

TEMPAT SAMPAH CERDAS BERBASIS IoT UNTUK MEMBANTU PEMILAHAN SAMPAH

Tugas Akhir

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

memperoleh gelar sarjana

dari Program Studi Teknologi Informasi (Kampus Kota Surabaya)

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

NIM 1202200099

FAJAR TRI KURNIAWAN



**Program Studi Sarjana Teknologi Informasi (Kampus Kota
Surabaya)**

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Surabaya

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**TEMPAT SAMPAH CERDAS BERBASIS IoT UNTUK MEMBANTU PEMILAHAN
SAMPAH**

IoT BASED SMART WASTE BIN TO AID IN WASTE SORTING

NIM :1202200099

FAJAR TRI KURNIAWAN

Tugas akhir ini telah diterima dan disahkan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar pada Program Studi Sarjana Teknologi Informasi (Kampus Kota Surabaya) Fakultas Informatika Universitas Telkom

Surabaya, 12 Agustus 2024

Menyetujui

Pembimbing I,



Dr. Helmy Widyanegara, S.Kom., M.Eng.

NIP: 19790001

Pembimbing II,



Muhammad Adib Kamali, S.T., M.Eng.

NIP: 22970007

Ketua Program Studi
Sarjana Teknologi Informasi,



Bernadus Anggo Seno Aji, S.Kom., M.Eng.
NIP: 23929000



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya, FAJAR TRI KURNIAWAN, menyatakan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul TEMPAT SAMPAH CERDAS BERBASIS IoT UNTUK MEMBANTU PEMILAHAN SAMPAH beserta dengan seluruh isinya adalah merupakan hasil karya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Saya siap menanggung resiko/sanksi yang diberikan jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam buku TA atau jika ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya,

Surabaya, 12 Agustus 2024

Yang Menyatakan



FAJAR TRI KURNIAWAN

TEMPAT SAMPAH CERDAS BERBASIS IoT UNTUK MEMBANTU PEMILAHAN SAMPAH

FAJAR TRI KURNIAWAN, Helmy Widyantara, Muhammad Adib Kamali

Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Surabaya
fajartk@students.telkomuniversity.ac.id, helmywidayantara@telkomuniversity.ac.id,
Adibmkamali@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pengelolaan sampah yang tidak efektif, khususnya dalam pemilahan sampah logam dan non-logam, menjadi permasalahan serius. Pencampuran sampah dapat menyebabkan kesulitan dalam proses daur ulang dan menciptakan kontaminasi. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mampu memilah sampah secara otomatis untuk meningkatkan efisiensi daur ulang. Teknologi *IoT* dan algoritma pembelajaran mesin dapat menawarkan solusi inovatif dalam meningkatkan akurasi pemilahan sampah. Saat ini, sistem pemilahan sampah manual sering tidak akurat dan efisien, sehingga menyebabkan pencampuran yang tidak tepat dan kontaminasi yang merugikan proses daur ulang. Solusi yang dikembangkan adalah sistem tempat sampah cerdas berbasis *IoT* yang menggunakan sensor *proximity* induktif dan kapasitif untuk mendeteksi jenis sampah. Algoritma *K-Nearest Neighbors* diterapkan untuk klasifikasi jenis sampah, dan metode *Fuzzy Logic* digunakan untuk menentukan status tempat sampah berdasarkan ketinggian muatan sampah dan waktu terakhir pembersihan. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat kendali untuk mengolah data dan mengirimkan hasil klasifikasi ke aplikasi Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengujian algoritma *KNN* menunjukkan hasil akurasi klasifikasi sebesar 95%, sementara pengujian sistem memiliki akurasi sebesar 88.57%. Implementasi teknologi *IoT* dan *KNN* dalam pemilahan sampah telah berhasil meningkatkan efisiensi dan akurasi pemilahan, serta menyediakan notifikasi kepada petugas melalui Telegram, sehingga pengelolaan sampah menjadi lebih efektif dan responsif.

Kata kunci: Sampah, *Internet of Things (IoT)*, *K-Nearest Neighbor*, *Logika Fuzzy*, *Sensor Proximity*, *Telegram*

Abstract

Ineffective waste management, especially in separating metal and non-metal waste, is a serious problem. Mixing waste can cause difficulties in the recycling process and create contamination. Therefore, a system capable of automatically sorting waste is needed to improve recycling efficiency. IoT technology and machine learning algorithms can offer innovative solutions in improving the accuracy of waste sorting. Currently, manual waste sorting systems are often inaccurate and inefficient, leading to improper mixing and contamination that is detrimental to the recycling process. The developed solution is an IoT-based intelligent trash can system that uses inductive and capacitive proximity sensors to detect the type of trash. K-Nearest Neighbors algorithm is applied for garbage type classification, and Fuzzy Logic method is used to determine the status of the bin based on the height of the garbage load and the last cleaning time. The ESP32 microcontroller is used as a control center to process data and send classification results to the Telegram application. The test results show that the KNN algorithm test shows a classification accuracy of 95%, while the system test has an accuracy of 88.57%. The implementation of IoT and KNN technology in waste sorting has succeeded in increasing the efficiency and accuracy of sorting, as well as providing notifications to officers via Telegram, so that waste management becomes more effective and responsive.

Keywords: Waste, *Internet of Things (IoT)*, *K-Nearest Neighbor*, *Fuzzy Logic*, *Proximity Sensor*, *Telegram*

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Sampah menjadi permasalahan serius akibat pengelolaan yang tidak efektif [1]. Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan sampah dapat berupa masyarakat yang tidak dapat membedakan jenis sampah, sehingga menyebabkan semakin banyaknya pencampuran yang tidak tepat pada tempat pembuangan sampah [2]. Pencampuran berbagai jenis sampah seperti logam dan non-logam akan membuat proses daur ulang menjadi lebih sulit dan dapat menciptakan kontaminasi pada sampah, yang berdampak negatif pada lingkungan [3].

Teknologi *Internet of Things (IoT)* dan algoritma pembelajaran mesin seperti *K-Nearest Neighbors (KNN)* menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan akurasi pemilahan sampah. Sistem pemilahan manual saat ini sering tidak akurat dan efisien [4]. Dengan *IoT*, data dapat dikumpulkan dan diolah, sementara *KNN* meningkatkan akurasi klasifikasi sampah.

Tugas Akhir ini menggunakan sensor *proximity* induktif dan kapasitif untuk mendeteksi sampah berdasarkan komposisi logam dan komposisi lainnya [5]. Informasi yang diperoleh dari sensor *proximity* digunakan untuk mengendalikan servo pada tutup tempat sampah dan memberikan pemberitahuan melalui modul suara. Selain itu sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur ketinggian sampah [6].

Algoritma *KNN* diimplementasikan menggunakan ESP32 yang dihubungkan dengan sensor *proximity* untuk klasifikasi jenis sampah. Penggunaan *KNN* akan membantu meningkatkan klasifikasi sampah berdasarkan data sensor *proximity* [7]. Informasi volume sampah dari sensor ultrasonik HC-SR04 diaplikasikan menggunakan metode fuzzy sebagai penentu tindakan yang harus dilakukan oleh petugas sampah berdasarkan muatan sampah dan waktu terakhir pembersihan tempat sampah [8].

Topik dan Batasannya

Sampah yang dibuang tidak sesuai dengan jenisnya memerlukan desain sistem Tempat sampah yang spesifik. Perbedaan jenis sampah menyebabkan perlunya tempat sampah yang sesuai dengan karakteristik sampah. Oleh karena itu, sistem tempat sampah cerdas berbasis *IoT* yang memanfaatkan sensor *proximity* dan algoritma *KNN*, perlu didesain untuk mempertimbangkan jenis sampah logam dan non-logam. Selain itu, untuk memastikan pengelolaan sampah yang lebih efisien dan terjadwal, metode *Fuzzy Logic* diperlukan untuk menentukan status tempat sampah.

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah Klasifikasi: Klasifikasi jenis sampah dibatasi menjadi sampah logam dan sampah non-logam, serta hanya menggunakan sensor *proximity* induktif, sensor *proximity* kapasitif dan algoritma *KNN* untuk proses klasifikasi. Sistem: Sistem Tempat sampah akan terbuka dan speaker suara akan berfungsi hanya ketika klasifikasi jenis sampah baru telah selesai. Dataset: Dataset yang digunakan dalam Tugas Akhir ini diambil dari pembacaan sensor *proximity* induktif dan kapasitif. Pengiriman Data: Pengiriman data volume ketinggian sampah hanya menggunakan Telegram sebagai media monitoring dan logika *fuzzy* untuk proses penentuan status.

Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini yaitu terciptanya sistem tempat sampah cerdas berbasis *IoT* yang dapat memilah sampah logam dan sampah non logam. Untuk dapat mengklasifikasikan jenis sampah dengan lebih efektif dan akurat, teknologi sensor *proximity* dan metode *KNN* diterapkan pada sistem Tempat Sampah Cerdas. Penelitian ini juga menggabungkan sistem dengan media yang efektif, untuk memberikan informasi melalui modul suara tentang jenis sampah yang telah di klasifikasi. Serta metode *fuzzy* yang digunakan untuk proses pengukuran volume sampah yang bisa dipantau oleh petugas melalui Telegram.

