

## Pengenalan Teknologi Internet Of Things (Iot) Untuk Pengelolaan Sampah Pintar Di Sekolah

Moh. Dasuki<sup>1\*</sup>, Dewi Lusiana<sup>2</sup>, Miftahur Rahman<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Muhammadiyah Jember, Jember, Indonesia

\*e-mail korespondensi: moh.dasuki22@unmuhjember.ac.id

### Abstract

*This community engagement program aims to introduce the Internet of Things (IoT) as an innovative solution for waste management at SMA Muhammadiyah 1 Rambipuji, Jember, Indonesia. The school's primary challenge lies in its conventional and inefficient waste handling practices. The program was implemented through teacher training, installation of IoT-based sensors, student environmental education, and sustainability evaluation. Results show improved teacher understanding of IoT implementation, real-time monitoring through sensor deployment at strategic waste bins, and increased student awareness of waste segregation. The developed web-based monitoring system enables more effective school waste management. This initiative fosters a culture of environmental responsibility supported by technology and enhances educators' capacity to integrate IoT into learning environments. For sustainability, further integration into the school curriculum and collaboration with external stakeholders are recommended. The outcomes demonstrate the replicability of IoT-based smart waste management as an educational innovation in other school settings.*

**Keywords:** environmental education; Internet of Things; IoT implementation; smart waste management; school

### Abstrak

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk memperkenalkan teknologi Internet of Things (IoT) sebagai solusi inovatif pengelolaan sampah di SMA Muhammadiyah 1 Rambipuji, Jember. Permasalahan utama adalah sistem pengelolaan sampah yang konvensional dan kurang efisien. Program dilaksanakan melalui pelatihan guru, pemasangan sensor IoT, edukasi siswa, dan evaluasi berkelanjutan. Hasil menunjukkan peningkatan kompetensi guru terhadap implementasi IoT, instalasi sensor di titik strategis untuk pemantauan sampah real-time, serta meningkatnya kesadaran siswa terhadap pemilahan sampah. Sistem monitoring berbasis web terbukti membantu efisiensi pengelolaan lingkungan sekolah. Program ini mendorong terciptanya budaya sadar lingkungan berbasis teknologi dan memperkuat kapasitas pendidik dalam integrasi IoT di pendidikan. Untuk keberlanjutan, direkomendasikan integrasi ke dalam kurikulum dan penguatan kolaborasi eksternal. Hasil ini menunjukkan potensi replikasi konsep smart waste management berbasis IoT pada konteks pendidikan lainnya.

**Kata Kunci:** Internet of Things; pengelolaan sampah pintar; pendidikan lingkungan; smart waste management; sekolah

Accepted: 2025-04-18

Published: 2025-07-04

## PENDAHULUAN

SMA Muhammadiyah 1 Rambipuji merupakan salah satu sekolah menengah atas yang terletak di Kabupaten Jember, Jawa Timur. Sebagai lembaga pendidikan berbasis Islam, sekolah ini memiliki komitmen untuk mengintegrasikan nilai-nilai keagamaan dalam seluruh aspek pembelajaran, termasuk dalam menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan. Dengan jumlah siswa yang mencapai lebih dari 200 orang serta berbagai aktivitas yang berlangsung setiap hari, pengelolaan sampah menjadi tantangan yang signifikan bagi sekolah. Lingkungan sekolah yang cukup luas dengan fasilitas yang terus berkembang memberikan potensi bagi implementasi teknologi dalam mendukung sistem pengelolaan sampah yang lebih efisien.

Permasalahan pengelolaan sampah di sekolah ini masih dilakukan secara konvensional dan belum terstruktur dengan baik. Akibatnya, terdapat beberapa kendala utama, yaitu: Kurangnya

pemahaman dan keterampilan tenaga pendidik serta siswa dalam menerapkan teknologi IoT untuk pengelolaan sampah. Minimnya infrastruktur yang mendukung penerapan sistem IoT, seperti sensor pemantauan sampah dan sistem pemrosesan data real-time. Rendahnya kesadaran dan partisipasi siswa dalam menjaga kebersihan lingkungan melalui pemilahan sampah yang efektif. Keterbatasan anggaran dalam implementasi dan pemeliharaan teknologi IoT di lingkungan sekolah. Tanpa adanya solusi yang terstruktur, tantangan ini akan terus berlanjut dan berdampak pada efektivitas program kebersihan sekolah. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan berbasis teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah serta membangun kesadaran lingkungan di kalangan siswa.

