

Penerapan Mesin Daur Ulang Sampah Plastik Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Teknologi Internet Of Things (Iot)

Rama Sahtyawan^{1,*}, Teguh Wibowo², Suwarno³

¹. Program Studi Teknologi Informasi, FTI, Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta

²Teknik Mesin, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, Yogyakarta

³. Program Studi Keperawatan, FKes, Universitas Jenderal Achmad Yani, Yogyakarta

Article Info

Article history:

Received August 05, 2025

Accepted September 01, 2025

Published November 20, 2025

Keywords:

IoT-Based Recycling Machine,
Fuzzy Tsukamoto,
Plastic Waste Shredding,
Overheating Prevention,
Smart Waste Management

ABSTRACT

This research aims to design an Internet of Things (IoT)-based plastic waste recycling machine using the Fuzzy Tsukamoto method to overcome the problem of overheating in electric motors and improve waste management efficiency. The methods used include literature studies, designing a microcontroller-based system (ESP32), temperature sensors, inductive proximity sensors, and implementing the Fuzzy Tsukamoto algorithm for automatic temperature control. The results show that the machine is capable of shredding plastic with a capacity of 20 kg/hour and controlling the motor temperature in real-time through the MIT Inventor application. Tests prove that the motor temperature rises faster during shredding (30°C–55°C in 35 minutes) compared to no-load (90 minutes). The system also successfully detects metal and stops operation automatically to prevent damage. The conclusion of the study states that the integration of IoT and Fuzzy Tsukamoto is effective in optimizing machine performance, reducing the risk of overheating, and facilitating remote monitoring. Suggestions for further development include improving the cooling system and sensor calibration for long-term stability.



Corresponding Author:

Rama Sahtyawan,
Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Teknik dan Teknologi Informasi
Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta,
Jl. Siliwangi, Ringroad Barat, Banyuraden, Gamping, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55293
.Email: *ramasahtyawan@gmail.com

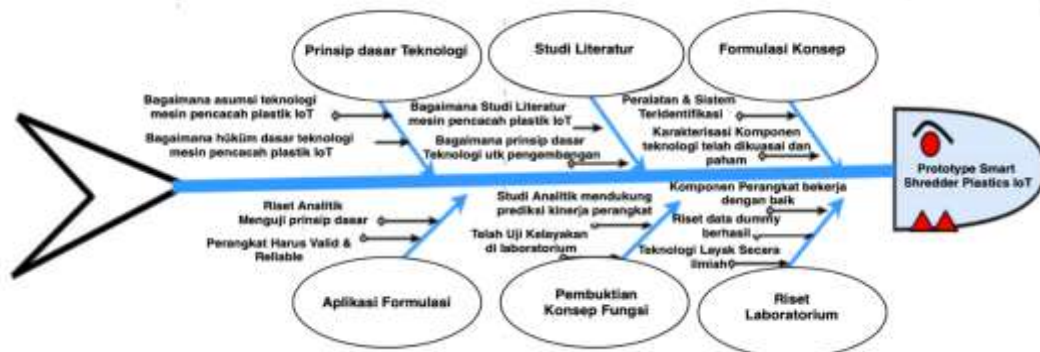
1. PENGANTAR.

Permasalahan sampah plastik di Yogyakarta semakin mengkhawatirkan seiring dengan pertumbuhan konsumsi masyarakat[1] dan minimnya infrastruktur pengelolaan sampah [2]. Sampah plastik yang sulit terurai telah mencemari lingkungan dan memicu bencana seperti banjir akibat penyumbatan saluran air. Mesin penghancur plastik konvensional sering mengalami *overheat* pada motor listrik akibat beban kerja tinggi, mengurangi efisiensi dan umur pakai mesin[3]. Untuk mengatasi hal ini, penelitian ini mengusulkan integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) dan metode *Fuzzy Tsukamoto* guna mengoptimalkan kinerja mesin daur ulang plastik. Studi terdahulu menunjukkan bahwa mesin pencacah plastik berbasis IoT masih terbatas pada fungsi *standalone* tanpa pemantauan real-time [4]. Sistem kontrol suhu konvensional juga tidak mampu mengantisipasi dinamika beban kerja, mengakibatkan kerusakan komponen[5]. Penelitian ini menjawab tantangan tersebut dengan mengembangkan sistem otomatis berbasis *Fuzzy Tsukamoto* untuk mengontrol suhu motor dan mendeteksi logam, serta memantau kinerja mesin secara jarak jauh melalui platform IoT. Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan mesin daur ulang plastik, namun mayoritas belum mengintegrasikan IoT dan kontrol cerdas[6]. Misalnya, Atadious et al. (2018) merancang mesin

penghancur plastik tanpa fitur pemantauan suhu otomatis[7]. Inovasi penelitian ini terletak pada kombinasi unik antara *Fuzzy Tsukamoto* dan IoT, mencakup sensor suhu, sensor induktif, dan mikrokontroler ESP32 untuk pemantauan real-time melalui aplikasi *MIT Inventor* [8]. Penelitian ini mengadopsi pendekatan *design thinking* dengan tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi IoT[9], dan pengujian performa. Hasil uji menunjukkan sistem mampu mengurangi waktu respon terhadap kenaikan suhu dari 90 menit (tanpa pencacahan) menjadi 35 menit (dengan pencacahan)[10]. Adapun gap penelitian dan kebaharuan dibanding studi yang terdahulu nilai kebaruannya terletak pada algoritma kontrol cerdas yang mencegah *overheat* dan fitur deteksi logam otomatis untuk mengurangi risiko kerusakan.

