

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN SAMPAH BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DAN APLIKASI MOBILE SECARA REALTIME (STUDY KASUS DINAS KEBERSIHAN KOTA BUKITTINGGI)

Hadi Syahputra^{1*}, Eva Rianti², Muhammad Naufal Yusfa³
Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang, Sumatera Barat
e-mail: hadi_syahputra82@upiypk.ac.id

Abstract: Capacity and fill levels are critical parameters in urban waste management efficiency. Temporary Waste Collection Points (TPS) in Bukittinggi City managed by the Environmental Health Service (DLH) currently rely on manual monitoring, leading to delayed collections and garbage accumulation in public spaces. This study aims to develop and evaluate a real-time waste monitoring system based on the Internet of Things (IoT) and a mobile application to improve operational efficiency. The system was developed using the Waterfall method, encompassing requirement analysis, system design, implementation and evaluation. The evaluation results show that the system accurately measures TPS fill levels (Empty, Medium, Full) and presents real-time data on the dashboard and mobile application. Furthermore, integrating public reporting features via QR Code scanning and GPS coordinates significantly accelerates response times. This study concludes that IoT-based monitoring significantly enhances urban waste management oversight and operational performance.

Keywords: Website, Internet of Things (IoT), Mobile Application, QR Code, Environmental Health Service.

Abstrak: Suhu dan keterisian ruang merupakan parameter penting dalam efisiensi pengelolaan sampah perkotaan. Tempat Pembuangan Sementara (TPS) di Kota Bukittinggi yang dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) saat ini masih menggunakan metode pemantauan manual sehingga sering memicu keterlambatan pengangkutan dan penumpukan sampah di ruang publik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem pemantauan sampah berbasis *Internet of Things* (IoT) dan aplikasi mobile secara *realtime* guna meningkatkan efisiensi operasional pengangkutan sampah. Sistem dikembangkan menggunakan metode *Waterfall* yang mencakup analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi dan pengujian sistem. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi tingkat keterisian TPS (Kosong, Sedang, Penuh) secara akurat dan menyajikan data secara *realtime* pada *dashboard* serta aplikasi mobile. Selain itu, integrasi pelaporan masyarakat berbasis pemindaian QR Code dan koordinat GPS terbukti mempercepat respon petugas di lapangan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemantauan berbasis IoT dapat meningkatkan efektivitas pengawasan dan operasional pengelolaan sampah perkotaan secara signifikan.

Kata kunci: Website, Internet of Things (IoT), Aplikasi Mobile, QR Code, Dinas Lingkungan Hidup

PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah perkotaan merupakan salah satu tantangan utama dalam menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan, khususnya di daerah dengan

kepadatan penduduk dan aktivitas pariwisata yang tinggi seperti Kota Bukittinggi. Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Bukittinggi bertanggung jawab penuh atas manajemen pengumpulan dan pengangkutan sampah

dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Namun, metode pemantauan TPS yang berjalan saat ini masih bersifat konvensional dan manual, di mana petugas harus mengecek kondisi fisik TPS secara berkala. Hal ini kerap menyebabkan keterlambatan pengangkutan ketika terjadi lonjakan volume sampah yang tidak terduga, meluapnya sampah ke jalan raya, serta timbulnya bau tidak sedap di area publik. Evaluasi operasional pada Dinas Lingkungan Hidup menunjukkan pentingnya digitalisasi sistem pemantauan guna meningkatkan efisiensi alokasi armada dan waktu pengangkutan sampah (Rahmawati et al., 2024). Di kota terkemuka seperti Kota Bukittinggi, tingginya mobilitas penduduk serta dinamika sektor pariwisata berbanding lurus dengan laju produksi sampah harian. Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Bukittinggi menghadapi tantangan besar dalam mengoptimalkan manajemen pengumpulan dan pengangkutan sampah dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Monitoring operasional menunjukkan bahwa skema pengawasan konvensional yang mengandalkan inspeksi manual sering kali tidak responsif terhadap fluktuasi volume sampah. Akibatnya, tumpukan sampah meluap ke badan jalan, mengganggu estetika kawasan wisata, serta berpotensi menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan lingkungan (Mawaddah et al., 2023).

