

PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN KONDISI TEMPAT SAMPAH KAMPUS BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) (STUDI KASUS : FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN SUSKA RIAU)

Dheka Firmansyah^{*)}, Aulia Ullah, Ahmad Faizal dan Hilman Zarory

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim
Jl. HR. Soebrantas Km. 15, Pekanbaru, Indonesia

^{*)}E-mail: 11950510090@students.uin-suska.ac.id

Abstrak

Pemantauan manual tempat sampah di kampus terbukti kurang efisien. Selain menghabiskan lebih banyak waktu, cara tersebut berisiko menimbulkan penumpukan sampah yang berpotensi membahayakan kesehatan. Untuk mengatasi masalah ini, studi ini merancang sebuah sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini memanfaatkan sensor HC-SR04 untuk mendeteksi kapasitas sampah, DHT22 untuk kelembapan, dan MQ135 untuk gas amonia. Informasi dari sensor dikirim secara *realtime* melalui platform Thingspeak dan notifikasi Whatsapp, sehingga memungkinkan petugas kebersihan melakukan pemantauan dari jarak jauh. Pengujian menunjukkan ketepatan sensor dalam mendeteksi kondisi sampah dan kecepatan notifikasi yang efisien. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini memiliki keunggulan signifikan dalam efisiensi waktu dan akurasi dibandingkan dengan metode pemantauan manual. Kesimpulannya, sistem berbasis IoT ini menawarkan solusi efektif untuk memantau kondisi tempat sampah, memfasilitasi respons cepat dari petugas kebersihan, dan berpotensi meningkatkan kualitas lingkungan kampus.

Kata kunci: DHT22, ESP32, MQ135, Sampah

Abstract

Manual monitoring methodologies employed for campus waste bins have consistently exhibited inefficiencies. Not only does it take up more time, but it also poses a risk of waste accumulation that could potentially endanger health, leading to potential waste accumulation that poses substantial health risks. To address this inefficiency, this research introduces an advanced monitoring system leveraging the capabilities of the Internet of Things (IoT). The system incorporates the HC-SR04 sensor for accurate trash capacity assessment, the DHT22 sensor for humidity measurements, and the MQ135 sensor for ammonia gas detection. Real-time data, sourced from these sensors, is seamlessly relayed through the Thingspeak platform and augmented with notifications on Whatsapp, enabling comprehensive remote monitoring capabilities. Empirical testing underlines the sensors' precision in assessing waste conditions and the expedient nature of the notification system. Comparative evaluations suggest that this IoT-enabled system surpasses traditional manual monitoring in terms of both time efficiency and data accuracy. In summation, this novel IoT-centric approach offers an efficacious strategy for waste bin condition monitoring, augments the response rate of maintenance personnel, and holds promise for enhancing overall campus environmental standards

Keywords: DHT22, ESP32, MQ135, Household

1. Pendahuluan

Pengelolaan tempat sampah kampus menjadi salah satu aspek penting dalam menjaga kebersihan lingkungan kampus[1]. Selain terwujudnya lingkungan kampus yang bersih, pengelolaan yang baik akan menciptakan peningkatan pada motivasi belajar mahasiswa[2], [3]. Dalam penerapannya, pengelolaan tempat sampah kampus seperti pemantauan tempat sampah masih dilakukan secara manual, yakni dengan cara petugas kebersihan memeriksa atau mendatangi langsung lokasi tempat sampah[4]–[6]. Namun, metode ini terbukti kurang efisien karena

menghabiskan lebih banyak waktu[7]. Tidak jarang petugas kebersihan mendapati tempat sampah masih dalam keadaan kosong saat tiba di lokasi tempat sampah sehingga waktu yang digunakan terbuang sia-sia[8]. Di beberapa kasus, akibat pemantauan manual terjadi penumpukan sampah hingga berpotensi menciptakan bahaya kesehatan[9], [10]. Untuk mengatasi waktu yang terbuang akibat pemantauan secara manual, maka perlu mengadopsi teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan efisiensi pemantauan tempat sampah di lingkungan kampus.

Internet of Things adalah kemajuan ilmu yang menjanjikan dalam mengoptimalkan aktivitas manusia[11]. Dalam praktiknya, *Internet of Things* memungkinkan objek fisik untuk memantau, berkomunikasi, dan mengirim informasi secara langsung dan *realtime* dari jarak yang jauh[11]–[13]. Dengan fitur-fitur ini, petugas kebersihan memiliki kesempatan untuk melakukan pemantauan dari jarak jauh dan menerima informasi kondisi tempat sampah secara *realtime*.