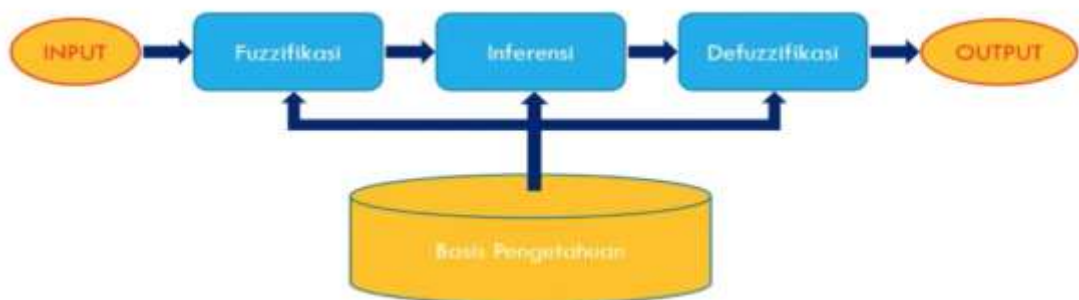
2. METODE PENELITIAN.

Rancang Bangun Mesin Daur Ulang Sampah Plastik dirancang untuk pengontrol panas agar tidak terjadi *overheating* berlebih dan penerapan sensor mendeteksi logam Berbasis Internet Of Things (IoT)[9]. Pada tahapan metode, penelitian ini berawal dengan melaksanakan telaah alur fishbone penelitian berfokus pada pengembangan teknologi ramah lingkungan untuk proses pencacahan sampah plastik dengan menggunakan sistem otomatis yang dilengkapi sensor induktif proximity untuk mendeteksi keberadaan logam[10] sebagai berikut:



Gambar 1 Roadmap Fishbone Penelitian Smart Shredder Plastics IoT

Fishbone Penelitian terdiri dari tingkat kesiapterapan teknologi, peneliti yang akan diusulkan terdiri sampai TKT 3 yaitu prinsip dasar teknologi, studi literatur, formulasi konsep, aplikasi formulasi, pembuktian konsep fungsi dan riset laboratorium[11], tahap selanjutnya metode yang digunakan mengacu kepada circuit diagram software dan untuk pengukuran suhu dan deteksi logam[12], serta untuk prosesnya menggunakan metode tsukamoto, menciptakan teknologi yang ramah lingkungan untuk proses pencacahan sampah plastik dengan penerapan sistem otomatis untuk mengontrol dan penggunaan sensor induktif proximity untuk mendeteksi keberadaan logam menggunakan energi elektromagnetik[13]. *Fuzzy Tsukamoto* merupakan salah satu metode dari Fuzzy Inference System. Dimana setiap konsekuensi pada aturan if-then harus diwakili oleh himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton, tahapannya sebagai berikut :



Gambar 2 sistem inferensi fuzzy tsukamoto

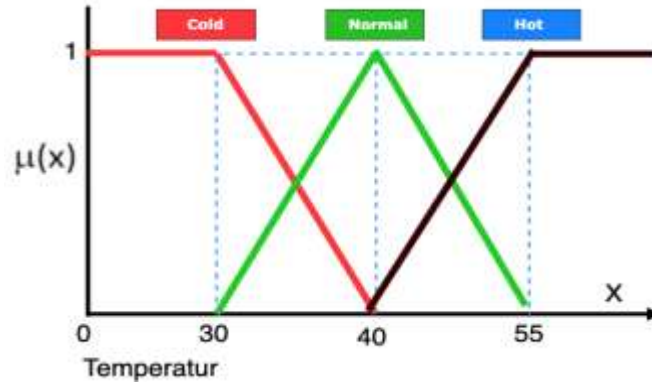
Pada mesin pencacah dirancang berbasis Fuzzy Tsukamoto dengan tahapan : Fuzzifikasi, inferensi, defuzzifikasi, yang dapat mengatur temperature motor listrik AC, kecepatan putar pisau pencacah plastik, dan tingkat kapasitas plastik. Adapun Spesifikasi terkait penelitian yang akan dibangun pada Rancang bangun Mesin Daur Ulang Sampah Plastik berbasis *Fuzzy Tsukamoto* menggunakan Teknologi *Internet Of Thing*[14].

2.1 Fuzzifikasi

Pada proses fuzzifikasi penelitian ini dilakukan berdasarkan variabel temperature untuk sistem kontrol mesin daur ulang sampah berbasis fuzzy Tsukamoto. Pada tahap fuzzifikasi ini mengubah nilai tegas (*crisp*) ke nilai fuzzy ditunjukkan pada persamaan

$$X = \text{fuzzifier}(x_0) \quad (1)$$

Dimana x merupakan definisi dari variabel dari vector himpunan *fuzzy*, *fuzzifier* merupakan definisi dari mengubah nilai tegas (*crisp*) ke himpunan *fuzzy*, dan x_0 merupakan sebuah vector nilai tegas dari suatu variabel masukan.



Gambar 3. Grafik himpunan *fuzzy*

2.2 Sistem Inferensi *Fuzzy*.

Sistem inferensi *fuzzy* adalah penarikan kesimpulan dari aturan atau kaidah *fuzzy* yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* yang berbentuk *IF-THEN*, dan penalaran yang memiliki masukan dan keluaran berupa *crisp value*

$$\mu_{\text{Cold}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \leq 30 \\ \frac{40-x}{10} & \text{jika } 30 < x < 40 \\ 0 & \text{jika } x \geq 40 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{\text{Normal}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 35 \\ \frac{x-35}{7.5} & \text{jika } 35 < x < 42.5 \\ \frac{50-x}{7.5} & \text{jika } 42.5 < x < 50 \\ 0 & \text{jika } x \geq 50 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{\text{Hot}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 45 \\ \frac{x-45}{10} & \text{jika } 45 < x < 55 \\ 1 & \text{jika } x \geq 55 \end{cases} \quad (3)$$

2.2 Inferensi.

2.2.1. Variabel Input & Output

Input:

- **Temperatur (x)**
Himpunan: Cold (C), Normal (N), Hot (H)
(Fungsi keanggotaan seperti sebelumnya).

