

## RANCANG BANGUN MESIN PENCACAH BOTOL PLASTIK OTOMATIS UNTUK BANK SAMPAH BERBASIS IOT

Javana Adhi Virlanda Saputra<sup>1</sup>, I GST Arya Agung Putra Naryana<sup>2</sup>, Ekki Kurniawan<sup>3</sup>, Irham Mulkan<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Telkom University, <sup>3,4</sup> Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Insitut Teknologi Bandung

Jl. Telekomunikasi. 1, Terusan Buahbatu - Bojongsong, Sukapura, Kec. Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40257

<sup>1</sup> [javanaadhi@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:javanaadhi@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup> [agungnaryana@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:agungnaryana@student.telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup> [ekkekurniawan@telkomuniversity.ac.id](mailto:ekkekurniawan@telkomuniversity.ac.id), <sup>4</sup> [irhammulkan@telkomuniversity.ac.id](mailto:irhammulkan@telkomuniversity.ac.id)

### Abstract

*The issue of plastic waste, particularly plastic bottles, has become a serious environmental problem in Indonesia, with low recycling rates, low processing efficiency, and high dependence on manual labor. This often leads to the accumulation of untreated plastic waste. To address this problem, this research aims to design and develop an automated plastic bottle shredding machine based on Internet of Things (IoT) technology for waste banks. The machine is designed to automatically shred plastic bottles and monitor its performance in real-time. The methods used include designing the machine's mechanical and electronic systems, developing hardware, as well as implementing and testing the IoT system for real-time performance monitoring. The results show that the machine can identify types of plastic bottles with an identification accuracy of 95% for empty 600ml bottles and 85% for empty 330ml bottles, as well as 100% accuracy for bottles containing 10ml of water. The machine's average operational time per cycle is 71.312 seconds. It is also capable of producing shredded plastic bottles ready for recycling and is equipped with a website that allows real-time monitoring of the machine's performance, the number of bottles shredded, and the machine's operational status.*

**Keywords :** *Internet of Things, automatic plastic bottle shredder, waste banks, real-time monitoring*

### Abstrak

Permasalahan sampah plastik, terutama botol plastik, menjadi isu lingkungan yang serius di Indonesia, dengan tingkat daur ulang yang masih rendah, rendahnya efisiensi pengolahan dan tingginya ketergantungan pada tenaga kerja manual. Hal ini seringkali mengakibatkan penumpukan sampah plastik yang tidak terolah dengan baik. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan mesin pencacah botol plastik otomatis berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk bank sampah. Mesin ini dirancang untuk dapat mencacah botol plastik secara otomatis dan memantau kinerjanya secara *real-time*. Metode yang digunakan meliputi perancangan sistem mekanik dan elektronik mesin, pengembangan perangkat keras, serta implementasi dan pengujian sistem IoT untuk pemantauan kinerja mesin secara *real-time*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin ini mampu mengidentifikasi jenis botol plastik dengan akurasi identifikasi botol mencapai 95% untuk botol kosong 600ml dan 85% untuk botol kosong 330ml, serta 100% akurasi untuk botol berisi air 10ml. Waktu operasional mesin rata-rata per siklus adalah 71,312 detik. Mesin ini juga mampu menghasilkan cacahan botol plastik yang siap untuk didaur ulang dan mesin telah dilengkapi dengan *website* yang memungkinkan pemantauan kinerja mesin, jumlah botol yang telah dicacah, dan status operasional mesin secara *real-time*.

**Kata kunci :** *Internet of Things, mesin pencacah botol plastik otomatis, bank sampah, pemantauan real-time*

## 1. PENDAHULUAN

Masalah sampah plastik di Indonesia merupakan salah satu isu lingkungan yang serius. Berdasarkan Data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Pada tahun 2023 timbulan sampah nasional di Indonesia sudah mencapai angka 32,49 juta ton/tahun[1], serta Merujuk pada data Program Lingkungan PBB Indonesia merupakan Negara penghasil sampah plastik terbesar kedua di dunia setelah Negara Tiongkok[2]. Dalam hal ini botol plastik merupakan salah satu penyumbang utama sampah plastik[3]. Penggunaan botol plastik yang terus menerus dengan kurangnya sistem pengelolaan yang efektif menyebabkan meningkatnya sampah plastik. Meskipun ada upaya daur ulang sampah plastik di Indonesia namun masih tergolong rendah, yaitu sekitar 7% pada tahun 2023[4]. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kurangnya fasilitas pengolahan yang baik, dan kurangnya kesadaran masyarakat dalam membuang sampah pada tempatnya.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun mesin pencacah botol plastik otomatis berbasis IoT yang dapat digunakan di bank sampah. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, mesin ini tidak hanya mampu mencacah botol plastik secara otomatis, tetapi juga dapat memantau kinerja mesin secara real-time, mesin dapat mencacah botol plastik secara otomatis dan memiliki fitur *reward* ke pengguna sehingga diharapkan dapat menarik perhatian Masyarakat dalam mengolah sampah menggunakan mesin ini. Hal ini diharapkan dapat membantu bank sampah dalam meningkatkan kapasitas pengolahan dan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual.

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya seperti , penelitian [5], [6], [7] mengembangkan *waste management* yang menggunakan IoT untuk pemantauan sampah secara real-time, namun fokus mereka adalah monitoring. Penelitian [8], [9] juga telah mengembangkan pengelolaan limbah pintar menggunakan IoT, akan tetapi penekanan mereka lebih merujuk kepada pengumpulan dan pemantauan daripada pemrosesan fisik limbah. Penelitian [10] mengembangkan sudah mengembangkan sistem pembuangan limbah botol kemasan plastik dengan fitur reward sebagai alat tukar mata uang, akan tetapi hanya hanya terfokus pada fitur reward point ke user dan tidak terfokus pada pengolahan limbah botol plastik. Penelitian [11] mengusulkan sistem

