

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Algoritma *Fuzzy*

Logika *fuzzy* adalah peningkatan dari logika *Boolean* dengan taraf kebenaran yang memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 serta 1, tingkat keabuan diantara hitam dan putih serta dalam bentuk tidak sempurna seperti “sedikit”, “lumayan” serta “sangat”. Berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai 1 atau 0. Pada penelitian ini logika *fuzzy* yang digunakan adalah Sugeno dan Tsukamoto dengan langkah awal pembentukan fungsi keanggotaan *fuzzy*. Setelah didapatkan fungsi keanggotaannya, terbentuklah himpunan *fuzzy* sebagai input yang dinamakan inferensi *fuzzy*. Setelah pembentukan inferensi dengan mengambil nilai minimum dari predikat yang dihasilkan maka langkah selanjutnya adalah proses defuzzifikasi dengan rumus masing-masing metode (Ratama & Munawaroh, 2019).

A. Logika *Fuzzy* Tsukamoto

Metode *fuzzy* Tsukamoto memakai fungsi implikasi MIN agar mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$). Masing-masing nilai α -predikat digunakan dalam menghitung hasil inferensi secara tegas (*crisp*) masing-masing rule ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$). Proses defuzzifikasi pada metode Tsukamoto menggunakan metode rata-rata (*average*) dengan rumusan dasar sebagai berikut : (Irfan et al., 2017)

$$Z = \frac{\sum a_1 \cdot z_1}{\sum a_1} \quad (1)$$

Logika *fuzzy* Tsukamoto digunakan pada pemrograman untuk menentukan terbuka atau tertutupnya tutup tempat sampah. Tutup tempat sampah akan terbuka apabila sensor mendeteksi adanya pergerakan dan jika *volume* tempat sampah

masih tersedia, jika sensor tidak mendeteksi pergerakan maka tutup tempat sampah akan tetap tertutup meskipun *volume* tempat sampah masih tersedia.

B. Logika *Fuzzy* Mamdani

Metode Mamdani menggunakan fungsi MIN dan komposisi antar-rule menggunakan fungsi MAX untuk menghasilkan himpunan *fuzzy* baru. Proses defuzzifikasi pada metode Mamdani menggunakan metode *Centroid* dengan rumus sebagai berikut: (Irfan et al., 2017)

$$Z = \frac{\int \mu(z)z \, dz}{\int \mu(z) \, dz} \quad (2)$$

Logika *fuzzy* Mamdani digunakan pada pemrograman untuk mengukur *volume* pada isi tempat sampah, sampah yang nantikan terisi penuh akan terdeteksi oleh sensor dan mengirimkan informasi kepada petugas kebersihan untuk mengangkut sampah serta memberikan informasi melalui *website* untuk persentase *volume* isi sampah agar pengguna mengetahui keadaan isi tempat sampah secara *real-time*.

2.1.2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep dimana benda-benda di sekitar kita terhubung dengan suatu jaringan. IoT mengacu pada interkoneksi antara benda sehari-hari dengan jaringan, yang dilengkapi dengan kecerdasan. Tujuan dari konsep IoT adalah untuk membuat semakin berkembangnya internet. Selain itu, IoT juga bermaksud untuk memudahkan akses dan interaksi melalui berbagai perangkat seperti peralatan rumah tangga, sensor pemantauan, dan sebagainya. Cara kerja *Internet of Things* adalah dengan memanfaatkan integrasi antara perangkat keras dengan internet sehingga dapat memonitoring disaat perangkat tersebut bekerja. Prinsip kerja dari perangkat IoT yaitu benda yang diberikan identitas unik dan dapat di program di sistem komputer (Simarmata Janner et al., 2022).

2.1.3 NodeMCU Module ESP8266

NodeMCU adalah sebuah *board* elektronik berbasis *chip* ESP8266 yang mampu menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga koneksi internet (WiFi). NodeMCU dapat dikembangkan menjadi sebuah system atau aplikasi monitoring

maupun controlling dikarenakan pada *board* nya terdapat beberapa pin I/O. ESP8266 dapat diprogram menggunakan Arduino IDE. Pada NodeMCU ESP8266 dibekali USB *port* untuk mempermudah pengguna dalam memprogram alat (Kadir, 2017).



