

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

Dalam penelitian “Mengembangkan Sistem Pemilah Sampah Otomatis Menggunakan Metode Logika Fuzzy” memerlukan beberapa persiapan. Diantaranya melakukan literature review untuk mengutip dan memperoleh informasi yang berhubungan dengan judul penelitian, serta dijadikan sebagai bahan pertimbangan

2.2 Putaka

2.2.1 Sampah

Sampah merupakan sesuatu yang dihasilkan dari aktivitas manusia, baik aktivitas domestic (rumah tangga) maupun aktivitas industri, dan lebih berorientasi pada material sisa yang tidak diinginkan atau tidak bermanfaat lagi (Ayu Susiani Dewi, 2024). Menurut KBBI, sampah adalah barang atau benda yang dibuang karena tidak terpakai lagi. Sedangkan menurut UU Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, yang dimaksud dengan sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat (siagian, 2022). Sampah juga menjadi salah satu masalah besar yang tak kunjung usai. Rata-rata masalah sampah hampir dihadapi oleh seluruh negara di dunia. Tidak hanya dinegara-negara berkembang seperti indonesia, tetapi juga di negara-negara maju sampah selalu menjadi masalah yang tak kunjung usai. Di indonesia, sampah dikota-kota besar setiap harinya menghasilkan puluhan ton sampah. Sebagai contoh, Menurut Kepala Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Surabaya mengatakan, secara teori jumlah sampah yang diproduksi masyarakat Surabaya sebesar 1.800 per hari (Arifin, 2024). Hari demi hari sampah terus menumpuk dan terjadilah bukit sampah atau gunung sampah. Sampah yang menumpuk tersebut sangat mengganggu penduduk sekitar dan terjadi pencemaran baik udara maupun tanah. Selain menjadi baunya yang tidak sedap, menumpukan sampah juga dapat menjadi wabah penyakit.

Sampah dapat digolongkan kedalam dua jenis yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sampah anorganik adalah sampah yang dihasilkan dari proses industri dan membutuhkan waktu yang sangat lama untuk diperbaharui oleh alam.

Dikarenakan memerlukan waktu yang relatif lama, sampah anorganik semakin lama akan semakin menumpuk dan dapat mengganggu keberlangsungan makhluk hidup (Zuraidah, 2024).

1. Sampah Organik

Sampah organik berasal dari bahan-bahan yang menyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam atau dihasilkan dari kegiatan pertanian, perikanan, atau yang lain. Sampah organik mudah terurai dengan proses alami yang sebagian besar berasal dari sampah rumah tangga, seperti sayur-sayuran, buah-buahan, dan daun (Prasetyo et al., 2023) Sampah organik kalau dibuang menghasilkan gas metan yang mengakibatkan gas rumah kaca. Sementara, Indonesia berkomitmen mengurangi gas rumah kaca (administrator, 2025).



Gambar 2. 1 Sampah organik

Tabel 2.1 Ciri fisik organik

Kategori Sampah	Contoh Sampah	Ciri Fisik	Karakteristik Umum
Organik	- Sisa makanan (nasi, sayur, buah)	Lembek, basah, cepat membusuk	Mudah terurai oleh mikroorganisme
	- Daun dan ranting kering	Ringan, mudah hancur bila direndam	Bisa dijadikan kompos atau pupuk alami
	- Kulit buah, sisa lauk	Berbau, tekstur lembut/lunak	Mengandung air, bersifat biodegradable
	- Roti basi, sisa minuman	Lembab, sering berjamur	Umur simpan pendek, mudah membusuk

2. Sampah Anorganik

Sampah anorganik adalah limbah yang tidak berasal dari makhluk hidup dan tidak dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme (Aminuddin, 2025). Secara umum sampah anorganik terdiri dari bahan seperti plastik, kaca, logam, dan kertas yang dilapisi atau di campur bahan non-biodegradable. Sampah non-biodegradable



Gambar 2. 2 Sampah anorganik

merupakan jenis sampah yang tidak dapat terurai oleh bakteri maupun mikroorganismenya seperti plastik, logam, dan kaca (Abdul Latief et al., 2024).

