

# Rancang Bangun Sistem Pemantau Ketersediaan Sabun dan Tisu pada Toilet Bandara Berbasis IoT

Dwi Wahyu Lestariningsih<sup>1</sup>, Arko Djajadi<sup>2</sup>, Patria Adhastian<sup>3\*</sup>, Priyo Wibowo<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Magister Teknologi Informasi, Universitas Pradita, Indonesia

<sup>3,4</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Pamulang, Indonesia

Email : dosen01529@unpam.ac.id

Received :  
01 Feb 2024

Revised :  
01 Feb 2024

Accepted :  
01 Feb 2024

## ABSTRAK

Toilet umum, khususnya di bandara, memegang peran penting dalam menjamin kenyamanan dan kebersihan penumpang yang bepergian. Ketidaktersediaan tisu dan sabun di toilet sering kali menjadi masalah di bandara. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring sabun dan tisu pada toilet bandara berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan teknologi *Narrowband IoT* (NB-IoT) dan *platform Thingsboard*. Prototipe sistem pemantau ketersediaan sabun dan tisu toilet bandara berhasil dibuat dengan Arduino Nano, SIM7000C dan mampu berkomunikasi dengan *Thingsboard* melalui *protokol* MQTT sehingga memungkinkan pemantauan ketersediaan fasilitas sanitasi secara *real-time*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perangkat dapat beroperasi dengan baik menggunakan baterai IMR 18650 hingga 27 jam. Sistem ini mampu memberikan informasi level isi kontainer sabun dan kapasitas tisu yang tersedia beserta lokasinya. Penelitian ini menggarisbawahi potensi teknologi IoT dalam mengatasi masalah ketidaktersediaan sabun dan tisu, yang ditujukan untuk meningkatkan kenyamanan pengguna dan menjaga kebersihan fasilitas umum di bandara.

**Kata kunci:** *Arduino Nano, NB-IoT, Internet of Things, Thingsboard, SIM7000C*

## ABSTRACT

Public toilets, especially at airports, play an important role in ensuring the comfort and cleanliness of traveling passengers. The unavailability of tissue and soap in toilets is often a problem at airports. This research aims to develop a soap and tissue monitoring system in airport toilets based on the Internet of Things (IoT) using Narrowband IoT (NB-IoT) technology and the Thingsboard platform. The prototype system for monitoring the availability of airport soap and toilet tissue was successfully created using an Arduino Nano, SIM7000C and was able to communicate with the Thingsboard via the MQTT protocol, making it possible to monitor the availability of sanitation facilities in real-time. The measurement results show that the device can operate well using an IMR 18650 battery for up to 27 hours. This system is able to provide information on the level of contents of soap containers and the capacity of available tissue along with its location. This research underlines the potential of IoT technology in overcoming the problem of unavailability of soap and tissue, aimed at increasing user comfort and maintaining the cleanliness of public facilities at airports.

**Keywords:** *Arduino Nano, NB-IoT, Internet of Things, Thingsboard, SIM7000C*

## PENDAHULUAN

Sanitasi yang baik dan akses ke fasilitas toilet yang layak adalah bagian integral dari kehidupan sehari-hari yang sehat dan manusiawi. Sayangnya, di Indonesia, tingkat kepedulian terhadap sanitasi masih rendah. Data menunjukkan bahwa hanya sekitar 58 persen penduduk yang memiliki akses ke fasilitas sanitasi yang memadai [1]. Toilet yang kotor, berbau tidak sedap, kurang air, dan kekurangan perlengkapan seperti sabun dan tisu adalah contoh dari masalah sanitasi yang masih sering terjadi. Keadaan ini sering kali disebabkan oleh fasilitas toilet yang kurang memadai, misalnya ketiadaan tisu dan sabun di dalam toilet, ketiadaan tempat sampah, dan kurangnya sirkulasi udara. Untuk memenuhi jaminan kesehatan maka diperlukan hygiene personal seperti kebiasaan mencuci tangan dengan sabun [2]