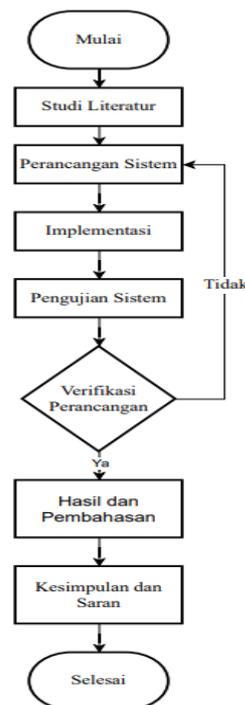
pemantauan dan kontrol tong sampah pintar berbasis IoT yang berbiaya rendah, namun, fokus mereka lebih kepada pengumpulan dan monitoring limbah. Sementara itu penelitian [12] sudah melakukan aspek pengolahan akan tetapi hanya terfokus pada aspek mekanis pengolahan.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi penuh teknologi IoT dalam sistem mesin pencacah plastik, yang memungkinkan pemantauan kinerja mesin secara *real-time*, mesin dapat mencacah botol plastik secara otomatis dan memiliki fitur *reward* ke pengguna. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan mekanisme insentif berbasis poin untuk pengguna, yang diharapkan dapat meningkatkan partisipasi masyarakat dalam program daur ulang. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengatasi masalah mekanis dalam pencacahan plastik, tetapi juga memperkenalkan aspek teknologi dan insentif yang belum banyak diintegrasikan dalam penelitian sebelumnya.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Skema Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan langkah-langkah yang dibuat dalam bentuk flowchart, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 berikut.

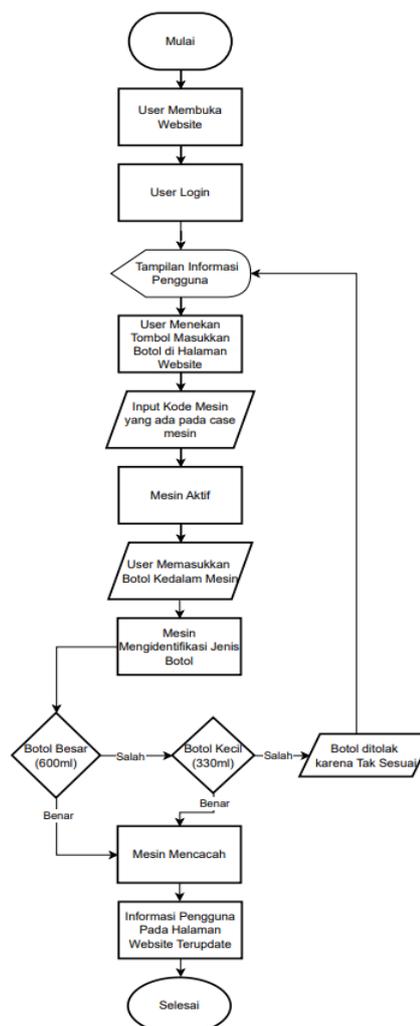


Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan identifikasi masalah sampah plastik, khususnya botol plastik, yang merupakan salah satu penyumbang terbesar sampah di Indonesia. Setelah itu, dilakukan studi literatur untuk memahami teknologi dan metodologi yang telah digunakan dalam penelitian terkait sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah perancangan sistem, yang mencakup desain mekanis mesin pencacah, pengembangan perangkat keras, dan implementasi teknologi IoT. Proses perancangan selanjutnya pembuatan skema rangkaian dan desain 3D menggunakan software seperti Proteus dan Autodesk Fusion 360. Setelah perancangan sistem selesai, dilakukan pengujian untuk memastikan fungsionalitas dan efektivitas mesin pencacah botol plastik. Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja mesin dan menentukan perbaikan yang diperlukan. Terakhir, penelitian ini diakhiri dengan pembuatan hasil analisis dan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut, ilustrasi

## 2.2. Perancangan Sistem

Dalam penelitian ini, langkah awal dari perancangan sistem yang dilakukan adalah pembuatan alur skema alat untuk memetakan proses kerja secara visual. Alur skema alat dibuat untuk menggambarkan proses kerja alat.



Gambar 2. Flowchart sistem

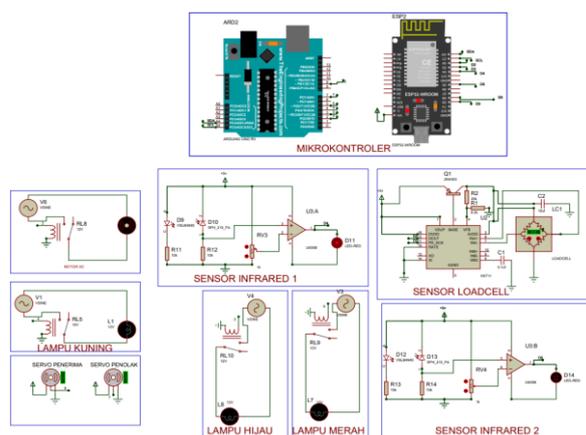
Flowchart yang ditampilkan pada gambar 2 diatas merupakan alur proses dalam sistem mesin. Proses dimulai ketika pengguna membuka website dan melakukan login. Setelah login berhasil, halaman informasi pengguna ditampilkan. Pengguna kemudian menekan tombol untuk memasukkan botol yang ada di halaman website, dan memasukkan kode mesin yang ada pada case mesin, penginputan kode pada mesin ini digunakan sebagai penanda siapa user yang sedang mengakses mesin. Setelah itu, mesin aktif dan pengguna dapat memasukkan botol ke dalam mesin. Mesin akan mengidentifikasi jenis botol tersebut berdasarkan tinggi dan berat botol, botol yang dimasukkan ke dalam mesin harus sesuai dengan standar kriteria botol yang dapat dicacah oleh mesin yaitu botol harus tidak berisi air dan khusus botol berukuran 600ml dan 330 ml, sehingga mesin dapat mengidentifikasi botol, apakah botol besar (600ml) atau botol kecil

(330ml). Jika botol yang dimasukkan sesuai maka mesin akan mencacah botol tersebut dan informasi pengguna pada halaman website akan *terupdate*. Jika tidak sesuai, proses akan berakhir dengan botol ditolak.

### 2.3 Perancangan Hardware

#### 2.3.1. Skematik Rangkaian

Skema rangkaian dibuat menggunakan *software* Proteus untuk memudahkan perancangan dan perakitan komponen dikala dibutuhkan. *Software* ini juga dapat melakukan simulasi rangkaian sebelum perakitan fisik dilakukan, dengan menggunakan simulasi ini dapat dilakukan pengujian [13] kinerja rangkaian, mengidentifikasi kesalahan pembuatan skema dan melakukan optimasi sebelum dirakit. Hal ini sangat berguna untuk menghemat waktu dan biaya, serta meminimalkan resiko kerusakan komponen.