Pengelolaan sampah berbasis teknologi IoT telah banyak diterapkan dalam berbagai sektor, termasuk di lingkungan perkotaan dan institusi pendidikan. Menurut beberapa penelitian, penggunaan sensor IoT dalam tempat sampah pintar dapat meningkatkan efisiensi pengangkutan dan pemilahan limbah. Salah satu studi yang relevan dilakukan oleh Permana dan Raharjo (Permana & Raharjo, 2023), yang menunjukkan bahwa penerapan sistem manajemen sampah terintegrasi berbasis IoT di Telkom University mampu mendukung ekosistem smart eco campus secara menyeluruh, mulai dari monitoring volume sampah secara real-time hingga integrasi dengan sistem edukasi lingkungan. Selain itu, tinjauan sistematis oleh Shah et al. (Shah et al., 2021) menunjukkan bahwa sebagian besar sistem pemantauan sampah pintar mengadopsi sensor ultrasonik yang terhubung dengan mikrokontroler seperti Arduino Uno dan menggunakan teknologi komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi atau GSM, yang memungkinkan deteksi tingkat kepenuhan tempat sampah secara real-time serta integrasi dengan aplikasi pemantauan berbasis web. Selanjutnya, Rani et al. (Rani et al., 2021) mengembangkan sistem pengelolaan limbah elektronik berbasis IoT di lingkungan kampus cerdas, yang mengintegrasikan sensor ultrasonik dan inframerah dengan kamera Raspberry Pi serta platform cloud ThingSpeak untuk mendeteksi dan memantau volume sampah secara real-time, serta mengirim notifikasi otomatis melalui aplikasi mobile dan email. Studi oleh Abdullah et al. (Abdullah et al., 2022) mengembangkan sistem pengelolaan sampah pintar berbasis IoT yang diterapkan di area publik formal dan informal di Kota Mekkah. Sistem ini mengintegrasikan sensor ultrasonik, Arduino, GPS, dan cloud server untuk pemantauan volume sampah secara real-time, serta memanfaatkan algoritma genetika dalam optimasi rute pengumpulan sampah, sehingga efisiensi pengelolaan meningkat hingga 46% dibandingkan sistem konvensional. Selanjutnya, Abba dan Light (Abba & Light, 2020) merancang kerangka kerja pemantauan sampah berbasis IoT yang memanfaatkan sensor ultrasonik, mikrokontroler Arduino Uno, dan modul Wi-Fi untuk mendeteksi tingkat kepenuhan sampah secara real-time. Sistem ini dilengkapi dengan tampilan status melalui LCD dan halaman web yang memvisualisasikan data dalam bentuk grafik batang yang diperbarui setiap lima menit, sehingga mendukung efisiensi dan keakuratan pengelolaan sampah dalam konteks kota pintar. Studi oleh Khoa et al. (Anh Khoa et al., 2020) mengusulkan sistem manajemen sampah berbasis IoT dan machine learning yang diuji di lingkungan kampus. Sistem ini memanfaatkan sensor ultrasonik, LoRa, serta algoritma logistic regression untuk memprediksi kemungkinan tingkat kepenuhan sampah dan menggunakan Dijkstra untuk menentukan rute pengambilan optimal. Implementasi sistem ini secara nyata di Ton Duc Thang University menunjukkan efisiensi biaya, penghematan waktu pengumpulan, serta pengurangan keterlibatan tenaga kerja secara signifikan. Studi ini menunjukkan bahwa integrasi antar perangkat dan visualisasi data berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah dan partisipasi pengguna dalam sistem yang ramah lingkungan. Selain itu, pendekatan edukatif berbasis teknologi terbukti dapat meningkatkan kesadaran siswa terhadap pentingnya pemilahan sampah dan menjaga kebersihan lingkungan. Namun, adopsi teknologi ini di sekolah-sekolah masih menghadapi kendala dalam hal pengetahuan teknis, biaya implementasi, serta ketersediaan infrastruktur yang memadai.