Toilet umum, khususnya di bandara, memegang peran penting dalam menjamin kenyamanan dan kebersihan penumpang yang bepergian. Ketidaktersediaan fasilitas seperti tisu dan sabun di toilet umum bandara dapat menyebabkan dampak negatif pada pengalaman penumpang. Toilet umum di bandara harus memenuhi pedoman dan standar tertentu untuk memastikan kualitas pelayanan yang baik [3]–[5]. Salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah ketidaktersediaan tisu dan sabun di toilet umum bandara. Permasalahan ini seringkali terkait dengan penjadwalan yang tidak tepat waktu dalam pengisian fasilitas toilet. Penjadwalan yang tidak akurat dapat mengakibatkan ketersediaan fasilitas sanitasi yang tidak memadai, yang selanjutnya dapat mengganggu kenyamanan pengguna. [6]

Pemeliharaan fasilitas toilet umum adalah proses yang kompleks dan memerlukan pengelolaan yang efisien. Salah satu tantangan terbesar yang dihadapi oleh manajer fasilitas atau building management adalah kurangnya akses terpusat ke informasi yang mencakup seluruh status operasional dan laporan ketersediaan fasilitas. Untuk mengatasi permasalahan ini, teknologi terbaru seperti *Internet of Things* (IoT) memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dan menyelesaikan masalah tersebut. Internet of things yang selanjutnya disebut IoT, merupakan salah satu teknologi yang mendukung pemberian informasi terpusat secara *real time* [7]. Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi yang mendorong integrasi perangkat fisik dengan dunia digital, seperti mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah *interface* antara pengguna dan peralatan [8]. Sensor cerdas dapat membantu mengumpulkan data fisik dari skenario data *real time* dan mengkonversikan ke dalam format yang dimengerti mesin, sehingga dapat digunakan dalam berbagai bentuk format data [9], [10].

IoT menghubungkan perangkat elektronik, sensor cerdas, dan peralatan pintar melalui jaringan internet, menciptakan suatu ekosistem di mana data dapat dikumpulkan, dianalisis, dan digunakan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik [8]. IoT sebagai salah satu bidang terpenting dari teknologi masa depan dan mendapatkan banyak perhatian dari berbagai industri [11]. IoT membawa perubahan paradigma dalam cara berbisnis dengan memungkinkan perusahaan untuk mengembangkan layanan yang memberikan nilai tambah pada perangkat dan jaringan mereka, serta meningkatkan keberlanjutan bisnis.

Salah satu aspek kunci dari pengembangan IoT adalah konektivitas yang andal. Narrowband IoT (NB-IoT) adalah teknologi konektivitas jaringan seluler yang berdaya rendah yang telah dirancang khusus untuk mendukung perangkat IoT [12]. NB-IoT menawarkan cakupan area yang luas, konsumsi daya yang rendah, dan keamanan jaringan yang baik. Dengan menggunakan NB-IoT, perangkat IoT dapat terhubung secara efisien ke internet, memungkinkan pengiriman data yang real-time.

Protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) adalah protokol komunikasi yang sangat efisien dalam konteks IoT [12]. Protokol ini berjalan di atas stack TCP/IP dan memiliki overhead data yang kecil, yang menjadikannya pilihan yang baik untuk perangkat dengan

sumber daya terbatas. MQTT menggunakan model komunikasi publish-subscribe, di mana perangkat dapat mengirimkan dan menerima pesan dengan topik tertentu. Protokol ini memungkinkan pengiriman berbagai jenis data, termasuk data biner, teks, XML, dan JSON. MQTT sangat cocok untuk aplikasi IoT di mana perangkat harus berkomunikasi dengan broker pusat untuk pertukaran informasi.