No.	Jenis Sampah Anorganik	Contoh	Ciri Fisik	Karakteristik
1	Plastik	Kantong plastik, botol air mineral, sedotan	Ringan, lentur, tidak menyerap air	Tidak mudah terurai, awet, bisa dibentuk ulang
2	Logam	Kaleng minuman, besi bekas, aluminium	Keras, berat, konduktif, berkilau	Tahan terhadap panas, tidak membusuk
3	Kaca	Botol kaca, pecahan jendela, stoples	Transparan, keras, mudah pecah	Tidak menyerap air, tahan lama, bisa didaur ulang
4	Kabel Bekas	Kabel listrik, kabel charger rusak	Lentur, terdiri dari plastik & logam	Mengandung tembaga (konduktor), isolasi plastik
5	Baterai Bekas	Baterai AA, baterai HP, baterai lithium	Kecil, keras, berat, tertutup logam	Mengandung zat kimia berbahaya, sulit terurai
6	Tekstil	Kain perca, pakaian rusak	Lembut, tidak mudah robek	Tidak membusuk, tahan lama

Tabel 2.2 Ciri fisik anorganik

2.2.2 Fuzzy

Logika Fuzzy, sebuah konsep yang diperkenalkan oleh Profesor Lotfi A. Zadeh pada tahun 1962, adalah sebuah metodologi kontrol sistem yang dirancang untuk mengatasi masalah. Pendekatan ini sangat fleksibel dan dapat

diimplementasikan dalam berbagai jenis sistem, mulai dari yang sederhana, sistem kecil, sistem tertanam (embedded system), jaringan komputer pribadi (PC network), sistem akuisisi data multi-saluran (multichannel data acquisition), hingga workstation dan sistem kontrol yang lebih kompleks. Penerapan metodologi ini juga bisa dilakukan pada perangkat keras, perangkat lunak, atau kombinasi keduanya. Berbeda dengan logika klasik yang hanya mengenal dua kemungkinan nilai (biner), seperti "Ya atau Tidak", "Benar atau Salah", atau "Baik atau Buruk" — yang direpresentasikan dengan nilai keanggotaan 0 atau 1 — logika Fuzzy memungkinkan adanya nilai keanggotaan di antara 0 dan 1. Ini berarti suatu kondisi bisa memiliki karakteristik "Ya" dan "Tidak" secara bersamaan, "Benar" dan "Salah" secara simultan, atau "Baik" dan "Buruk" pada waktu yang sama. Namun, seberapa besar nilai dari masing-masing karakteristik tersebut sangat bergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya dalam skala 0 hingga 1. Dengan demikian, logika Fuzzy menyediakan cara untuk memodelkan penalaran manusia yang melibatkan ketidakpastian dan ambiguitas (Bahauddin, 2025)

Dalam logika fuzzy, konsep variabel dan pernyataan diekspresikan menggunakan himpunan fuzzy, di mana setiap elemen memiliki fungsi keanggotaan. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk mengelola data yang tidak pasti dan kompleks secara efektif, karena logika fuzzy dirancang untuk menangkap ketidakjelasan dalam data dan memberikan fleksibilitas saat mengambil keputusan. Salah satu keunggulan utama logika fuzzy adalah kemampuannya untuk mengatasi tantangan ketidakpastian dan kompleksitas dalam berbagai sistem. Selain itu, logika Fuzzy menawarkan kemampuan adaptif yang signifikan, memungkinkannya untuk menangani data yang mungkin tidak lengkap atau memiliki ambiguitas (Nurjannah et al., 2024).