Program pengabdian ini bertujuan untuk: Meningkatkan pemahaman dan keterampilan guru serta siswa dalam menerapkan IoT untuk pengelolaan sampah. Mengembangkan infrastruktur awal sistem IoT berbasis sensor untuk memantau dan mengelola sampah di sekolah. Meningkatkan kesadaran siswa terhadap pentingnya pemilahan sampah dengan pendekatan berbasis teknologi. Memberikan pelatihan kepada tenaga pendidik agar dapat mengembangkan ekosistem berbasis IoT di sekolah secara mandiri.

SMA Muhammadiyah 1 Rambipuji memiliki beberapa potensi yang dapat mendukung keberhasilan implementasi program ini, antara lain: Dukungan dari pihak sekolah dalam pengembangan sistem berbasis teknologi. Antusiasme siswa dalam kegiatan berbasis teknologi dan inovasi. Potensi kolaborasi dengan pihak eksternal, seperti universitas atau lembaga teknologi, dalam pengembangan sistem IoT. Dengan adanya program ini, diharapkan sekolah dapat membangun sistem pengelolaan sampah yang lebih modern dan efisien serta menciptakan lingkungan belajar yang bersih dan berkelanjutan. Selain itu, keterlibatan aktif siswa dan tenaga pendidik dalam proyek ini akan menjadi langkah awal dalam menciptakan budaya sadar lingkungan berbasis teknologi yang dapat diadopsi secara luas di sekolah-sekolah lainnya.

## METODE

Program pengabdian ini dilaksanakan di SMA Muhammadiyah 1 Rambipuji, Jember, Jawa Timur, dengan sasaran utama guru, tenaga pendidik, dan siswa. Metode yang digunakan dalam program ini mencakup pelatihan, instalasi perangkat, edukasi siswa, serta evaluasi keberhasilan program. Berikut adalah tahapan metode pelaksanaan yang dilakukan:

### 1. Khalayak Sasaran dan Lokasi Kegiatan

Kegiatan ini melibatkan guru, tenaga pendidik, serta siswa di SMA Muhammadiyah 1 Rambipuji. Sekolah ini dipilih karena memiliki komitmen terhadap penerapan teknologi dalam pendidikan dan pengelolaan lingkungan. Kegiatan dilaksanakan di lingkungan sekolah dengan area pemasangan perangkat IoT yang telah ditentukan berdasarkan hasil koordinasi dengan pihak sekolah.

### 2. Metode yang Digunakan

Program ini menerapkan metode partisipatif dan aplikatif, yang melibatkan mitra secara aktif dalam setiap tahapan kegiatan. Tahapan implementasi terdiri dari:

Persiapan dan Perencanaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifikasi kebutuhan sekolah</li> <li>• Pengadaan perangkat IoT</li> <li>• Penyusunan modul pelatihan</li> </ul>
Pelatihan Guru dan Tenaga Pendidik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materi tentang konsep IoT</li> <li>• Pengoprasian perangkat</li> <li>• Analisa data sederhana</li> </ul>
Instalasi dan Implementasi Sistem IoT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan sensor IoT</li> <li>• Konfigurasi system monitoring</li> <li>• Integrasi dengan aplikasi web</li> </ul>
Edukasi Siswa dan Kampanye Kesadaran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminar mini</li> <li>• Simulasi pemilihan sampah</li> <li>• Eksperimen interaktif</li> </ul>
Monitoring, Evaluasi dan Keberlanjutan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observasi dan wawancara</li> <li>• Evaluasi efektifitas perangkat</li> <li>• Penyusunan strategi keberlanjutan</li> </ul>

### 3. Evaluasi Kegiatan

Evaluasi dilakukan melalui observasi langsung dan wawancara untuk mengukur tingkat pemahaman guru dan siswa terhadap implementasi IoT dalam pengelolaan sampah. Kinerja perangkat IoT juga dievaluasi dengan melihat tingkat keterisian tempat sampah dan pola pemilahan yang terjadi setelah intervensi teknologi.

