

Pengembangan Sistem Pengelolaan Sampah Pintar Berbasis IoT untuk Efisiensi Pengumpulan Sampah di Kampus

Miko Maulana Wijaya¹, Hafanda Zuchlizal Nafiqur Rohiim², Rizqi Jelang Ramadani³,
⁴Rony Heri Irawan⁴

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri
E-mail: ¹mikomaulanaw@gmail.com, ²hafandahafandahafanda@gmail.com, ³rizkijelang69@gmail.com,
⁴rony@unpkediri.ac.id

Abstrak – Tempat sampah pintar hadir di lingkungan kampus sebagai solusi untuk mengatasi masalah pengelolaan sampah, seperti penumpukan sampah dan jadwal pengambilan yang tidak teratur. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik dan mikrokontroler Arduino Uno untuk mendeteksi tingkat penuh sampah secara otomatis, lalu mengirimkan notifikasi kepada petugas kebersihan melalui aplikasi. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk memahami bagaimana sistem ini mempengaruhi efisiensi pengelolaan sampah serta kebersihan lingkungan kampus. Penerapan sistem ini menunjukkan hasil yang signifikan. Proses pengumpulan sampah menjadi jauh lebih efisien, dengan pengurangan hingga 40% inspeksi manual, yang membantu menghemat waktu dan tenaga petugas kebersihan. Sampah yang biasanya menumpuk kini dapat ditangani lebih cepat, membuat lingkungan kampus terlihat lebih rapi dan bersih. Selain itu, desain tempat sampah yang modern mendorong mahasiswa dan staf untuk lebih aktif menjaga kebersihan. Inovasi ini tidak hanya menciptakan lingkungan kampus yang lebih nyaman dan bersih, tetapi juga membuka peluang untuk pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan di masa depan. Dengan teknologi sederhana dan efektif, tempat sampah pintar membawa perubahan nyata dalam pengelolaan sampah di lingkungan pendidikan.

Kata Kunci — Arduino Uno, Kotak Sampah Pintar, Sensor Ultrasonik

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah tradisional yang mengandalkan pengumpulan manual memiliki keterbatasan dalam efisiensi dan efektivitas. Hal ini menyebabkan penumpukan sampah, pencemaran lingkungan, dan ketidaknyamanan di kampus. Teknologi informasi memberikan solusi inovatif untuk mengatasi masalah ini, seperti yang dikemukakan oleh [1], yang merancang tempat sampah pintar berbasis Arduino Uno. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi teknologi dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah. [2] menunjukkan bahwa tempat sampah pintar dengan notifikasi otomatis mampu mendeteksi tempat sampah yang penuh dan mengirimkan pemberitahuan kepada petugas kebersihan. Selain itu, [4] menegaskan bahwa teknologi IoT membantu meningkatkan kebersihan lingkungan dan efisiensi pengelolaan limbah. Sebagai contoh, [9] menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi kapasitas sampah, menunjukkan bahwa teknologi ini efektif dalam mendukung sistem pengelolaan limbah modern. Metode waterfall yang diterapkan dalam pengembangan perangkat lunak seperti yang diuraikan oleh [3] juga memberikan struktur yang jelas dalam pengembangan sistem ini.

Seperti yang dikemukakan dalam penelitian sebelumnya [1], tempat sampah pintar berbasis Arduino Uno dirancang untuk mengatasi permasalahan pengelolaan sampah. Tempat sampah ini dilengkapi dengan berbagai fitur, antara lain sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak dan volume sampah, servo untuk membuka dan menutup tutup secara otomatis, sensor proximity untuk memilah jenis sampah, buzzer dan LED sebagai alarm dan indikator saat penuh, serta modul GSM untuk mengirimkan notifikasi melalui SMS kepada petugas. Desain tempat sampah ini mencakup dua ruang untuk sampah organik dan anorganik, serta satu pintu masuk. Mekanismenya mencakup sensor ultrasonik yang mendeteksi keberadaan manusia untuk membuka tutup secara otomatis, sensor proximity yang memilah jenis sampah, dan servo yang mengarahkan sampah ke ruang yang sesuai. Ketika tempat sampah penuh, buzzer dan LED menyala, dan SMS notifikasi dikirimkan secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen bekerja dengan baik. Sensor ultrasonik berhasil mendeteksi kapasitas sampah, sensor proximity memilah jenis sampah dengan akurat, dan sistem alarm serta notifikasi berfungsi sesuai desain. Tempat sampah pintar ini terbukti efektif dan efisien dalam membantu pengelolaan sampah.