Arsitektur sistem logika fuzzy secara fundamental, arsitektur sistem logika fuzzy tersusun atas empat komponen utama:

- Basis aturan (Rules Base): Bagian ini berisi kumpulan aturan "JIKA-MAKA" (IF-THEN) yang merepresentasikan pengetahuan atau keahlian tentang sistem. Aturan-aturan ini menjadi panduan bagaimana sistem harus bereaksi terhadap berbagai input.

- Fuzzifikasi (Fuzzification): Ini adalah proses di mana nilai-nilai numerik yang presisi dari input sensor atau data diubah menjadi nilai-nilai linguistik Fuzzy (misalnya, "rendah", "sedang", "tinggi"). Fungsi keanggotaan digunakan dalam tahap ini untuk menentukan derajat keanggotaan setiap nilai pada himpunan Fuzzy yang relevan.
- Sistem Inferensi Fuzzy (Fuzzy Inference System - FIS): Setelah fuzzifikasi, sistem inferensi Fuzzy akan mengolah nilai-nilai linguistik tersebut berdasarkan aturan-aturan yang ada di basis aturan. Proses ini melibatkan evaluasi setiap aturan untuk menghasilkan kesimpulan Fuzzy.
- Defuzzifikasi (Defuzzification): Pada tahap akhir ini, hasil Fuzzy yang telah diperoleh dari sistem inferensi diubah kembali menjadi nilai numerik yang jelas dan dapat digunakan oleh sistem kontrol atau aktuator. Proses ini "mengkristalkan" kesimpulan Fuzzy menjadi tindakan konkret.

2.2.3 Sensor proximity kapasitif

Sensor proximity kapasitif adalah sensor yang mendeteksi kehadiran objek, baik konduktif maupun non-konduktif, tanpa kontak fisik yang memiliki kemampuan kemampuan deteksi objek yang fleksibel. Berdasarkan prinsip kapasitif, sensor ini dapat mendeteksi berbagai jenis material, mulai dari logam hingga non-logam seperti plastik, kaleng, kulit buah, dan kaca, selama masih dalam jangkauannya (Santoso et al., 2023). Cara kerja sensor kapasitif untuk mendeteksi sampah bergantung pada perubahan kapasitas listrik. Ketika sampah berada dekat sensor, ia memengaruhi medan elektrostatis sensor, yang menyebabkan perubahan nilai kapasitansi (Ressiana, 2023).



Gambar 2.3 Proximiti kapasitif

Contohnya Sensor kapasitif dipasang pada jalur konveyor atau tempat sampah otomatis. Saat sampah melintas atau mendekat, sensor ini memancarkan medan elektrostatik. Keberadaan sampah (organik, plastik, kertas, atau non-logam lainnya) dalam jangkauan sensor menyebabkan perubahan nilai kapasitansi yang bergantung pada karakteristik dielektrik material sampah.

2.2.4 Sensor proximity induktif



Gambar 2. 4 Proximity induktif

Sensor proximity induktif memiliki fungsi utama untuk mendeteksi kehadiran suatu objek. Sensor proximity induktif, yang sering digunakan untuk mendeteksi benda logam, memiliki keunggulan karena dapat melakukannya dari jarak tertentu tanpa kontak fisik. Prinsip deteksinya didasarkan pada pemanfaatan arus induksi yang dihasilkan oleh medan magnet ketika ada benda logam di dekatnya (Aribowo et al., 2021).

2.2.5 Arduino Uno

Arduino merupakan sebuah platform purwarupa elektronik (electronic prototyping platform) berbasis sumber terbuka (open-source) yang dikenal karena fleksibilitas dan kemudahan penggunaannya, baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak. Keunggulan utama Arduino terletak pada komunitas penggunaannya yang besar, yang menghasilkan ketersediaan pustaka kode program



Gambar 2.5 Arduino uno

(code library) dan modul pendukung (hardware support modules) dalam jumlah melimpah, sehingga sangat membantu pemula dalam mempelajari dunia mikrokontroler (Nulhakim, 2020). Arduino Uno bertugas menjalankan algoritma khusus yang memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi jenis sampah (organik, anorganik, logam). Berdasarkan identifikasi ini, Arduino Uno akan mengirimkan perintah yang sesuai, misalnya untuk mengaktifkan mekanisme pemilahan sampah (Ardiansyahi & Akbar Ritonga, 2024).