Output:

- **Status Motor (y_1)**
Himpunan: {OFF, ON}
Nilai crisp: OFF = 0, ON = 1
- **Kecepatan Fan (y_2)**
Himpunan: {OFF, LOW, HIGH}
Nilai crisp: OFF = 0, LOW = 0.5, HIGH = 1

2.2.2. Rule Base (basis Aturan).

IF (Temperatur)	THEN (Motor, Fan)	Keterangan
Cold (C)	Motor = ON, Fan = OFF	Mesin Hidup, Fan Mati
Normal (N)	Motor= ON, Fan= Low	Operasi normal, fan pendingin lambat
Hot (H)	Motor = OFF, Fan = HIGH	Overheating, matikan motor, fan maksimal

2.3 Hitung Defuzzifikasi.

Pada perhitungan Defuzzifikasi menggunakan **weighted average** berdasarkan α -predikat:

$$y_{motor} = \frac{\alpha_1 \cdot z_{1,motor} + \alpha_2 \cdot z_{2,motor} + \alpha_3 \cdot z_{3,motor}}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3}$$

$$y_{fan} = \frac{\alpha_1 \cdot z_{1,fan} + \alpha_2 \cdot z_{2,fan} + \alpha_3 \cdot z_{3,fan}}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3}$$

Perhitungan untuk $x = 48^\circ\text{C}$:

• Motor:

$$y_{motor} = \frac{(0 \times 1) + (0.27 \times 1) + (0.3 \times 0)}{0 + 0.27 + 0.3} = \frac{0.27}{0.57} \approx 0.47$$

(Nilai 0.47 di bawah threshold 0.5 $\rightarrow$ Motor OFF).

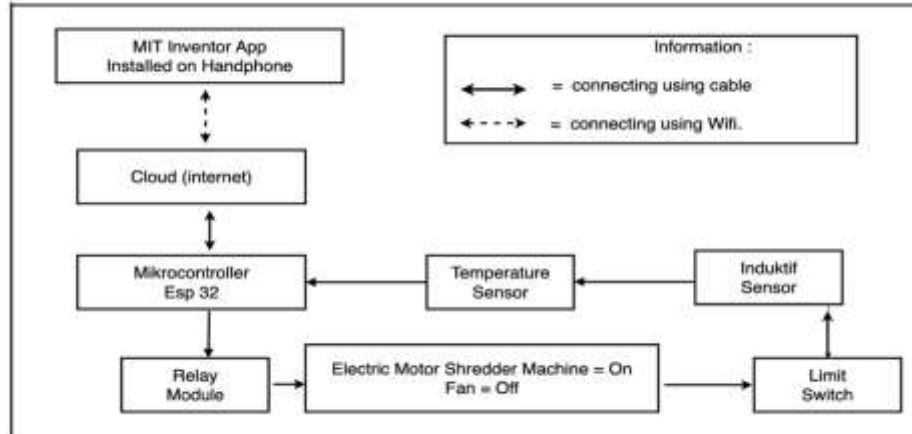
• Fan:

$$y_{fan} = \frac{(0 \times 0) + (0.27 \times 0.5) + (0.3 \times 1)}{0.57} = \frac{0.135 + 0.3}{0.57} \approx 0.76$$

(Nilai 0.76 $\approx$ HIGH).

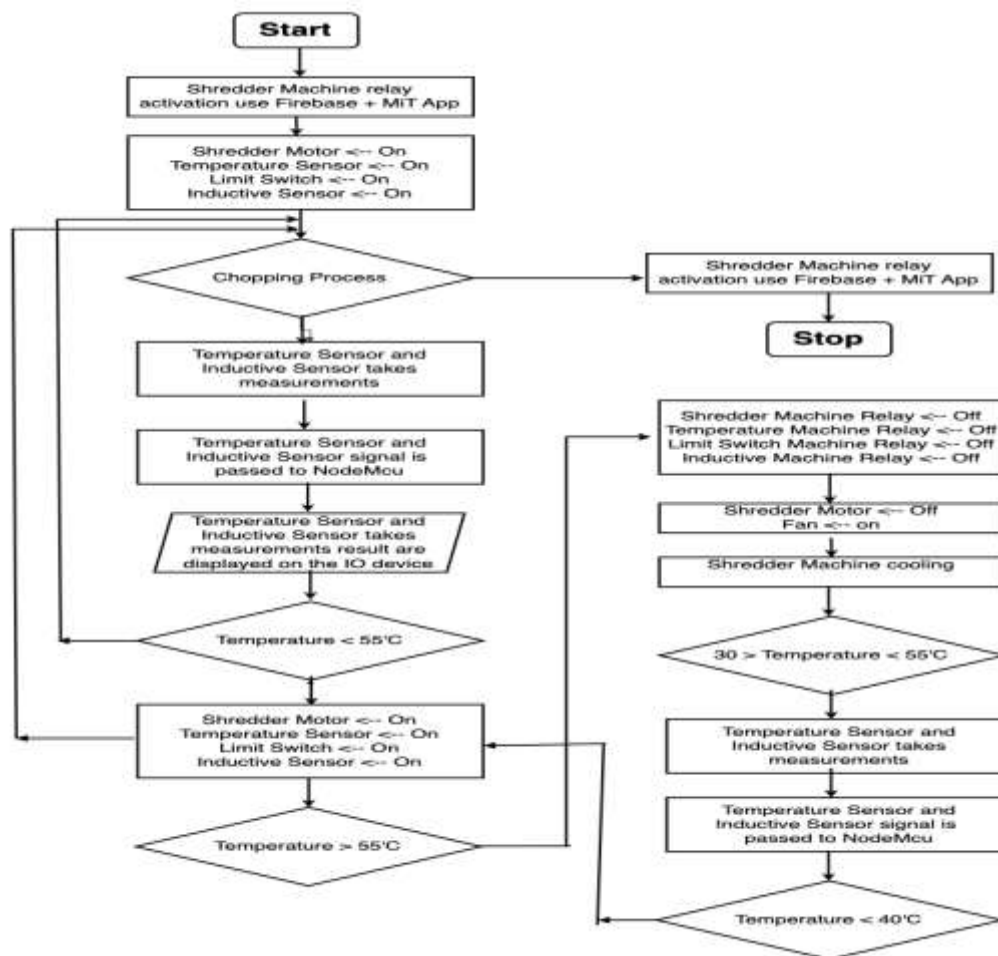
2.4 Perancangan Diagram Blok.