Gambar 2. 1 NodeMCU *Module* ESP8266

2.1.4 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja dengan prinsip yang mirip dengan radar. Sensor ultrasonik dapat digunakan untuk mengukur jarak dengan menghasilkan suara frekuensi tinggi dan menghitung interval waktu, setelah itu sensor akan menghitung interval waktu antara pengiriman sinyal dan penerimaan gema. Sensor ultrasonik HC-SR04 terdiri dari pemancar, penerima, dan modul kontrol (Nugroho et al., 2020).

Prinsip kerja sensor ultrasonik adalah sebagai berikut :

- a. Kirim setidaknya 10us sinyal HIGH ke pinTrigger
- b. Mendeteksi lebar pulsa dari sinyal gema yang dikirim kembali dan diterima pada pin *ECHO*.
- c. Terapkan beberapa kalkulasi untuk mendapatkan jarak.



Gambar 2. 2 Sensor Ultrasonik

2.1.5 Motor Servo

Motor servo menggunakan 3 kabel untuk pemrograman dan suplai daya nya. Untuk penghubung dengan catu daya, motor servo menggunakan 2 kabel dan 1 kabel lainnya berguna untuk mengontrol putaran rotor. Umumnya, motor servo dibuat untuk berputar dari sudut 0° hingga 180° . Namun, terdapat beberapa jenis motor servo dapat berputar 360° . Tiga kabel di motor servo diberi warna yang berbeda yaitu merah, coklat, dan oranye (Fahmizal et al., 2022) .

- a. Kabel warna merah berguna untuk memberikan catu daya yang dihubungkan ke sumber tegangan DC.
- b. Kabel warna coklat berguna untuk mengirim kembali arus listrik yang dihubungkan ke ground
- c. Kabel warna oranye berguna untuk mengontrol arah gerak dari rotor yang dihubungkan ke pin board.

Setiap tipe motor servo memiliki tinggi torsi yang berbeda. Semakin rendah torsi yang dimiliki, semakin lemah juga motor tersebut untuk memutar suatu beban. Oleh karena itu, gunakan motor servo yang sesuai dengan beban yang ingin diputar.



Gambar 2. 3 Motor Servo

2.1.6 Sistem Monitoring

Sistem monitoring merupakan suatu proses dalam memantau aktivitas pada perangkat yang terhubung jaringan. Biasanya data yang dipantau merupakan data *real-time*. Alur kerja dari sistem *monitoring* dimulai dari pemantauan data seperti data dari *network traffic*, *hardware information*, dan lain-lain, selanjutnya data tersebut dianalisis dan pada akhirnya data tersebut ditampilkan.

Sistem yang *real-time* dapat diartikan sebagai sistem yang vital jika kecepatan waktu sangat diperlukan komputer dalam memberikan stimulus ke lingkungan eksternal (Habibi & Karnovi, 2020).

A. Telegram

Telegram adalah sebuah aplikasi pengirim pesan *multiplatform* yang berbasis *cloud*. Pada Telegram, dibekali fitur tambahan seperti pengiriman foto, audio, video, dan tipe berkas lain yang terenkripsi secara *end to end*. Dengan begitu, pesan dapat terkirim secara aman dari pihak lain. Telegram juga memiliki fitur tambahan, yaitu penggunaan satu account dari perangkat berbeda secara bersamaan. Kapasitas yang diberikan untuk pengiriman berkas antar pengguna sampai 1,5GB.

Keunggulan Aplikasi Telegram (Purba et al., 2022):

- a. Dengan menggunakan *cloud* sebagai penyimpanannya, telegram dapat mengirim pesan lebih cepat. Telegram juga dapat dengan mudah diakses secara bersamaan di berbagai perangkat.
- b. Telegram dapat berbagi file berupa foto, audio, video, file (zip, pdf, doc, dan mp3) dengan batas ukuran maksimum 1,5GB.



Gambar 2. 4 Sistem *Monitoring* Telegram

B. Website

Website merupakan sekumpulan informasi yang terdapat dalam sebuah domain. Situs *website* umumnya terdiri dari banyak halaman *web* yang ditautkan bersama. Hubungan antara suatu halaman *web* dengan halaman *web* yang lainnya disebut dengan *hyperlink*, sedangkan teks yang digunakan sebagai media penghubung disebut *hypertext*.

