dengan mengukur objek dengan batas maksimal 10 cm, sehingga jika lebih dari 10 cm maka sensor tidak akan mendeteksi benda. Karena sensor tersebut terdapat di dalam wadah agar sensor tersebut tidak bisa mendeteksi adanya objek atau halangan dari wadah tersebut.

3.1.2 Pengujian Sensor Proximity Kapasitif

Sensor proximity kapasitif adalah teknologi, berdasarkan kopling kapasitif, yang dapat mendeteksi dan mengukur segala sesuatu yang bersifat konduktif atau memiliki konstanta dielektrik yang berbeda dari udara. Perbedaan utama berasal dari bahan dasar benda (Abutaleb et al., 2021). Baik itu dari logam maupun non-logam. Non logam sendiri terbagi menjadi organik, anorganik. Organik juga terbagi menjadi organik yang dapat dikomposkan (*organic composable*) seperti daun, kayu, sisa makanan, sisa kotoran, sedangkan organik yang tidak dapat dikomposkan (*organic non-composable*) yaitu seperti kertas, plastik, kain. Bahan yang terurai dengan cepat ialah organik yang dapat dikomposkan. Sampah jenis anorganik sendiri terdiri dari kaca, silicon, dll. Sampah jenis anorganik tersebut tidak dapat dikomposkan lagi dan juga tidak dapat terurai. Sampah yang bersifat logam seperti besi, baja, dll, termasuk jenis sampah yang keras dan tidak bisa diuraikan (Riza Alfita, 2021). Oleh karena itu perbedaan ini harus dikelola secara berbeda, agar bisa dimanfaatkan lebih lanjut. Pengujian jarak deteksi sensor proximity kapasitif dapat dilihat di gambar 9 dan gambar 10.



Gambar 10. Nilai kapasitif 0



Gambar 9. Nilai kapasitif 1

Berdasarkan gambar 10 *proximity* kapasitif bernilai 0 karena jarak lebih dari 12 mm sensor. Gambar 9 *proximity* kapasitif bernilai 1 karena jarak kurang dari sama dengan 12 mm dari sensor atau tidak ada objek. Jarak pengukuran *proximity* kapasitif hanya maksimal sampai 12 mm, karena jika objek lebih dari 12 cm, maka objek tidak akan mampu untuk mendeteksi objek.

3.1.3 Pengujian Sensor Proximity Induktif

Sensor proximity induktif adalah sensor yang bekerja berdasarkan gelombang elektromagnetik. Sehingga benda benda yang bersifat magnet akan bisa dideteksi oleh sensor tersebut. Contoh benda bersifat magnet adalah logam, besi, baja, dan lain-lain. Contoh benda sampah yang bisa terdeteksi adalah seperti kaleng minuman dan makanan. Berikut pengujian sampah proximity induktif.



Gambar 11. Nilai induktif 0



Gambar 12. Nilai induktif 1

Berdasarkan gambar 11 sensor *proximity* induktif memiliki nilai 0 karena jarak lebih dari 12 mm dari sensor atau tidak ada objek. Berdasarkan gambar 12 sensor *proximity* induktif memiliki nilai 1 karena jarak kurang dari sama dengan 12 mm atau terdapat objek di depannya. Percobaan yang dilakukan untuk menentukan seberapa jauh sensor dapat membaca, didapatkan bahwa sekitar 12 mm sensor dapat membaca objek yang bersifat magnetik.

3.1.4 Pengujian 3 sensor pendeteksi sampah

Percobaan yang telah dilakukan terhadap sensor induktif, kapasitif, dan inframerah menunjukkan hasil yang baik. Sensor inframerah sebagai konfirmasi bahwa ada objek terdeteksi. Objek terdeteksi selanjutnya akan diproses pengelompokan jenis sampah organik *compostable*, organik *non-compostable*, anorganik/ logam. Lebih lengkap pengujian tersebut dapat dilihat dari bawah ini.