2. Tinjauan Pustaka

Penelitian pertama mengembangkan Tempat Sampah Cerdas berbasis *Internet of Things (IoT)*. Penelitian ini memungkinkan pemilahan otomatis sampah logam, kering, dan basah pada tempat sampah berupa gerak servo untuk membuang objek ke bak yang sesuai jenis objek. Menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dan ESP82266 sebagai module wifi. Sistem pada penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *proximity* kapasitif dan induktif sebagai sensor ketinggian sampah dan sensor pendeteksi jenis sampah. Sistem ini menggunakan motor servo sebagai pengendalian otomatis pemilahan jenis sampah [9].

Penelitian kedua Merancang sistem Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor jarak Berbasis Mikrokontroler Arduino yang berhasil mengidentifikasi sampah organik dan anorganik. Komponen utama sistem ini berupa Arduino Uno R3 sebagai mikrokontroler yang memungkinkan pengendalian input dan output. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *proximity*, motor servo, buzzer, LED, dan modul GSM. Sistem ini dapat mendeteksi jenis sampah, kapasitas tempat sampah, dan ketinggian sampah. Ketika tempat sampah sudah penuh maka sistem memberi notifikasi kepada petugas melalui sms [10].

penelitian ketiga menciptakan alat pemilah sampah otomatis untuk mendeteksi jenis sampah organik dan anorganik yang masuk ke dalam sistem. Mikrokontroler yang digunakan merupakan ESP32. Sistem dalam penelitian ini menggunakan sensor *proximity* dan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai sensor pendeteksi jenis sampah dan sensor pendeteksi jarak. Sistem ini menggunakan motor servo untuk menggerakkan mekanisme pemilah sampah dengan presisi [11].

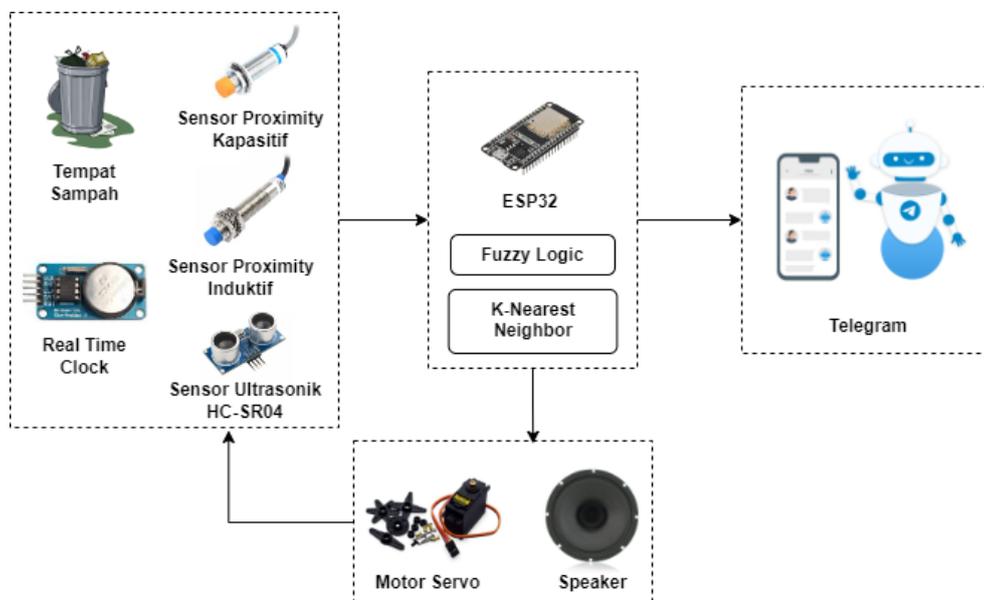
penelitian keempat merancang alat yang dapat memisahkan sampah logam dan non logam menggunakan alat pemilah sampah otomatis, serta memonitoring volume tempat sampah. Mikrokontroler yang digunakan berupa NodeMCU 8266. Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, dan sensor *proximity* sebagai pengukur jarak objek dan pendeteksi jenis sampah logam atau non logam. Motor servo yang digunakan dapat membantu pemilahan sampah secara otomatis [12].

Penelitian kelima mengembangkan sistem monitoring tempat sampah pintar secara *real-time* menggunakan metode *Fuzzy Logic* berbasis *IoT*. Sensor HC-SR04 digunakan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi muatan

sampah dan jarak dari individu yang membuang sampah. Sistem ini menggunakan NodeMCU untuk memproses data, dan *Firebase Realtime Database* dan *Firebase Cloud Messaging* digunakan untuk mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Android. Tingkat muatan sampah dan waktu pembersihan terakhir dapat dilacak secara real-time oleh sistem ini dengan ketepatan tindakan sebesar 100% [8].

3. Sistem yang Dibangun

3.1. Desain Sistem



Gambar 3.1 Desain Sistem Tempat Sampah Cerdas

Desain sistem pada Gambar 3.1 menjelaskan cara kerja sistem tempat sampah cerdas berbasis *IoT* untuk membantu klasifikasi sampah. Komponen yang digunakan pada sistem ini meliputi sensor *proximity* induktif dan kapasitif, sensor ultrasonik HC-SR04, *Real Time Clock* (RTC), servo motor, dan mikrokontroler ESP32. Sensor *Proximity* induktif dan kapasitif bertanggung jawab mendeteksi jenis sampah yang masuk ke tempat sampah, dengan induktif untuk mendeteksi logam dan kapasitif untuk bahan non-logam. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur ketinggian sampah di dalam tempat sampah dan RTC digunakan untuk mencatat waktu terakhir pembersihan. Selanjutnya, servo motor digunakan untuk menggerakkan tutup tempat sampah secara otomatis. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali untuk mengatur dan mengkoordinasikan seluruh aktivitas perangkat keras dalam sistem.

Metode yang digunakan pada Tugas Akhir ini yaitu algoritma *KNN* dan *Fuzzy logic*. Metode *KNN* digunakan untuk mengklasifikasi jenis sampah berdasarkan pembacaan data sensor *proximity* induktif dan *proximity* kapasitif. Kemudian sistem melakukan proses klasifikasi menggunakan data yang diperoleh. Klasifikasi tersebut dilakukan sehingga mendapatkan hasil akhir berupa jenis sampah. Metode *Fuzzy Logic* digunakan untuk menentukan status tempat sampah berdasarkan ketinggian muatan sampah yang didapat dari sensor ultrasonik HC-SR04 dan waktu terakhir pembersihan dari RTC. Outputnya berupa status yang dikirimkan melalui telegram.

3.2. Metode K-Nearest Neighbor

Metode *KNN* digunakan untuk proses klasifikasi [13]. Algoritma ini bekerja berdasarkan prinsip bahwa sebuah objek diklasifikasikan berdasarkan mayoritas suara dari tetangganya, dengan objek tersebut ditugaskan ke kelas yang paling umum diantara k tetangga terdekatnya [14]. Langkah pertama dalam implementasi *KNN* adalah pengumpulan data menggunakan dua jenis sensor, yaitu sensor *proximity* induktif untuk mendeteksi sampah logam dan sensor *proximity* kapasitif untuk mendeteksi sampah logam maupun non-logam. Sensor *proximity* induktif memberikan nilai *HIGH* (1) ketika mendeteksi logam dan nilai *LOW* (0) ketika tidak mendeteksi logam, sedangkan sensor *proximity* kapasitif memberikan nilai *HIGH* (1) ketika mendeteksi keberadaan sampah dan nilai *LOW* (0) ketika tidak mendeteksi sampah. Data yang terkumpul berupa nilai 1 dan 0, dapat dilihat pada Tabel 1(Lampiran) Data Sampah. Setelah data dikumpulkan, langkah berikutnya adalah preprocessing data untuk memastikan data dalam format yang sesuai untuk klasifikasi. Ini termasuk normalisasi data jika diperlukan untuk memastikan bahwa semua fitur memiliki skala yang sama [15]. Untuk menentukan nilai *k* yang ideal dalam klasifikasi *KNN*, dilakukan eksperimen dengan berbagai nilai *k* seperti 1,3, 5, dan 7. Nilai *k* yang optimal ditentukan berdasarkan akurasi.

