

IMPLEMENTASI IOT UNTUK PENGELOLAAN SAMPAH CERDAS BERBASIS SENSOR DI KAWASAN PERUMAHAN

Dyah Ayu Fitriani, Tutik Khotimah, Ahmad Jazuli

Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus, Indonesia

202151019@std.umk.ac.id

Abstrak

Pengelolaan sampah yang tidak efisien di kawasan perumahan masih menjadi tantangan signifikan dalam menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengelolaan sampah cerdas berbasis sensor *Internet of Things (IoT)* di kawasan Perumahan Muna Permai, Kudus, Jawa Tengah, guna mengatasi permasalahan keterlambatan pengangkutan sampah dan penumpukan yang tidak terantau. Sistem ini memanfaatkan sensor untuk memonitor tingkat kepenruhan tempat sampah secara real-time dan mengirimkan data ke pusat pengelola, sehingga memungkinkan penjadwalan pengangkutan yang lebih efisien serta pengoptimalan rute pengumpulan sampah. Selain meningkatkan efektivitas operasional, penerapan teknologi ini diharapkan mampu mendorong kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan sampah yang berkelanjutan, serta menjadi pijakan awal menuju pengembangan konsep kota pintar (*smart city*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem berbasis IoT memberikan dampak positif terhadap efisiensi pengelolaan sampah dan berpotensi untuk diimplementasikan secara lebih luas. Aplikasi Blynk sebagai antarmuka monitoring berbasis IoT berfungsi dengan baik dalam menampilkan data kapasitas tempat sampah. Antarmuka yang sederhana dan responsif memudahkan pengguna atau petugas untuk membaca status sampah kapan saja dan di mana saja. Sistem telah diuji dan berjalan sesuai skenario pengujian, baik dalam hal pendeteksian objek, pembukaan dan penutupan tutup secara otomatis, maupun pengiriman data kapasitas sampah. Ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat reliabilitas dan fungsionalitas yang baik. Sistem ini dapat diterapkan di pada lingkungan rumah tangga, perumahan, kantor, maupun ruang publik sebagai bagian dari solusi smart city yang mendukung efisiensi pengelolaan sampah dan meningkatkan kebersihan serta kenyamanan lingkungan.

Kata kunci: *IoT, pengelolaan sampah, perumahan, sampah cerdas, sensor*

1. PENDAHULUAN

Permasalahan pengelolaan sampah di kawasan perumahan masih menjadi isu penting yang memengaruhi kebersihan, kesehatan, dan kenyamanan lingkungan. Sampah rumah tangga yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti pencemaran udara, bau tidak sedap, hingga meningkatnya populasi vektor penyakit, seperti lalat dan tikus. Salah satu penyebab utama dari permasalahan ini adalah keterlambatan pengangkutan serta kurangnya efisiensi dalam sistem pengumpulan dan pemantauan sampah. Hal ini juga terjadi di kawasan Perumahan Muna Permai yang berlokasi di Dukuh Kepyar, Desa Dersalam, Kecamatan Bae, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah. Kawasan ini menghadapi kendala dalam hal waktu pengangkutan sampah yang tidak menentu dan belum optimalnya pemanfaatan sumber daya yang tersedia dalam sistem pengelolaan sampah [1].

Dalam menghadapi tantangan tersebut, perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, khususnya konsep *Internet of Things (IoT)*, membuka peluang penerapan sistem pengelolaan sampah yang lebih cerdas dan efisien. Teknologi IoT memungkinkan integrasi antara perangkat fisik dengan jaringan internet untuk mengumpulkan dan mengirimkan data secara *real-time*. Dalam konteks pengelolaan sampah, sensor IoT dapat digunakan untuk mendeteksi tingkat kepenruhan tempat sampah,

mengirimkan data secara otomatis ke pusat pengelolaan, serta memberikan notifikasi kepada petugas kebersihan jika kondisi tempat sampah telah mencapai kapasitas maksimum. Pemanfaatan teknologi ini diharapkan dapat mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih akurat, penjadwalan pengangkutan yang lebih tepat waktu, serta penghematan sumber daya operasional [2].