Pada perancangan diagram blok mesin daur ulang plastik dilengkapi dengan pengontrol overheating berbasis IoT ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4 diagram blok mesin daur ulang sampah

Aplikasi Mit Inventor yang telah terinstal di Hp yang tersambung ke internet, Esp 32 terhubung ke relay kemudian menyalakan mesin shredder dan kondisi kipas standby off, limit switch bekerja ketika kemacetan mesin terdeteksi, motor secara otomatis membalikkan arah putaran untuk menghilangkan sisa plastik. Pada induktif sensor bekerja untuk mendeteksi logam, jikalau terdapat logam pada plastik yang akan dicacah, maka mesin akan otomatis berhenti. Temperatur sensor digunakan untuk mengukur suhu pada motor listrik, kemudian data dikirim ke esp32 untuk diproses. Pada perancangan IoT module menggunakan metode algoritma *Fuzzy Tsukamoto* untuk mengontrol overheating suhu dilakukan dengan dua pendekatan operasi yang berbeda, adapun tampilan flowchartnya sebagai berikut :



Gambar 5 Algoritma *Fuzzy Tsukamoto* Mesin daur ulang sampah IoT

Penjelasan diatas, shredder mechine relay aktif menggunakan Aplikasi Mit App dan Firebase, jikalau shredder motor = on, temperatur = on, limit switch =on, induktive = on maka proses pencacah bekerja, temperatur sensor dan induktif sensor bekerja mengambil data pengukuran sinyal diteruskan ke mikrocontroller untuk ditampilkan, jika temperatur < 55C shredder motor = on, temperatur = on, limit switch =on, induktive = on maka proses pencacah bekerja, jikalau temperatur > 55C maka kondisi shredder motor = off, temperatur = off, limit switch = off, induktive = off maka proses pencacah berhenti, akan tetapi fan menyala untuk mendinginkan mesin shredder. Jikalau temperatur >30 dan <55C maka temperatur sensor dan induktif sensor bekerja mengambil data pengukuran sinyal diteruskan ke econtroller untuk ditampilkan. Pada mesin daur sampah IoT menggunakan algoritma *Fuzzy Tsukamoto* pada Skenario pengamatan kenaikan temperatur motor listrik pada mesin daur sampah yang dilakukan dalam dua operasi yang berbeda. Skenario pertama mengukur waktu mesin penghancur aktif mencacah sampah plastik. Skenario kedua adalah mesin penghancur menyala namun tidak mencacah sampah plastik. Adapun mekanisme tahapannya sebagai berikut

- Saat mesin aktif tanpa proses pencacahan, waktu untuk menaikkan suhu permukaan motor listrik 30° C – 55° C dalam waktu 90 menit. Berdasarkan pengujian tersebut, kenaikan suhu tanpa proses pencacahan
- Saat mesin hidup dan proses pencacahan sedang berlangsung, suhu permukaan motor listrik naik dari 30° C – 55° C dalam waktu 35 menit. Kenaikan suhu permukaan motor listrik pada saat mesin digunakan untuk mencacah sampah plastik pun ikut meningkat.

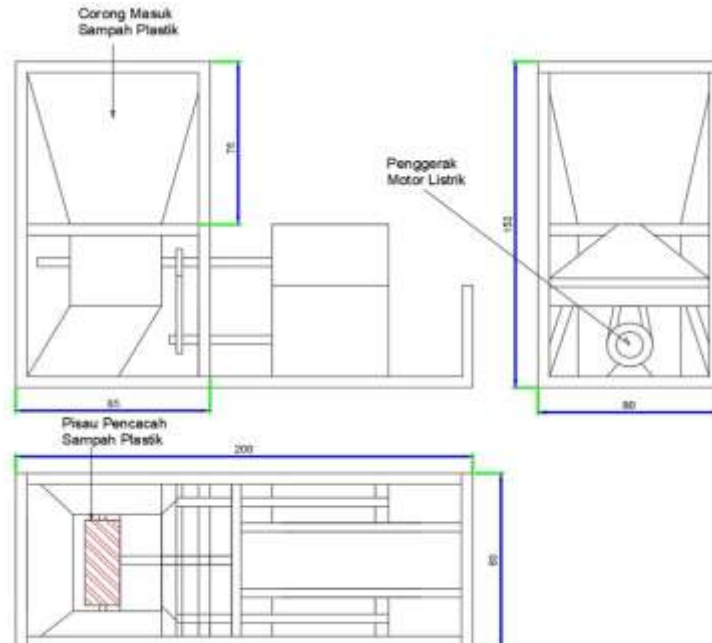
Perbedaan waktu pada kedua skenario di atas menunjukkan bahwa daya listrik lebih besar pada saat mesin hidup dan proses pencacahan sedang berlangsung dibandingkan dengan saat mesin hidup dan tidak terjadi proses pencacahan. Perubahan energi listrik menjadi panas yang dilepaskan oleh motor listrik dapat diketahui dengan meningkatnya suhu permukaan listrik