Gambar 3. Skematik Rangkaian menggunakan Proteus

Tabel 1. KONEKSI WIRING KOMPONEN

No.	Komponen	Koneksi Wiring
1	Arduino Uno	VIN ke 5V, GND ke GND
2	ESP32	VIN ke 5V, GND ke GND, GPIO 21 ke A4 Arduino, GPIO 22 ke A5 Arduino
3	Sensor Infrared 1	VCC ke 5V, GND ke GND, Signal ke Pin GPIO 34 ESP32
4	Sensor Infrared 2	VCC ke 5V, GND ke GND, Signal ke Pin GPIO 35 ESP32
5	Modul sensor berat (HX711)	VCC ke 5V, GND ke GND, DT ke Pin 25 Arduino, SCK ke Pin 33 Arduino
6	Relay untuk Motor AC	VCC ke 5V, GND ke GND, IN ke Pin Digital 5 Arduino, COM ke Motor AC, NO ke Sumber Listrik, NC tidak digunakan

7	Relay untuk Lampu Kuning	VCC ke 5V, GND ke GND, IN ke Pin Digital 4 Arduino, COM ke Lampu Kuning, NO ke Sumber Listrik, NC tidak digunakan
8	Relay untuk Lampu Hijau	VCC ke 5V, GND ke GND, IN ke Pin Digital 3 Arduino, COM ke Lampu Hijau, NO ke Sumber Listrik, NC tidak digunakan
9	Relay untuk Lampu Merah	VCC ke 5V, GND ke GND, IN ke Pin Digital 2 Arduino, COM ke Lampu Merah, NO ke Sumber Listrik, NC tidak digunakan
10	Servo Penerima	VCC ke 5V, GND ke GND, Signal ke Pin 9 PWM Arduino
11	Servo Penolak	VCC ke 5V, GND ke GND, Signal ke Pin 10 PWM Arduino

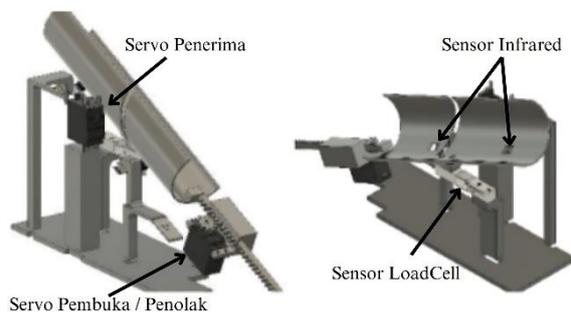
Gambar 3 diatas merupakan skema rangkaian yang akan diimplementasikan berdasarkan koneksi wiring dari tabel 1. Skematik rangkaian pada gambar 3 dirancang untuk dapat mengidentifikasi jenis botol plastik (330ml atau 600ml) berdasarkan deteksi sensor *infrared* (trcr5000) dan mengukur berat botol menggunakan sensor Loadcell 1kg dengan modul HX711 untuk memastikan botol dalam keadaan kosong. Aktuator yang digunakan yaitu relay untuk mengaktifkan mesin pencacah dan lampu pilot sebagai lampu indikator mesin, serta servo MG996R sebagai akatuator penerima dan penolakan botol. Pengontrol aktuator mesin diaktifkan melalui mikrokontroler Arduino yang bekerja sebagai *slave* dari komunikasi I2C dengan ESP32 sebagai masternya.

Sebagai pusat kendali, ESP32 berperan penting dalam komunikasi dengan *database* menggunakan koneksi Wi-Fi untuk menyimpan data pencacahan, menerima hasil pembacaan sensor serta mengelola keseluruhan sistem dikarenakan ESP32 juga sebagai *Master* pada komunikasi I2C di sistem ini.

Penggunaan Arduino sebagai *Slave* pada komunikasi I2C digunakan sebagai penggerak aktuator memungkinkan fleksibilitas dalam mengendalikan berbagai jenis aktuator dikarenakan beberapa aktuator memiliki tegangan operasi berbeda dan tidak bisa digunakan pada ESP32, sehingga dengan komunikasi tersebut dapat mengakomodasi kebutuhan spesifik dari mesin pencacah.

Pembuatan Desain 3D (tiga dimensi) *hardware* pada mesin ini menggunakan *software* Autodesk Fusion 360, dengan *software* ini memungkinkan peneliti membuat rancangan alat dan simulai mekanis dalam mesin[14].

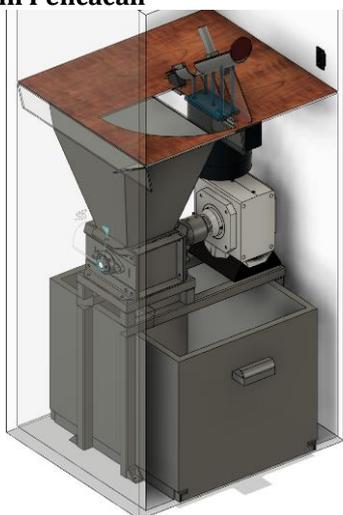
### 2.3.2. Desain Tempat Identifikasi Botol



Gambar 4. Tempat Identifikasi Botol

Desain dari tempat identifikasi botol dirancang agar sensor dari mesin dapat mengidentifikasi kesesuaian dari botol yang dimasukkan ke dalam mesin seperti yang terlihat pada gambar 4. Pada sistem pembukaan lubang input botol dan penolakan botol, mekanisme mesin tersebut servo menggunakan sistem *rack and pinion*, dengan begitu botol dapat diterima dan ditolak dengan baik. Pada mekanisme penerimaan botol yang sesuai, digunakan servo sebagai penyaluran botol ke mesin pencacah. Penempatan sensor infrared dan loadcell pada mesin ini dirancang agar mesin dapat mengidentifikasi kondisi botol yang ingin dicacah.