Beberapa sistem pemantauan kondisi tempat sampah yang berhasil dibuat mampu menampilkan data kapasitas sampah melalui *web server*[14]. Selain itu sistem mampu mengirimkan notifikasi peringatan ke email petugas kebersihan sebagai informasi bahwa tempat sampah sudah penuh[9]. Dari sistem yang pernah dirancang, parameter kapasitas sampah seperti sampah penuh dijadikan sebagai acuan bahwa pemantauan tempat sampah harus dilakukan. Namun sistem tersebut belum mampu mengatasi apabila terdapat kondisi tertentu, seperti kapasitas sampah belum maksimal tetapi kondisi sampah terlalu lembap atau sudah membusuk hingga mengeluarkan bau tidak sedap.

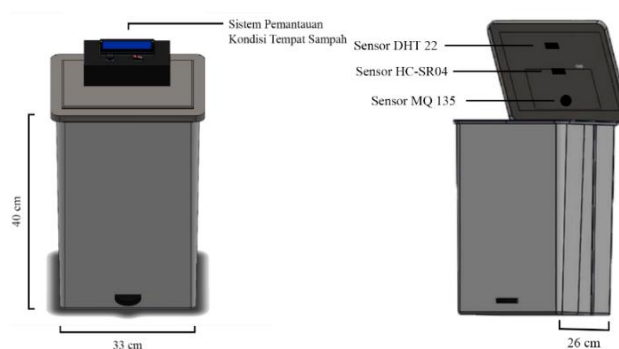
Pada penelitian ini, penambahan beberapa jenis sensor dilakukan untuk mendeteksi kelembapan sampah dan kadar gas amonia yang dihasilkan oleh sampah. Penyertaan parameter tersebut, dimaksudkan agar potensi bahaya kesehatan dapat diminimalisir. Pada sistem ini, platform Thingspeak dipilih sebagai antarmuka pengguna dalam melakukan kegiatan pemantauan. Selanjutnya aplikasi Whatsapp ditetapkan sebagai platform penerima notifikasi mengenai kondisi tempat sampah kampus. Nantinya notifikasi tersebut akan menginformasikan bahwa pengosongan tempat sampah sudah bisa dilakukan. Pemilihan aplikasi Whatsapp sebagai penerima notifikasi didasari pada jumlah pengguna, *usefulness* dan *user friendly* dibandingkan aplikasi lain seperti Telegram ataupun Email[15].

2. Metode

2.1. Desain Sistem

Desain sistem dibutuhkan sebagai gambaran sistem yang akan dirancang, meliputi letak sensor dan letak perangkat keras. Desain sistem dapat diilustrasikan pada gambar 1.

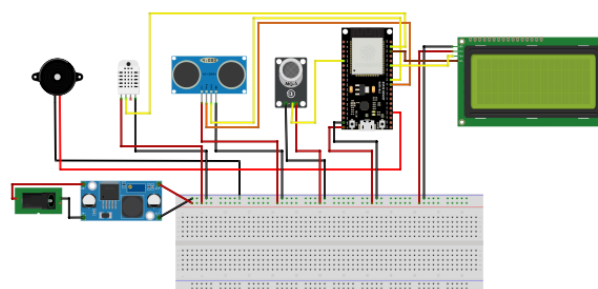
Letak sistem yang berada di luar tempat sampah dimaksudkan untuk memudahkan pengguna dalam melakukan *maintenance* sistem. Selanjutnya, posisi sensor yang berada di bawah tutup tempat sampah bertujuan agar sensor dapat melakukan pendeteksian langsung dan mengantisipasi sensor bersentuhan langsung dengan objek sampah.