3. HASIL DAN ANALISIS.

Hasil pada penelitian ini dirancang sebuah mesin daur ulang plastik berbasis *Fuzzy Tsukamoto* menggunakan teknologi *Internet Of Things*, pada tahap awal dirancang sebagai berikut :

3.1 Desain Mesin Ulang Sampah Plastik.

Desain sederhana mesin pencacah sampah plastik dibuat untuk mempermudah dalam perancangan komponen dan mengidentifikasi ketersediaan material pada saat pembuatan, sehingga mesin diciptakan bersifat *adaptabilitas* mudah dimodifikasi sesuai kebutuhan serta *portabilitas* yang memungkinkan pemindahan yang mudah, adapun desain mesinnya sebagai berikut :

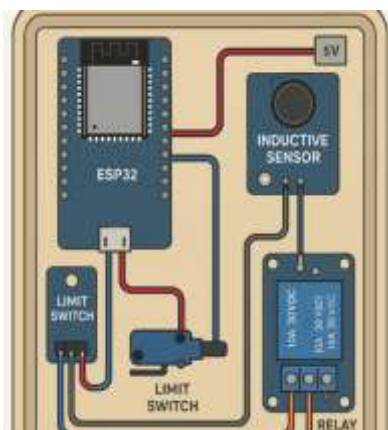


Gambar 6 Rancang bangun mesin daur ulang sampah IoT

Pada desain mesin pencacah sampah plastik ini terdiri dari tiga komponen utama: (1) corong masuk yang berfungsi sebagai jalur input sampah plastik dengan desain lebar untuk memudahkan pengisian dan pengarahannya ke pisau pencacah, (2) motor listrik sebagai sumber tenaga yang menggerakkan pisau dengan putaran stabil, dipilih karena efisiensi, ramah lingkungan, dan kemudahan pengontrolan kecepatan, serta (3) pisau pencacah berbilah tajam yang berfungsi menghancurkan sampah plastik menjadi potongan kecil untuk mempermudah proses daur ulang dan mengurangi volume sampah. Ketiga komponen ini bekerja secara terintegrasi menciptakan sistem pencacahan plastik yang praktis dan efektif.

3.2 Perancangan komponen perangkat pemantau.

komponen IoT mikrokontroler seperti ESP32/NodeMCU dipasang pada PCB FR4 dengan komponen SMD, didukung oleh berbagai sensor seperti load cell (baja) untuk timbangan, proximity sensor (stainless housing) untuk deteksi material, dan vibration sensor (piezoelectric) untuk memantau kondisi bearing.



Gambar7. Desain rangkaian pcb



Gambar 8. Box pemantau sampah iot

Aktuator seperti solid state relay (SSR) dengan enclosure plastik ABS tahan panas digunakan untuk mengontrol motor secara otomatis. Mesin daur ulang plastik ini dilengkapi dengan pengontrol overheating sebagai optimasi efisiensi monitoring suhu menggunakan algoritma Fuzzy Tsukamoto pengaman elektronik dan mencegah kerusakan mesin pada komponen mesin yang sensitif terhadap panas berlebih sehingga diharapkan umur pakai mesin bisa awet tahan lama. Pada komponen IoT menggunakan mikrokontroler ESP32/NodeMCU serta beberapa sensornya dibuatkan box terdiri dari beberapa komponen yaitu : microcontroller esp32, temperature sensor, induktif sensor, limit switch serta relay modul.

3.3 Mesin Daur Ulang Sampah Plastik IoT

Mesin pencacah plastik IoT dirakit menggunakan material komponen sederhana memanfaatkan kombinasi material khusus untuk memastikan kinerja optimal, daya tahan, dan integrasi teknologi. Rangka mesin menggunakan besi siku (UNP 50x50x5mm) atau plat mild steel setebal 3-5mm karena kekakuannya yang tinggi dan ketahanan terhadap getaran selama operasi. Adapun gambarnya sebagai berikut



Gambar 9 Mesin daur ulang sampah IoT

Pada Corong masuk terbuat dari stainless steel 304 (2mm) atau galvanized steel untuk mencegah korosi akibat paparan sampah plastik yang basah atau kotor. Pisau pencacah, sebagai komponen kritis, dibuat dari tool steel (SKD-11/D2) atau high carbon steel dengan kekerasan HRC 55-60 agar tahan aus saat menghancurkan plastik keras. Sementara itu, bearing dan housing menggunakan bearing bola (NSK 6204ZZ) dengan housing cast iron untuk menahan beban dinamis dari putaran tinggi. Sistem penggerak menggunakan motor listrik 3 phase 2HP (1500 RPM) atau DC gear motor dengan body aluminium die-cast untuk pendinginan efisien. Transmisi dayanya menggunakan V-belt berbahan karet reinforced atau rantai #40 dengan sprocket baja.