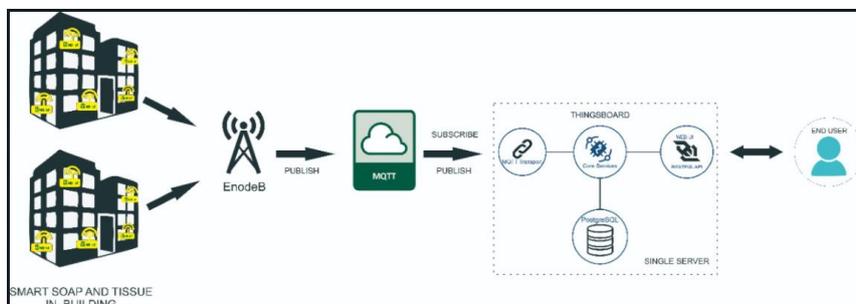
Dengan memanfaatkan teknologi IoT, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sistem pemantauan dan manajemen ketersediaan sabun dan tisu di toilet bandara dengan menggunakan teknologi NB-IoT dan *platform Cloud Thingsboard*. Dengan solusi ini, diharapkan bahwa manajer fasilitas dan pengelolaan toilet bandara dapat bekerja lebih efisien dan memastikan ketersediaan fasilitas sanitasi yang baik, yang pada gilirannya akan meningkatkan kenyamanan pengguna.

## METODE

Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun sistem cerdas untuk mendeteksi ketersediaan sabun dan tisu menggunakan *Internet of Things (IoT)* dengan *Narrowband IoT (NB-IoT)* dan *platform Cloud Thingsboard*. Untuk mengukur kinerja sistem dilakukan uji konektivitas dan uji ketahanan baterai yang dilakukan di dua lokasi berbeda, yakni XL Axiata Tower dan XL Center lotte.

### Arsitektur

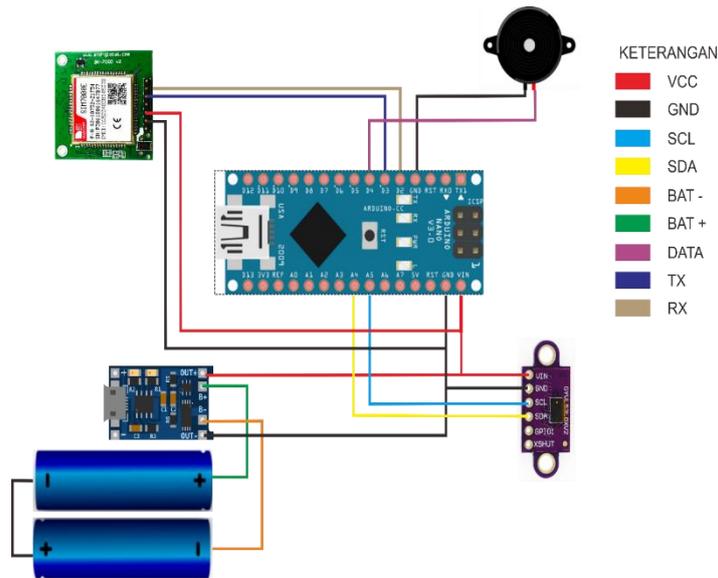
Sistem cerdas pada penelitian ini memiliki arsitektur sistem seperti ditunjukkan pada Gambar 1, dibangun terdiri dari dua komponen utama. Komponen pertama adalah *node sensor*, yang bertugas untuk mengambil data tentang jumlah sabun dan tisu, kemudian mengirimkan data tersebut ke internet. Komponen kedua adalah sistem *gateway*, yang bertugas menerima data dari berbagai *node sensor*. Data yang diterima dikumpulkan dan diolah pada *platform Thingsboard*. [13]