Kemudian, penelitian dari [2] berfokus pada perancangan dan pembuatan tempat sampah pintar menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Proses pengembangannya dibagi menjadi dua tahap, yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, yang mencakup pembuatan program utama dan program

kontrol menggunakan bahasa pemrograman C. Data dalam penelitian ini dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi kinerja sistem. Hasil penelitian menghasilkan prototipe tempat sampah pintar yang dapat memberikan notifikasi melalui aplikasi smartphone. Pengujian dilakukan terhadap komponen dan sistem secara keseluruhan, yang menunjukkan bahwa prototipe berfungsi dengan baik. Prototipe ini mampu mendeteksi tempat sampah yang penuh dan mengirimkan notifikasi kepada petugas kebersihan melalui aplikasi. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa tempat sampah pintar tersebut berhasil bekerja sesuai spesifikasi dan tujuan. Sistem ini menggunakan sensor jarak untuk memantau isi tempat sampah, mikrokontroler untuk memproses data, dan aplikasi yang secara otomatis mengirimkan notifikasi kepada petugas kebersihan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif yang menitikberatkan pada pemahaman dampak teknologi terhadap pengelolaan sampah di lingkungan kampus. Pendekatan ini didukung oleh studi [6], yang menjelaskan bahwa pendekatan kualitatif memberikan wawasan mendalam tentang perilaku manusia dan dampak teknologi terhadap lingkungan.

2.1 Studi Pustaka

Pengelolaan sampah berbasis teknologi telah menjadi solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan limbah yang semakin kompleks, terutama di lingkungan kampus. Salah satu pendekatan yang terbukti efektif adalah penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem pengelolaan sampah. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi IoT mampu meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung keberlanjutan lingkungan [4]. Selain itu, penggunaan sensor ultrasonik sebagai alat deteksi kapasitas sampah telah menjadi pilihan populer karena keandalannya dalam memberikan data yang akurat [8]. Dalam konteks ini, metode pengembangan perangkat lunak menggunakan model waterfall memastikan setiap tahap pengembangan sistem dilakukan secara terstruktur, mulai dari identifikasi kebutuhan hingga implementasi [3]. Studi juga mengungkapkan bahwa sistem berbasis IoT dapat mengurangi kebutuhan inspeksi manual hingga 40%, sehingga memberikan dampak langsung terhadap penghematan waktu dan tenaga kerja [4]. Temuan ini menegaskan bahwa teknologi modern, seperti yang diterapkan dalam tempat sampah pintar, tidak hanya meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah tetapi juga mendorong masyarakat untuk berpartisipasi aktif dalam menjaga kebersihan lingkungan [1].

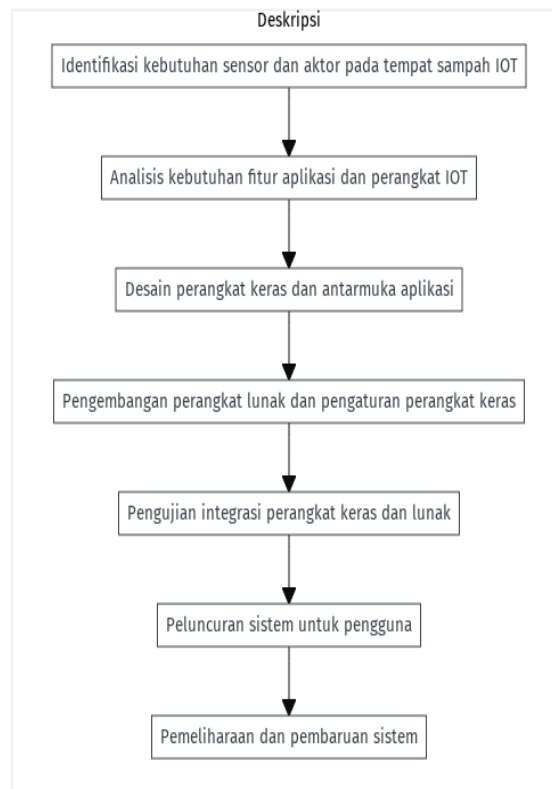
2.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif, sebuah pendekatan yang menitikberatkan pada pemahaman mendalam fenomena sosial atau perilaku manusia. Berbeda dengan penelitian kuantitatif yang berfokus pada angka dan statistik, metode kualitatif menjelajahi dunia non-numerik, seperti kata-kata, gambar, dan simbol.