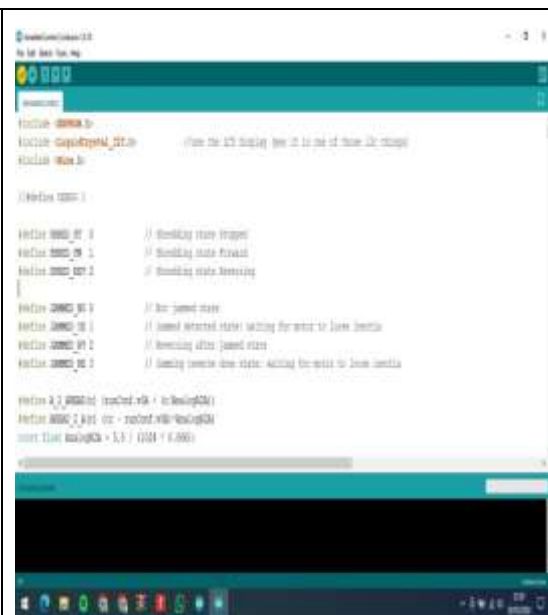
3.4 Implementasi Sistem

Pada implementasi penelitian ini menggunakan Arduino IDE digunakan untuk membuat sketch mesin pencacah IoT menggunakan pemrograman C, kemudian dicompile dan diupload yang diprogram kedalam NodeMcu[15]. ThingSpeak yang merupakan Platform open source Internet of Things (IoT) dan API untuk menyimpan dan mengambil data pencacah plastik IoT menggunakan protokol HTTP melalui Internet atau melalui Local Area Network. cara mengakses situs thingspeak dengan menggunakan browser dari smartphoneImplementasi sistem menggunakan aplikasi MIT yang ditunjukkan pada gambar 7 Terdapat informasi sistem daur ulang sampah plastik yang terdiri dari

induktor sensor, hall sensor, current sensor serta perangkat pendukung temperatur motor dan mode operasi, berikut tampilannya:

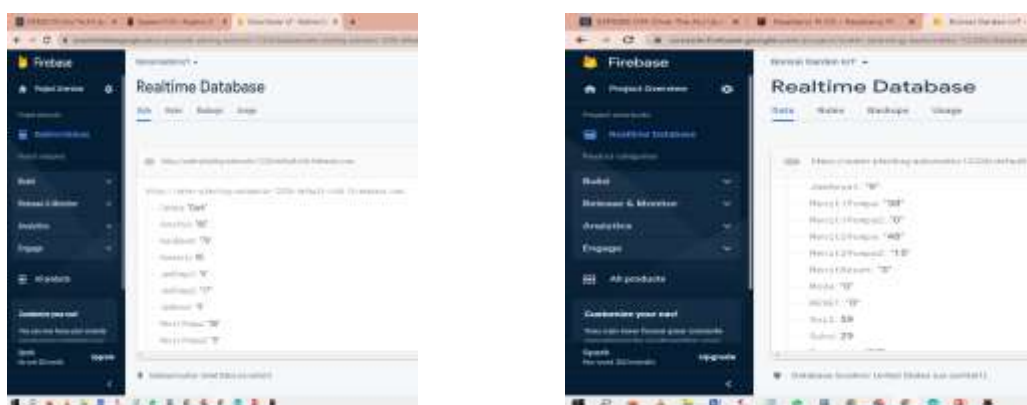


Gambar 10 tampilan sistem sampah IoT



Gambar 11 Arduino Ide

Sistem daur ulang sampah plastik pada gambar menggunakan beberapa sensor dan perangkat utama. Induction Sensor berfungsi mendeteksi kontaminasi logam dalam sampah plastik, dengan indikator "No Metal" menunjukkan tidak ada logam terdeteksi. Hall Sensor digunakan untuk memantau medan magnet, terutama dalam mengukur pergerakan motor, dengan simbol "N" (North) dan "S" (South) yang merujuk pada kutub magnet. Current Sensor memantau arus listrik (2 A) yang mengalir ke motor untuk memastikan operasi tetap aman. Motor listrik (suhu 40 °C) menggerakkan konveyor atau mekanisme pemilah, dengan mode operasi Manual/Auto dan kontrol arah Forward/Reverse. Sistem ini dirancang untuk bekerja otomatis dengan kemampuan override manual, fokus pada pemisahan logam dan pengawasan kinerja motor. Pada arduino IDE digunakan untuk menulis dan mengunggah kode mesin daur ulang sampah plastik IoT ke dalam instrument arduino, sehingga inputan sinyalnya dapat dibaca oleh nodemcu dan sensor sehingga menghasilkan output yang dapat ditampilkan melalui HP. Tampilan firebasenya sebagai berikut :



Gambar 12 Tampilan Firebase

Penjelasan gambar 9 merupakan tampilan firebase yang merupakan *realtime database* atau database NoSQL yang di-hosting di cloud menyinkronkan data antarpengguna real time secara *Backend as a Services* (BaaS) layanan pada mesin daur ulang sampah plastik.

3.5 Pengujian Sistem.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem daur ulang sampah plastik IoT dapat bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan menggunakan metode pengujian kotak hitam. Tes dilakukan dalam dua bagian. Bagian pertama adalah pengujian mesin pencacah dan pengujian mesin daur sampah IoT menggunakan algoritma Fuzzy Tsukamoto terkait dengan pemantauan suhu pengguna pada aplikasi MIT.

a. Pengujian Mesin Pencacah dan sensor.