Selanjutnya, jarak *Euclidean* digunakan untuk menghitung jarak antara data baru dan data yang terdapat pada dataset. Berikut adalah rumus jarak *Euclidean* [16]

$$\text{Jarak Euclidean} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (3.1)$$

dimana n adalah jumlah fitur, dan x_i serta y_i adalah nilai dari fitur ke- i untuk dua titik yang berbeda. Setelah itu dilakukan proses klasifikasi data baru berdasarkan mayoritas kelas dari k tetangga terdekat. Misalnya, jika $k = 5$ dan 5 tetangga terdekat terdiri dari 3 sampah logam dan 2 sampah non-logam, maka data baru diklasifikasikan sebagai sampah logam karena mayoritas tetangga terdekat adalah sampah logam. Langkah selanjutnya adalah mengetahui tingkat akurasi algoritma *KNN*. Perhitungan akurasi dapat menggunakan persamaan berikut [7]

$$\text{Accuracy} = \left(\frac{\text{TruePositiv} + \text{Truenegative}}{\text{TruePositive} + \text{TrueNegative} + \text{TruePositive} + \text{TrueNegative}} \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

Langkah terakhir adalah melakukan pengujian untuk mengetahui tingkat akurasi dari implementasi metode *KNN*. Akurasi dari prediksi didapat dengan membandingkan jumlah klasifikasi yang benar dengan total jumlah pengujian. Perhitungan akurasi untuk mengetahui tingkat kebenaran prediksi dapat menggunakan persamaan berikut [17]

$$\text{Akurasi sistem} = \left(\frac{\text{Jumlah klasifikasi Benar}}{\text{Total Jumlah Pengujian}} \right) \times 100\% \quad (3.3)$$

Selain akurasi, evaluasi model juga dapat dilakukan dengan metrik lain seperti *precision*, *recall*, dan *F1-score*. *Precision* mengukur proporsi prediksi positif yang benar dari semua prediksi positif yang dibuat oleh model. *Precision* tinggi berarti bahwa sebagian besar sampah yang diklasifikasikan sebagai logam memang benar logam. Rumus *precision* adalah [18]

$$\text{Precision} = \frac{\text{TruePositives}(TP)}{\text{TruePositives}(TP) + \text{FalsePositive}(FP)} \quad (3.4)$$

di mana *True Positives (TP)* adalah jumlah sampah logam yang benar diklasifikasikan sebagai logam dan *False Positives (FP)* adalah jumlah sampah non-logam yang salah diklasifikasikan sebagai logam. *Recall* mengukur proporsi sampah positif yang benar yang ditemukan oleh model dari semua sampah positif yang ada. *Recall* tinggi berarti bahwa model berhasil menemukan sebagian besar sampah logam yang ada. Rumus *recall* adalah [18]:

$$\text{Recall} = \frac{\text{TruePositives}(TP)}{\text{TruePositives}(TP) + \text{FalseNegative}(FN)} \quad (3.5)$$

di mana *False Negatives (FN)* adalah jumlah sampah logam yang salah diklasifikasikan sebagai non-logam. *F1-score* adalah rata-rata harmonis dari *precision* dan *recall*. *F1-score* digunakan untuk memberikan keseimbangan antara *precision* dan *recall*, terutama ketika terdapat ketidakseimbangan antara jumlah kelas positif dan negatif. Rumus *F1-score* adalah [18]

$$\text{F1Score} = \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (3.6)$$

KNN diimplementasikan pada mikrokontroler ESP32, yang berfungsi sebagai pusat kendali untuk mengatur dan mengkoordinasikan seluruh aktivitas perangkat keras dalam sistem. Mikrokontroler ini membaca data dari sensor *proximity*, mengolahnya dengan algoritma *KNN*, dan mengirimkan hasil klasifikasi untuk tindakan lebih lanjut.

3.3. Metode Fuzzy Logic

Tempat sampah yang dikembangkan dalam Tugas Akhir ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian muatan tempat sampah. Mikrokontroler ESP32 akan memproses data dari sensor ini untuk menentukan ketinggian tempat sampah, sehingga ESP32 akan mengirimkan notifikasi langsung ke aplikasi Telegram. *Fuzzy Logic* digunakan untuk menentukan status tempat sampah berdasarkan ketinggian muatan sampah dan waktu terakhir pembersihan [8]. Ini menentukan tindakan terbaik yang harus diambil oleh petugas tempat sampah. Langkah pertama dalam implementasi *Fuzzy Logic* adalah fuzzifikasi dimana proses mengubah input numerik menjadi derajat keanggotaan dalam himpunan fuzzy. Diantaranya yaitu menentukan variabel *fuzzy*. Variabel ini terdiri dari input dan output [19]. Input meliputi Muatan Sampah (MS) dan Waktu Terakhir Pembersihan (WTP). Muatan Sampah diukur menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan dikonversi ke dalam skala 0% hingga 100%. Waktu Terakhir Pembersihan dihasilkan oleh sensor RTC dan menunjukkan kapan tempat sampah terakhir dibersihkan. Output dari sistem ini adalah Status Tempat Sampah yang dikategorikan menjadi "Sangat Baik", "Normal", "Butuh Dibersihkan", dan "Sangat Butuh Dibersihkan". Setelah menentukan variabel *fuzzy*, langkah selanjutnya adalah transformasi data. Data yang diperoleh dari sensor dengan rentang 0cm hingga 18cm diubah ke dalam variabel fuzzy. Kemudian muatan sampah diukur dari 0% hingga 100%, dengan skala yang dikonversi menggunakan rumus berikut [8]:

$$MS = \frac{\text{KetinggianSampah}}{\text{TinggiMaksimalTempatSampah}} \times 100 \tag{3.7}$$

di mana MS adalah skala nilai muatan sampah dalam persen, ketinggian Sampah adalah tinggi sampah yang terdeteksi oleh sensor dalam cm, dan tinggi maksimal tempat sampah adalah tinggi maksimal tempat sampah dalam cm. Langkah selanjutnya adalah Inferensi dimana proses mengevaluasi aturan-aturan fuzzy untuk menghasilkan output fuzzy berdasarkan input yang telah difuzzifikasi [20], seperti menentukan bahwa kombinasi "Muatan Sampah Banyak" dan "Waktu Lama" menghasilkan status "Sangat Butuh Dibersihkan". Aturan *fuzzy* digunakan untuk menentukan status tempat sampah berdasarkan kombinasi muatan sampah dan waktu pembersihan [21].

4. Evaluasi

4.1 Klasifikasi Data

Data yang perlu diklasifikasi pada bagian ini adalah data yang telah dikumpulkan melalui pembacaan sensor *proximity* induktif dan sensor *proximity* kapasitif. Berikut lima data awal dan lima data akhir pada data yang telah dikumpulkan dan dapat dilihat pada Tabel 1(Lampiran 3).

Tabel 1 Data Sampah (Lampiran 3)

No	Objek	Kapasitif	Induktif	Material
1	Botol Teh pucuk	1	0	non-logam
2	Kaleng lasegar	1	1	logam
3	kardus ultra	1	1	logam
4	Gelas plastik	1	0	non-logam
5	kertas	1	0	non-logam
...
95	korek gas	1	0	non-logam
96	makanan hewan sachet	1	1	logam
97	sunsreen azarine	1	0	non-logam
98	tempat makan aluminium	1	1	logam
99	kaleng rokok	1	1	logam

4.2 Data fuzzy

Tabel 4.1 Muatan sampah

Muatan Sampah	
Kategori	Keanggotaan(%)
Muatan Sampah Sedikit	0, 0, 15, 30
Muatan Sampah Cukup	20, 40, 50, 60
Muatan Sampah Banyak	50, 70, 80, 90
Muatan Sampah Penuh	80, 90, 100, 100

Tabel 4.1 menjelaskan variable input muatan sampah. dimana muatan sampah tersebut berisi empat kategori dan persentase ketinggian tempat sampah. Maksimal ketinggian tempat sampah adalah 18cm, dan Input dari sensor ultrasonik diubah menjadi persentase ketinggian muatan sampah [8].

Tabel 4.2 Waktu Terakhir Pembersihan

Waktu Terakhir Pembersihan	
Kategori	Keanggotaan(Jam)
Waktu Baru Dibersihkan	0, 0, 4, 10
Waktu Cukup Lama	4, 10, 14, 20
Waktu Lama	14, 20, 24, 24

Tabel 4.2 mengkategorikan input waktu terakhir pembersihan berdasarkan jumlah jam yang telah berlalu sejak tempat sampah terakhir kali dibersihkan. Input dari sensor RTC yang mencatat waktu terakhir pembersihan diubah menjadi jumlah jam yang telah berlalu [8].

Tabel 4.3 Status Telegram

Status	
Kategori	Keanggotaan (Tingkat)
Status Sangat Baik	0, 0, 15, 30
Status Normal	20, 40, 50, 60
Status Butuh Dibersihkan	50, 70, 80, 90
Status Sangat Butuh Dibersihkan	80, 90, 100, 100

Tabel 4.3 mengkategorikan output status tempat sampah berdasarkan kombinasi dari input muatan sampah dan waktu terakhir pembersihan [8].

4.3 Hasil Pengujian

4.3.1 Pengujian Akurasi nilai K

Pengujian akurasi nilai k adalah proses untuk menentukan nilai k yang akan digunakan pada proses klasifikasi menggunakan model KNN . Dapat dilihat Gambar 1(Lampiran 1) menunjukkan hasil uji coba akurasi nilai k (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, dan 15) pada sumbu x dan akurasi model pada sumbu y . Titik-titik merah menunjukkan akurasi pada nilai k (1,3,5 dan 7) sebesar 0.95 atau 95%, sedangkan nilai akurasi pada nilai k (9,11,13, dan 15) memiliki penurunan akurasi menjadi 0.90%.

4.3.2 Pengujian Perbandingan kinerja model KNN Terhadap Data Sensor Proximity

Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan performa model KNN dalam mengklasifikasikan objek berdasarkan data dari dua sensor (kapasitif dan induktif) maupun hanya satu sensor (induktif).