Selain peningkatan efisiensi teknis, penerapan sistem pengelolaan sampah berbasis IoT juga berpotensi meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Dengan adanya sistem yang transparan dan berbasis data, masyarakat dapat lebih memahami kondisi pengelolaan sampah di lingkungan mereka dan terdorong untuk lebih aktif berpartisipasi. Lebih jauh lagi, penerapan teknologi ini dapat menjadi bagian dari strategi menuju pengembangan konsep kota pintar (*smart city*) yang menekankan integrasi teknologi dalam tata kelola kota yang efisien dan ramah lingkungan [3].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengelolaan sampah cerdas berbasis sensor IoT di kawasan Perumahan Muna Permai. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana efektivitas sistem ini dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah serta

menggambarkan potensi implementasinya dalam skala yang lebih luas di lingkungan perumahan lainnya [4].

2. TINJAUAN PUSTAKA

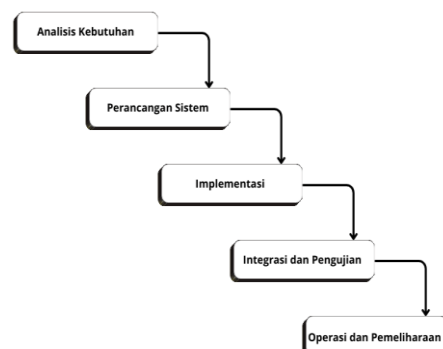
Sampah merupakan masalah yang sering kali menjadi trending topik di hampir semua negara yang menyandang status berkembang. Dengan pengolahan sampah seperti pemilahan sampah, proses daur ulang sampah kemudian memanfaatkannya, maka diharapkan mampu mengurangi masalah-masalah masyarakat kita. Kondisi sampah yang ada pada lingkungan sekitar kita, saat ini sampahnya masih dalam kondisi tercampur jenisnya, berarti belum dilakukan pemilahan sampah. Sehingga menjadi masalah ketika dilakukan daur ulang, oleh karena itu dibutuhkan suatu alat bantu untuk mempermudah aktivitas manusia dalam melakukan pemilahan sampah yaitu alat yang dapat memilah sampah logam, kering maupun basah secara otomatis. Pemilah sampah akan terus bekerja setiap ada sampah yang masuk baik itu sampah logam, sampah kering maupun sampah basah sampai masing-masing sampah masuk pada tempat yang sesuai dengan jenisnya masing-masing. Namun, jika pada tempat sampah tersebut tidak terdapat pemantauan kondisi penampungannya oleh manusia maka dapat membuat sistem pemilah bekerja tidak sesuai dengan apa yang diharapkan atau tidak maksimal. Dengan kata lain, ketika salah satu atau semua tempat sampah dalam kondisi penuh maka sampah-sampah berikutnya tidak akan tertampung pada tempatnya. Pada Fakultas Teknik Universitas Islam Makassar merupakan salah satu fakultas di UIM dimana didalamnya terdapat lima program studi yakni Teknik Informatika, Teknik Industri, Teknik Elektro, Teknik Mesin dan yang paling baru yaitu Teknik Sipil. Di Fakultas Teknik Universitas Islam Makassar hanya menyediakan dua tempat sampah biasa untuk menampung sampah yang ada disana [5].

Kondisi tempat sampah yang ada saat ini di Fakultas Teknik Universitas Islam Makassar tidak memiliki pembeda antara tempat sampah logam, kering maupun basah. Sehingga semua jenis sampah tercampur dalam satu tempat sampah. Pada penerapan sebelumnya tempat sampah hanya dibuat otomatis untuk terbuka ketika ingin membuang sampah dan menutup secara otomatis, dan ditambahkan lagi fungsi agar dapat memberikan peringatan ketika tempat sampah penuh alarm berbunyi. Dan untuk jarak jauh pemberitahuan melalui fitur Short Message Service (SMS) Berdasarkan pada penelitian sebelumnya, maka penelitian kami menambahkan fungsi agar dapat memilah tiga jenis sampah secara otomatis. Sedangkan sebagai pengambilan keputusan dilihat dari tingkat/level penuh tidaknya sampah yang ada di dalam tempat sampah digunakan platform IOT Blynk apps yang terhubung ke internet kemudian akan memberikan notifikasi atau pemberitahuan kepada user atau petugas kebersihan melalui aplikasi Blynk, sehingga keadaan tempat sampah senantiasa bersih dan higienis. Berdasarkan latar belakang tersebut

maka peneliti dengan “untuk mengembangkan tempat sampah cerdas yang dapat memilah sampah logam.