### 2.3.3. Mesin Pencacah

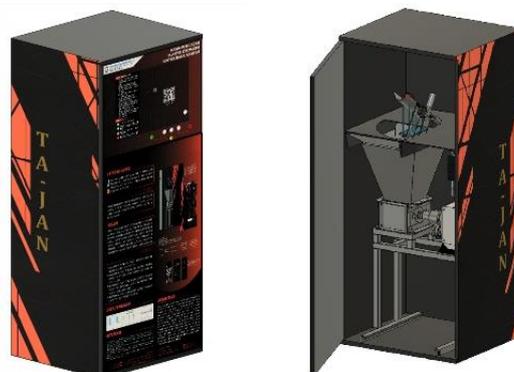


Gambar 5. Mesin Pencacah

Gambar 5 merupakan mesin pencacah yang digunakan pada alat ini. Proses pencacahan botol pada mesin ini sangat sederhana, botol plastik yang telah diidentifikasi oleh sensor di tempat identifikasi, akan disalurkan ke lubang mesin pencacah menggunakan servo penerima sehingga botol akan terlempar menuju area pencacahan. Pisau pemotong yang berputar akan

menghancurkan botol menjadi serpihan – serpihan kecil. Hasil cacahan kemudian akan jatuh ke dalam tangki penyimpanan hasil cacahan botol.

### 2.3.4. Desain Case Mesin.



Gambar 6. Case Mesin

Desain case mesin ini mengutamakan aksesibilitas dan efisiensi perawatan seperti yang ditampilkan pada gambar 6. Pada bagian depan case terdapat instruksi mengenai cara penggunaan mesin pencacah sehingga memudahkan pengguna dalam menggunakan mesin pencacah ini. Case pada mesin dapat dibuka sehingga, komponen internal dapat dijangkau dengan mudah, sehingga proses pemeliharaan dan perbaikan menjadi lebih cepat dan efektif. Selain itu, desain ini juga memungkinkan Admin dengan mudah memantau kondisi kerja mesin .

### 2.4 Perancangan Sistem IoT Mesin

Perancangan IoT pada mesin ini mengadopsi Arsitektur berbasis RESTful API (Representational State Transfer) yang merupakan gaya arsitektur untuk sistem terdistribusi memungkinkan interaksi antar sistem melalui HTTP. RESTful API memungkinkan perangkat untuk mengakses dan memanipulasi sumber daya menggunakan URL yang unik, dan metode HTTP seperti GET, POST, PUT, dan DELETE., memanfaatkan HTTP sebagai protokol komunikasinya[15]. Dengan pendekatan ini, Modul ESP32 pada mesin secara berkala dapat mengirimkan dan menerima data dari server. Server kemudian memproses data tersebut, menyimpannya dalam *database* MySQL[16].

Hypertext Preprocessor (PHP) digunakan sebagai bahasa pemrograman backend yang berperan menghubungkan perangkat IoT dengan *database*, Setiap request dari ESP32 akan dilayani

dengan PHP, dengan begitu PHP akan melakukan *query* ke dalam *database* berdasarkan permintaan dari isi PHP itu sendiri, sehingga PHP akan memberikan data yang berasal dari *database* kepada ESP32[17]. Data ini bisa berupa informasi status mesin, hasil pemrosesan, atau perintah yang diterima dari pengguna melalui *interface website*. *Server* kemudian memproses data tersebut dan menyimpannya dalam *database MySQL* untuk manajemen data yang efisien dan terstruktur. Dengan pendekatan ini, modul ESP32 pada mesin secara berkala dapat mengirimkan dan menerima data dari *server* melalui HTTP.

#### 2.4.1 Struktur *database*

*Database MySQL* berperan sebagai pusat penyimpanan data historis dari mesin, sementara PHP bertindak sebagai jembatan antara ESP32 dan *database*. Data yang telah di olah oleh ESP32 akan dikirim ke *server* yang menjalankan PHP.

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra
1	location_id	int			No	None		
2	id	int			No	None		
3	KODE	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No	None		
4	berat	float			No	None		
5	Kapasitas	int			No	None		
6	point	int			No	None		
7	servo	int			No	None		
8	botcil	int			No	None		
9	botsar	int			No	None		
10	berhascacah	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No	None		
11	tanggal	datetime			Yes	CURRENT_TIMESTAMP		DEFAULT_GENERATED

Gambar 7. *Database* informasi mesin

Gambar 7 diatas merupakan *database* yang berisi informasi mesin yang akan diolah melalui ESP32. *Database* tersebut digunakan untuk mendukung operasi mesin pencacah botol. Struktur tabel *database* ini memiliki sebelas kolom yang menyimpan informasi penting seperti identitas mesin (KODE), berat botol, kapasitas mesin pencacah botol, mesin sedang aktif mencacah (servo), informasi pengguna terakhir yang mencakup (point, botol kecil, dan botol besar) dan tanggal proses pencacahan. Point pada sistem ini dapat digunakan sebagai *reward user* yang telah menggunakan mengumpulkan point dari mesin ini. Kolom berhascacah digunakan untuk menandai apakah proses pencacahan berhasil atau gagal. Dengan menggunakan *database* ini, Admin dapat memantau kinerja mesin, dan mesin dapat menghasilkan laporan secara *real-time*.

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra
1	userid	int			No	None		AUTO_INCREMENT
2	fullname	varchar(50)	utf8mb4_general_ci		No	None		
3	email	varchar(50)	utf8mb4_general_ci		No	None		
4	password	varchar(100)	utf8mb4_general_ci		No	None		
5	oauth_id	varchar(255)	utf8mb4_general_ci		No	None		
6	last_login	datetime			No	None		
7	created_at	timestamp			No	CURRENT_TIMESTAMP		DEFAULT_GENERATED
8	point	int			No	0		
9	servo	int			Yes	0		
10	botcil	int			Yes	0		
11	botsar	int			Yes	0		

Gambar 8. Struktur *Database* Informasi User

*Database* Informasi User merupakan *database* yang mesin ini gunakan untuk menampung informasi *user* yang telah mengakses *website* mesin. *Database* ini memiliki struktur tabel yang berisi: informasi pribadi *user* berupa nama *user*, email *user*, password *user*, kode autentifikasi akun dari pihak ketiga (oauth\_id), tanggal *user* login terakhir ke *website* (last\_login), tanggal *user* login ke *website* pertama kali (created\_at), dan informasi point,botol kecil, botol besar yang telah *user* kumpulkan serta informasi mesin yang sedang di gunakan oleh *user* (servo), seperti yang ditampilkan pada gambar 8.