Pengujian mesin pencacah dan sensor merupakan langkah kritis dalam memastikan kinerja optimal sistem dalam mengolah limbah plastik. Mesin ini dilengkapi dengan berbagai sensor dan komponen untuk mendukung proses pencacahan yang efisien dan aman. Adapun tampilan tabelnya sebagai berikut:

Tabel 1. Pengujian Mesin pencacah

Pengu- jian Ke-	Kondisi	shredder motor	Sensor temperatur	limit switch	Sensor induktive	Fan	Proses pencacah	Analisis pengujian
1	Temperature <55 C	On	On	On	On	Off	bekerja	Sistem berjalan normal
2	Temperature >55 C	Off	Off	Off	Off	On	berhenti	Fan mendinginkan mesin
3	30C < Temperature <55 C	On	On	On	On	Off	bekerja	Sistem berjalan normal, data ditampilkan ke mikrocontroller
4	Limit Switch : = Off	Off	On	Off	Off	Off	berhenti	Keamanan berhenti saat limit switch off.
5	Induktif Sensor = Off	Off	On	On	Off	Off	berhenti	Proses berhenti karena sensor induktif off

Pada pengujian mesin pencacah, temperatur < 55°C: Mesin shredder bekerja dengan semua komponen aktif, kecuali fan. Temperatur > 55°C: Mesin shredder berhenti, semua komponen off, dan fan menyala untuk mendinginkan mesin. Pada 30°C < Temperatur < 55°C: Mesin shredder bekerja normal dan data ditampilkan ke mikrocontroller. Limit Switch = Off: Semua komponen mati sebagai langkah keamanan. Induktif Sensor = Off: Proses berhenti karena sensor induktif tidak mendeteksi material.

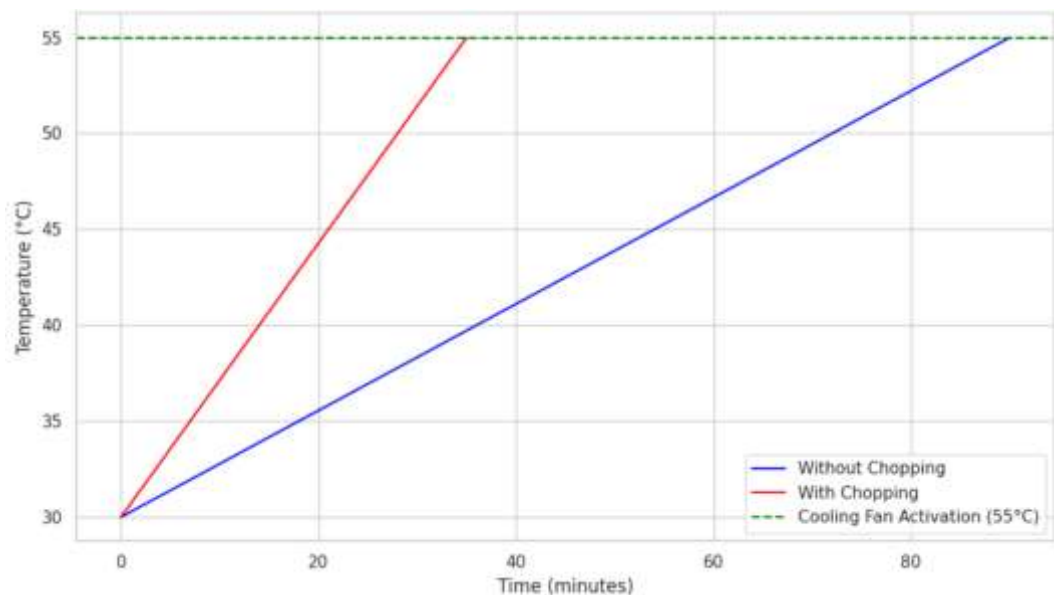
b. Pengujian mesin daur sampah IoT menggunakan algoritma Fuzzy Tsukamoto.

Pengujian pada mesin daur sampah IoT dengan algoritma Fuzzy Tsukamoto menunjukkan perbedaan signifikan dalam kenaikan suhu motor listrik antara kondisi operasi tanpa pencacahan dan dengan pencacahan plastik. Dalam skenario tanpa pencacahan, suhu motor listrik naik dari 30°C hingga 55°C dalam waktu 90 menit, sedangkan saat mencacah plastik, kenaikan suhu terjadi lebih cepat, hanya dalam 35 menit,

Tabel 2 mesin daur sampah IoT menggunakan algoritma Fuzzy Tsukamoto

No	Pengujian	Suhu awal (C)	Suhu Akhir (C)	Waktu (menit)	Kondisi Mesin	Kesimpulan
1	Mesin aktif tanpa pencacahan	30	55	90	Mesin menyala, tidak mencacah sampah plastik	Kenaikan suhu terjadi tanpa beban pencacahan
2	Mesin aktif dengan proses pencacahan	30	55	35	Mesin menyala, mencacah sampah plastik	Kenaikan suhu lebih cepat karena beban pencacahan
3	Temperatur > 55°C, mesin otomatis berhenti	55	30	-	Mesin mati, fan menyala	Mesin berhenti mencacah, fan menyala untuk mendinginkan suhu permukaan motor.

4	Temperatur antara 30°C dan 55°C, pengukuran data	30-55	-	-	Sensor suhu dan induktif bekerja	Sensor terus mengukur suhu dan mengirim data ke mikrokontroler untuk ditampilkan.
5	Uji coba dengan beban variabel	30	55	45	Mesin menyala, mencacah sampah plastik	Kenaikan suhu mungkin lebih lambat atau lebih cepat tergantung pada variasi beban yang digunakan untuk uji coba.