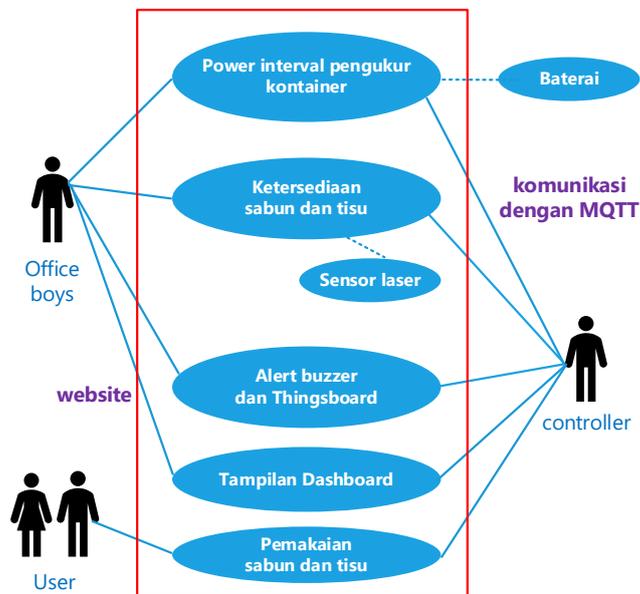
Gambar 1. Arsitektur sistem

### Perancangan Hardware

Sistem ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu Arduino Nano, SIM7000C, Sensor Laser, TP4056, Baterai 28650, dan sebuah buzzer, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. SIM7000C berkomunikasi dengan Arduino Nano melalui *protokol* serial komunikasi dengan menggunakan perintah AT-Command. Sistem menggunakan pin TX dan RX, dengan *library software* serial, sehingga tidak mengganggu jalur serial *hardware*. Pin TX terhubung ke pin D2 pada Arduino Nano, sementara pin RX terhubung ke pin D3 pada Arduino Nano. Sensor laser menggunakan protokol komunikasi I2C untuk berkomunikasi dengan Arduino Nano, dengan jalur komunikasi SDA yang terhubung ke pin A4 dan jalur komunikasi SCL yang terhubung ke pin A5 pada Arduino Nano. Sedangkan untuk Buzzer menggunakan pin D4 pada Arduino Nano.



Gambar 2. Wiring diagram sistem monitoring pada bagian perangkat Arduino



Gambar 3. Use case diagram

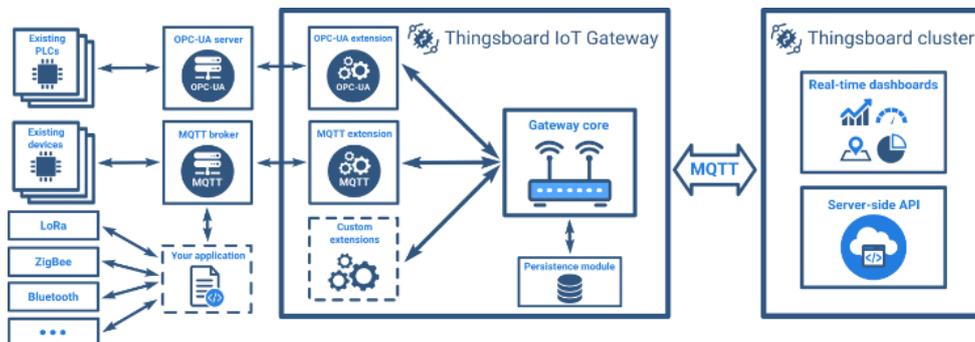
Petugas kebersihan (office boys) dapat memantau daya baterai sistem dan ketersediaan sabun serta tisu melalui dashboard melalui situs web, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Sistem juga dilengkapi dengan sinyal peringatan berupa buzzer saat ketersediaan sabun dan tisu mencapai batas minimal. Petugas pengontrol (*controller*) dapat memantau ketersediaan sabun dan tisu, daya baterai sistem, serta penggunaan sabun dan tisu oleh pengguna melalui komunikasi menggunakan *protokol* MQTT. Perangkat Arduino dan sensor dipasang pada masing-masing kontainer sabun dan kontainer tisu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Perangkat yang terpasang pada kontainer memiliki struktur perangkat yang sama sesuai dengan perancangan perangkat keras, namun berbeda pada objek yang dideteksi..