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra
1	No	int			No	None		AUTO_INCREMENT
2	Nama	varchar(50)	latin1_swedish_ci		No	None		
3	Lokasi	varchar(100)	latin1_swedish_ci		No	None		
4	Botol	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No	None		
5	Status	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No	None		
6	Date	datetime			Yes	CURRENT_TIMESTAMP		DEFAULT_GENERATED

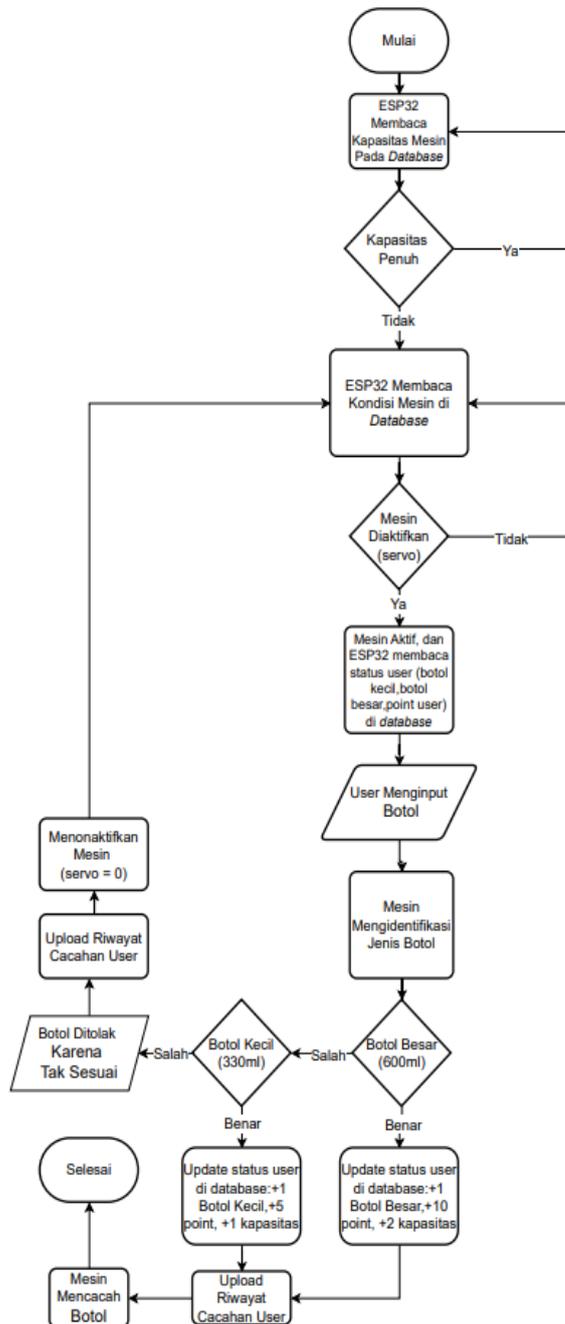
Gambar 9. Struktur *database* Riwayat Pencacahan User

*Database* riwayat pencacahan botol *user* ini berfungsi sebagai catatan digital setiap kali pengguna melakukan proses pencacahan. Informasi seperti nama pengguna, lokasi pencacahan, jenis botol, status pencacahan, dan waktu pencacahan tersimpan dalam *database* yang ditampilkan pada gambar 9. Data ini sangat berguna untuk memantau kinerja mesin, menganalisis pola penggunaan, dan menghasilkan laporan yang komprehensif terkait aktivitas pencacahan.

#### 2.4.2. Flowchart Sistem IoT Pada Mesin.

Flowchart sistem IoT pada mesin pencacah botol plastik otomatis menggambarkan alur kerja dari Mikrokontroler dimulai dari pengumpulan data pemrosesan, pengolahan informasi, hingga pemantauan dan pengendalian mesin secara *real-time* melalui teknologi IoT. Alur ini mencakup proses pengumpulan data dari sensor,

pemrosesan informasi, dan pengendalian mesin secara keseluruhan.



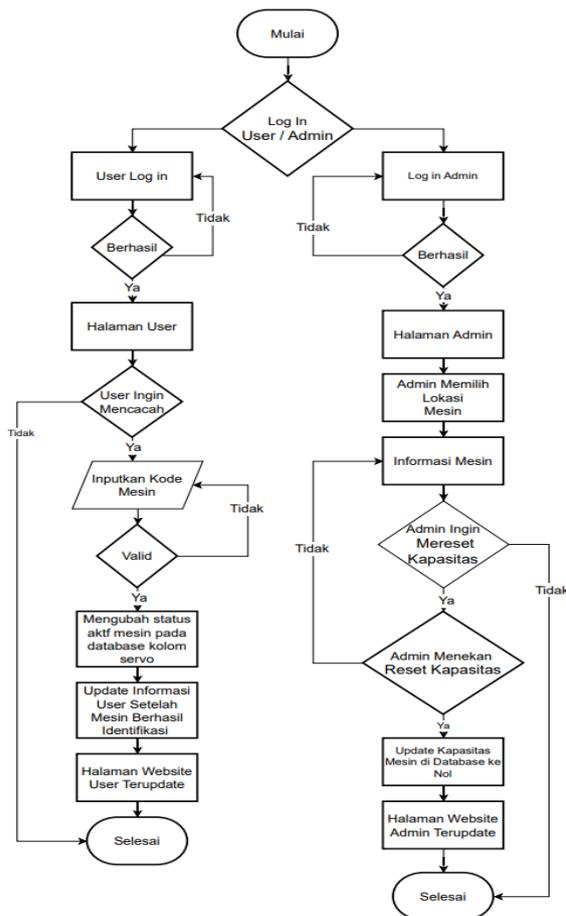
Gambar 10. Alur IoT pada Sistem.