Pendekatan ini bagaikan membuka jendela untuk memahami konteks, makna, dan kompleksitas suatu situasi. Peneliti kualitatif ibarat detektif yang menyelami data, mencari petunjuk dan makna tersembunyi dalam berbagai bentuk, seperti wawancara mendalam, observasi partisipan, dan analisis dokumen.

2.3 Pembangunan Software

Metode pembangunan sistem menggunakan metode waterfall yang digunakan dalam penelitian dari [3] dilakukan melalui lima tahap komunikasi, perencanaan, pemodelan, konstruksi, dan implementasi. Tahap komunikasi digunakan untuk mengumpulkan kebutuhan sistem melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi. Selanjutnya, tahap perencanaan menghasilkan panduan kerja untuk pengembangan perangkat lunak. Pada tahap pemodelan, desain perangkat lunak dibuat, termasuk struktur data dan antarmuka pengguna. Tahap konstruksi mencakup pembuatan kode dan pengujian untuk memastikan sistem berfungsi sesuai kebutuhan. Akhirnya, tahap implementasi melibatkan penggunaan perangkat lunak oleh pengguna akhir serta pemeliharaan agar sistem tetap berjalan optimal. Dengan pendekatan ini, perangkat lunak dikembangkan secara terstruktur dan sistematis, memastikan setiap tahap selesai sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya untuk menghasilkan perangkat lunak yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tahapan pengembangan software tampak pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan pengembangan software.

Diagram ini mencakup tahapan:

1. Kebutuhan Sistem - Identifikasi kebutuhan sensor dan aktuator untuk tempat sampah IoT.
2. Analisis - Analisis kebutuhan fitur aplikasi dan perangkat IoT.
3. Desain Sistem - Desain perangkat keras dan antarmuka aplikasi.
4. Implementasi - Pengembangan perangkat lunak dan pengaturan perangkat keras.
5. Pengujian - Pengujian integrasi perangkat keras dan perangkat lunak.
6. Deploy - Peluncuran sistem ke pengguna.
7. Pemeliharaan - Pemeliharaan dan pembaruan sistem sesuai kebutuhan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengurangi inspeksi manual hingga 40%, sejalan dengan penelitian [4], yang menunjukkan efisiensi teknologi berbasis IoT dalam pengelolaan limbah modern. Keakuratan sensor ultrasonik dalam mendeteksi kapasitas sampah juga ditegaskan dalam penelitian [8], yang membahas penggunaan pada sistem tempat sampah pintar berbasis Arduino Uno. Selain itu, desain tempat sampah pintar yang mendorong partisipasi masyarakat sesuai dengan penelitian [1], yang merancang sistem berbasis Arduino Uno untuk mengatasi permasalahan sampah.

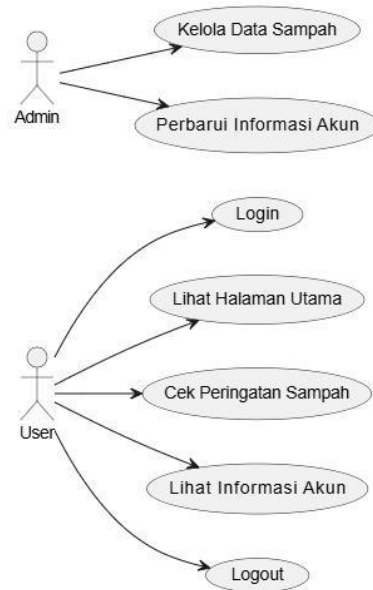
3.1 Kebutuhan Fungsional

Berdasarkan analisis alur aplikasi, dapat dirumuskan beberapa kebutuhan fungsionalitas yaitu :

1. User dapat login
2. User dapat melihat halaman utama
3. User dapat melihat halaman cek peringatan sampah
4. User dapat melihat halaman informasi akun
5. User dapat logout
6. Admin dapat perbarui informasi akun, termasuk menambahkan seperti nama pengguna, email, dan kata sandi.