Gambar 1. Desain Sistem Pemantauan Kondisi Tempat Sampah Kampus Berbasis *Internet of Things* (IoT)

2.2. Perancangan Perangkat Keras

Pada sistem ini tersusun dari beberapa komponen yaitu sensor HS-CR04, sensor MQ135, sensor DHT22, ESP32, rangkaian *stepdown*, *Buzzer*, LED, dan LCD 4x20. Rancangan perangkat keras dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Rangkaian Sistem Pemantauan Kondisi Tempat Sampah Kampus Berbasis *Internet of Things* (IoT)

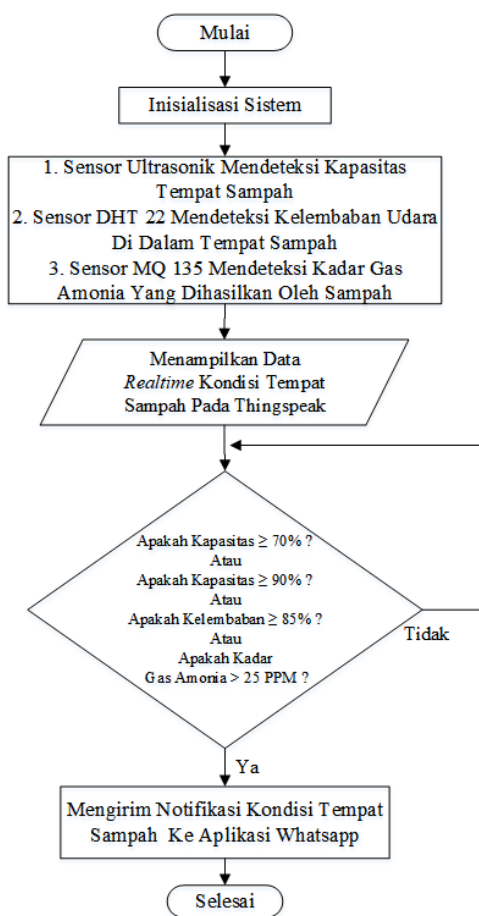
Adapun penjelasan fungsi dari setiap komponen pada gambar 6 adalah sebagai berikut:

1. Sensor HS-CR04 atau sensor ultrasonik berfungsi sebagai sensor yang memberikan informasi jarak sampah yang terukur pada tempat sampah kepada ESP32.
2. Fungsi sensor MQ135 adalah sebagai sensor pendeteksi gas yang mengirim sinyal atau informasi kepada ESP32 berupa informasi konsentrasi gas amonia yang terukur yang terdapat di dalam tempat sampah.
3. Sensor DHT22 digunakan untuk memberikan informasi keadaan kelembapan udara di dalam tempat sampah kepada ESP32.
4. ESP32 berfungsi sebagai perangkat keras pengendali yang sudah ditanamkan program untuk membaca sensor-sensor dan mengirim keluaran.
5. LCD pada sistem ini berfungsi menampilkan waktu, kapasitas, kelembapan udara, dan gas amonia yang ada di dalam tempat sampah pintar selama proses berlangsung, juga memberikan informasi berupa teks peringatan apabila sensor mencapai level tertentu.

6. Modul *stepdown* LM2596 berperan sebagai penurun tegangan. Pada sistem ini memerlukan tegangan 5V agar dapat berfungsi. Sehingga modul *stepdown* akan menurunkan tegangan 12V yang berasal dari sumber listrik PLN (dikonversi dari 220V AC menjadi 12V DC menggunakan adaptor) hingga menjadi 5 V.
7. *Buzzer* berperan sebagai alarm pengingat.

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Dalam perancangan sistem pemantauan kondisi tempat sampah kampus berbasis *Internet of Things*, *flowchart* digunakan karena memuat simbol-simbol yang mudah untuk dipahami.



Gambar 3. *Flowchart* Sistem Pemantauan Kondisi Tempat Sampah Kampus Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Berdasarkan *flowchart* yang disajikan pada gambar 3, sensor yang diaplikasikan pada sistem akan melakukan pembacaan pada objek sampah meliputi kapasitas tempat sampah, kelembapan sampah, dan kadar gas amonia pada sampah. Data yang terbaca oleh sistem selanjutnya dikirim dan ditampilkan pada *dashboard* Thingspeak.

Sensor HC-SR04 atau ultrasonik yang terpasang akan mendeteksi jarak antara sampah dengan sensor, yaitu 35 cm (dasar tempat sampah) hingga 2 cm. Nilai tersebut selanjutnya dikonversi ke dalam bentuk persen yaitu 0% hingga 100%. Penentuan nilai *threshold* pada sensor ultrasonik adalah saat kapasitas hampir penuh yakni 70% dan 90% saat kapasitas penuh.