Domain adalah nama unik yang dimiliki oleh sebuah instansi sehingga bisa diakses melalui internet, misalnya gmail.com, google.com, yahoo.com dan lain-lain. Untuk mendapat sebuah domain kita harus melakukan register pada instansi penyedia layanan domain. Terdapat istilah yang sering ada pada *website* yaitu *homepage*. *Homepage* merupakan sebuah halaman awal pada *website*. Sedangkan jika pengguna meng-klik menu untuk ke lokasi lainnya, disebut *web page*. (yuhefizar, HA Mooduto, 2009).



Gambar 2. 5 Sistem *Monitoring Website*

2.1.7 LCD I2C

LCD atau *Liquid Crystal Display* adalah alat yang digunakan untuk menampilkan tulisan berupa angka maupun huruf, Adapun tipe LCD yang dapat menampilkan gambar. Umumnya, ukuran dari LCD yaitu 16x2 dapat menampilkan informasi seperti data angka atau informasi yang tidak terlalu spesifik. LCD atau dikenal dengan LCD 1602 ini bisa bekerja pada 5 *volt*. Pada praktiknya, pin positif besambungkan ke VCC pada *board* Arduino (SANTOSO, 2017).



Gambar 2. 6 LCD I2C

2.1.8 *Buzzer*

Buzzer adalah struktur terintegrasi konverter elektronik, catu daya DC, yang banyak digunakan di komputer, mesin fotokopi, printer, alarm, mainan elektronik, telepon, peralatan elektronik otomotif, dan produk peralatan audio lainnya. *Buzzer* aktif dengan tegangan 5V nilai daya dapat langsung dihubungkan ke suara terus menerus, bagian ini merupakan kombinasi dari board dan sensor khusus agar dapat

menyelesaikan desain sirkuit sederhana untuk “*plug and play*” (Nugroho et al., 2020).



Gambar 2. 7 Buzzer

2.2 Teori Terkait

Dalam melakukan penelitian penulis melakukan tinjauan pustaka yaitu beberapa jurnal penelitian nasional dan internasional sebelumnya yang berkaitan dengan *Smart Bin* menggunakan ESP8266 dan Sensor Ultrasonik menghasilkan sistem tempat sampah otomatis yang terintegrasi dengan *website* dan Telegram. Dapat dilihat pada tabel 2.1 merupakan beberapa teori dari penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian mengenai *Smart Bin* otomatis.

Tabel 2. 1 Teori Terkait Pengembangan Smart Bin



No	Penulis	Judul	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Keterbatasan dan Peluang Diteliti Kembali
1	Adelia Pramita Dewi, Ramdhan Nugraha, Sony Sumaryo	Perancangan dan Implementasi <i>Smart Trash Bin</i> Menggunakan Metode Logika <i>Fuzzy</i>	Membuat tempat sampah untuk memilah sampah berdasarkan jenis sampah menggunakan metode <i>fuzzy</i> untuk menguji kinerja alat apakah berjalan sesuai dengan perintah atau tidak	- Tingkat akurasi dari sistem sebesar 77,7% dan sensitifitas sebesar 81,6% berdasarkan perhitungan <i>fuzzy</i> - Tingkat kegagalan servo sebesar 2,79%	- Petugas <i>Cleaning Service</i> tidak bisa mengetahui volume tempat sampah secara <i>real-time</i>
2	Ikhsan Efendi, Dwi Puspitasiari,	Implementasi Monitoring Bersih Pada Aquarium Ikan Koi	Membuat sistem monitoringn kualitas air berdasarkan kriteria	- Tingkat akurasi dari sistem pengurusan air berdasarkan	- Tidak adanya informasi bagi pengguna saat pengurusan air.