2.2.6 Sensor DHT11 (sensor kelembaban)

Sensor DHT-11 berperan sebagai komponen untuk mengukur tingkat kelembaban di dalam wadah pemilah sampah. Penelitian ini perlu dilakukan secara komprehensif hingga tahap pengambilan data selesai, dan selanjutnya hasil



Gambar 2.6 Sensor DHT11

penelitian ini disusun secara sistematis. Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan di sekitar sampah. Apabila kelembapan yang terdeteksi

melebihi 70%, sistem akan mengklasifikasikan sampah tersebut sebagai sampah organik.(Ujang Wiharja, 2023).

2.2.7 Area penampungan sampah



Gambar 2. 7 Penampungan sampah

Di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surabaya, area penampungan sampah yang tersedia masih tergolong kecil dan belum dilengkapi dengan fasilitas pemilahan antara sampah organik dan anorganik. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pengelolaan sampah masih dilakukan secara umum tanpa pemisahan jenis, sehingga diperlukan sistem yang lebih terstruktur untuk mendukung pengelolaan sampah yang lebih baik.

2.3 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 3 Penelitian terdahulu

Judul	Author	Tahun	Hasil
PERANCANGAN SISTEM PEMILAH SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN MENGGUNAKAN	Immaculata Yolia Dewi W1, Joni Maulind ar2,	2023	Sistem berhasil memilah sampah secara otomatis berdasarkan jenis organik dan anorganik dengan menggunakan kombinasi sensor

<p>SENSOR PROXIMITY (Widayanti et al., 2023).</p>	<p>Nurchim 3</p>	<p>proximity induktif dan kapasitif. Sensor kapasitif efektif dalam mendeteksi objek non-logam (organik), sedangkan sensor induktif bekerja optimal untuk mendeteksi logam (anorganik).</p>
<p>Rancang Bangun Alat Otomatis Pemilah Sampah Logam, Organik Dan Anorganik Menggunakan Sensor Proximity Induksi Dan Sensor Proximity Kapasitif (Agustya et al., 2022)</p>	<p>Angga Fernanda Agustya, Akhmad Fahruzi</p>	<p>2022</p> <p>Hasil pengujian Alat dapat memilah sampah logam, organik, dan anorganik dengan cukup baik, dengan rata-rata tingkat keberhasilan keseluruhan mencapai 84,97% dari 30 kali pengujian.</p>
<p>Rancangan Alat Pemilah Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04, Microcontroller Nodemcu, dan Sensor Proximity (Aditya Rumansyah et al., 2022)</p>	<p>Dhika Aditya Rumansyah, Safrina Amini, Sri Mulyati3 , Purwant o</p>	<p>2022</p> <p>Penelitian ini membahas perancangan dan implementasi alat pemilah sampah otomatis yang dapat membedakan antara sampah logam dan non-logam secara otomatis menggunakan sensor Proximity Induktif dan Kapasitif untuk mendeteksi jenis sampah (logam atau non-logam). Yang menyarankan</p>

		<p>pengembangan kategori sampah, tidak hanya logam dan non-logam, tetapi juga memilah organik dan anorganik untuk meningkatkan kegunaan alat secara luas.</p>
<p>Smart Trash Bin with Web Integrated Volume Monitoring and Sorting System via MQTT Protocol(Rahayu et al., 2022)</p>	<p>Rahayu, Maya Nurkholis Widlan 2022</p>	<p>membahas tentang perancangan dan implementasi tempat sampah pintar yang mampu melakukan pemilahan jenis sampah secara otomatis serta memantau volume sampah secara real-time. Sistem ini dilengkapi dengan berbagai sensor seperti proximity induktif, proximity kapasitif, inframerah, dan ultrasonik. Proximity kapasitif belum mampu mengenali sampah plastik yang gagal terdeteksi oleh sensor antara lain plastik mika, botol air mineral, dan kemasan sachet sampo.</p>