3.2 Usecase Diagram

Semua fungsional pada sistem merupakan proses yang secara teknis dikerjakan oleh para aktor yang terlibat. Hubungan antara fungsional dan aktor yang terlibat dapat digambarkan menggunakan use case diagram, dapat dilihat pada Gambar 2.

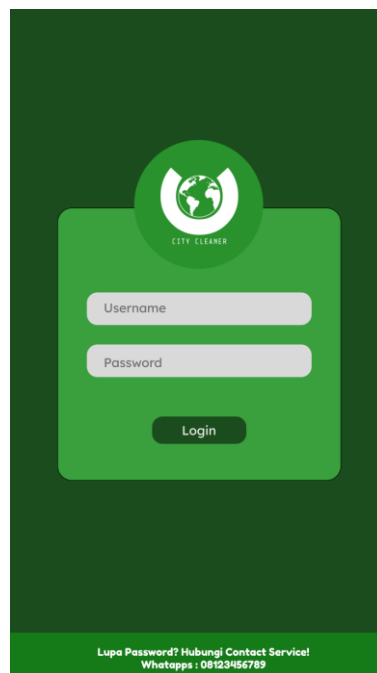


Gambar 2. Usecase Diagram

3.3 Perancangan Antarmuka

1. Halaman Login.

Pada Gambar 4. Saat user membuka aplikasi, user akan ditampilkan halaman login yang mengharuskan user untuk memasukkan username dan password guna verifikasi identitas untuk mengakses halaman utama.



Gambar 4. Halaman Login

2. Halaman Utama.

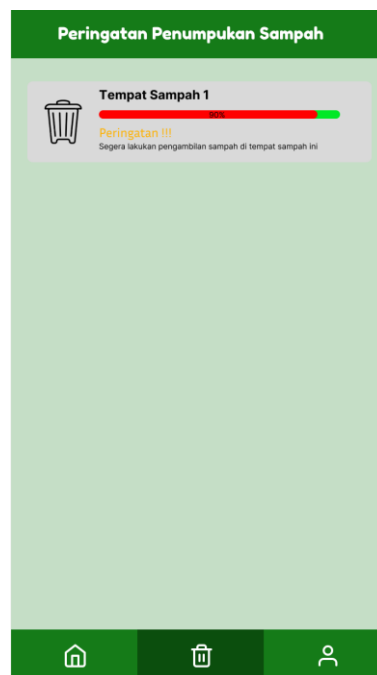
Pada Gambar 5, Setelah login user akan ditampilkan halaman utama yang berisi poster informasi seperti larangan membuang sampah sembarangan dan panduan praktis untuk mengurangi sampah plastik dengan penggunaan bahan yang bisa didaur ulang kembali.



Gambar 5. Halaman Utama

3. Halaman Cek Peringatan Sampah

Pada Gambar 6. Pada halaman cek peringatan sampah user akan ditampilkan halaman cek tempat sampah yang berisi informasi sampah, apabila tempat sampah penuh ditandai dengan indikator 90% lalu aplikasi akan memberikan pesan peringatan untuk mencegah penumpukan berlebih.



Gambar 6. Halaman Cek Peringatan Sampah

4. Halaman Informasi Akun

Pada Gambar 4. User akan ditampilkan halaman informasi akun user yang terdapat nama pengguna, username, alamat, jenis kelamin, tanggal lahir, nomor HP, email. Halaman ini juga menampilkan tombol logout untuk keluar dari akun user, selain itu halaman ini mempermudah pengelolaan data user.