Irsyad Mashudi	Arif	Dengan NodeMcu ESP8266 menggunakan <i>Fuzzy</i> Tsukamoto	pH, kekeruhan, dan ketinggian air. Sistem juga dapat melakukan pengurusan air dengan menggunakan perhitungan <i>fuzzy</i> Tsukamoto sebagai pengujiannya.	perhitungan <i>fuzzy</i> Tsukamoto yaitu 98,5%. Sistem monitoring kualitas air dapat meningkatkan nilai kualitas air berdasarkan nilai pH, kekeruhan, dan ketinggian melalui perhitungan <i>fuzzy</i> Tsukamoto.	- Tidak adanya rekap data mengenai tingkat pH, kekeruhan, dan ketinggian air.
3 Ridwan Ahmad Ma'arif, Fauziah, Nur Hayati	Sistem Monitoring Sampah Pintar Secara <i>Real Time</i> Menggunakan Metode Logic Berbasis IoT.	Tempat Pembuatan sistem monitoring tempat sampah menggunakan aplikasi android dengan mengimplementasikan algoritma <i>fuzzy</i> berdasarkan tingkat muatan sampah sebagai penentu tindakan yang akan dilakukan petugas.	- Tingkat akurasi perhitungan <i>fuzzy</i> pada tindakan pembersihan tempat sampah yaitu 100% - Waktu pengiriman data dari sistem ke cloud	- Pengguna tetap bisa membuang sampah jika tempat sampah sudah penuh.	

				firebase sebesar 0,6 detik.
4	Samirah Rahayu, Syahrul Ferdian	Sistem Monitoring Tempat Sampah Berbasis IoT Menggunakan Metode <i>Fuzzy</i>	Volume Memberikan notifikasi dengan kondisi tempat sampah telah penuh untuk mencegah terjadinya penumpukan sampah yang akan menyebabkan tumbuhnya bibit penyakit.	- Hasil pengujian menggunakan <i>fuzzy</i> dalam memonitor tempat sampah bernilai sangat akurat - Sistem akan memberikan informasi melalui telegram jika tempat sampah sudah penuh
5	Aniqa Bano, Ikram Ud Din, Asma A. Al-Huqail	<i>AIoT-Based Smart Bin for Real-Time Monitoring and Management of Solid Waste</i>	Membuat tempat sampah pintar secara realtime untuk mendapatkan akses data volume tempat sampah dan dikirim ke petugas pengangkut sampah untuk segera mengangkut tempat sampah	- Sistem memberikan informasi mengenai volume tempat sampah dan lokasi nya melalui pesan - Data volume tempat sampah dan lokasi
				- Masyarakat tidak memiliki akses untuk memantau secara daring volume tempat sampah yang ada. - Petugas pengangkut sampah tidak dapat memantau volume keseluruhan tempat sampah secara <i>real-time</i> dan hanya mendapat

6 Mustafa M.R, *Smart Bin: Internet-of-Things*
Ku Azir K.N. F *Garbage Monitoring System*



Memungkinkan pengelolaan sampah untuk monitor berdasarkan tingkat kedalaman sampah di tempat sampah,

disimpan pada *cloud server* sehingga data yang akan diterima dapat secara *real-time*

- Volume tempat sampah dapat dilihat secara realtime menggunakan *Thing-speak* dengan tampilan berupa grafik

- Tingkat volume tempat sampah dibagi menjadi 4 bagian yaitu limbah rumah tangga, kertas, kaca, dan plastik

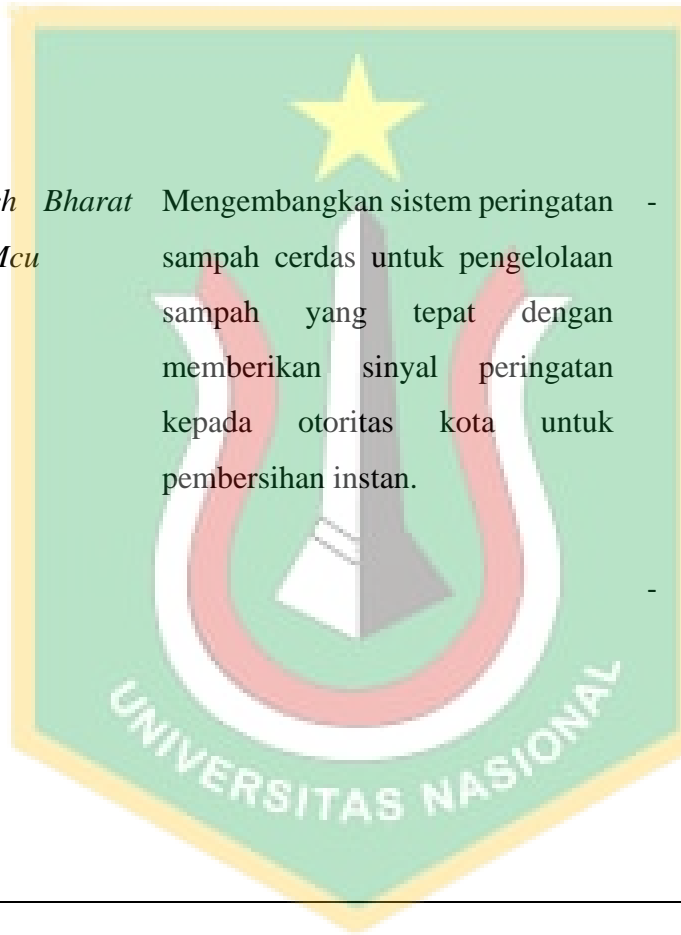
informasi jika tempat sampah sudah penuh