<p>PENERAPAN SENSOR CAPACITIVE PROXIMITY DAN SENSOR INFRARED PROXIMITY PADA PERANCANGAN PEMILAH SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK (Sulistyorini et al., 2024)</p>	<p>Sulistyorini</p>	<p>2024</p>	<p>membahas tentang pengembangan sistem tempat sampah pintar yang mampu memilah sampah secara otomatis menjadi dua jeni: organik dan anorganik yang menggunakan sensor proximiti kapasitif dan proximity infrared, tetapi hasil Sensor capacitive dan infrared belum optimal mendeteksi plastik yang tidak transparan atau sangat tipis.</p>
<p>SCADA for waste sorting system as an environmental conservation effort (Loblobly et al., 2024)</p>	<p>Loblobly</p>	<p>2024</p>	<p>penelitian ini membahas perancangan dan implementasi sistem pemilah sampah otomatis berbasis PLC (Programmable Logic Controller) yang dikontrol dan dipantau secara real-time melalui SCADA yang menggunakan sensor proximity kapasitif dan proximity induktif. pada penelitian ini pemilahan sampah anorganik adalah</p>

			yang paling bermasalah, dengan tingkat keberhasilan hanya 33,33%. Sensor kapasitif sering salah mendeteksi plastik berwarna sebagai sampah organik.	
PROTOTYPE DAN SAMPAH LOGAM OTOMATIS BERBASIS IoT (Santoso et al., 2020)	PEMILAH DAN MONITORING LOGAM NON BASAH BERBASIS IoT (Santoso et al., 2020)	Eka Wahyu Santoso, Heru Abrianto, A. Darmawan dan Sidik	2020	membahas perancangan dan pengujian tempat sampah pintar yang mampu melakukan pemilahan otomatis terhadap tiga jenis sampah logam, non-logam, dan basah, serta memantau berat sampah secara real-time melalui website berbasis IoT. Sensor proximity kapasitif mendeteksi non-logam seperti botol plastik dan kardus HP dengan baik.
PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SMART TRASH BIN MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY (Dewi et al., 2020)		Adelia Pramita Dewi, Ramdhann Nugraha, Sony Sumaryo	2020	Penelitian tersebut membahas pengembangan sistem tempat sampah pintar yang mampu memilah secara otomatis tiga jenis sampah kering, yaitu Botol plastik, Kertas,

		<p>Kaleng Logika fuzzy digunakan untuk klasifikasi sampah berdasarkan nilai warna (RGB) dengan metode Sugeno. Tiga keluaran yang dihasilkan adalah sampah plastik, kertas.</p>
<p>IMPLEMENTASI SISTEM sCERDAS SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK OTOMATIS DENGAN METODE FUZZY SUGENO ORDE NOL BERBASIS INTERNET OF THINGS (STUDI KASUS: BANK SAMPAH KAMPUNG BARU) (Bahauddin, 2025)</p>	<p>Ajib Bahauddin, Munawaroh</p>	<p>membahas penerapan teknologi IoT dan logika fuzzy dalam mengembangkan tempat sampah pintar yang dapat melakukan Pemilahan otomatis tiga jenis sampah: logam, organik, dan anorganik.</p> <p>Monitoring kapasitas tong sampah secara real-time melalui website dan bot Telegram. Data sensor diproses menggunakan metode fuzzy Sugeno orde nol, yang menghasilkan keputusan pengelompokan secara otomatis</p>