Tabel 3. Cara kerja 3 sensor dalam memilah sampah

No	Kapasitif	Inframerah	Induktif	Keterangan
1	1	1	0	<i>Compostable</i>
2	0	1	0	<i>Non-compostable</i>
3	0	1	1	<i>Residue</i>
4	1	1	1	<i>Residue</i>
5	0	0	0	Tidak ada sampah

Berdasarkan tabel 3 Sampah yang berhasil terdeteksi memicu servo untuk bergerak sesuai arah yang ditentukan untuk wadah pemilah berotasi kekanan dan kekiri serta membuka bagian tengah. Pemilah otomatis sesuai jenis sampah yang terdeteksi. Pembagian warna yaitu:

- a. Hijau, sampah *compostable*
- b. Kuning, sampah *non-compostable*
- c. Merah, sampah *residue*

3.2 Pengujian Motor Servo

Servo motor adalah servo mekanisme loop tertutup yang menggunakan umpan balik posisi untuk mengontrol gerakan dan posisi akhirnya. Input ke kontrolnya adalah sinyal yang mewakili posisi yang diperintahkan untuk poros *output* (Batoool et al., 2022). Pengujian motor *servo* dilakukan untuk mendapatkan sudut putaran yang sesuai agar *servo* dapat bergerak secara akurat sebagai penggerak sistem mekanik tutup tempat sampah. Tutup sampah yang terbuka yang digerakkan oleh motor *servo* ditentukan dari jenis sampah yang terdeteksi oleh 3 sensor *proximity*. Jenis motor servo ini adalah mg-995r Motor *servo* terpasang pada 3 tempat sampah, Berikut fungsi dari ketiga motor *servo* ini:

- 1. Servo 1, berfungsi untuk tempat sampah *non-compostable* dan residu
- 2. Servo 2, berfungsi untuk tempat sampah *compostable*.

Pengujian tingkat keberhasilan servo dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{rumus: error} = \left[\frac{\text{sudut busur} - \text{sudut servo}}{\text{sudut busur}} \right] \times 100 \% \tag{1}$$

Tabel 4. Pengujian servo

No	Sudut Servo	Sudut Busur	Error	No	Sudut Servo	Sudut Busur	Error
1	0	0	0	20	95	95	0
2	5	5	0	21	100	100	0
3	10	10	0	22	105	105	0
4	15	15	0	23	110	110	0
5	20	20	0	24	115	115	0
6	25	25	0	25	120	120	0
7	30	30	0	26	125	126	0.7
8	35	35	0	27	130	130	0
9	40	40	0	28	135	135	0
10	45	45	0	29	140	140	0
11	50	50	0	30	145	145	0
12	55	57	3.5	31	150	150	0
13	60	60	0	32	155	155	0
14	65	65	0	33	160	160	0
15	70	70	0	34	165	165	0
16	75	76	1.3	35	170	170	0
17	80	80	0	36	175	175	0
18	85	85	0	37	180	180	0
19	90	90	0	Rata-rata error			0,14869

Berdasarkan tabel 4 pengujian servo diketahui bahwa pengujian servo mempunyai 3 kali perbedaan sudut pada 37 percobaan yang dilakukan dan didapatkan tingkat akurasi sebesar 99.85%.





3.3 Pengujian Akhir

Berikut hasil percobaan 3 jenis sampah sebanyak 20 percobaan. Adapun dokumentasi yang dapat dilihat pada lampiran C Dokumentasi Alat Pemilah Sampah.

3.3.1 Pengujian Sampah *Compostable*

Pengujian sampah *compostable* dengan meletakkan beberapa jenis sampah organik untuk menguji tingkat keakuratan sensor inframerah, kapasitif, dan induktif dalam mendeteksi sampah.


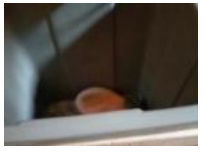
Tabel 5. Pengujian Sampah *Compostable*


No	Sampah	Gambar	Berhasil	Gagal	Total
1	Sisa makanan		2	1	3
2	Sayur kol		5	0	5
3	Kulit pisang		5	0	5
4	Daun		3	4	7
Total			15	5	20

3.3.2 Pengujian Sampah *Non-Compostable*

Pengujian sampah *non-compostable* dengan meletakkan beberapa jenis sampah yang bersifat plastik, kertas, kain untuk menguji tingkat keakuratan sensor inframerah, kapasitif, dan induktif dalam mendeteksi sampah.

Tabel 6. Pengujian Sampah *Non-Compostable*



No	Sampah	Gambar	Berhasil	Gagal	Total
1	Plastik		5	3	8
2	Kaos kaki		5	0	5

3	Kertas		7	0	7
Total			17	3	20

3.3.3 Pengujian Sampah Residue

Pengujian sampah *residue* dengan meletakkan beberapa jenis sampah yang berbahan elektromagnetik untuk menguji tingkat keakuratan sensor inframerah, kapasitif, dan induktif dalam mendeteksi sampah.