Tabel 4.4 Evaluasi model

Evaluasi	Kapasitif dan Induktif	Induktif
Akurasi	0.95	0.85
Precision	0.96	0.56
Recall	0.97	0.64
F1-Score	0.96	0.59

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa Model klasifikasi *KNN* yang menggunakan dua sensor (kapasitif dan induktif) menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan dengan model yang hanya menggunakan satu sensor (induktif). Model dengan dua sensor mencapai akurasi 0.95, *precision* 0.96, *recall* 0.97, dan *F1 score* 0.96, sementara model dengan satu sensor hanya mencapai akurasi 0.85, *precision* 0.56, *recall* 0.64, dan *F1 score* 0.59.

4.3.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian Sistem dilakukan agar mengetahui seberapa akurat sistem yang telah dibangun terhadap klasifikasi sampah menggunakan algoritma *KNN*.

Tabel 5 Pengujian Sistem (Lampiran 12)

Uji coba	Sampah	Data sensor <i>proximity</i>		Hasil Klasifikasi		Kesesuaian Output
		Kapasitif	Induktif	Logam	Non-Logam	
1	Kaleng lasegar	1	1	Ya	-	Sesuai
2	Botol air mineral	0	0	-	-	Seuai
3	Botol sambal	1	0	-	Ya	Sesuai
4	Bungkus Ultra	1	1	Ya	-	Tidak sesuai
5	Kornet sachet	1	1	Ya	-	Sesuai
...
30	Botol minyak goreng	1	0	-	Ya	Sesuai
31	Bungkus wafer	1	0	-	Ya	Sesuai
32	gunting	1	1	Ya	-	Sesuai
33	Kaleng sarden	1	1	Ya	-	Sesuai
34	Kaleng susu	1	1	Ya	-	Sesuai
35	Fanta kaleng	1	1	Ya	-	Sesuai

4.3.4 Pengujian Logika fuzzy

Tabel 3 Pengujian Logika Fuzzy (Lampiran 8)

No	Waktu	Jenis Tong	Ketinggian sampah	Waktu Terakhir Dibersihkan	Status
1	20/07/2024 16:08	Logam	11.11%	1 jam 10 menit	Sangat baik
2	20/07/2024 16:08	NonLogam	61.11%	1 jam 10 menit	Butuh Dibersihkan
3	20/07/2024 20:08	Logam	11.11%	0 jam 0 menit	Sangat baik
4	20/07/2024 20:08	NonLogam	77.78%	0 jam 0 menit	Butuh Dibersihkan
5	21/07/2024 04:00	Logam	11.11%	3 jam 1 menit	Sangat baik

4.4 Analisis Hasil Pengujian

Setelah sistem tempat sampah cerdas berbasis *IoT* telah dibangun, dapat dilihat pada Gambar 8(Lampiran 10). Langkah selanjutnya adalah pengujian untuk mengukur performa sistem dalam mengklasifikasi sampah menjadi logam dan non-logam menggunakan sensor *proximity* induktif, kapasitif, dan algoritma *KNN*. Serta logika *fuzzy* untuk proses pengiriman notifikasi ke telegram yang kemudian dianalisis terhadap hasil pengujian.

Hasil pengujian sensor *proximity* induktif dan kapasitif ditunjukkan dalam Tabel 2(Lampiran 4). Sensor induktif mendeteksi sampah logam, sedangkan sensor kapasitif mampu mendeteksi sampah logam dan non-logam. Pengujian ini menunjukkan bahwa kedua sensor ini dapat dengan akurat mendeteksi berbagai jenis sampah, memberikan nilai *HIGH* (1) ketika mendeteksi sampah dan nilai *LOW* (0) ketika tidak mendeteksi sampah. Selain itu, Gambar 1(Lampiran 1) hasil uji coba Akurasi sangat tinggi, yaitu sekitar 0.95, saat nilai k berkisar antara 1 sampai 7. Namun, ada penurunan tajam dalam akurasi yang mencapai sekitar 0.91 ketika k ditingkatkan dari 7 menjadi 9, dan akurasi ini tetap konsisten sekitar 0.91 seiring nilai k meningkat hingga 15. Hal tersebut menandakan bahwa model menjadi terlalu sensitif terhadap kebisingan dalam data ketika lebih banyak tetangga digunakan, sehingga efektivitasnya berkurang saat k meningkat di atas 7. Nilai $k=5$ dipilih sebagai nilai yang digunakan karena merupakan nilai tengah yang seimbang antara k kecil dan besar, membantu mengurangi risiko *overfitting* dan *underfitting*. Tabel 4.4 evaluasi model *KNN* dengan $k=5$ menunjukkan bahwa informasi tambahan dari sensor kapasitif secara signifikan meningkatkan ketepatan dan kemampuan model dalam mengidentifikasi instance yang relevan, sehingga menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan seimbang. Oleh karena itu, penggunaan dua sensor digunakan untuk proses klasifikasi ini. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan, di mana sampah diklasifikasikan berdasarkan data dari sensor *proximity*, ditunjukkan pada Tabel 5(Lampiran 12) bahwa sistem klasifikasi sampah menggunakan sensor *proximity* memiliki akurasi sebesar 88.57%, dengan 31 dari 35 hasil klasifikasi sesuai dengan ekspektasi. Sensor kapasitif efektif mendeteksi berbagai jenis material non-logam, sementara sensor induktif mendeteksi material logam dengan beberapa pengecualian pada objek komposit. Ketidaksiharian ini mungkin disebabkan oleh karakteristik material yang mempengaruhi respons sensor.

Hasil pengujian pada Tabel 4(Lampiran 8) menunjukkan bahwa status yang dihasilkan oleh sistem logika *fuzzy* sangat sesuai dengan aturan *fuzzy* yang ada dapat dilihat pada Tabel 3(Lampiran 4), Setiap kombinasi antara muatan sampah dan waktu terakhir dibersihkan menghasilkan status yang tepat sesuai dengan aturan *fuzzy* yang berlaku. Pada tabel pengujian *fuzzy* dapat dilihat bahwa hasil pengujian no 1,3,5,7, dan 16 sesuai dengan rule ke-1. Hasil pengujian no 9 sesuai dengan rule ke-4. Hasil pengujian no 2,4,6, dan 8 sesuai dengan rule ke-7. Hasil pengujian no 10,11,12,13, dan 14 sesuai dengan rule ke-8. Hasil pengujian no 15,17,18, dan 19 sesuai dengan rule ke-9. Kemudian untuk hasil pengujian no 20 sesuai dengan rule ke-12. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem ini memiliki kemampuan yang baik dalam menerapkan aturan *fuzzy* untuk mengoptimalkan pengelolaan tempat sampah cerdas berbasis *IoT*, Hal ini memastikan bahwa tempat sampah tidak hanya dibersihkan ketika penuh tetapi juga mempertimbangkan waktu terakhir dibersihkan untuk mencegah kontaminasi dan efisiensi pembersihan. Adapun hasil dari *fuzzy* nantinya akan dikirim berupa status ke telegram yang dapat dilihat pada Gambar 7(lampiran 9), status tersebut digunakan agar petugas sampah dapat mengetahui informasi terkait sampah dan penentuan tindakan yang dilakukan.

5. Kesimpulan

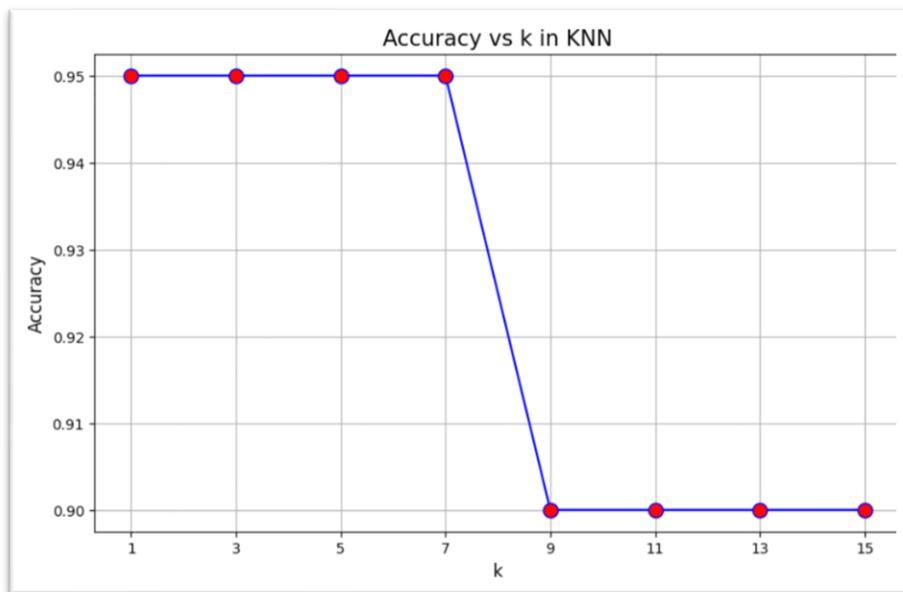
Tugas akhir ini berhasil mengembangkan sistem tempat sampah cerdas berbasis *IoT* yang efektif dalam mengklasifikasikan sampah logam dan non-logam dengan menggunakan sensor *proximity* induktif dan kapasitif serta algoritma *KNN*. Pengujian algoritma *KNN* menunjukkan hasil akurasi klasifikasi sebesar 95%, sementara pengujian sistem menggunakan sensor *proximity* memiliki akurasi sebesar 88.57%, dengan 31 dari 35 hasil klasifikasi sesuai dengan ekspektasi, menunjukkan kemampuan sistem yang kuat dalam mengenali jenis sampah. Metode *Fuzzy Logic* yang diterapkan untuk menentukan status tempat sampah berhasil memberikan notifikasi akurat melalui aplikasi Telegram, memungkinkan monitoring dan pengendalian yang cepat serta akurat, dengan notifikasi melalui Telegram yang membuat pengelolaan sampah lebih responsif. Namun untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan pengujian dengan dataset yang lebih besar untuk memastikan ketahanan dan keandalan sistem dalam berbagai kondisi operasional, penambahan sensor yang dapat mendeteksi jenis sampah lain, integrasi dengan platform lain seperti aplikasi mobile khusus untuk meningkatkan aksesibilitas dan responsivitas sistem bagi pengguna dan petugas pengelolaan sampah, optimasi konsumsi energi agar sistem dapat beroperasi lebih efisien dan dalam jangka waktu yang lebih lama, dan penilaian skalabilitas sistem untuk memungkinkan penerapan pada objek yang lebih besar. Dengan demikian, sistem ini dapat terus ditingkatkan untuk memberikan manfaat lebih besar dalam pengelolaan sampah yang efektif dan efisien.