<p>Simulasi Alat Penjaring Sampah Otomatis Berbasis Sensor Ultrasonic HC-SR04 (Sahlan, 2020)</p>	<p>Sahlan, Aland Gordon 2020</p>	<p>membahas pengembangan dan pengujian simulasi sistem pemilah sampah otomatis menggunakan logika fuzzy dan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai input utama. Tujuan utama adalah membedakan sampah logam dan non-logam (dalam konteks ini termasuk plastik) secara otomatis berdasarkan dua parameter. Massa (berat objek): dalam rentang 0–100 gram. Kelembaban (kadar air): dalam rentang 0–100%. Sistem menggunakan Fuzzy Logic Toolbox Matlab untuk mengolah input dari massa dan kelembaban menjadi output berupa klasifikasi sampah.</p>
<p>RANCANG BANGUN SISTEM PEMILAH SAMPAH OTOMATIS BERBASIS ARDUINO (Ujang Wiharja, 2023)</p>	<p>Ujang Wiharja, Muhamad</p>	<p>membahas tentang pengembangan alat tempat sampah pintar yang mampu memilah secara otomatis tiga jenis</p>

	Kurniawan	sampah, yaitu sampah logam, sampah organik, sampah anorganik. Peran dari sensor DHT11 mendeteksi jenis kelembababn obyek
--	-----------	--

2.4 Analisa Kebaruan Penelitian

Penelitian sebelumnya dalam klasifikasi sampah seringkali terhambat oleh sedikitnya sensor yang digunakan, umumnya hanya dua. Ini menimbulkan kebingungan saat sebuah objek dideteksi berbeda oleh masing-masing sensor, membuat sistem sulit menentukan klasifikasi akhir. Lebih lanjut, studi-studi terdahulu cenderung membatasi klasifikasi sampah hanya pada dua kategori, yaitu logam dan non-logam.

Berbeda dengan pendekatan tersebut, penelitian ini menghadirkan sebuah inovasi penting dengan mengimplementasikan sistem klasifikasi sampah yang jauh lebih kuat dan akurat. Penelitian ini mengatasi keterbatasan sensor dengan menggunakan lebih dari dua sensor, sehingga meminimalkan potensi konflik data dan meningkatkan keandalan deteksi. Selain itu, cakupan kategori sampah kami diperluas menjadi tiga jenis yaitu sensor proximity induktif, proximity kapasitif dan sensor DHT11, melampaui pemisahan dua kategori logam/non-logam yang ada. Peningkatan jumlah sensor ini juga memungkinkan deteksi dan diferensiasi jenis sampah yang lebih presisi, mengatasi keterbatasan sensor pada penelitian sebelumnya yang hanya mampu mengidentifikasi dua jenis sampah. Dengan demikian, penelitian kami menawarkan solusi yang lebih lengkap dan efisien untuk masalah klasifikasi sampah. Inovasi utama dalam penelitian ini terletak pada pemanfaatan beberapa jenis sensor secara bersamaan, yang datanya kemudian diproses melalui logika fuzzy. Metode ini tidak hanya digunakan untuk menentukan hasil akhir klasifikasi, tetapi juga dalam menganalisis input dari sensor sehingga sistem dapat mengambil keputusan yang lebih tepat dalam mengenali jenis sampah.

Pada penelitian yang akan saya buat ini difokuskan pada pengembangan sistem klasifikasi sampah berbasis kecerdasan buatan, bukan hanya pada aspek pembuatan alat. Sistem yang dibangun berfungsi untuk menguji dan membandingkan kinerja tiga jenis sensor yaitu sensor proximity induktif, kapasitif, dan DHT11 dengan tujuan menentukan sensor yang memiliki akurasi paling tinggi dalam mengidentifikasi jenis sampah melalui metode logika fuzzy Mamdani. Selain itu, penelitian ini juga melakukan evaluasi kinerja setiap sensor dengan menghitung nilai akurasi, presisi, dan recall, serta menganalisis efektivitas masing-masing sensor dalam kondisi nyata guna mengetahui sensor yang paling optimal digunakan dalam proses klasifikasi sampah.