IoT (Internet of Thing) merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus. Penerapan IoT dalam pengelolaan sampah juga sangat memungkinkan untuk dapat memonitoring secara real-time dan kontrol yang efisien. Dengan menerapkan Teknologi IoT (Internet of Thing) kegiatan manusia akan lebih efisien dari segi waktu maupun tenaga. Sampah merupakan bahan padat buangan yang berasal dari kegiatan rumah tangga, pasar, perkantoran, rumah penginapan, hotel, rumah makan, industri, atau aktivitas manusia lainnya. Pengelolaan sampah yang tidak baik menjadi salah satu masalah yang mempengaruhi terciptanya lingkungan yang bersih dan sehat. Sampah yang di buang sembarangan, dibiarkan berserakan, terlalu lama menumpuk dan pengambilan sampah yang tidak teratur menjadi masalah yang sering terjadi, terutama pada Desa Beririjarak. Oleh karena itu, solusi inovatif untuk mengatasi terjadinya pencemaran lingkungan akibat penumpukan sampah yang terlalu lama menjadi semakin penting untuk kenyamanan lingkungan yang bersih dan mengurangi bibit penyakit bagi penduduk di desa setempat. Salah satu solusi yang mungkin adalah dengan membuat sistem Smart Trash untuk pengelolaan sampah yang menggunakan teknologi sensor dan IoT (Internet of Things) untuk memonitor dan mengelola pembuangan sampah [6].

3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alur Metode Waterfall

Dalam tahap ini, peneliti menggunakan metode *waterfall*, karena metode ini merupakan metode yang banyak digunakan oleh pengembangan sistem. Metode *waterfall* adalah metode pengembangan sistem yang mengikuti alur sekuensial yang terdiri dari beberapa tahap yang harus diselesaikan secara berurutan [7]. Metode *Waterfall* pada penelitian ini memastikan bahwa setiap tahap pengembangan sistem berjalan dengan sistematis dan berurutan. Ini memberi kepastian bahwa setiap komponen dan fitur yang diinginkan telah dirancang dan diuji dengan cermat sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya, sehingga mengurangi kemungkinan kesalahan besar di akhir

pengembangan. Berikut adalah penjelasan terperinci untuk setiap tahapan, diagram alur dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada gambar 1. menggambarkan berapa tahapan yang dilakukan penulis dan secara keseluruhan menggambarkan tahapan yang akan dilakukan selama penelitian berlangsung.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, metode pengembangan perangkat lunak yang digunakan adalah Waterfall, yang terdiri dari lima tahap utama, yaitu: analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, serta operasi dan pemeliharaan. Berikut adalah hasil dan pembahasan pada masing-masing tahapan:

4.1. Analisis Kebutuhan

Untuk mewujudkan sistem pengelolaan sampah yang cerdas dan efisien di kawasan Perumahan Muna Permai diperlukan perancangan sistem yang didasarkan pada analisis kebutuhan yang tepat. Analisis kebutuhan sistem dilakukan guna merumuskan fitur-fitur yang relevan dan sesuai dengan permasalahan pengelolaan sampah di lapangan untuk memahami fungsi utama serta kebutuhan pengguna. Adapun perangkat pendukung yang sesuai yaitu perangkat keras dan perangkat lunak untuk mendukung dari proses pengembangan sistem tersebut. Berikut rincian kebutuhan perangkat yang mendukung:

4.2. Perangkat Keras:

- Laptop/PC
- Ponsel Android
- Tempat Sampah Tutup Goyang 10 Liter
- Papan Ekspansi NodeMCU ESP 8266 V3
- Mikrokontroler NodeMCU ESP 8266 V3
- Sensor Ultrasonik HC-SR04
- Motor Servo SG90
- AC/DC Adaptor 9V 2A