Gambar 13 laju kenaikan suhu motor listrik

Pada suhu motor listrik bekerja dengan proses pencacahan, beban kerja berat mengakibatkan suhu melonjak cepat dalam 35 menit, apabila tanpa pencacah Suhu naik perlahan selama 90 menit, menunjukkan beban kerja ringan, Garis putus-putus hijau di 55°C menandai titik kritis di mana kipas pendingin otomatis aktif untuk mencegah overheating. Hasil ini menegaskan bahwa proses pencacahan memerlukan daya listrik lebih besar yang menyebabkan peningkatan suhu lebih cepat. Pengujian ini penting untuk memastikan efisiensi energi, pengelolaan panas yang efektif, serta keselamatan operasional mesin daur sampah, memungkinkan tindakan mitigasi yang tepat seperti penyalan fan pendingin ketika suhu melebihi batas aman

4. KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa suhu motor listrik naik lebih cepat saat mesin digunakan untuk mencacah sampah plastik dibandingkan saat tidak digunakan untuk mencacah. Dalam skenario tanpa pencacahan, suhu naik dari 30°C hingga 55°C dalam 90 menit. Saat mencacah plastik, suhu naik dari 30°C hingga 55°C hanya dalam 35 menit. Proses pencacahan memerlukan daya listrik lebih besar, yang menyebabkan peningkatan suhu lebih cepat. Kendala yang dihadapi mencakup kalibrasi sensor, kompleksitas algoritma, manajemen panas, stabilitas konektivitas IoT, dan kebutuhan pemeliharaan rutin

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Rahmi and S. Selvi, "Pemungutan Cukai Plastik Sebagai Upaya Pengurangan Sampah Plastik," *Jurnal Pajak Vokasi (JUPASI)*, vol. 2, no. 2, pp. 66–69, 2021, doi: 10.31334/jupasi.v2i2.1430.
- [2] U. Pusapningtyas, "Available online at: <http://journal.uny.ac.id/index.php/jpmmp>," *J. Pengabdian Masyarakat MIPA dan Pendidikan MIPA*, vol. 4, no. 1, pp. 113–121, 2020.
- [3] S. Sudarno, "Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Pembuatan Paving block," *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, vol. 3, no. 2, p. 101, 2021, doi: 10.47600/jtst.v3i2.290.
- [4] E. A. Dalilah, "Dampak Sampah Plastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan," *Dampak Sampah Plastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan*, pp. 1–5, 2021.
- [5] D. P. Putra, S. T. Wicaksono, A. Rasyida, and R. Bayuaji, "Studi Pengaruh Penambahan Binder Thermoplastic LDPE dan PET Terhadap Sifat Mekanik Komposit Partikulat untuk Aplikasi Material Bangunan," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i1.28337.
- [6] G. P. E. S. Kadek Budi Sandika, Agung Gde Ekayana, "Edukasi Pengelolaan Sampah kepada Masyarakat di Desa Pecatu," *Widyabhakti Jurnal Ilmiah Populer*, vol. I, no. 1, pp. 61–68, 2018.
- [7] I. L. Ritonga and M. David, "Jurnal Ilmiah Keperawatan Imelda <http://jurnal.uimedan.ac.id/index.php/JURNALKEPERAWATAN> Vol. 6, No. 2, September 2020," *Jurnal Ilmiah Keperawatan Imelda*, vol. 6, no. 2, pp. 128–135, 2020.
- [8] R. Sahtyawan and A. I. Wicaksono, "PENERAPAN TEKNOLOGI GARDEN BONSAI UNTUK MENDETEKSI KELEMBABAN TANAH DALAM PENYIRAMAN OTOMATIS, SENSOR GERAK MALING DAN CCTV BERBASIS IoT (INTERNET OF THINGS) MENGGUNAKAN ENERGI ALTERNATIF PANEL SURYA," *Jurnal Aplikasi Teknologi Informasi dan Manajemen (JATIM)*, vol. 3, no. 2, pp. 165–177, 2022, doi: 10.31102/jatim.v3i2.1704.
- [9] H. M. Ali, S. R. Nair, K. Singh Sokhi, A. Goswami, and S. Choudhary, "Tot Based Recycling Paper Transformation Machine," *Research Journal of Engineering and Technology*, no. January, pp. 30–36, 2022, doi: 10.52711/2321-581x.2022.00004.
- [10] S. H. Ahammad, M. Z. U. Rahman, L. K. Rao, A. Sulthana, N. Gupta, and A. Lay-Ekuakille, "A Multi-Level Sensor-Based Spinal Cord Disorder Classification Model for Patient Wellness and Remote Monitoring," *IEEE Sens J*, vol. 21, no. 13, pp. 14253–14262, 2021, doi: 10.1109/JSEN.2020.3012578.
- [11] S. BHATTACHARYA, V. Kumar, and S. Narayan Nishad, "Technology Readiness Level: An Assessment of the Usefulness of this Scale for Translational Research," *Productivity*, vol. 62, no. 2, pp. 106–118, 2022, doi: 10.32381/prod.2021.62.02.2.
- [12] S. B. Nair, A. P. Praveen, I. Gil, M. P. Hariprasad, and S. K. Menon, "Adaptable Gauge Length Extensometer Using Coplanar Waveguide-Fed Extended Monopole Antenna," *IEEE Sens J*, vol. 25, no. 12, pp. 21229–21237, 2025, doi: 10.1109/JSEN.2025.3563617.
- [13] I. Nassra and J. V. Capella, "Data compression techniques in IoT-enabled wireless body sensor networks: A systematic literature review and research trends for QoS improvement," *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 23, no. April, p. 100806, 2023, doi: 10.1016/j.iot.2023.100806.
- [14] M. L. T. Alaoui, M. Belhiah, and S. Ziti, "IoT-Enabled Waste Management in Smart Cities: A Systematic Literature Review," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 16, no. 4, pp. 131–138, 2025, doi: 10.14569/IJACSA.2025.0160415.
- [15] R. Sahtyawan and L. Sudarmana, "Rancang Bangun Pemantau Daerah Endemik Malaria Berbasis IoT Menggunakan Metode Profile Matching," *JURNAL PILAR TEKNOLOGI : Jurnal Ilmiah Ilmu Ilmu Teknik*, vol. 5, no. 1, pp. 32–37, 2020, doi: 10.33319/piltek.v5i1.51.