Gambar 4. Perangkat Arduino yang dirangkai dengan (a) kontainer sabun, dan (b) kontainer tisu.

### Rancangan Thingsboard

Selain merancang rangkaian Arduino yang mengendalikan kontainer sabun dan tisu, dilakukan jua pembuatan *cluster Thingsboard*. *Thingsboard* dibangun menggunakan dua server yang berfungsi secara terpisah, yaitu *IoT Gateway* dan *Web Server Thingsboard*, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Pemisahan server dilakukan untuk mencegah terjadinya *overload* atau beban yang terlalu besar [13], [14]. Konfigurasi sistem ini mengikuti pedoman konfigurasi resmi dari *Thingsboard (Official Website)*.



Gambar 5. Arsitektur Thingsboard dan IoT Gateway [15]

```

1  /etc/thingsboard-gateway/config          - Configuration folder.
2  tb_gateway.yaml                        - Main configuration file for Gateway.
3  logs.conf                              - Configuration file for logging.
4  modbus.json                            - Modbus connector configuration.
5  mqtt.json                              - MQTT connector configuration.
6  ble.json                               - BLE connector configuration.
7  opcua.json                             - OPC-UA connector configuration.
8  request.json                           - Request connector configuration.
9  can.json                               - CAN connector configuration.
10 ...
11
12 /var/lib/thingsboard_gateway/extensions - Folder for custom connectors/converters.
13 modbus                                  - Folder for Modbus custom connectors/converters.
14 mqtt                                    - Folder for MQTT custom connectors/converters.
15   __init__.py                           - Default python package file, needed for correct imports.
16   custom_uplink_mqtt_converter.py       - Custom Mqtt converter example.
17 ...
18 opcua                                  - Folder for OPC-UA custom connectors/converters.
19 ble                                     - Folder for BLE custom connectors/converters.
20 request                                 - Folder for Request custom connectors/converters.
21 can                                     - Folder for CAN custom connectors/converters.
22
23 /var/log/thingsboard-gateway            - Logs folder
24 connector.log                           - Connector logs.
25 service.log                             - Main gateway service logs.
26 storage.log                             - Storage logs.
27 tb_connection.log                       - Logs for connection to the ThingsBoard instance.
    
```

Gambar 6. Direktori Struktur IoT Gateway

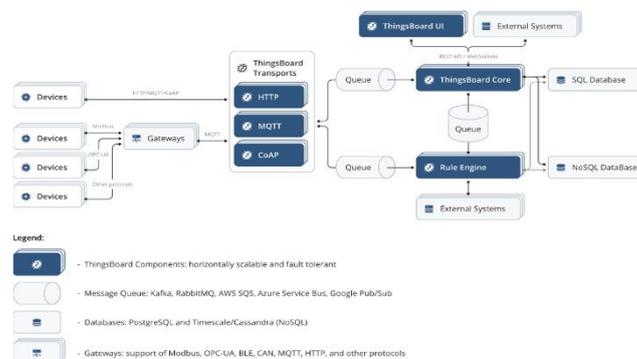
Konfigurasi *server* di *Thingsboard* menggunakan *protokol* MQTT sebagai media komunikasi perangkat. Sistem pemantauan sabun dan tisu dibuat menggunakan modul SIM7000G dengan NB-IoT sebagai media telekomunikasi dan menggunakan *protokol* MQTT. Pada *Thingsboard* IoT *gateway*, sistem yang dibangun menggunakan suatu pengontrol (*controller*) agar perangkat yang menggunakan protokol MQTT dapat diolah sesuai dengan *topic* yang telah ditentukan. Konfigurasi pengontrol MQTT berada dalam direktori `/etc/thingsboard-gateway/config`, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Format JSON digunakan sebagai format pengontrol pada *Thingsboard* IoT *gateway*. Perlu dicatat bahwa pada *server* IoT *Gateway Thingsboard*, tidak ada *database* yang digunakan.

```

1  {
2    "broker": {
3      "name": "Default Local Broker",
4      "host": "192.168.1.100",
5      "port": 1883,
6      "security": {
7        "type": "basic",
8        "username": "user",
9        "password": "password"
10     }
11  },
12  "mapping": [
13    {
14      "topicFilter": "/sensor/data",
15      "converter": {
16        "type": "json",
17        "deviceNameJsonExpression": "${serialNumber}",
18        "deviceTypeJsonExpression": "${sensorType}",
19        "timeout": 60000,
20        "attributes": [
21          {
22            "type": "string",
23            "key": "model",
24            "value": "${sensorModel}"
25          }
26        ]
27      }
28    }
29  ]
30 }