Sebagai respon terhadap isu tersebut, teknologi *Internet of Things* (IoT) dan integrasi komputasi awan (*cloud*) menjadi instrumen efektif dalam modernisasi sistem pengelolaan sampah. Penggunaan sensor ultrasonik yang terhubung dengan mikrokontroler mampu melakukan pemantauan tingkat keterisian wadah sampah secara otomatis dan berkelanjutan. Pemantauan kapasitas sampah berbasis IoT yang dapat diakses secara *real-time* melalui platform *web dashboard* terbukti memberikan hasil

pengukuran yang akurat serta mendukung pengiriman notifikasi kondisi darurat secara *real-time* (Suryawan et al., 2021). Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi cerdas dalam otomatisasi pemantauan sarana publik secara *realtime* (Kesuma et al., 2020). Dengan memanfaatkan sensor ultrasonik dan mikrokontroler yang terhubung ke jaringan internet, kondisi tingkat keterisian wadah sampah dapat diukur dan dikirimkan ke server secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manusia secara terus-menerus. Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan IoT untuk Menggunakan NodeMCU dan Platform Web (Taufik et al., 2022), namun integrasi antara perangkat keras IoT, *dashboard monitoring* terpusat untuk instansi, serta aplikasi pelaporan masyarakat berbasis lokasi (GPS) dan QR Code masih jarang diimplementasikan secara komprehensif dalam satu ekosistem. Pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan komputasi awan (*cloud*) dapat meningkatkan efisiensi tata kelola pemantauan sampah secara *real-time* dan terpusat (Chaudhari & Patil, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh (Rohman et al., 2021) menunjukkan bahwa rancang bangun sistem pemantauan volume sampah berbasis IoT mampu mengukur ketinggian tumpukan sampah secara otomatis tanpa memerlukan pengecekan manual. Penerapan mikrokontroler ESP32 memungkinkan pengembangan sistem automasi yang tidak hanya memantau kapasitas wadah sampah tetapi juga memilah jenis sampah secara presisi (Suheri et al., 2021). Implementasi IoT pada skala perkotaan menjadi instrumen kunci dalam mewujudkan ekosistem *smart city* yang responsif terhadap permasalahan kebersihan lingkungan (Anik, M. T. H. et al., 2022). Untuk memastikan keandalan fungsi dan alur sistem informasi pemantauan, pendekatan model *Waterfall* serta pengujian *Blackbox Testing* sangat disarankan dalam tahap pengembangan perangkat lunak (Pratama, et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji purwarupa sistem pemantauan sampah berbasis IoT dan aplikasi mobile secara *realtime*. Sistem ini dirancang untuk menjembatani kebutuhan DLH Kota Bukittinggi dalam memperoleh data tingkat keterisian TPS secara presisi, mempermudah pengawasan Kepala Dinas, serta memberikan media bagi masyarakat untuk melaporkan tumpukan sampah secara akurat.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development / R&D*). Pengembangan sistem pemantauan ini menggunakan metode *SDLC Waterfall* yang mencakup tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengodean, pengujian, hingga pemeliharaan (Sukanto et al., 2021). Diagram alir tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

1. Analisis Kebutuhan dan Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan di lokasi-lokasi TPS Kota Bukittinggi, wawancara langsung dengan pihak pengelola DLH Kota Bukittinggi, serta studi literatur terkait integrasi sensor IoT dan pemodelan sistem. Identifikasi kebutuhan menunjukkan dibutuhkannya 4 aktor utama dalam sistem: Admin, Petugas Lapangan, Kepala Dinas, dan Masyarakat.

2. Desain Sistem

Tahap menerjemahkan seluruh poin dokumen analisis kebutuhan ke dalam cetak biru teknis sebelum pengodean, perancangan struktur tabel dan relasi pada database MySQL, serta perancangan antarmuka pengguna (wireframe dan mockup UI/UX) aplikasi mobile Android.

3. Penulisan Kode Program (Coding/Implementation)

Tahap mentransformasikan seluruh dokumen cetak biru desain menjadi produk digital fungsional melalui penulisan baris kode program. Tahap ini mencakup pembuatan firmware aplikasi mobile android serta pembuatan skrip back-end web service API menggunakan bahasa PHP.

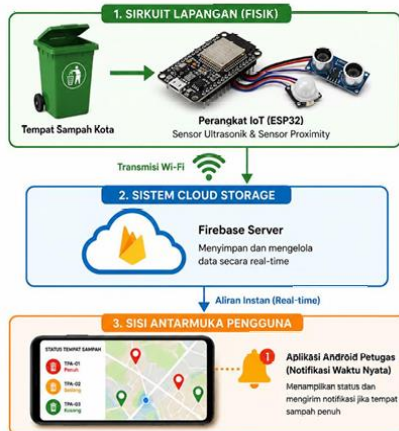
4. Pengujian Sistem (Testing)

Tahap melakukan pengujian intensif terhadap sistem yang telah selesai dibangun secara terintegrasi. Proses ini menggabungkan performa IoT dan QR Code di lapangan dengan fungsionalitas aplikasi mobile Android untuk mendeteksi, melacak, dan mengeliminasi kesalahan logika program (bug), kegagalan transmisi data jaringan, atau ketidaksesuaian fitur dengan spesifikasi awal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, integrasi antara IoT berbasis *Firebase Realtime Database*, serta antarmuka aplikasi *mobile* dan *web*