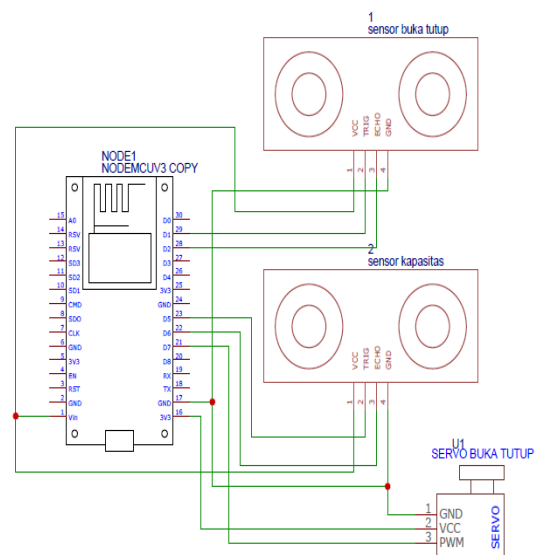
4.3. Perangkat Lunak:

- Arduino IDE (Aplikasi Pemrograman Sistem)
- Blynk (Platform Monitoring)

4.4. Perancangan Sistem

Sistem yang dirancang merupakan prototipe tempat sampah cerdas berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP8266 V3. Sistem ini dirancang agar dapat membuka dan menutup secara otomatis saat mendeteksi keberadaan objek (seperti tangan pengguna) serta dapat memantau kapasitas isi tempat sampah melalui sensor ultrasonik yang akan diteruskan ke platform *blynk* untuk *monitoring volume* tempat sampah. Informasi dari kedua sensor akan diproses oleh mikrokontroler dan digunakan untuk mengendalikan *servo motor* sebagai aktuator penutup.

4.5. Skematik Perangkat Keras Sistem



Gambar 2. Rangkaian Komponen Tempat Sampah Cerdas

Berdasarkan gambar 2 dijelaskan sensor buka tutup dihubungkan ke pin digital D1 (TRIG) dan D2 (ECHO). Sensor kapasitas dihubungkan ke pin digital D5 (TRIG) dan D6 (ECHO). *Servo motor* dikendalikan melalui pin D7 yang mengatur sinyal PWM. Semua komponen mendapatkan catu daya atau tegangan dari mikrokontroler dan Jalur GND dihubungkan ke semua komponen sebagai ground sistem.

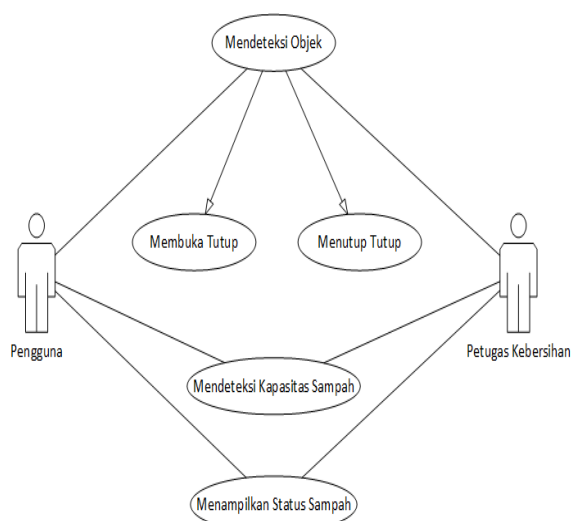
4.6. Diagram Alur Sistem



Gambar 3. Flowchart Diagram Alur Sistem

Diagram alur sistem pada Gambar 3 adalah proses kerja dari sistem IoT tempat sampah cerdas berbasis sensor. Sistem dimulai dengan mendeteksi keberadaan objek di dekat tutup menggunakan sensor ultrasonik. Jika terdapat objek yang menghalangi sensor dalam jarak tertentu, sistem akan mengaktifkan servo untuk membuka tutup tempat sampah. Setelah menunggu beberapa detik, tutup akan menutup secara otomatis. Selanjutnya, sensor kapasitas akan mengukur volume sampah di dalam wadah dan menampilkan status kapasitas tersebut. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi pembuangan sampah serta mendukung konsep *smart waste management* di lingkungan perumahan.