- Belum adanya pengukuran jalur terpendek untuk mempermudah penjemputan sampah

- Sistem tidak dapat memberikan data volume tempat sampah secara detail dikarenakan hanya berupa *graph* dan batasan-batasan angka saja

- Tidak adanya cakupan ketersediaan jaringan lain, sehingga akan mengganggu seluruh sistem

<p>7 Margrat C R, <i>Smart Bin: A Swachh Bharat</i> Navia Davis, <i>Approach using NodeMcu</i> Maneesha Martin, Livya George</p>	<p>Mengembangkan sistem peringatan sampah cerdas untuk pengelolaan sampah yang tepat dengan memberikan sinyal peringatan kepada otoritas kota untuk pembersihan instan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tingkat volume tempat sampah juga dapat dilihat secara langsung tanpa menggunakan aplikasi - Petugas sampah tidak mendapatkan informasi atau sinyal jika terdapat tempat sampah yang penuh agar dapat dibersihkan dengan cepat - Pengguna akan mendapatkan poin jika membuang sampah dengan syarat dan ketentuan yang ada - Petugas sampah tidak dapat memantau volume keseluruhan tempat sampah secara <i>real-time</i> dan hanya mendapat informasi jika tempat sampah sudah penuh - Sistem yang rumit membuat kesulitan untuk pengguna membuang sampah dikarenakan harus memberikan kode pengguna untuk
--	---	--



							mendapatkan poin <i>reward</i>
8	Sirisha Yerraboina, Nallapaneni Manoj Kumar, K. S. Parimala, N. Aruna Jyothi	<i>Monitoring the smart garbage bin filling status: An IoT application towards waste management Sustainable Planning and Life-Cycle Thinking of Energy Infrastructure View project The Role of Wind Energy in Sustainable Transportation: EV Charging & H2 Generation View project</i>	Membuat sistem untuk memantau jumlah limbah dengan mengirimkan informasi tentang status isi tempat sampah dengan Batasan kosong, sedang, hampir penuh, dan penuh	- - -	Sistem mendeteksi jika tempat sampah sedang kosong, sedang, hampir penuh dan penuh Sistem memberikan informasi yang di dapat dan ditampilkan pada LCD. Sistem memberikan informasi yang di dapat dan ditampilkan pada <i>portal website</i>	- -	Tidak ada data detail mengenai tingkat kepenuhan sampah (berupa angka) <i>Website</i> hanya menampilkan satu tempat sampah dan tidak memberi informasi mengenai lokasi
9	Muhammad Zar Mohd Zaid Harith, Mohammad	<i>Prototype Development of IoT Based Smart Waste Management System for Smart City</i>	Membuat sistem pemantauan terpusat otomatis dan memberikan status tempat sampah tepat waktu, memungkinkan perencanaan rute	-	Petugas tempat sampah dapat memantau status tempat sampah secara terpusat dan terkontrol	-	Pemantauan tempat sampah tidak dapat dilakukan pada <i>handphone</i>