```

**Gambar 7. Konfigurasi connector MQTT dengan format JSON**



**Gambar 8. ThingsBoard Architecture** [16]

Konfigurasi MQTT yang digunakan dalam *Thingsboard* IoT *gateway* pada *server* diilustrasikan pada Gambar 7 sedangkan *ThingsBoard Architecture* ditunjukkan oleh Gambar 8. Dalam format JSON, terdapat beberapa parameter yang perlu diisi, yaitu *host*, *username*, dan *password*.

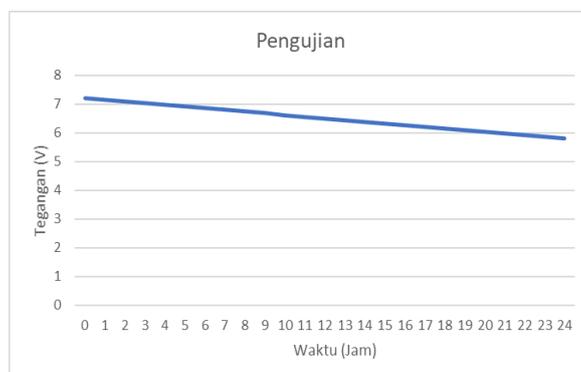
Parameter *host* adalah alamat IP server *Thingsboard* atau DNS *server Thingsboard*. Sementara itu, *username* dan *password* digunakan untuk otentikasi akses ke *broker MQTT* oleh *IoT Gateway Thingsboard*. Penggunaan "*mapping*" sebagai konfigurasi topik yang akan di-*subscribe* oleh *IoT Gateway* ke *MQTT Broker* bertujuan untuk menghindari pengiriman semua data ke *IoT Gateway*. Data yang diterima hanya dari *topic* tertentu untuk memastikan bahwa hanya data tertentu saja yang akan ditampilkan pada antarmuka pengguna *Thingsboard WebUI*.

Ketika menginstal *Thingsboard web server* atau pada *server* yang digunakan untuk *Thingsboard*, tidak diperlukan konfigurasi database tambahan. *Thingsboard* telah mengemas paket instalasi yang secara otomatis membuat kerangka kerja *database* pada *server* dengan format *SQL*, yang menggunakan *PostgreSQL* sesuai dengan rekomendasi pengembang *Thingsboard*. Pada sistem yang dibangun, *Thingsboard* yang diinstal pada *server* pribadi yang merupakan versi *Thingsboard komunitas (community)*. Versi komunitas memiliki fitur yang terbatas, sehingga dilakukan konfigurasi manual pada *IoT Gateway*. Pada penggunaan *Thingsboard Professional*, cukup dengan menggunakan fitur *Device Integration* yang mendukung protokol *MQTT* sehingga tidak memerlukan konfigurasi *JSON* pada *IoT gateway*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Ketahanan Baterai