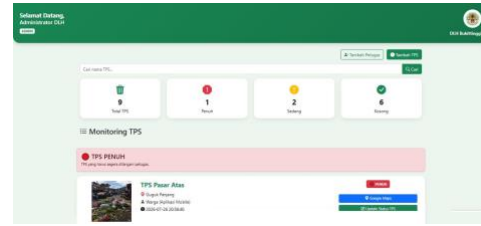
mampu menyelesaikan permasalahan konvensional pada pemantauan TPS di Kota Bukittinggi. *Dashboard* terpusat berbasis peta (GPS) mempermudah Kepala Dinas dan pengawas DLH dalam memetakan prioritas rute pengangkutan armada sampah secara efisien ketika lonjakan volume sampah terjadi di kawasan publik/pariwisata (Al-Rifaie et al., 2022). Adanya fitur pelaporan *QR Code* dan *geolocation* pada aplikasi memberikan wadah transparan bagi masyarakat untuk melaporkan tumpukan sampah liar, sehingga meningkatkan efektivitas pengawasan kebersihan kota secara menyeluruh (Putra et al., 2021). Pemindaian QR Code yang telah disediakan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Bukittinggi memungkinkan pengguna terarah secara otomatis menuju halaman pelaporan masyarakat tanpa harus melakukan proses *login* (Wiguna et al., 2022). Arsitektur komunikasi data teoretis yang membangun ekosistem smart waste management ini digambarkan secara visual pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2 Arsitektur Komunikasi Data Smart Waste Management

Hasil perancangan diimplementasikan untuk memberikan hak akses yang jelas bagi setiap aktor. Sistem yang dikembangkan menghasilkan beberapa antarmuka utama:

Dashboard Monitoring Utama (Admin/Kadin): Menampilkan peta sebaran TPS dan widget statistik tingkat keterisian (Kosong, Sedang, Penuh) secara *realtime via website*.



Gambar 3 Dashboard Monitoring Utama (Admin/Kadin)

Pemindaian QR Code yang telah disediakan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Bukittinggi. Setelah QR Code dipindai, pengguna akan secara otomatis diarahkan menuju halaman pelaporan masyarakat tanpa harus melakukan proses login.



Gambar 4 QR Code Laporan Masyarakat

Aplikasi Mobile Pelaporan (Masyarakat): Memungkinkan masyarakat memindai QR Code TPS, mengambil foto kondisi TPS, dan mengirimkan koordinat GPS secara otomatis.



Gambar 5 Aplikasi Mobile Pelaporan (Masyarakat)

Modul Navigasi dan Status (Petugas): Memberikan notifikasi peringatan dini ketika suatu TPS mencapai kondisi *Penuh* sehingga pengangkutan dapat segera dilakukan.



Gambar 6 Aplikasi Mobile Navigasi dan Status (Petugas)

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Blackbox Testing* untuk memastikan seluruh fungsi dan fitur berjalan sesuai spesifikasi kebutuhan. Hasil pengujian fungsionalitas ditunjukkan pada Tabel 1 berikut :

Table 1 Blackbox Testing Evaluation Results

Modul Pengujian	Kasus Uji / Aksi	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
Otentikasi	Login multi-user (Admin, Petugas, Kadin)	Mengarahkan user ke halaman dashboard sesuai hak akses	Sesuai	Valid
Pembacaan Sensor IoT	Sensor mendeteksi jarak tumpukan sampah	Data dikirim ke server dan mengubah status TPS secara <i>realtime</i>	Sesuai	Valid
Pelaporan QR Code	Masyarakat scan QR Code TPS & ambil foto	Koordinat GPS dan foto tersimpan ke database	Sesuai	Valid
Notifikasi Penuh	Kapasitas TPS > 80%	Sistem mengirimkan peringatan ke dashboard petugas	Sesuai	Valid

Pengembangan purwarupa sistem ini membuktikan bahwa penggunaan aplikasi berbasis IoT dan android mampu menggantikan proses pemantauan manual yang tidak efisien. Data jarak yang ditangkap sensor secara berkala diolah oleh server untuk mengategorikan persentase volume sampah.

Perbedaan utama sistem ini dibandingkan penelitian sebelumnya adalah adanya integrasi *two-way reporting system*. Selain pemantauan otomatis via IoT, keberadaan fitur pelaporan masyarakat berbasis QR Code dan GPS terbukti membantu memverifikasi kondisi nyata di sekitar TPS. Hal ini meminimalkan celah ketidakakuratan apabila terjadi kendala teknis pada sensor IoT di lapangan.