4.7. Use Case



Gambar 4. Use Case Diagram Tempat Sampah Cerdas

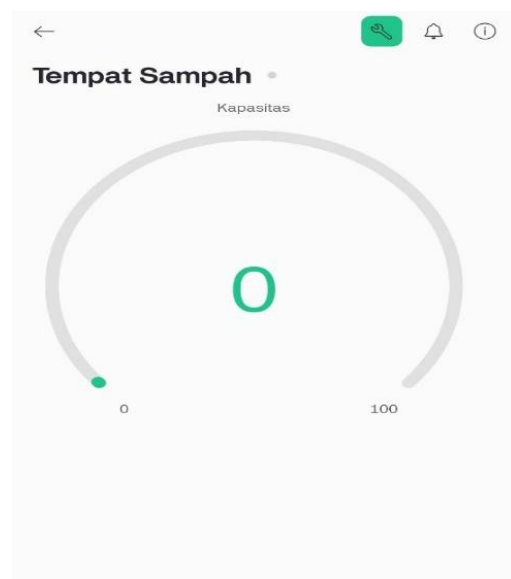
Use case diagram pada Gambar 4 menunjukkan bagaimana sistem tempat sampah otomatis berinteraksi dengan dua jenis aktor utama, yaitu pengguna dan petugas kebersihan. Pengguna berperan dalam proses pemicu sistem, seperti saat mendekatkan tangan ke sensor agar tutup terbuka dan membuang sampah. Setelah sampah dibuang, sistem akan secara otomatis menutup kembali tutup tempat sampah. Sementara itu, baik pengguna maupun petugas kebersihan dapat memanfaatkan fitur pendeteksian kapasitas sampah dan melihat status kepełuhannya melalui indikator yang tersedia. Informasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa tempat sampah tidak dalam kondisi penuh secara berlebihan dan dapat segera dikosongkan oleh petugas kebersihan. Sistem ini mendukung otomatisasi serta efisiensi dalam pengelolaan sampah di kawasan Perumahan Muria Permai.

4.8. Implementasi



Gambar 5. Implementasi Prototipe Sistem

Implementasi IoT untuk pengelolaan sampah cerdas berbasis sensor di kawasan perumahan disajikan pada gambar 5 yang dirancang untuk memudahkan masyarakat dalam membuang sampah tanpa harus menyentuh tutup tempat sampah. Sistem ini juga dapat memantau kapasitas sampah secara otomatis dan menampilkan status penuhnya tempat sampah. Sensor Ultrasonik HC-SR04 (Luar), terpasang pada bagian depan luar tempat sampah. NodeMCU ESP8266 mikrokontroler utama yang terpasang pada sisi samping luar tempat sampah, *servo motor* terpasang di bagian atas dekat engsel tutup. Sensor Ultrasonik HC-SR04 (Dalam) ditempatkan di bagian dalam tutup tempat sampah dan menghadap ke bawah.



Gambar 6. Tampilan Layar Utama Aplikasi Monitoring Kapasitas Tempat Sampah Cerdas.

Gambar 6 menunjukkan antarmuka pengguna dari aplikasi Blynk di ponsel android yang digunakan untuk memantau kapasitas tempat sampah cerdas secara *real-time*. Aplikasi ini terhubung dengan perangkat keras melalui mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang mengirimkan data sensor kapasitas (ultrasonik bagian dalam) ke *cloud server* Blynk.

4.9. Integrasi dan Pengujian

Alur integrasi dan pengujian sistem dilakukan secara keseluruhan mulai dari *input* hingga *output*. Prototipe tempat sampah cerdas dirancang dengan

menggabungkan berbagai komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Proses integrasi dilakukan agar seluruh sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yaitu memantau kapasitas tempat sampah secara *real-time* melalui aplikasi Blynk dan mendeteksi objek (tangan atau sampah), membuka dan menutup tutup secara otomatis. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan baik dan sesuai dengan rancangan. Pengujian dilakukan secara bertahap mulai dari pengujian komponen individu hingga pengujian sistem secara menyeluruh.