Gambar 10 diatas merupakan proses kerja IoT pada sistem. Proses dimulai dengan ESP32 membaca kapasitas mesin dari *database*. Jika kapasitas tidak penuh, ESP32 membaca kondisi mesin pada *database* mesin pada kolom kolom servo. Jika mesin diaktifkan oleh *user* melalui *website*, *user* dapat menginput botol yang kemudian diidentifikasi jenisnya oleh mesin. Apabila berhasil diidentifikasi maka informasi *user* pada *database* yang mencakup botol

kecil/botol besar dan point akan terupdate sesuai dengan jenis botol yang diperoleh, nilai kapasitas pada *database* informasi mesin juga akan terupdate sesuai dengan jenis botol yang telah di cacah. Selanjutnya mesin akan mengupload riwayat hasil cacahan botol *user* ke *database* dan mesin mulai mencacah botol. Jika botol tidak sesuai, botol akan ditolak oleh mesin, mengupload riwayat cacahan botol yang tak sesuai dan mengupdate informasi status aktif mesin pada *database* dengan membuat nilai pada kolom servo di *database* sama dengan nol yang artinya mesin tidak diaktifkan.

## 2.5 Website Mesin

Pembuatan Website mesin ini menggunakan Bahasa pemrograman HTML (*Hypertext Markup Language*) yang digunakan sebagai bahasa markup standar untuk membuat dan mengatur konten di World Wide Web, CSS (*Cascading Style Sheets*) merupakan bahasa style sheet yang digunakan untuk menentukan tampilan dan gaya konten web yang ditulis dalam HTML, dan JavaScript yang merupakan bahasa pemrograman skrip yang digunakan untuk pengembangan suatu website untuk membuat suatu fitur tertentu[18]. Tampilan pada halaman website *user*, mencakup total point yang telah *user* kumpulkan, jenis dan jumlah botol yang telah *user* kumpulkan, dan riwayat *user* menggunakan mesin pencacah.



Gambar 11. Flowchart Website Mesin.

Flowchart yang ditampilkan pada gambar 11 menggambarkan alur kerja dari sistem *website* yang melibatkan pengguna (*user*) dan admin. Proses dimulai dengan pemilihan pengguna atau admin. Pengguna dapat mengaktifkan mesin melalui halaman *website* dengan memasukkan kode. Di sisi lain, halaman khusus untuk admin dirancang untuk memantau kondisi mesin secara *real-time*. Selain itu, admin memiliki wewenang untuk *reset* kapasitas mesin ketika kapasitasnya sudah mencapai batas maksimum.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

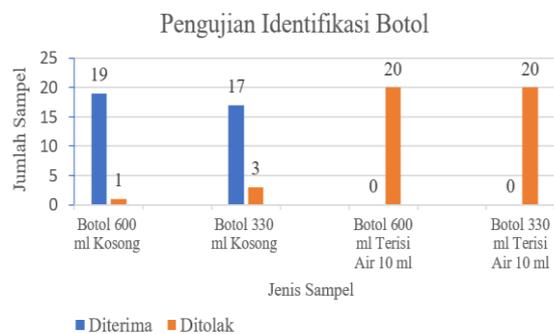
#### 3.1 Pengujian Desain Mekanis Alat

Desain 3D dari tempat tempat identifikasi botol direalisasikan dengan mesin print 3D. yang Skenario pengujian identifikasi botol dilakukan dengan memasukkan empat jenis botol yang berbeda ke dalam tempat identifikasi, dengan setiap jenis botol diuji sebanyak dua puluh kali. Jenis botol yang diuji adalah: botol kosong berukuran 600ml, botol kosong berukuran 330ml, botol berukuran 600ml terisi air 10ml, dan botol berukuran 330ml terisi air 10ml,

seperti yang ditampilkan pada gambar 12 berikut.



Gambar 12. Pengujian identifikasi botol



Gambar 13. Diagram Batang Percobaan Identifikasi Botol

Diagram yang ditampilkan pada gambar 13. diatas merupakan data dari Percobaan Identifikasi Botol berdasarkan empat jenis sampel yang berbeda yaitu botol 600ml dalam keadaan kosong, botol 300ml dalam keadaan kosong, botol 600ml terisi air 10ml, dan botol 330ml terisi Air 10ml.

Berdasarkan pengujian, identifikasi botol dilakukan dengan menggunakan dua sensor inframerah untuk mendeteksi tinggi botol dan sensor loadcell untuk mendeteksi botol yang tersisi air berdasarkan berat. dapat mengidentifikasi botol dengan akurasi sebagai berikut: botol kosong 600ml sebesar 95%, botol kosong 330ml sebesar 85%, botol 600ml terisi air 10ml sebesar 100%, dan botol 330ml terisi air 10ml sebesar 100%. Berdasarkan pengujian di atas Mesin dapat mengidentifikasi botol dengan akurasi sebesar 95%.



Gambar 14. Tempat Identifikasi Botol

Mekanisme penerimaan dan penolakan di tempat identifikasi dari kedua servo berfungsi dengan sempurna. Berdasarkan semua pengujian yang ditunjukkan pada gambar 14 di atas, servo penerima berhasil menyalurkan semua botol ke dalam mesin pencacah, sementara servo penolak berhasil mengeluarkan botol-botol yang ditolak dari tempat identifikasi.

### 3.2 Pengujian Mesin Pencacah

Pengujian mesin pencacah botol dilakukan untuk mengevaluasi keberhasilan dan waktu proses mencacah dengan menginputkan dua jenis botol, yaitu botol besar berukuran 600ml dan botol kecil berukuran 330ml, dalam keadaan kosong tanpa air.

Tabel 2. PENGUJIAN WAKTU YANG DIBUTUHKAN MESIN DALAM MENCACAH BOTOL

No.	Ukuran Botol (ml)	Waktu Mencacah Botol (detik)
1	330	7
2	330	5
3	330	7
4	330	7
5	330	7
6	600	30
7	600	28
8	600	31
9	600	15
10	600	22

Berdasarkan tabel 2 yang menunjukkan performa pencacahan botol dari mesin pencacah, terlihat bahwa mesin membutuhkan waktu yang berbeda untuk mencacah botol dengan ukuran yang berbeda. Untuk botol berukuran 330ml, waktu pencacahan bervariasi antara 5 hingga 7