Untuk sensor DHT22, penentuan nilai *threshold* ditentukan dengan mempertimbangkan aspek potensi bahaya kesehatan, yakni pada kelembapan udara yang relatif tinggi yaitu 40-90% dapat membuat perkembangbiakan lalat semakin optimal[16]. Lalu penentuan *threshold* DHT22 juga dilakukan dengan pengamatan kelembapan udara sekitar selama 24 jam dengan rata-rata kelembapan udara yaitu 74%. Sehingga *threshold* untuk sensor DHT22 ditetapkan di atas angka kelembapan rata-rata udara sekitar yaitu pada angka 85%.

Pada sensor MQ135, penentuan nilai *threshold* ditentukan dengan mempertimbangkan aspek potensi bahaya kesehatan, yakni batas maksimal paparan kebauan gas amonia secara terus menerus (8 jam) adalah 25 ppm [17]. Selain itu, dilakukan pengamatan langsung terhadap perubahan sampah yang berpotensi membusuk untuk menentukan *threshold* kadar gas amonia. Hasil pembacaan MQ135 saat 5 PPM terjadi perubahan pada sampah ditandai dengan mulai mengeluarkan bau dan ketika 25 ppm mulai terlihat belatung pada sampah. Sehingga pada sistem ini ditentukan nilai *threshold* pada MQ135 adalah 25 PPM.

Selanjutnya, apabila salah satu sensor telah mencapai *threshold* yang ditentukan, maka sistem akan mengirimkan notifikasi ke Whatsapp pengguna sebagai peringatan untuk segera dilakukan pengosongan tempat sampah.

2.4. Pengujian Sistem

Sistem yang telah selesai dirancang selanjutnya dilakukan pengujian yang dapat merepresentasikan kinerja sistem sesungguhnya. Pengujian dilakukan di lingkungan Fakultas Sains dan teknologi UIN Suska Riau. Pengujian terdiri dari pengujian fungsionalitas sensor, pengujian kesesuaian data antara *website* pemantauan dengan data pembacaan sensor, pengujian kesesuaian notifikasi Whatsapp dengan kondisi riil dan kecepatan respons pengiriman notifikasi Whatsapp, serta pengujian efisiensi waktu. Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk memastikan sistem bekerja seperti yang diinginkan.

Pengujian fungsionalitas sensor dilakukan dengan memasukkan beberapa jenis sampah seperti sampah kering, sampah basah, dan sampah busuk secara bergantian. Pengujian bertujuan untuk melihat apakah sensor yang terpasang dapat membaca perubahan parameter kondisi sampah.

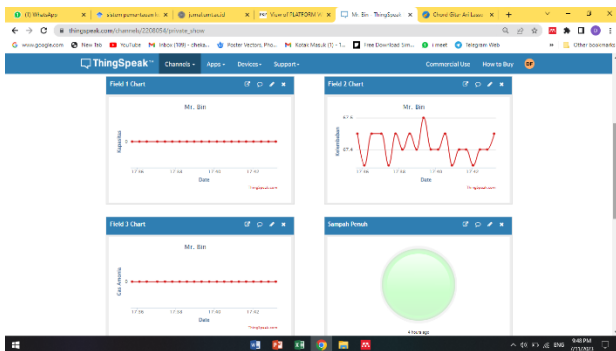
Selanjutnya pengujian kesesuaian data pada *website* pemantauan, yakni dengan cara membandingkan antara data yang ditampilkan pada *dashboard* Thingspeak dengan nilai pembacaan pada sensor. Tujuannya untuk melihat dan menganalisa apakah data yang ditampilkan *dashboard* Thingspeak sesuai dengan nilai pembacaan sensor.

Lalu pada pengujian kesesuaian notifikasi Whatsapp, dilakukan dengan membandingkan antara isi notifikasi dengan kondisi riil tempat sampah. Tujuannya untuk melihat dan menganalisa apakah notifikasi yang dikirim sistem ke aplikasi Whatsapp sesuai dengan kondisi riilnya. Selanjutnya dihitung kecepatan respons pengiriman notifikasi yang dikirim sistem ke aplikasi Whatsapp.