Implikasi dari penerapan sistem ini di DLH Kota Bukittinggi mencakup

optimalisasi rute pengangkutan sampah, pengurangan konsumsi bahan bakar armada truk pengangkut, serta meningkatkan kualitas pelayanan publik berbasis *Smart City*.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun purwarupa sistem pemantauan sampah berbasis IoT dan aplikasi mobile secara *realtime* untuk Dinas Lingkungan Hidup Kota Bukittinggi. Sistem terbukti mampu mendeteksi dan menampilkan status keterisian TPS secara akurat serta memfasilitasi pelaporan masyarakat terintegrasi GPS dan QR Code. Penerapan sistem ini dapat meningkatkan efisiensi operasional pengangkutan sampah dan

memberikan kemudahan pengawasan bagi manajemen DLH.

DAFTAR PUSTAKA

- Rahmawati, S., Izzaty, N., & Lubis, M. H. S. (2024). Analisis dan Perbaikan Proses Bisnis Pelayanan Kebersihan DLHK3 Banda Aceh Menggunakan Pendekatan Business Process Improvement. *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*, 12(1). DOI: <https://doi.org/10.26418/justin.v12i1.69726>
- Mawaddah, et al. (2023). Evaluasi Efisiensi Pengelolaan Sampah pada Dinas Lingkungan Hidup. *Jurnal Manajemen Lingkungan*, 8(1). DOI: <https://doi.org/10.31284/j.envitats.2023.v3i2.4259>
- Suryawan, I. W. K., Septiarani, L., & Wijaya, I. M. A. (2021). Web-based Internet of Things (IoT) Monitoring System for Municipal Solid Waste Management. *Journal of Environmental Engineering and Waste Management*, 6(2), 115–126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101980>
- Kesuma, C., & Kurniadi, D. (2020). Evaluasi Usability Sistem Informasi Pelayanan Publik Menggunakan System Usability Scale (SUS). *Jurnal Infotech*, 6(1), 23–29. DOI: <https://doi.org/10.31949/infotech.v6i1.2210>
- Taufik, F. A., & Febrianti, D. S. (2022). Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Node MCU dan Platform Web. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 9(1), 105–112. DOI: <https://doi.org/10.25126/jtiik.2022914210>
- Chaudhari, S. S., & Patil, V. Y. (2021). IoT-based smart garbage monitoring and waste management system for smart cities. *IEEE Access*, 9, 124500–124512. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.31110291>
- Pratama, A., & Hendrawan, A. (2022). Pengujian Black Box Testing pada Sistem Informasi Monitoring Menggunakan Metode Equivalence Partitions. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 6(1), 120–127. DOI: <https://doi.org/10.29207/resti.v6i1.3501>
- Sukanto, R. A., Ahmad, Y., & Utomo, D. P. (2021). Pengembangan sistem informasi monitoring menggunakan metode waterfall dan pengujian black box. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 8(4), 725–734. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2021844510>
- Anwar, R. S., Firmansyah, & Asra, T. (2025). Rancang bangun tempat sampah pintar berbasis Internet of Things dengan komunikasi MQTT. *IMTechno: Journal of Industrial Management and Technology*, 6(2). <https://doi.org/10.31294/imtechno.v6i2.9088>
- Rohman, M. F. N. N., Wiguna, A. S., & Asmara, R. A. (2021). Implementasi NodeMCU ESP8266 Dalam Sistem Pemantauan Tempat Sampah Berbasis IoT. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(2), 312–318. <https://doi.org/10.29207/resti.v5i2.2754>
- Suheri, A., Taufik, M., & Hendrawan, A. (2021). Sistem Peringatan Dini Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Notifikasi Telegram. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 8(2), 312–323. DOI: <https://doi.org/10.25126/jtiik.2022914210>
- Anik, M. T. H., Mamun, S. M. A. A. R., & Akhand, M. A. H. (2022). Smart

- waste management system for smart city using IoT. *Computers & Electrical Engineering*, 99, Article 107764. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.107764>
- Suryawan, I. W. K., et al. (2021). *Life Cycle Assessment of Municipal Solid Waste Management in Indonesia. Environmental Technology & Innovation*, 24, 101980. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101980>
- Putra, R. E., Nurhayati, H., & Ahmad, I. (2021). Pengembangan sistem informasi geografis pelaporan tumpukan sampah berbasis mobile dan location based service. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 6(3), 180–186. <https://doi.org/10.30591/jpit.v6i3.289>
- Al-Rifaie, A. A., Abdul-Rani, A. M., & Ismail, R. (2022). GIS-based dynamic waste collection route optimization using IoT sensor networks. *Sustainable Cities and Society*, 76, Article 103400. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103400>
- Pratama, M. H. R., & Wiguna, A. S. (2022). Penerapan QR Code sebagai media akses cepat pada sistem informasi pelaporan pengaduan masyarakat. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 6(2), 245–252. <https://doi.org/10.29207/resti.v6i2.3810>