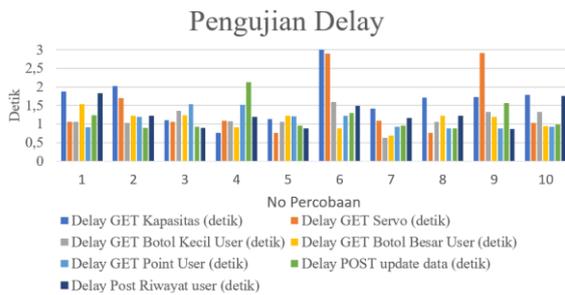
detik, dengan rata-rata waktu sekitar 6 detik. Ini menunjukkan konsistensi waktu pencacahan untuk ukuran botol ini, dengan perbedaan waktu yang relatif kecil di antara pengujian. Sebaliknya, untuk botol berukuran 600ml, waktu pencacahan bervariasi dari 15 hingga 31 detik, dengan rata-rata waktu sekitar 25,2 detik. Perbedaan waktu ini lebih signifikan dibandingkan dengan botol 330ml, menunjukkan bahwa botol yang lebih besar memerlukan waktu lebih lama untuk dicacah. Variasi waktu yang lebih besar untuk botol 600ml mungkin disebabkan oleh kebutuhan mesin untuk bekerja lebih keras dalam memproses botol dengan volume yang lebih besar. Secara keseluruhan, data ini mengindikasikan bahwa mesin pencacah berfungsi dengan baik dalam mencacah botol dengan ukuran yang berbeda, tetapi waktu proses meningkat dikarenakan ukuran botol yang lebih besar. Hasil cacahan dari pengujian mesin pencacah di tunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 14. Hasil Pencacahan Botol

### 3.2 Pengujian sistem IoT pada Alat

Skenario pengujian sistem IoT dilakukan dalam keadaan website dan database sudah dihosting di Cpanel. Pengujian sistem IoT dilakukan dengan menghitung Delay GET dan POST data dari ESP32 ke database menggunakan konektivitas Wi-Fi, ESP32 terhubung dengan internet dengan kecepatan *download* sebesar 8.87Mbps dan kecepatan *upload* sebesar 4.31Mbps yang sudah dites menggunakan *Speedtest by OOKLA*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin dari tahap menginput botol ke mesin hingga botol selesai dicacah, dan dilakukan sebanyak sepuluh kali percobaan.

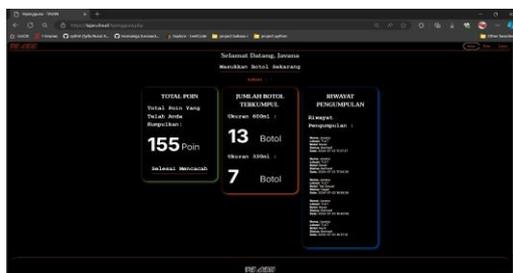


Gambar 15. Diagram Batang Penguujian Delay

Gambar 15 merupakan diagram yang menampilkan hasil pengujian delay pada sepuluh kali percobaan GET dan POST. Pada percobaan GET data kapasitas, rata-rata delay dari sepuluh kali percobaan adalah 1,655 detik, percobaan GET Servo (status aktif mesin) menunjukkan rata-rata delay sebesar 1,436 detik, percobaan GET Botol Kecil User memiliki rata-rata delay sebesar 1,151 detik, sementara percobaan GET Botol Besar User menunjukkan rata-rata delay sebesar 1,104 detik, dan percobaan GET Point User mencatat rata-rata delay sebesar 1,118 detik. Selain itu, pada percobaan POST untuk update data dari ESP32 ke database, rata-rata delay yang didapat adalah 1,181 detik. Sedangkan, delay rata-rata untuk percobaan POST riwayat user ke database adalah 1,252 detik.

### 3.3 Pengimplementasian Website

Hasil pengimplementasian *website* dari mesin ini dapat diakses melalui link [www.tajan.cloud](http://www.tajan.cloud). Website mesin memiliki dua Halaman utama, yaitu halman pengguna dan halaman admin. Halaman *website* pengguna disediakan fitur untuk memulai menggunakan mesin dengan menekan tombol “Masukkan Botol Sekarang” dan user juga dapat menyelesaikan pencacahan jika udah tidak ingin menggunakan mesin pencacah dengan menekan tombol “Selesai Mencacah” seperti yang ditampilkan pada gambar 16 berikut.



Gambar 16. Tampilan Halaman User



Gambar 17. Tampilan Halaman Admin

Halaman website Admin digunakan untuk memantau kondisi mesin secara realtime, halaman website admin menampilkan status kapasitas tangki pada lokasi yang telah dipilih dan riwayat pencacahan lima user terakhir kali menggunakan mesin seperti yang ditampilkan pada gambar 17. Admin mesin juga dapat mereset kapasitas dari mesin apabila kondisi tangki dari mesin sudah penuh, dengan begitu admin dapat dengan mudah melakukan maintenance apabila tangki sudah penuh.

### 3.4 Pengujian Operasi Mesin

Pengujian dari keseluruhan mesin dilakukan dengan mengoperasikan mesin selama satu siklus, satu siklus yang dimaksud adalah saat satu botol berhasil dicacah, setelah itu dihitung waktu mesin bekerja mulai dari user mengaktifkan mesin di website sampai mesin berhasil mencacah botol, seperti yang ditampilkan pada gambar 18 berikut.



Gambar 18. Uji Coba Keseluruhan Mesin

Tabel 3. PENGUJIAN LAMA WAKTU MESIN BEROPERASI SELAMA SATU SIKLUS

No.	Waktu Mesin Beroperasi Selama Satu Siklus (detik)
1	70,178
2	70,363
3	70,056
4	68,488
5	69,456
6	74,399
7	67,907
8	68,775
9	72,196
10	79,300
<b>Rata-Rata</b>	<b>71,312</b>

Berdasarkan data dari tabel 3, waktu operasional mesin selama satu siklus bervariasi di antara sepuluh percobaan. Waktu operasional terendah tercatat pada percobaan ketujuh dengan 67,907 detik, sedangkan waktu operasional tertinggi tercatat pada percobaan kesepuluh dengan 79,300 detik. Selisih antara waktu operasional terendah dan tertinggi adalah 11,393 detik, menunjukkan adanya variasi yang cukup signifikan di antara percobaan. Rata-rata waktu operasional dari sepuluh percobaan adalah 71,312 detik, memberikan gambaran umum mengenai kinerja mesin dalam satu siklus. Beberapa percobaan, seperti percobaan ketujuh dan percobaan kesepuluh, menunjukkan penyimpangan yang cukup besar dari rata-rata. Perbedaan waktu ini disebabkan oleh delay pada sistem IoT yang fluktuatif.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan mesin pencacah botol plastik otomatis yang dilengkapi dengan sistem IoT. Mesin ini mampu mengidentifikasi berbagai jenis botol plastik dengan tingkat akurasi yang tinggi, serta mengelola proses pencacahan dengan efisien. Pengujian menunjukkan bahwa mesin dapat mengidentifikasi botol dengan akurasi 95% untuk botol kosong 600ml dan 85% untuk botol kosong 330ml. Botol yang berisi air 10ml, baik yang berukuran 600ml maupun 330ml, dapat diidentifikasi dengan akurasi 100%.