Pada pengujian efisiensi waktu, dicoba dengan menghitung waktu pada pemantauan tanpa sistem. Data yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan waktu yang dihabiskan untuk kegiatan pemantauan menggunakan sistem yang telah dirancang. Tujuannya untuk mengetahui efisiensi waktu kegiatan pemantauan dengan atau tanpa sistem.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tampilan Antarmuka *Dashboard* Thingspeak



Gambar 4. Tampilan *dashboard* Thingspeak Sistem Pemantauan Kondisi Tempat Sampah Kampus Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Data kondisi tempat sampah kampus ditampilkan pada *website* pemantauan secara *realtime* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini memberikan petugas kebersihan kesempatan untuk mengetahui informasi kondisi tempat sampah lebih lengkap dari penelitian sebelumnya[9], [14], meliputi kapasitas sampah, kelembaban sampah, dan kadar gas amonia yang dihasilkan sampah. Pada sistem ini, Thingspeak diaplikasikan sebagai platform yang berfungsi menampilkan data kondisi tempat sampah kampus.

3.2. Tampilan Notifikasi pada Whatsapp

Pesan notifikasi yang dikirim sistem kepada pengguna akan ditampilkan lewat aplikasi Whatsapp. Sistem akan mengirim notifikasi ketika kondisi tempat sampah hampir

penyempurnaan, tempat sampah penuh, sampah basah, dan sampah busuk.

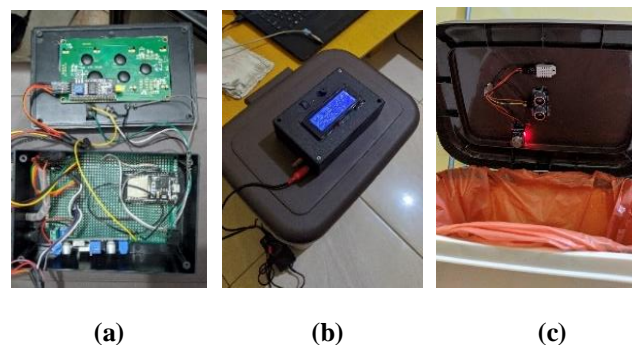


Gambar 5. Tampilan Notifikasi Pada Aplikasi Whatsapp

Pesan yang dikirim oleh sistem kepada aplikasi Whatsapp akan berisi data hasil pembacaan sensor yang terpasang dan pesan himbauan untuk segera dilakukan pengosongan tempat sampah.

3.3. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Dalam mempertimbangkan aspek ketahanan, komponen yang telah digabungkan sesuai skema rangkaian disusun ke dalam *project box* agar dapat terlindung dari percikan air dan debu apabila diletakkan di luar ruangan. LCD yang terpasang akan menampilkan pembacaan sensor meliputi waktu, kapasitas, kelembaban, dan gas amonia sebagai informasi lokal kepada pengguna. Berikut adalah hasil perancangan perangkat keras seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.

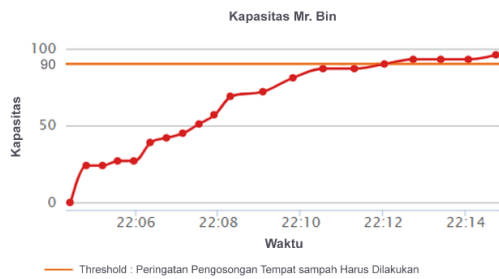


Gambar 6. (a) Pengkabelan Sistem, (b) Sistem Tampak Atas. (c) Posisi Sensor

3.4. Pengujian Fungsionalitas Sensor

3.4.1. Sensor Ultrasonik

Pada pengujian fungsionalitas sensor ultrasonik, dilakukan pengisian tempat sampah dengan sampah kering secara bertahap.

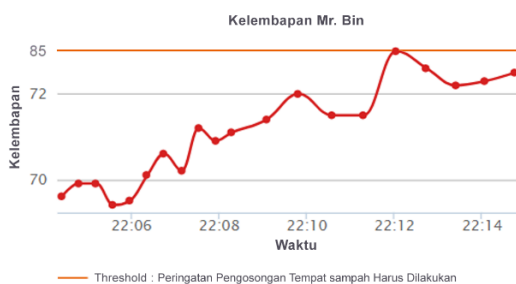


Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Fungsionalitas Sensor Ultrasonik

Hasilnya, sensor ultrasonik dapat membaca ketinggian sampah dengan cukup baik. Terjadi peningkatan nilai kapasitas ketika sampel sampah dimasukkan secara bertahap hingga penuh seperti yang terlihat pada gambar 7. Selain itu, pada penelitian ini tampilan kapasitas sampah disajikan dalam bentuk persen, sehingga lebih mudah dipahami dibandingkan dari penelitian sebelumnya[9]. Tetapi terdapat beberapa kali penurunan nilai kapasitas, hal ini diakibatkan oleh permukaan sampah yang tidak rata, sehingga sinyal pantulan yang ditangkap sensor tidak diterima dengan sempurna.