### 4. Materi Kegiatan

Materi pelatihan yang diberikan meliputi:

- Konsep dasar Internet of Things (IoT)
- Implementasi perangkat sensor dalam pengelolaan sampah
- Pengolahan dan analisis data dari perangkat IoT
- Penerapan smart waste management di sekolah

### 5. Bahan dan Alat yang Digunakan

Bahan dan alat yang digunakan dalam program ini meliputi:

- Perangkat IoT: Sensor ultrasonik untuk mendeteksi tingkat kepenuhan tempat sampah, mikrokontroler untuk pemrosesan data, serta perangkat komunikasi nirkabel.
- Perangkat Lunak: Aplikasi monitoring berbasis mobile untuk pemantauan status tempat sampah secara real-time.
- Modul Pelatihan: Materi edukasi berbentuk cetak dan digital yang digunakan dalam pelatihan guru dan penyuluhan kepada siswa.

### 6. Alat Ukur dan Tingkat Ketercapaian

Keberhasilan program diukur berdasarkan beberapa indikator, yaitu:

- **Perubahan Sikap:** Peningkatan kesadaran guru dan siswa dalam pemilahan sampah melalui survei sebelum dan sesudah edukasi.
- **Efektivitas Implementasi IoT:** Perbandingan data sebelum dan sesudah pemasangan sensor dalam hal volume sampah dan pola pemilahan.
- **Tingkat Partisipasi:** Jumlah peserta yang aktif dalam pelatihan dan keterlibatan siswa dalam pemanfaatan teknologi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) dengan tema Pengenalan Teknologi Internet of Things (IoT) untuk Pengelolaan Sampah Pintar di Sekolah. Kegiatan ini berlangsung sesuai dengan tahapan yang dirancang dalam metode pelaksanaan. Berikut adalah hasil dari setiap tahapan kegiatan:

### 1. Tahap Persiapan dan Perencanaan

Pada tahap ini, dilakukan koordinasi awal dengan pihak sekolah untuk menentukan kebutuhan spesifik dan menyusun rencana pelaksanaan. Beberapa hasil yang dicapai pada tahap ini adalah: Penentuan lokasi pemasangan perangkat IoT di area sekolah. Penyusunan modul pelatihan bagi guru dan tenaga pendidik. Pengadaan perangkat IoT, termasuk sensor tempat sampah dan sistem monitoring.

### 2. Tahap Pelatihan Guru dan Tenaga Pendidik

Pelatihan bagi guru dan tenaga pendidik telah dilaksanakan dengan baik. Beberapa pencapaian utama pada tahap ini meliputi: Jumlah peserta: 12 guru mengikuti pelatihan secara aktif. Materi pelatihan: Pengenalan konsep dasar IoT, pemasangan dan pengoperasian sensor, serta pemanfaatan data IoT untuk pemantauan sampah. Hasil evaluasi pelatihan: Sebagian besar

peserta mengalami peningkatan pemahaman yang signifikan tentang IoT dan cara mengimplementasikannya di lingkungan sekolah.



Gambar 1 Pelatihan Guru dan Tenaga Pendidik

### **3. Tahap Instalasi dan Implementasi Sistem IoT**

Pada tahap ini, perangkat IoT berhasil dipasang dan dioperasikan di area strategis sekolah. Hasil utama dari tahap ini adalah: Instalasi sensor IoT di beberapa tempat sampah di lingkungan sekolah. Integrasi perangkat dengan sistem monitoring berbasis web yang memungkinkan pihak sekolah memantau volume sampah secara real-time. Pengujian dan kalibrasi sensor untuk memastikan sistem berjalan dengan optimal.