Mesin ini juga terbukti efektif dalam proses pencacahan, dengan waktu operasi yang bervariasi antara 67,907 detik hingga 79,300

detik, dan rata-rata waktu operasional selama satu siklus adalah 71,312 detik. Variasi waktu ini disebabkan oleh *delay* pada sistem IoT yang fluktuatif. Sistem IoT yang diterapkan memungkinkan pemantauan kondisi mesin secara real-time melalui halaman *website*, termasuk status kapasitas tangki dan riwayat penggunaan mesin.

Beberapa saran untuk pengembangan mesin pencacah botol plastik ini meliputi peningkatan akurasi identifikasi botol dengan mengoptimalkan algoritma dan menggunakan sensor lain agar dapat mengidentifikasi botol agar lebih baik atau menambahkan algoritma baru seperti *machine learning*. Selain itu, pengurangan variasi waktu operasi dapat dicapai dengan meningkatkan stabilitas dan kecepatan jaringan IoT. Pengembangan sistem IoT juga perlu ditingkatkan dengan menggunakan platform IoT lain.

#### Daftar Pustaka:

- [1] "SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional." Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- [2] "PBB Ungkap Indonesia Penghasil Sampah Plastik Terbesar di Dunia Setelah Tiongkok - Prokal." Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.prokal.co/internasional/1774366455/pbb-ungkap-indonesia-penghasil-sampah-plastik-terbesar-di-dunia-setelah-tiongkok>
- [3] "Hasil Riset, Botol Minuman Penyumbang Sampah Terbanyak | Republika Online." Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://news.republika.co.id/berita/s8rv6m484/hasil-riiset-botol-minuman-penyumbang-sampah-terbanyak>
- [4] "Ministry encourages industrialization of waste management in Indonesia - ANTARA News." Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://en.antaraneews.com/news/269469/ministry-encourages-industrialization-of-waste-management-in-indonesia>
- [5] P. Tambre dan P.Venkatachalam, "IoT Based Waste Management for Smart City," *Article in International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 3297,

- no. 2, 2016, hal. 8, doi: 10.15680/IJIRCCE.2016.
- [6] S. Vishnu *et al.*, "IoT-enabled solid waste management in smart cities," *Smart Cities*, vol. 4, no. 3, hal. 1004–1017, Sep. 2021, doi: 10.3390/smartcities4030053.
- [7] G. K. Shyam, S. S. Manvi, P. Bharti, "Smart Waste Management using Internet-of-Things (IoT)," in *2nd Computing and Communications Technologies (ICCCCT)*. Chennai, 2017, hal. 202.
- [8] A. Gabriel dan F. Cruz, "Open source IoT-based collection bin applied to local plastic recycling," *HardwareX*, hal.19-21, 2023, doi: 10.17605/OSF.IO/K9GRA.
- [9] K. M. Raju, S. Banuri, H. S. Abdussami, S. Kowdi, M. S. Mashkour, Manjunatha, N. Singh, dan A. Kumar, "IoT-based smart garbage monitoring system and advanced disciplinary approach," in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, Mar. 2024, hal 8, doi: 10.1051/e3sconf/202450701031.
- [10] P. Handoko, H. Hermawan, dan S. Jaya, "REVERSE VENDING MACHINE PENUKARAN LIMBAH BOTOL KEMASAN PLASTIK DENGAN TIKET SEBAGAI ALAT TUKAR MATA UANG," *Semnastek*, hal. 11 2018.
- [11] T. Azahra, M. Fadhli, dan S. Soim, "Low-cost Waste Management System with Multi-node Application Using Simple LoRa Protocol," *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, vol. 10, no. 2, hal. 170–180, Oct. 2023, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v10i2.4290.
- [12] S. O. Ejiko dan R. Adewuyi, "Shredding Machine Development for Recycling Process of Waste plastic Vottles," *Journal of Engineering and Technology*, vol. 11, hal 10-11, 2022, doi: 10.4172/2319.
- [13] C. Fan, X. Liu, R. Ling, dan B. Si, "Application of proteus in Experimental Teaching and Research of Medical Electronic Circuit," *Atlantis Press*, vol. 215, hal. 512-515, 2018. doi: 10.2991/mmetss-18.2018.108.
- [14] J. L. Saorín, J. de la Torre-Cantero, D. M. Díaz, dan V. López-Chao, "Cloud-based collaborative 3D modeling to train engineers for the industry 4.0," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 9, no. 21, hal. 1-5, Nov. 2019, doi: 10.3390/app9214559.
- [15] N. Falih dan Sarika, "SISTEM KEHADIRAN MAHASISWA MENGGUNAKAN QR CODE BERBASIS RESTFUL API," *JIRE (Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika)*, vol. 3, no. 2, hal. 120–122, 2020.
- [16] N. M. Shaikh, Y. Ingle ,dan R. Maurya, "Application of Restful APIs in IOT: A Review," *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, vol. 9, no. 2, hal. 145–151, Feb. 2021, doi: 10.22214/ijraset.2021.33013.
- [17] N. Lestari, N. K. Daulay, dan Armanto, "SIMULASI MONITORING PENGATUR KECEPATAN KIPAS ANGIN MENGGUNAKAN SISTEM FUZZY BERBASIS WEB," *JIRE (Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika)*, vol. 3, no. 1, hal. 68, 2020.
- [18] R. Jain, V. Shrivastava, A. Pandey, dan A. Sharma, "Modern Web Development using CSS & HTML," *International Journal of Emerging Science and Engineering*, vol. 12, no. 6, hal. 13–16, May 2024, doi: 10.35940/ijese.G2574.12060524.