3.4.2. Sensor DHT22

Pengujian dilanjutkan dengan menguji fungsionalitas sensor DHT22. Pengujian dilakukan dengan mengisi tempat sampah dengan sampah basah, lalu diamati perubahan nilai dari pembacaan sensor DHT22.

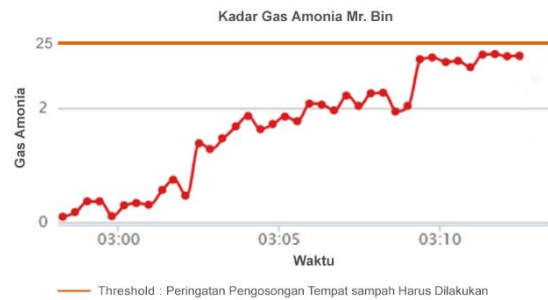


Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Fungsionalitas Sensor DHT22

Berdasarkan gambar 8, kelembapan awal sesaat sebelum dimasukkan sampah adalah 67%. Selanjutnya terjadi peningkatan nilai kelembapan seiring pertambahan waktu. Sehingga dapat dipahami, bahwa sensor DHT22 dapat membaca perubahan kelembapan udara. Tetapi terdapat beberapa kali penurunan nilai kelembapan, hal ini diakibatkan oleh sirkulasi udara yang terjadi di dalam tempat sampah.

3.4.3. Sensor MQ135

Pada sensor MQ135 pengujian, dilakukan pengisian tempat sampah dengan sampah yang sudah membusuk, lalu diamati perubahan nilai dari pembacaan sensor MQ135.



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Fungsionalitas Sensor MQ135

Nilai pembacaan sensor MQ135 terjadi peningkatan seiring pertambahan waktu, seperti yang disajikan pada gambar 9. Hal ini menandakan bahwa sensor MQ135 dapat membaca perubahan kadar gas amonia yang dihasilkan sampah. Tetapi terdapat beberapa kali penurunan kadar gas amonia, hal ini diakibatkan oleh sirkulasi udara yang terjadi di dalam tempat sampah.

3.5. Pengujian Kesesuaian Data Dashboard Thingspeak dengan Pembacaan Sensor

Pengujian kesesuaian data *dashboard* Thingspeak dilakukan dengan mengamati data yang dikirim sistem kepada platform Thingspeak, selanjutnya dibandingkan dengan nilai pembacaan langsung dari sensor yang terpasang pada tempat sampah.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kesesuaian Data pada Dashboard Thingspeak

D	Data Website Pemantauan			Pembacaan Sensor			Ket.
	K (%)	H (%)	G (PPM)	K (%)	H (%)	G (PPM)	
1	12	67	0.0	12	67	0.0	✓
2	25	65	0.0	25	65	0.0	✓
3	25	71	0.1	25	71	0.1	✓
4	44	70	0.0	44	70	0.0	✓
5	56	69	0.1	56	69	0.1	✓
6	64	71	0.1	64	71	0.1	✓
7	62	75	0.0	62	75	0.0	✓
8	79	76	0.0	79	76	0.0	✓
9	81	76	0.0	81	76	0.0	✓
10	97	77	0.0	97	77	0.0	✓

D : Data Ke-
 K : Kapasitas (%)
 H : Kelembapan Udara (%)
 G : Gas Amonia (PPM)
 Ket : Keterangan
 ✓ : Data yang Ditampilkan pada dashboard Thingspeak sesuai dengan Data Pembacaan Sensor

Data yang ditampilkan pada *dashboard* Thingspeak seluruhnya sesuai dengan nilai hasil pembacaan sensor yang terpasang pada tempat sampah seperti yang disajikan pada tabel 1. Dengan begitu petugas kebersihan dapat mengetahui informasi kondisi tempat sampah secara akurat.