Tabel 7. f

No	Sampah	Gambar	Berhasil	Gagal	Total
1	Kaleng		10	1	11
2	Besi obeng		5	0	5
3	Sendok garpu		2	2	4
Total			17	3	20

3.3.4 Hasil Pengujian Jenis Sampah

Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian sensor terhadap beberapa sampah.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sampah

Sampling Pengujian	Jumlah	Berhasil	Gagal	Persentase Berhasil (%)
Compostable	20	13	7	65
Non-Compostable	20	17	3	85
Residu	20	17	3	85

Berdasarkan tabel 8 di atas menunjukkan bahwa sampling pengujian sebanyak 20 kali pada masing-masing jenis sampah. Hasil dari pengujian tersebut didapatkan persentase keberhasilan dari 3 jenis masing-masing sampah, dimana sampah jenis *compostable* memiliki persentase keberhasilan 65%, sampah jenis *non*

compostable memiliki persentase keberhasilan 85%, dan sampah jenis residu memiliki persentase keberhasilan 85%. Tingkat keberhasilan sampah dalam memilah bisa terjadi dari beberapa faktor seperti ukuran dan berat sampah. Adapun terdapat kekurangan saat mendeteksi objek karena ada beberapa sensor yang kurang peka terhadap objek (Alden & Sari, 2023).

4. KESIMPULAN

1. Dari hasil perancangan desain mekanik tempat sampah otomatis sebagai tempat sampah dengan yang mampu menampung 3 jenis tempat sampah yaitu *compostable*, *non-compostable* dan *residue* dengan dimensi 66cm x 56cm x 32 cm sebagai penutup pemilah sampah.
2. Pada perancangan sistem tempat pemilah sampah otomatis memiliki tingkat keberhasilan dalam memilah 3 jenis masing-masing sampah adalah *compostable* 65%, *non-compostable* 85%, dan residu 85%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abutaleb, A., Hussain, S., & Imran, M. (2021). Systematic exploration of electrospun polyvinylidene fluoride (PVDF)/multi-walled carbon nanotubes' (MWCNTs) composite nanofibres for humidity sensing application. *Journal of Taibah University for Science*, 15(1), 257–266. <https://doi.org/10.1080/16583655.2021.1964232>
- Agustina, E. N. (2020). *Studi Sistem Pengelolaan Sampah Kecamatan Selat Kabupaten Kapuas*. Akbar, M., Anjasmara, D., Diah, D. K., & Wardhani, K. (2021). Jurnal Politeknik Caltex Riau Rancang Bangun Alat Pendeteksi Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Sensor Proximity dan NodeMCU ESP8266. *Jurnal Komputer Terapan*, 7(2), 290–299. <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/jkt/>
- Alden, S., & Sari, B. N. (2023). Implementasi Algoritma CNN Untuk Pemilahan Jenis Sampah Berbasis Android Dengan Metode CRISP-DM. *Jurnal Informatika*, 10(1), 62–71. <https://doi.org/10.31294/inf.v10i1.14985>
- ALIA, L. S. (2023). *Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan Image Classification Convolutional Neural Network*. [https://repository.uin-suska.ac.id/72992/%0Ahttp://repository.uin-suska.ac.id/72992/1/LAPORAN TA LISANA REPOSITORY.pdf](https://repository.uin-suska.ac.id/72992/%0Ahttp://repository.uin-suska.ac.id/72992/1/LAPORAN%20TA%20LISANA%20REPOSITORY.pdf)
- Batool, A., Ain, N. ul, Amin, A. A., Adnan, M., & Shahbaz, M. H. (2022). A comparative study of DC servo motor parameter estimation using various techniques. *Automatika*, 63(2), 303–312. <https://doi.org/10.1080/00051144.2022.2036935>
- Ishthilakhul Choiri, M., Erlan Afiuddin, A., Vita Sophia, A., Studi Teknik Pengolahan Limbah, P., Teknik Permesinan Kapal, J., & Perkapalan Negeri Surabaya, P. (2022). *Desain Tempat Sampah Otomatis pada Tahap Mekanik untuk Timbulan Sampah di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS)*. 5(1), 138–141.
- Riza Alfita, K. A. W. M. W. A. (2021). 1252-Article Text-3379-1-10-20210318. *Zetroem*, 03(01), 18–25.
- Simone Aveni, & Blackett, M. (2022). The first evaluation of the FY-3D/MERSI-2 sensor's thermal infrared capabilities for deriving land surface temperature in volcanic regions: a case study of Mount Etna. *International Journal of Remote Sensing*, 43(8), 2777–2792. <https://doi.org/10.1080/01431161.2022.2068360>
- Yusari, T., & Purwohandoyo, J. (2020). Potensi timbulan sampah plastik di Kota Yogyakarta tahun 2035. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 25(2), 88–101. <https://doi.org/10.17977/um017v25i22020p088>