Daftar Pustaka

- [1] P Dewi et al., “Jurnal Biosistem dan Teknik Pertanian, The Effectiveness of Community Based Waste Management Systems (Case Study: Sanur Kaja Village, Denpasar City).” 2021.
- [2] I. Fathiyah et al., “Upaya Meningkatkan Kesadaran Lingkungan Masyarakat Melalui Edukasi Pemilahan dan Pengelolaan Sampah,” 2023.
- [3] C Pratiwi. “Jurnal Pengabdian Masyarakat, Analisa Dampak Timbunan Sampah Di Sekitar Lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tanjung Pinggir Kota Pematangsiantar.” 2022.
- [4] B. Sugiantoro, N. Supriyana, U. Sutisna, S. Tinggi Teknik Wiworotomo, and J. Tengah, “Penerapan Mesin Pemilah Sampah Untuk Optimasi Bahan Baku Refuse Derived Fuel (RDF) Dan Produk Turunan Maggot di TPS 3R Bumdes Berkah Maju Bersama Banyumas.” 2022.
- [5] J. Castellanos-Ramos et al., “Adding proximity sensing capability to tactile array based on off-the-shelf FSR and PSoC,” *IEEE Trans Instrum Meas*, vol. 69, no. 7, pp. 4238–4250, Jul. 2020.
- [6] I. Junaed, R. Nuraini, and F. Teknologi Komunikasi dan Informatika, “Tempat sampah pintar berbasis sensor HC-SR04 menggunakan Aduino Uno R3,” 2021.
- [7] N. Hasdyna and R. Kesuma Dinata, “Analisis Matthew Correlation Coefficient pada K-Nearest Neighbor dalam Klasifikasi Ikan Hias,” 2020.
- [8] R. Ahmad Ma and N. Hayati, “Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Secara Real-time Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis IOT,” *Jurnal Infomedia*, vol. 4, no. 2, 2019.
- [9] A. Hanafie, S. Sukirman, K. Karmila, and M. E. Putri, “Pengembangan Tempat Sampah Cerdas Berbasis Internet of Things(IoT) Studi Kasus Fakultas Teknik UIM,” *ILTEK : Jurnal Teknologi*, vol. 16, no. 01, pp. 34–39, Apr. 2021.
- [10] K. Fatmawati, E. Sabna, Y. Irawan, *Jurnal of Computer Science*, “Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Mikrokontroler Arduino.” 2020.
- [11] I. yolia dewi Widayanti, J. Maulindar, and Nurchim, “Perancangan Sistem Pemilah Sampah Organik dan Anorganik Berbasis Mikrokontroler Dengan Menggunakan Sensor Proximity,” *INFOTECH journal*, vol. 9, no. 1, pp. 207–214, May 2023.
- [12] D. Aditya Rumansyah, S. Amini, and S. Mulyati, “Rancangan Alat Pemilah Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04, Microcontroller Nodemcu, dan Sensor Proximity,” 2022.
- [13] A. Setiawan, A. Muid, and I. Nirmala, “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kerusakan Bearing pada Kendaraan Roda Empat menggunakan Metode KNN (K-Nearest Neighbor),” *POSITRON*, vol. 8, no. 2.
- [14] P. Putra, A. M. H Pardede, and S. Syahputra, “Analisis Metode K-Nearest Neighbour (KNN) Dalam Klasifikasi Data Iris Bunga,” *Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTIK)*, vol. 6, no. 1, 2022.
- [15] S. H. Zulaikhah, A. Aziz, and W. Harianto, “Optimasi Algoritma K-Nearest Neighbour (KNN) Dengan Normalisasi Dan Seleksi Fitur Untuk Klasifikasi Penyakit Liver,” 2022. [Online]. Available: <https://archive.ics.uci.edu/ml/index.php>
- [16] A. Yudhana and dan Agus Jaka Sri Hartanta, “Algoritma K-NN Dengan Euclidean Distance Untuk Prediksi Hasil Pengerajinan Kayu Sengon,” *TRANSMISI*, vol. 22, no. 4, doi: 10.14710/transmisi.22.4.107-141.
- [17] J. Homepage, S. R. Cholil, T. Handayani, R. Prathivi, and T. Ardianita, “IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology) Implementasi Algoritma Klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN) Untuk Klasifikasi Seleksi Penerima Beasiswa,” 2021.
- [18] F. Tangguh Admojo, “Indonesian Journal of Data and Science Klasifikasi Aroma Alkohol Menggunakan Metode KNN,” vol. 1, no. 2, pp. 34–38, 2020.
- [19] D. Puspasari Wijaya and D. Heksaputra, “Sistem Penilaian Manajemen Stres dengan Variabel Fuzzy pada Pasien Rumah Sakit,” *SMARTICS Journal*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.21067/smartics.v6i1.4233.
- [20] K. Tarwati, “Metode Fuzzy Logic Untuk Penentuan Kelayakan Penerima Beasiswa Mahasiswa Di Universitas Muhammadiyah Sukabumi,” *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 1, no. 2, p. 56, 2020.
- [21] T. Takagi and M. Sugeno, “Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control.”

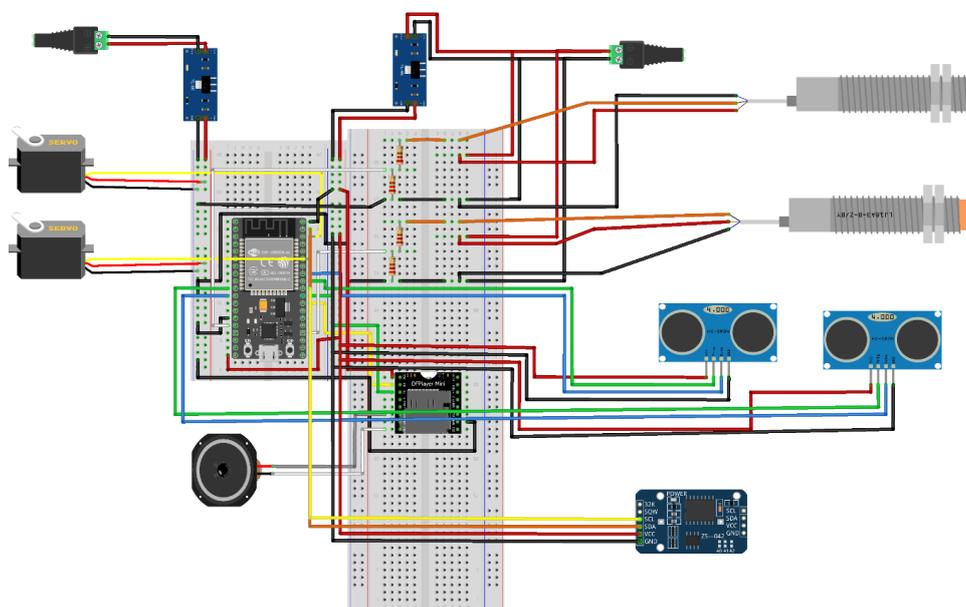
Lampiran

Lampiran 1



Gambar 1 Pengujian akurasi nilai K

Lampiran 2



Gambar 2. Rangkaian Alat

Lampiran 3

Tabel 1 Data Sampah

No	Objek	Kapasitif	Induktif	hasil sensor
1	Botol Teh pucuk	1	0	non-logam
2	Kaleng lasegar	1	1	logam
3	kardus ultra	1	1	logam