3.6. Hasil Pengujian Kesesuaian Notifikasi Whatsapp dengan Kondisi Riil

Pengujian keakuratan notifikasi Whatsapp dilakukan dengan memasukkan sampel sampah yang dapat memicu terkirimnya notifikasi dari sistem ke Whatsapp. Adapun prosedur pengujian seperti mengisi tempat sampah hingga penuh, memasukkan sampah basah, dan sampah busuk secara bergantian.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kesesuaian Notifikasi Whatsapp

No	Pesan Whatsapp	Kondisi Riil	Kecepatan Respons	Keterangan
1	Sampah Hampir Penuh	Jarak antara sensor ke sampah kurang dari 10 cm	2.09 detik	✓
2	Sampah Penuh	Jarak antara sensor ke sampah kurang dari 4 cm	1.53 detik	✓
3	Sampah Basah	Sampah mengandung banyak air	3.31 detik	✓
4	Sampah Busuk	Sampah mengeluarkan bau	3.63 detik	✓

✓ : Notifikasi yang diterima sesuai dengan kondisi riil

Berdasarkan tabel 2 hasil pengujian keakuratan notifikasi Whatsapp, dihasilkan bahwa notifikasi yang dikirimkan kepada petugas melalui aplikasi Whatsapp sesuai dengan keadaan riil. Terbukti dari 4 percobaan, seluruh pesan Whatsapp yang terkirim memiliki kesesuaian dengan kondisi riilnya. Sehingga petugas kebersihan dapat menerima notifikasi yang akurat mengenai kondisi tempat sampah. Selain itu, pengiriman notifikasi Whatsapp dari 4 kondisi dihasilkan kecepatan respons yang relatif singkat dengan rata-rata kecepatan respons 2.64 detik. Perbedaan kecepatan respons yang dihasilkan merupakan pengaruh dari kecepatan internet yang digunakan sistem.

3.7. Pengujian Efisiensi Waktu Pemantauan

Pengujian efisiensi waktu dilakukan dengan cara mengamati waktu yang dihabiskan dalam melakukan kegiatan pemantauan dengan sistem dan tanpa sistem menggunakan *stopwatch*. Waktu pemantauan tanpa sistem dihitung ketika petugas kebersihan berjalan dari pos ke lokasi tempat sampah. Sedangkan waktu pemantauan dengan sistem dihitung ketika petugas kebersihan mulai mengakses *website* pemantauan. Hasil pengujian efisiensi waktu disajikan pada tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Efisiensi Waktu Pemantauan

Lokasi	D	Lama Waktu Pemantauan Tempat Sampah		ΔT
		T^1	T^2	
Lab FST	10	10.23	25.83	15.60 detik
Gedung FST	20	19.35	6.80	12,55 detik
Kantin FST	30	29.61	6.75	22,76 detik
Gedung PSI	40	39.83	6.22	33.61 detik
Gedung Baru	50	49.51	6.70	42.81 detik

D : Jarak Dari Pos Petugas Kebersihan ke Lokasi Tempat Sampah (m)

T^1 : Lama Waktu Pemantauan Tanpa Menggunakan Sistem (detik)

T^2 : Lama Waktu Pemantauan Dengan Menggunakan Sistem (detik)

ΔT : Selisih antara T^1 dan T^2

Pemantauan tempat sampah dengan sistem jauh lebih efisien dari segi waktu dibandingkan pemantauan tanpa sistem. Terbukti pada tabel 3, kegiatan pemantauan tanpa sistem membutuhkan lebih banyak waktu. Semakin jauh lokasi tempat sampah, maka waktu yang dibutuhkan akan semakin banyak. Sedangkan kegiatan pemantauan dengan sistem, waktu yang dibutuhkan tidak dipengaruhi oleh jarak lokasi tempat sampah serta waktu yang dihabiskan juga relatif sama. Selain itu, selisih waktu yang dihasilkan menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dengan begitu petugas kebersihan memiliki lebih banyak kesempatan untuk dapat menuntaskan tugas yang lain.

4. Kesimpulan

Dari beberapa tahap pengujian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa sistem pemantauan yang dirancang mampu mengatasi waktu yang terbuang sia-sia akibat aktivitas pemantauan secara manual. Hal ini menunjukkan peran *Internet of Things* yang dapat memberikan informasi secara akurat, cepat dan *realtime* untuk mempersingkat waktu pemantauan tempat sampah serta mengurangi peluang penumpukan sampah dan bahaya kesehatan.