Tabel 1. Pengujian Sistem IoT Tempat Sampah Cerdas

No	Objek Didekatkan	Jarak Terdeteksi (cm)	Tutup Terbuka	Persentase Kapasitas	Status Aplikasi
1	Tangan	5 cm	Ya	0%	Terbaca 0%
2	Tangan	8 cm	Ya	15%	Terbaca 15%
3	Tidak ada	>20 cm	Tidak	35%	Terbaca 35%
4	Botol Plastik	6 cm	Ya	55%	Terbaca 55%
5	Kertas Sampah	4 cm	Ya	90%	Terbaca 90%
6	Tangan	7 cm	Ya	100%	Terbaca 100%

Tabel 1 membuktikan bahwa sistem dapat mendeteksi objek dengan baik, mengontrol tutup tempat sampah, serta mengirimkan data kapasitas ke

aplikasi Blynk secara *real-time*. Integrasi dan pengujian dari keseluruhan sistem berdampak pada fungsi dari fitur, Hasilnya akan disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Fitur

No	Fitur yang Diuji	Hasil	Status
1	Deteksi Objek (Sensor Ultrasonik)	Respon cepat dan akurat	Berhasil
2	Buka/Tutup Otomatis (Servo)	Buka/tutup sesuai perintah	Berhasil
3	Deteksi Kapasitas Sampah	Persentase kapasitas akurat	Berhasil
4	Kirim Data ke Aplikasi	Data tampil <i>real-time</i> di Blynk	Berhasil

Berdasarkan hasil integrasi dan pengujian, sistem tempat sampah pintar telah berjalan sesuai dengan perancangan. Seluruh komponen dapat berfungsi secara sinergis, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Data kapasitas sampah dapat dimonitor secara *real-time*, dan mekanisme buka-tutup tutup otomatis bekerja dengan baik sesuai jarak objek.

4.10. Operasi Sistem

Operasi dari sistem IoT tempat sampah cerdas ini dirancang agar dapat bekerja secara otomatis tanpa intervensi langsung dari pengguna. Sistem akan mulai bekerja ketika sensor ultrasonik mendeteksi keberadaan objek (tangan atau benda lain) di dekat tutup tempat sampah. Ketika objek terdeteksi pada jarak maksimal 20 cm, *motor servo* akan secara otomatis membuka tutup tempat sampah selama 5 detik agar pengguna dapat membuang sampah. Setelah

waktu tunggu tertentu, tutup akan menutup kembali secara otomatis.

Selanjutnya, sensor kapasitas akan mengukur ketinggian sampah di dalam tempat sampah. Data ini kemudian dikirimkan secara *real-time* melalui mikrokontroler ke aplikasi Blynk yang terhubung di ponsel android. Aplikasi ini menampilkan kapasitas tempat sampah dalam bentuk persentase, memudahkan pengguna dan petugas kebersihan untuk memantau kondisi penuh atau tidaknya tempat sampah.

4.11. Pemeliharaan Sistem

Pemeliharaan sistem bertujuan untuk menjaga kinerja prototipe agar tetap optimal dan memperpanjang umur perangkat keras. Prosedur pemeliharaan dilakukan secara berkala baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Pemeliharaan Sistem IoT Tempat Sampah Cerdas

No	Komponen	Jenis Pemeliharaan	Deskripsi Kegiatan	Frekuensi
1	Sensor Ultrasonik	Pembersihan dan pemeriksaan	Membersihkan debu/kotoran, memastikan jarak terbaca dengan benar.	Mingguan
2	Servo Motor	Pelumasan dan uji fungsi	Memastikan motor berfungsi dengan baik, menambahkan pelumas jika perlu.	Bulanan
3	NodeMCU ESP8266 V3	Pemeriksaan <i>hardware</i> dan koneksi	Mengecek koneksi kabel dan WiFi, memastikan tidak panas berlebih.	2 Mingguan

No	Komponen	Jenis Pemeliharaan	Deskripsi Kegiatan	Frekuensi
4	Koneksi Kabel dan Power	Pemeriksaan fisik	Memastikan tidak ada kabel terkelupas atau longgar, adaptor berfungsi normal.	Mingguan
5	Catu Daya (<i>Power Adaptor</i>)	Pemeriksaan tegangan	Memastikan adaptor menghasilkan output tegangan yang stabil.	Bulanan
6	Aplikasi Blynk	Pemeriksaan koneksi dan tampilan	Memastikan data masuk, grafik tampil, dan update library jika diperlukan.	2 Mingguan
7	Sistem Keseluruhan	Pengujian sistem	Melakukan simulasi penggunaan penuh (dari mendeteksi hingga mengirim data).	Bulanan / Setelah update