4	Gelas plastik	1	0	non-logam
5	kertas	1	0	non-logam
6	pensil kayu	1	0	non-logam
7	spidol	1	0	non-logam
8	Bungkus Taro	1	0	non-logam
9	Sachet Energen	1	1	non-logam
10	tipex	1	0	non-logam
11	Botol minuman kaca	1	0	non-logam
12	penghapus	1	0	non-logam
13	pulpen	1	0	non-logam
14	obeng	1	1	logam
15	silet	1	1	logam
16	gunting	1	1	logam
17	staples	1	1	logam
18	sendok	1	1	logam
19	garpu	1	1	logam
20	pisau	1	1	logam
21	baterai 9v	1	1	logam
22	koin	1	1	logam
23	paperclip	1	1	logam
24	gelas kopikap	1	0	non-logam
25	kantong kresek	0	0	tidak terdeteksi
26	amplop	1	0	non-logam
27	Hair powder	1	1	logam
28	Shave Foam G	1	1	logam
29	bungkus permen	1	0	non-logam
30	tisu basah	1	0	non-logam
31	mie instan	1	0	non-logam
32	sambal botol	1	0	non-logam
33	botol minyak tawon	1	0	non-logam
34	botol shampo	1	0	non-logam
35	tusuk sate	1	0	non-logam
36	facewash	1	0	non-logam
37	kaleng minuman sprite	1	1	logam
38	kaleng Bintang	1	1	logam
39	kaleng Nescafe	1	1	logam
40	kaleng sarden	1	1	logam
41	Kaleng kornet	1	1	logam
42	kaleng kental manis	1	1	logam
43	kaleng tuna	1	1	logam
44	sayur kaleng	1	1	logam
45	buah kaleng	1	1	logam
46	kaleng makanan hewan	1	1	logam

47	kaleng wafer	1	1	logam
48	kemasan chitato	1	0	non-logam
49	botol fanta	0	0	Tidak terdeteksi
50	karton telur	1	0	non-logam
51	kotak martabak	1	0	non-logam
52	plastik pembungkus roti	0	0	tidak terdeteksi
53	kopi sacshet	1	0	non-logam
54	botol sirup	1	0	non-logam
55	bungkus wafer	1	0	non-logam
56	bungkus silverqueen	1	1	logam
57	bungkus permen karet	1	0	non-logam
58	bungkus detergent bubuk	1	0	non-logam
59	kotak sereal	1	0	non-logam
60	botol detergen cair	1	0	non-logam
61	botol vaseline	1	0	non-logam
62	botol madu	1	0	non-logam
63	bungkus sosis	1	0	non-logam
64	botol sprite	0	0	tidak terdeteksi
65	buah	1	0	non-logam
66	Sayur	1	0	non-logam
67	Kayu	1	0	non-logam
68	botol yakult	1	0	non-logam
69	kemasan the gelas plastik	0	0	tidak terdeteksi
70	kemasan air gelas	0	0	tidak terdeteksi
71	wadah ice cream	1	0	non-logam
72	kaleng bear brand	1	1	logam
73	kaleng pocari	1	1	logam
74	kaleng permen fox	1	1	logam
75	kaleng baygon	1	1	logam
76	kaleng gas	1	1	logam
77	botol spray	1	0	non-logam
78	kotak the seduh	1	0	non-logam
79	botol minyak	1	0	non-logam
80	kaleng khong guan	1	1	logam
81	botol air mineral	0	0	tidak terdeteksi
82	bungkus nugget	1	0	non-logam
83	kaleng susu bubuk	1	1	logam
84	karung beras	1	0	non-logam
85	bungkus keju	1	0	non-logam
86	bungkus kornet	1	1	logam
87	karet grip	1	0	non-logam
88	bungkus bumbu masak	1	0	non-logam
89	buah vita	1	0	non-logam

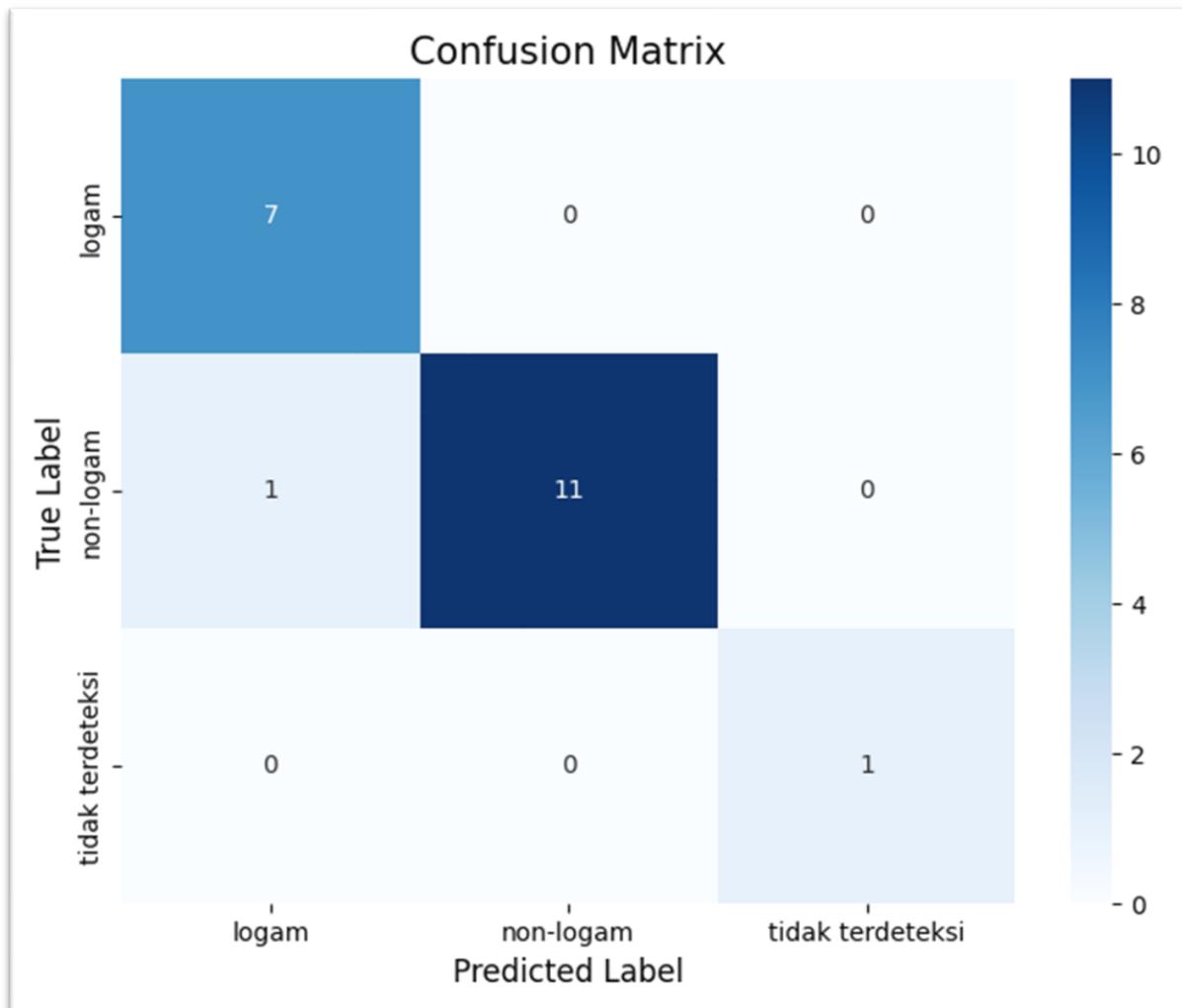
90	milo sachet	1	0	non-logam
91	kardus milo	1	1	logam
92	gas portabel	1	1	logam
93	bungkus sterofoam	1	0	non-logam
94	kaleng redbull	1	1	logam
95	korek gas	1	0	non-logam
96	makanan hewan sachet	1	1	logam
97	sunsreen azarine	1	0	non-logam
98	tempat makan aluminium	1	1	logam
99	kaleng rokok	1	1	logam
100	bungkus biji kopi	1	1	logam

Lampiran 4

Tabel 2 Pengujian sensor *proximity* Induktif dan Sensor *Proximity* Kapasitif

No	Objek	Nilai sensor induktif	Nilai sensor kapasitif
1	Daun	0	1
2	Kunci motor	1	1
3	Gunting	1	1
4	Koin	1	1
5	Bungkus snack	0	1
6	Bungkus wafer	0	1
7	Gumpalan kertas	0	1
8	Sendok aluminium	1	1
9	Casing hp	0	1
10	Bolpoint	1	1