### **4. Tahap Edukasi Siswa dan Kampanye Kesadaran Lingkungan**

Sesi edukasi bagi siswa dilaksanakan melalui seminar dan praktik langsung. Beberapa pencapaian pada tahap ini adalah: Jumlah siswa yang berpartisipasi: 50 siswa dari berbagai tingkat kelas. Kegiatan interaktif: Simulasi penggunaan teknologi IoT dalam pemantauan sampah. Peningkatan kesadaran siswa: Siswa lebih memahami pentingnya pemilahan sampah dan penggunaan teknologi dalam pengelolaan lingkungan.

### **5. Tahap Monitoring, Evaluasi, dan Keberlanjutan**

Setelah implementasi selesai, dilakukan monitoring dan evaluasi untuk menilai efektivitas program. Beberapa hasil evaluasi meliputi: Kinerja perangkat IoT: Sensor bekerja dengan baik dalam mendeteksi volume sampah dan mengirimkan data ke sistem monitoring. Respon pengguna: Guru dan siswa menunjukkan minat tinggi terhadap penggunaan teknologi ini dalam keseharian mereka. Rekomendasi keberlanjutan: Sekolah berencana mengembangkan lebih lanjut sistem ini dengan menambah lebih banyak sensor dan mengintegrasikan teknologi ke dalam kurikulum pendidikan lingkungan.



Gambar 2 Evaluasi dan Keberlanjutan

## KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini telah berhasil memenuhi tujuan utama dalam mengenalkan dan mengimplementasikan teknologi Internet of Things (IoT) dalam pengelolaan sampah di lingkungan sekolah. Peningkatan kompetensi guru dan tenaga pendidik, serta kesadaran siswa terhadap pentingnya pemilahan sampah, menunjukkan keberhasilan dari program ini. Selain itu, sekolah telah mendapatkan sistem pemantauan sampah yang lebih efektif dan berbasis teknologi, yang dapat diintegrasikan dalam program pendidikan mereka.

Implementasi IoT dalam pengelolaan sampah di sekolah memberikan solusi inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi serta membangun budaya sadar lingkungan berbasis teknologi. Keberhasilan program ini diharapkan dapat menjadi inspirasi bagi sekolah lain dalam menerapkan konsep smart waste management guna menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan sehat..

## DAFTAR PUSTAKA

- Abba, S., & Light, C. I. (2020). IoT-Based Framework for Smart Waste Monitoring and Control System: A Case Study for Smart Cities †. *Engineering Proceedings*, 2(1). <https://doi.org/10.3390/ecsa-7-08224>
- Abdullah, N., Al-wesabi, O. A., Mohammed, B. A., Al-Mekhlafi, Z. G., Alazmi, M., Alsaffar, M., Baklizi, M., & Sumari, P. (2022). IoT-Based Waste Management System in Formal and Informal Public Areas in Mecca. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph192013066>
- Anh Khoa, T., Phuc, C. H., Lam, P. D., Nhu, L. M. B., Trong, N. M., Phuong, N. T. H., Dung, N. Van, Tan-Y, N., Nguyen, H. N., & Duc, D. N. M. (2020). Waste Management System Using IoT-Based Machine Learning in University. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/6138637>
- Permana, A. G., & Raharjo, J. (2023). Integrated Waste Management System with IOT-Based Centralized Control towards a Smart Eco Campus-Telkom University. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(2), 322–333. <https://doi.org/10.32479/ijeep.14048>

- Rani, K. N. A., Rahim, H. A., Ong, B. T., Jusoh, M., Yasin, M. N. M., Sabapathy, T., Mustafa, W. A., Jamlos, M. A., Ahmad, R. B., & Hammood, D. A. (2021). Mobile Green E-Waste Management Systems using IoT for Smart Campus. *Journal of Physics: Conference Series, 1962*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1962/1/012056>
- Shah, A. A. I., Fauzi, S. S. M., Gining, R. A. J. M., Razak, T. R., Jamaluddin, M. N. F., & Maskat, R. (2021). A review of IoT-based smart waste level monitoring system for smart cities. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 21*(1), 450–456. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v21.i1.pp450-456>