Gambar 7. Halaman Informasi Akun

4. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe kotak sampah pintar berbasis IoT yang efektif untuk meningkatkan efisiensi pengumpulan sampah di lingkungan kampus. Dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor ultrasonik, sistem ini mampu mendeteksi kapasitas sampah dan mengirim notifikasi otomatis kepada petugas kebersihan saat penuh. Hal ini memungkinkan pengelolaan sampah yang lebih teratur dan mengurangi risiko penumpukan yang berdampak pada kebersihan kampus. Kelebihan dari sistem ini adalah efisiensi dalam pengelolaan dan kemampuannya untuk mendorong lingkungan yang lebih bersih dan sehat, meskipun terdapat kendala seperti keterbatasan jangkauan sensor dan ketahanan perangkat dalam jangka panjang.

Sistem pengelolaan sampah pintar berbasis IoT ini berhasil meningkatkan efisiensi pengumpulan sampah dengan menyediakan notifikasi otomatis ketika tempat sampah penuh. Hal ini mengurangi penumpukan sampah dan meningkatkan kebersihan di lingkungan kampus. Sensor ultrasonik dan mikrokontroler Arduino Uno yang digunakan pada sistem ini bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, memungkinkan deteksi tingkat pengisian sampah yang akurat.

5. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan pengembangan lebih lanjut dengan menambahkan fitur sensor tambahan, seperti sensor gas untuk mendeteksi bau, sehingga meningkatkan kemampuan monitoring lingkungan secara menyeluruh. Penggunaan panel surya sebagai sumber daya tambahan juga dapat menjadi opsi untuk meningkatkan efisiensi energi. Selain itu, kolaborasi dengan institusi pendidikan dan pemerintah daerah akan membantu dalam implementasi sistem ini pada skala yang lebih besar, sebagai langkah awal menuju pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan di berbagai lokasi. Menambah fitur ketahanan terhadap cuaca untuk memungkinkan aplikasi sistem di luar ruangan. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur penyortiran sampah otomatis yang dapat memisahkan sampah organik dan anorganik. Disarankan untuk meningkatkan aspek keamanan data pada aplikasi pengelolaan sampah untuk melindungi informasi yang terkait dengan manajemen kampus. Pengembangan sistem agar kompatibel dengan lebih banyak perangkat sensor atau mikrokontroler akan meningkatkan fleksibilitas dan kapabilitas sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fatmawati, K., Sabna, E., & Irawan, Y. (2020). Penelitian ini merancang tempat sampah pintar berbasis Arduino Uno untuk mengatasi permasalahan sampah.
- [2] Muliadi, M., Imran, A., & Rasul, M. (2020). Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pembuatan tempat sampah pintar menggunakan mikrokontroler Arduino Uno.
- [3] Tujni, B., & Hutrianto, H. (2020). Pengembangan Perangkat Lunak Monitoring Wellies Dengan Metode Waterfall Model. *Jurnal Ilmiah Matrik*, 22(1), 122-130.
- [4] Ismail, M., Abdullah, R. K., & Abdussamad, S. (2021). Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 3(1), 7-12.
- [5] Khozin, A., Winardi, S., Arifin, M. N., & Nugroho, A. (2022). Tempat Sampah Pintar Berbasis Iot pada SMKN 1 Dlanggu Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi (JUKANTI)*, 5(1), 69-77.
- [6] Ananda, R. T., & Sujana, D. Sistem Tempat Sampah Pintar Berbasis Iot Menggunakan Aplikasi Blynk Iot-Based Smart Waste System Using Blynk Application. vol, 8, 1027-1038.
- [7] Ananda, R. T., & Sujana, D. Sistem Tempat Sampah Pintar Berbasis Iot Menggunakan Aplikasi Blynk Iot-Based Smart Waste System Using Blynk Application. vol, 8, 1027-1038.
- [8] Wuryanto, A., Hidayatun, N., Rosmiati, M., & Maysaroh, Y. (2019). Perancangan Sistem Tempat Sampah Pintar Dengan Sensor HCRSF04 Berbasis Arduino UNO R3. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 21(1), 55-60.
- [9] Sirait, R., & Lubis, I. (2021). Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Komputer Terapan (JIKSTRA)*, 3(1), 21-26.
- [10] Yohanes Bowo Widodo, Y. B. W., Tata Sutabri, T. S., & Leo Faturahman, L. F. (2019). Tempat sampah pintar dengan notifikasi berbasis iot. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 5(2), 50-57.