Lampiran 5



Gambar 3 Confusion matrix k=5

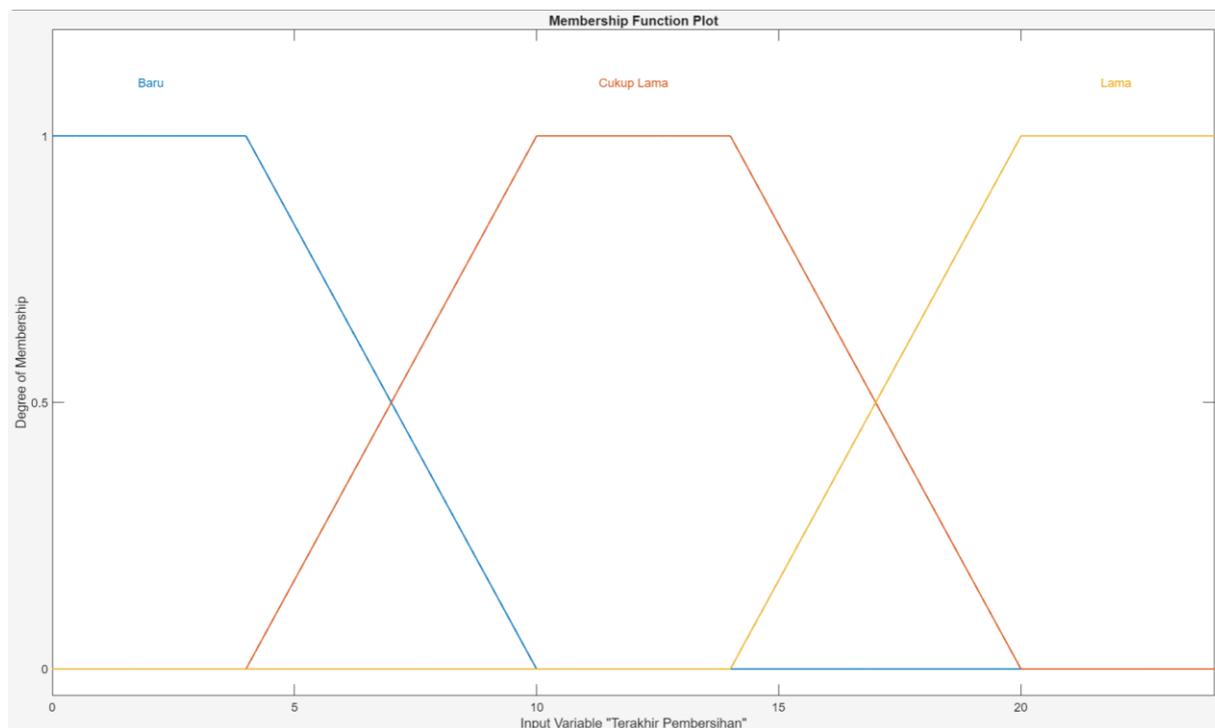
Lampiran 4

Tabel 3 Aturan Fuzzy

Rule	Tabel Aturan Fuzzy	
	Aturan Fuzzy	Output Status
R1	Muatan Sampah Sedikit AND Waktu Baru Dibersihkan	Status Sangat Baik
R2	Muatan Sampah Sedikit AND Waktu Cukup Lama	Status Normal
R3	Muatan Sampah Sedikit AND Waktu Lama	Status Butuh Dibersihkan
R4	Muatan Sampah Cukup AND Waktu Baru Dibersihkan	Status Normal
R5	Muatan Sampah Cukup AND Waktu Cukup Lama	Status Butuh Dibersihkan
R6	Muatan Sampah Cukup AND Waktu Lama	Status Butuh Dibersihkan
R7	Muatan Sampah Banyak AND Waktu Baru Dibersihkan	Status Butuh Dibersihkan
R8	Muatan Sampah Banyak AND Waktu Cukup Lama	Status Butuh Dibersihkan
R9	Muatan Sampah Banyak AND Waktu Lama	Status Sangat Butuh Dibersihkan

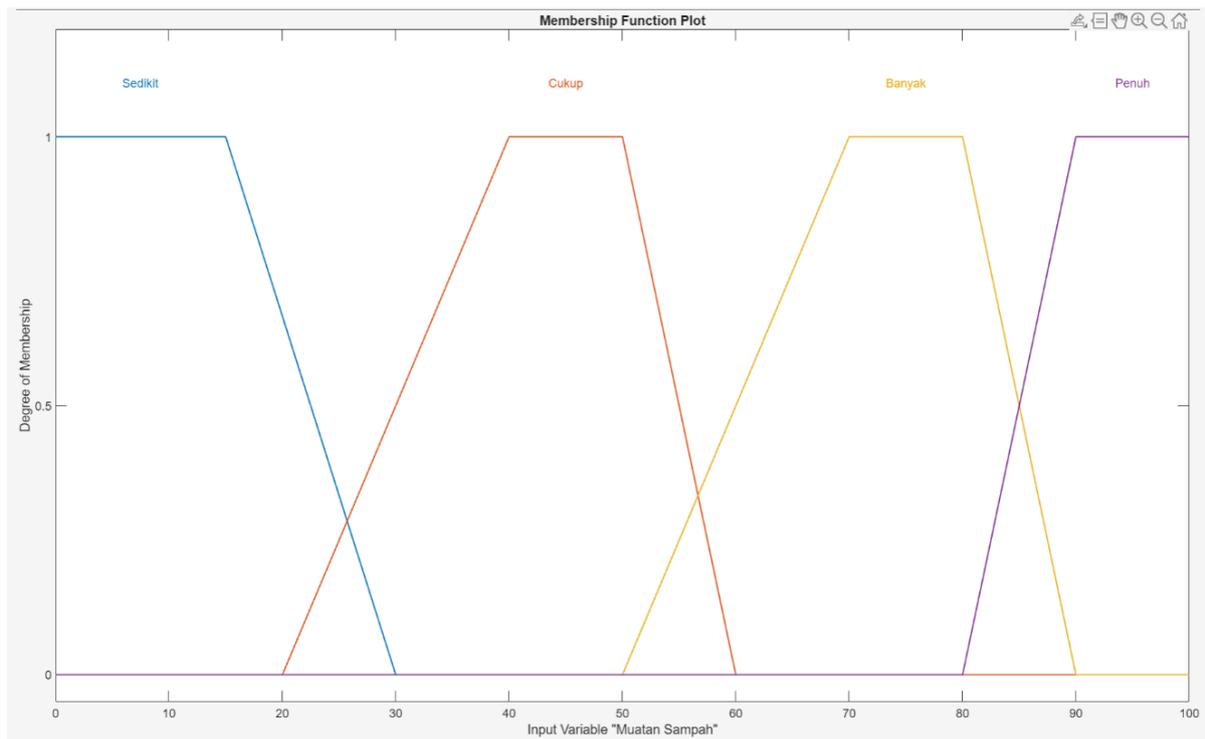
R10	Muatan Sampah Penuh AND Waktu Baru Dibersihkan	Status Sangat Butuh Dibersihkan
R11	Muatan Sampah Penuh AND Waktu Cukup Lama	Status Sangat Butuh Dibersihkan
R12	Muatan Sampah Penuh AND Waktu Lama	Status Sangat Butuh Dibersihkan

Lampiran 5



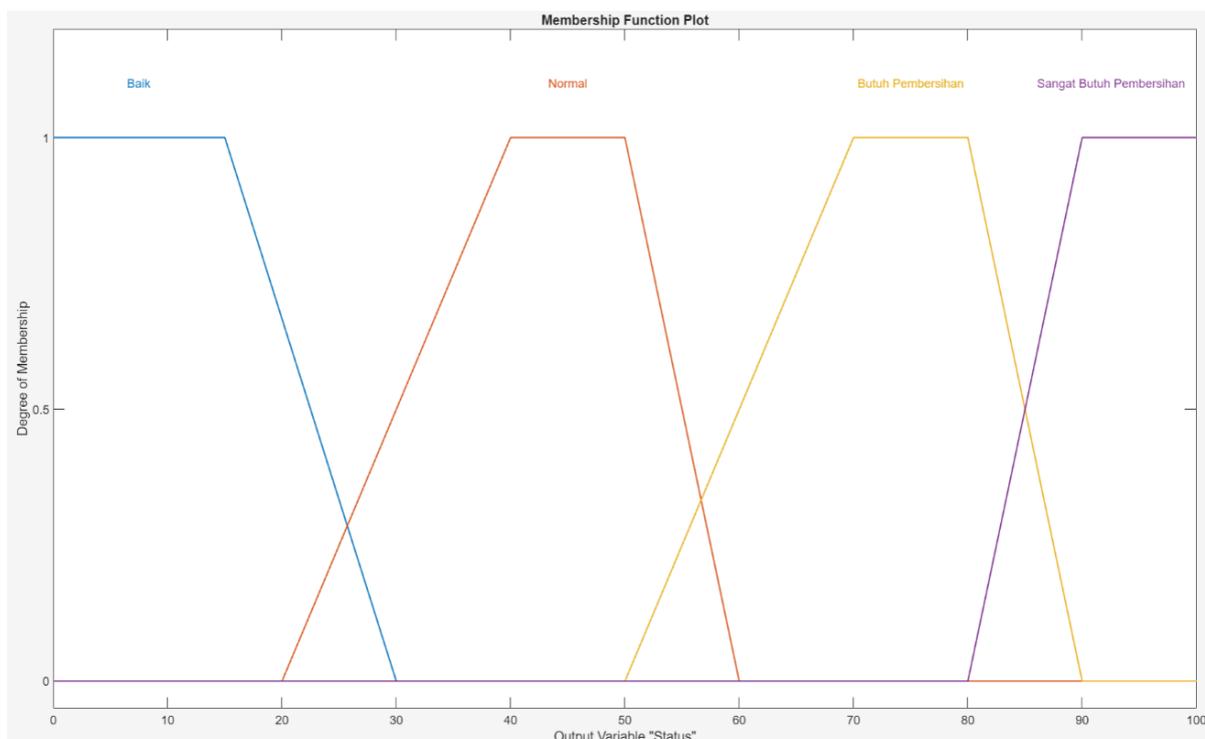
Gambar 4 Diagram Waktu terakhir Pembersihan