Asif Hossain, Ismail Ahmedy	yang optimal untuk pengumpulan, mengurangi waktu pengumpulan, dan menghemat biaya serta konsumsi bahan bakar	serta dapat menganalisa laju produksi sampah - Petugas sampah mendapat rute yang optimal sesuai dengan data tingkat kepenuhan sampah	- Informasi yang didapat hanya berupa visual pada <i>website</i> , tidak ada, tambahan berupa notifikasi jika tempat sampah penuh - Rute yang didapat dihasilkan dari data sebelum berangkat. Jika terdapat tempat sampah yang baru penuh, rute tidak akan <i>ter-update</i> secara otomatis
10 Whai-En Chen, Yu-Huei Wang, Po-Chuan Huang, Min- Yan Tsai	Membuat sistem tempat sampah pintar yang mendeteksi jumlah limbah dan juga deteksi bau tidak sedap yang ada pada tempat sampah.	- Sistem dapat menentukan rute optimal dalam mengangkut sampah - Sistem akan memberikan notifikasi	- Tidak adanya <i>interface</i> bagi petugas untuk memonitoring tempat sampah - Rute yang didapat dihasilkan dari data



jika jumlah limbah dan bau sudah diatas batas yang ditentukan

sebelum berangkat. Jika terdapat tempat sampah yang baru penuh, rute tidak akan *ter-update* secara otomatis



Terdapat dalam Tabel 2.1 dijelaskan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis yaitu *Smart Bin*.

1. Adelia Pramita Dewi, Ramdhan Nugraha, Sony Sumaryo (2019)

Penelitian yang merancang smart bin menggunakan metode logika *fuzzy* yang bertujuan untuk menguji kinerja alat apakah berjalan sesuai dengan perintah atau tidak. Pada pengujian *fuzzy* dilakukan dengan 3 tahapan diantaranya fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Pada tahap defuzzifikasi, hasil akhir yang diterima didapat dengan mengambil nilai rata-rata (average) dari derajat keanggotaan. Hasil dari pengujian menggunakan metode *fuzzy* menyatakan bahwa tingkat akurasi sebesar 84,4%, presisi sebesar 77,7% dan sensitifitas sebesar 81,6%. Dengan tingkat kegagalan servo sebesar 2,79% (Dewi et al., 2019).

2. Ikhsan Efendi, Dwi Puspitasiari, Irsyad Arif Mashudi (2020)

Penelitian yang memakai konsep IOT (*Internet of Things*) dengan memanfaatkan metode *fuzzy* Tsukamoto yang berguna untuk mengubah nilai sensor PH, kekeruhan air yang sebelumnya bersifat non biner dan non linier menjadi linguistik yang bertujuan untuk pengambilan keputusan pada program yang dibuat. Dengan pengujian menggunakan *fuzzy* Tsukamoto, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem berjalan sesuai program dengan nilai akurasi 98,5% (Efendi et al., 2020).

3. Ridwan Ahmad Ma'arif, Fauziah, Nur Hayati (2019)

Penelitian yang merancang tempat sampah pintar yang bertujuan memberikan informasi secara realtime kepada pengguna menggunakan aplikasi android sebagai perantaranya. Pada penelitian ini menggunakan metode *fuzzy* logic untuk menentukan status tempat sampah berdasarkan ketinggian muatan sampah dan waktu terakhir pembersihan yang bervariasi. Dengan menggunakan matlab sebagai perhitungan *fuzzy*, dapat disimpulkan bahwa sistem berjalan 100% sesuai dengan program (Ma'arif et al., 2019).

4. Samirah Rahayu, Syahrul Ferdian (2022)

Penelitian yang membangun sistem monitoring volume untuk tempat sampah yang berfungsi untuk tempat sampah sudah penuh atau tidak agar dapat

ditangani petugas lebih cepat, dengan penggunaan metode *fuzzy* sebagai penentuan status tempat sampah berdasarkan ketinggian muatan sampah dan waktu terakhir pembersihan yang bervariasi. Berdasarkan hasil perhitungan dengan batasan yang dimuat, data dari volume tempat sampah yang dimuat bernilai akurat (Rahayu & Ferdian, 2022).