Referensi

- [1]. R. P. Sari, "Wawasan Kebersihan Lingkungan & Keberagamaan; Praktik Kebersihan Lingkungan pada Civitas Akademika UIN Imam Bonjol Padang," *Indonesian Journal of Religion and Society*, vol. 1, no. 1, hlm. 80–92, Jun 2019, doi: 10.36256/ijrs.v1i1.8.
- [2]. N. Z. Nur Aminah dan A. Muliawati, "Pengelolaan Sampah dalam Konteks Pembangunan Berkelanjutan (Waste Management in the Context of Waste Management)," *hmgp.geo*.
- [3]. M. M. Bella dan L. W. Ratna, "Perilaku Malas Belajar Mahasiswa Di Lingkungan Kampus Universitas Trunojoyo Madura," *Competence: Journal of Management Studies*, vol. 12, no. 2, Feb 2019, doi: 10.21107/kompetensi.v12i2.4963.

- [4]. S. Rahayu dan S. Ferdian, "Sistem monitoring Volume Tempat Sampah Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy," *Seminar Nasional Teknologi Terapan dan Riset Terapan*, vol. 4, 2022.
- [5]. R. A. Ma'arif, F. Fauziah, dan N. Hayati, "Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Secara Real-time Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis IOT," *Jurnal Infomedia*, vol. 4, no. 2, hlm. 69, Jan 2020, doi: 10.30811/jim.v4i2.1571.
- [6]. M. Safitri, Fraidi, dan M. R. Zulfian, "Aplikasi Smart Trash Bin Monitoring System Berbasis Internet of Things (IoT)," *JIKA (Jurnal Informatika)*, vol. 5, no. 3, hlm. 391–399, Okt 2021.
- [7]. N. Fitriyani, "Sistem Monitoring Tempat Sampah Cerdas Berbasis Website," Politeknik Harapan Bersama, Tegal, 2021.
- [8]. M. I. Said, A. E. U. S. Salam, dan I. R. Sahali, "Sistem Monitoring Tempat Sampah Untuk Gedung Perkantoran Berbasis IoT," Universitas Hasanuddin, Makassar, 2022.
- [9]. Y. Bowo Widodo, T. Sutabri, dan L. Faturahman, "TEMPAT SAMPAH PINTAR DENGAN NOTIFIKASI BERBASIS IOT," 2019.
- [10]. D. Citra, I. Hari, dan Sarjana, "Platform Web Sebagai Penampil Data Monitoring Kotak Sampah Berbasis IoT," *Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika*, vol. 3, no. 2, hlm. 162–175, Nov 2020.
- [11]. S. Megawati, "Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia," *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, vol. 5, no. 1, hlm. 19–26, Jun 2021, doi: 10.26740/jieet.v5n1.p19-26.
- [12]. H. P. Pratama, D. I. Hadi Putri, dan Sudjani, "Prototype Penyiraman Otomatis Berbasis IOT untuk Multi Zona Tanaman Hias," *Jurnal Sistem Cerdas*, vol. 5, no. 1, hlm. 1–11, Mei 2022, doi: 10.37396/jsc.v5i1.180.
- [13]. A. Amir, A. Marwanto, dan D. Nugroho, "Rancang Bangun Purwarupa Alat Monitoring Dan Kontrol Beban Satu Fasa Berbasis IoT (Internet of Things)," *Transmisi*, vol. 20, no. 1, hlm. 29, Jan 2018, doi: 10.14710/transmisi.20.1.29-33.
- [14]. M. Ismail, R. K. Abdullah, dan S. Abdussamad, "Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3, no. 1, hlm. 7–12, Jan 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i1.8099.
- [15]. A. Muhammad, B. T. Hanggara, dan H. Muslimah Az-Zahra, "Analisis Perbandingan Pengalaman Pengguna Aplikasi Whatsapp dan Telegram menggunakan Kuesioner Mecue," 2022. [Daring]. Tersedia pada: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [16]. C. Ramadhani, R. Hestningsih, dan N. Kusariana, "Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kepadatan Lalatdi Desa Purwodadi Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati," *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 7, no. 3, hlm. 29–38, Jul 2019.
- [17]. H. J. Utami, "Analisis Kadar Gas Amonia (Nh3) Terhadap Faktor Lingkungan Di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan Yogyakarta," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2022.