Lampiran 6



Gambar 5 Diagram Muatan Sampah

Lampiran 7



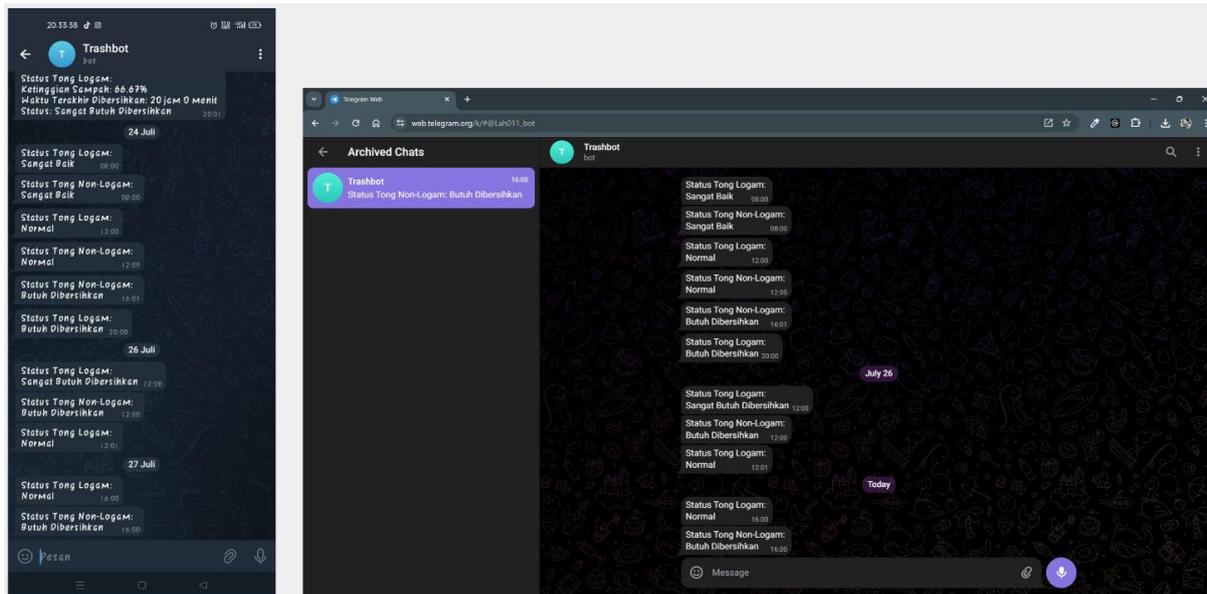
Gambar 6. Diagram Status

Lampiran 8

Tabel 4 Pengujian Logika Fuzzy

No	Waktu	Jenis Tong	Ketinggian sampah	Waktu Terakhir Dibersihkan	Status
1	20/07/2024 16:08	Logam	11.11%	1 jam 10 menit	Sangat baik
2	20/07/2024 16:08	NonLogam	61.11%	1 jam 10 menit	Butuh Dibersihkan
3	20/07/2024 20:08	Logam	11.11%	0 jam 0 menit	Sangat baik
4	20/07/2024 20:08	NonLogam	77.78%	0 jam 0 menit	Butuh Dibersihkan
5	21/07/2024 04:00	Logam	11.11%	3 jam 1 menit	Sangat baik
6	21/07/2024 04:00	NonLogam	77.78%	3 jam 1 menit	Butuh Dibersihkan
7	21/07/2024 16:01	Logam	11.11%	0 jam 20 menit	Sangat baik
8	21/07/2024 16:01	NonLogam	50.00%	0 jam 19 menit	Normal
9	21/07/2024 20:00	Logam	44.44%	2 jam 2 menit	Normal
10	21/07/2024 20:00	NonLogam	66.67%	2 jam 2 menit	Butuh Dibersihkan
11	22/07/2024 00:00	Logam	50.00.%	6 jam 5 menit	Normal
12	22/07/2024 00:00	NonLogam	66.67%	6 jam 5 menit	Butuh Dibersihkan
13	22/07/2024 04:00	Logam	50.00.%	10 jam 2 menit	Normal
14	22/07/2024 04:00	NonLogam	66.67%	10 jam 2 menit	Butuh Dibersihkan
15	22/07/2024 08:00	Logam	50.00.%	14 jam 2 menit	Butuh Dibersihkan
16	22/07/2024 08:00	NonLogam	66.67%	14 jam 2 menit	Butuh Dibersihkan
17	22/07/2024 12:00	Logam	50.00.%	18 jam 2 menit	Butuh Dibersihkan
18	22/07/2024 12:00	NonLogam	66.67%	18 jam 2 menit	Butuh Dibersihkan
19	22/07/2024 14:00	Logam	50.00.%	22 jam 2 menit	Butuh Dibersihkan
20	22/07/2024 14:00	NonLogam	66.67%	22 jam 2 menit	Sangat Butuh Dibersihkan

Lampiran 9



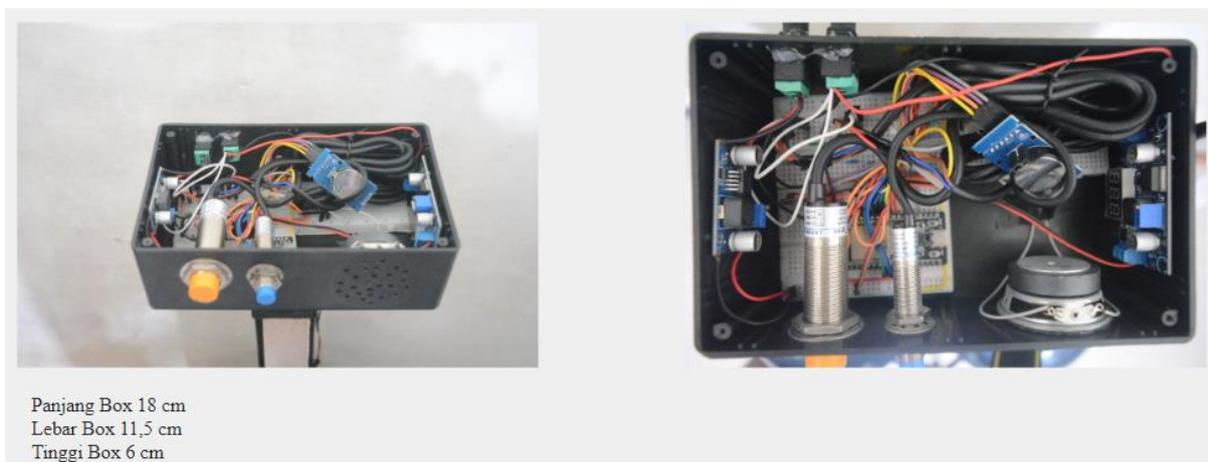
Gambar 7 Notifikasi Telegram

Lampiran 10



Gambar 8 Tampilan Sistem Tempat Sampah cerdas berbasis IoT

Lampiran 11



Gambar 9 Tampilan Box Sistem Tempat Sampah cerdas berbasis IoT

Lampiran 12

Tabel 5 Pengujian Sistem

Uji coba	Sampah	Data sensor <i>proximity</i>		Hasil Klasifikasi		Kesesuaian Output
		Kapasitif	Induktif	Logam	Non-Logam	
1	Kaleng lasegar	1	1	Ya	-	Sesuai
2	Botol air mineral	0	0	-	-	Seuai
3	Botol sambal	1	0	-	Ya	Sesuai
4	Bungkus Ultra	1	1	Ya	-	Tidak sesuai
5	Kornet sachet	1	1	Ya	-	Sesuai
6	Bungkus permen	1	0	-	Ya	Sesuai
7	Biskuit sachet	1	0	-	Ya	Sesuai
8	Bungkus mi instan	1	0	-	Ya	Sesuai
9	Milo kardus	1	1	-	Ya	Tidak sesuai
10	Bungkus silverqueen	1	1	Ya	-	Tidak sesuai
11	Daun Kering	1	0	-	Ya	Sesuai
12	Sendok(alumunium)	1	1	Ya	-	Sesuai
13	Sendok(plastik)	1	0	-	Ya	Sesuai
14	Tusuk sate	1	0	-	Ya	Sesuai
15	Biskuit sachet	1	0	-	Ya	Sesuai
16	Kantong kresek	0	0	-	-	Sesuai
17	Tisu basah	1	0	-	Ya	Sesuai
18	Amplop coklat	1	0	-	Ya	Sesuai
19	Botol teh pucuk	1	0	-	Ya	Sesuai
20	Bungkus mie gemez	1	0	-	Ya	sesuai
21	masker	0	0	-	-	Sesuai
22	Tisu kering	1	0	-	Ya	Sesuai
23	Bungkus martabak	1	0	-	Ya	Sesuai

24	Minuman kacang hijau	1	0	-	Ya	Sesuai
25	Botol fanta	0	0	-	-	Sesuai
26	Qtela sachet	1	0	-	Ya	Sesuai
27	Kertas hvs	1	0	-	Ya	Sesuai
28	Bungkus biskuit	1	0	-	Ya	Sesuai
29	Botol susu	1	0	-	Ya	Sesuai
30	Botol minyak goreng	1	0	-	Ya	Sesuai
31	Bungkus wafer	1	0	-	Ya	Sesuai
32	gunting	1	1	Ya	-	Sesuai
33	Kaleng sarden	1	1	Ya	-	Sesuai
34	Kaleng susu	1	1	Ya	-	Sesuai
35	Fanta kaleng	1	1	Ya	-	Sesuai