5. Hasil penelitian Aniqah Bano, Ikram Ud Din, dan Asma A. Al-Huqail (2020). Penelitian yang merancang tempat sampah otomatis dengan *cloud server* sebagai tempat penyimpanan data, bertujuan untuk membuat tempat sampah pintar secara *real-time* untuk mendapatkan akses data volume tempat sampah dan dikirim ke petugas pengangkut sampah. Dengan menggunakan mikrokontroler yang terkoneksi dengan internet dan *cloud server* yang berfungsi sebagai data penampung tempat sampah, data volume tempat sampah dan lokasi dari tempat sampah akan didapat petugas tempat sampah jika tempat sampah sudah penuh (Bano et al., 2020).
6. Hasil penelitian Mustafa M.R, dan Ku Azir K.N. F (2017). Penelitian yang menciptakan tempat sampah pintar menggunakan ESP8266 serta Sensor Ultrasonik, bertujuan untuk memungkinkan pengelolaan sampah untuk monitor berdasarkan tingkat kedalaman sampah di tempat sampah. Dengan menggunakan ESP8266 dan Sensor Ultrasonik yang terkoneksi dengan internet, volume tempat sampah dapat terlihat pada aplikasi *Thing-speak* berupa grafik. Volume tempat sampah juga dapat dilihat secara langsung di depan tempat sampah berupa presentase (Mustafa & Ku Azir, 2017).
7. Hasil penelitian Margrat C R, Navia Davis, Maneesha Martin, dan Livya George (2018). Penelitian yang membuat tempat sampah pintar menggunakan NodeMcu, Sensor Ultrasonik, dan Sensor PIR, bertujuan untuk mengembangkan sistem peringatan sampah cerdas untuk pengelolaan sampah dengan memberikan sinyal peringatan kepada otoritas kota untuk pembersihan instan. Dengan menggunakan mikrokontroler NodeMcu, Sensor Ultrasonik, dan Sensor PIR, petugas sampah akan mendapat sinyal secara *real-time* jika terdapat tempat

sampah yang penuh. Pengguna juga bisa mendapat *point reward* jika membuang sampah (Davis et al., 2018).

8. Hasil penelitian Sirisha Yerraboina, Nallapaneni Manoj Kumar, K. S. Parimala, dan N. Aruna Jyothi (2018).

Penelitian yang merancang tempat sampah pintar yang terkoneksi internet, bertujuan membuat sistem untuk memantau jumlah limbah dengan mengirimkan informasi tentang status isi tempat sampah. Dengan menggunakan Arduino Uno dan Sensor Ultrasonik yang terkoneksi dengan internet, Informasi mengenai tempat sampah yang tersedia, sedang, dan juga penuh akan terkirim ke *website*. Isi tempat sampah juga akan terdeteksi dan ditampilkan pada LCD dengan batasan kosong, sedang, dan penuh (Meesala et al., 2018).

9. Hasil penelitian Muhammad Zar Mohd Zaid Harith, Mohammad Asif Hossain, dan Ismail Ahmedy (2020).

Penelitian dengan memanfaatkan Arduino Uno, Sensor Ultrasonik, dan Sensor PIR untuk perancangan tempat sampah otomatis, bertujuan membuat sistem pemantauan terpusat otomatis dan memberikan status tempat sampah tepat waktu. Sistem juga memungkinkan perencanaan rute yang optimal untuk pengumpulan. Dengan menggunakan Arduino Uno, Sensor Ultrasonik, dan Raspberry PI sebagai penampung data tempat sampah dan alamat dapat memantau status tempat sampah secara terpusat, dan juga dapat membuat analisa rute terbaik untuk pengumpulan sampah (Harith et al., 2020).

10. Hasil penelitian Whai-En Chen, Yu-Huei Wang, Po-Chuan Huang, dan Min-Yan Tsai (2018).

Penelitian dengan memanfaatkan *mikrokontroler*, Gas Sensor, dan Sensor Ultrasonik sebagai alat utama, bertujuan membuat system tempat sampah pintar yang mendeteksi jumlah limbah dan juga deteksi bau tidak sedap yang ada pada tempat sampah. Dengan menggunakan mikrokontroler, Gas Sensor, dan Sensor Ultrasonik yang terkoneksi dengan internet, sistem akan memberikan notifikasi kepada petugas jika jumlah limbah dan bau sudah diluar batas ketentuan. Sistem

ini juga memberikan analisa rute terbaik yang ditempuh untuk mengangkut sampah (Chen et al., 2018).