Dengan menerapkan prosedur operasi dan pemeliharaan yang tepat seperti yang ditampilkan pada tabel 3, sistem tempat sampah cerdas ini diharapkan dapat memberikan kinerja yang optimal dan berkelanjutan untuk kebutuhan pengelolaan sampah yang efisien di kawasan perumahan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi IoT untuk pengelolaan sampah cerdas berbasis sensor di kawasan perumahan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

Sistem berhasil diimplementasikan dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, sensor ultrasonik, dan *servo motor* untuk mendeteksi keberadaan objek di dekat tutup tempat sampah dan membuka serta menutup tutup secara otomatis. Hal ini memudahkan pengguna untuk membuang sampah tanpa menyentuh tempat sampah secara langsung. Sensor kapasitas sampah mampu mendeteksi tingkat penuh tempat sampah dengan akurat, yang kemudian dikirimkan dan ditampilkan melalui aplikasi Blynk. Informasi ini sangat membantu petugas kebersihan dalam memantau kondisi tempat sampah secara real-time tanpa harus melakukan pemeriksaan langsung.

Aplikasi Blynk sebagai antarmuka monitoring berbasis IoT berfungsi dengan baik dalam menampilkan data kapasitas tempat sampah. Antarmuka yang sederhana dan responsif memudahkan pengguna atau petugas untuk membaca status sampah kapan saja dan di mana saja. Sistem telah diuji dan berjalan sesuai skenario pengujian, baik dalam hal pendeteksian objek, pembukaan dan penutupan tutup secara otomatis, maupun pengiriman data kapasitas sampah. Ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat reliabilitas dan fungsionalitas yang baik. Sistem ini dapat diterapkan di pada lingkungan rumah tangga, perumahan, kantor, maupun ruang publik sebagai bagian dari solusi smart city yang mendukung efisiensi pengelolaan sampah dan meningkatkan kebersihan serta kenyamanan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Mukhtar, D. Perdana, P. Sukarno, and A. Mulyana, "Sistem Pemantauan Kapasitas Sampah Berbasis IoT (SiKaSiT) untuk Pencegahan Banjir di Wilayah Sungai Citarum Bojongsoang Kabupaten Bandung," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 21, no. 1, pp. 56–67, 2020, doi: 10.29122/jtl.v21i1.3622
- [2] D. A. Ayutantri, J. Dedy Irawan, and S. A. Wibowo, "PENERAPAN IoT (Internet of Things) DALAM PEMBUATAN TEMPAT SAMPAH PINTAR UNTUK RUMAH KOS," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 5, no. 1, pp. 115–124, 2021, doi: 10.36040/jati.v5i1.3263.
- [3] F. A. Almalki *et al.*, "Green IoT for Eco-Friendly and Sustainable Smart Cities: Future Directions and Opportunities," *Mob. Networks Appl.*, vol. 28, no. 1, pp. 178–202, Feb. 2023, doi: 10.1007/s11036-021-01790-w.
- [4] M. Musyarrofah and U. Hasanah, "Implementasi internet of things (IoT) dalam pengelolaan tempat sampah pintar," *ABDISUCI J. Pengabd. dan Pemberdaya. Masy.*, vol. 2, no. 2, pp. 37–45, 2024, [Online]. Available: <https://journal.ua.ac.id/index.php/abdisuci/article/view/111>
- [5] Ahmad Hanafie, Sukirman, Karmila, Murni Ema Putri, Pengembangan Tempat Sampah Cerdas Berbasis Internet Of Things (Iot) Studi Kasus Fakultas Teknik Uim, ILTEK : Jurnal Teknologi Volume 16, Nomor 01, April 2021
- [6] Lalu Rizki Jaelani, Lalu Delsi Samsumar, Zaenudin, Masjun Efendi, Rancang Bangun Smart Trash Berbasis Iot (Internet Of Things) Menggunakan Metode Prototipyng Model Di Desa Beririjarak : Journal of Computer Science and Information Technology (JCSIT) Volume 1, No 4 – September 2024 e-ISSN : 3031-8467
- [7] R. D. Sindhu, I. Sari, and D. P. Lestari, "Pembuatan Prototype Smart Home Menggunakan Nodemcu Esp8266 V3 dan Chat Bot Pada Smartphone Android," *J. Ilm. Inform. Komput.*, vol. 26, no. 2, pp. 123–135, 2021, doi: 10.35760/ik.2021.v26i2.4157.