Pada pengujian ketahanan baterai, perangkat menggunakan baterai tipe *IMR 18650* dengan kapasitas *2600mAh* dan tegangan *3.7V*. Setiap perangkat menggunakan dua baterai yang dihubungkan secara seri, sehingga tegangan baterai menjadi *7.2V*, sesuai dengan kebutuhan tegangan kerja *Arduino Nano* sebagai mikrokontroler yakni sebesar *5V*. Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan perangkat hingga baterai habis, dan waktu dihitung menggunakan stopwatch. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perangkat dapat beroperasi dengan baik menggunakan baterai ini, namun baterai habis dalam rentang waktu sekitar *24-27 jam* seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengujian ketahanan baterai

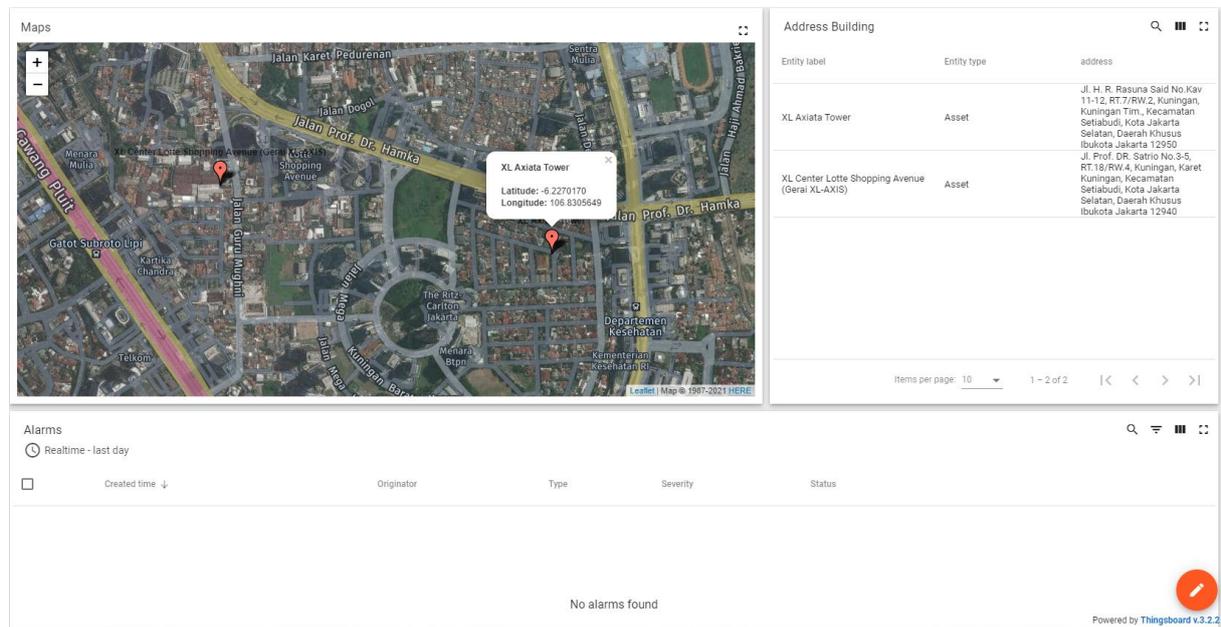
Pengisian baterai hingga penuh memakan waktu sekitar *4-5 jam* karena module charger yang digunakan hanya memiliki daya rendah, yaitu hanya *5V 1A*. Untuk memaksimalkan masa pakai baterai perangkat *IoT*, dilakukan dengan menggunakan cara sederhana, yaitu kapasitas baterai dibagi dengan tingkat pengosongan rata-rata. Meminimalkan tingkat pengosongan baterai atau memaksimalkan masa pakai baterai secara keseluruhan dapat dicapai dengan menggunakan prosesor yang berbeda, teknologi komunikasi yang berbeda, dan algoritma perangkat lunak yang lebih efisien.

Pada aplikasi *IoT* yang tidak memerlukan frekuensi pengumpulan data yang tinggi, dapat dilakukan pengaturan prosesor dalam mode *standby* atau tidak aktif pada rentang waktu tertentu dapat menghemat daya baterai. Mengurangi frekuensi clock juga akan mengurangi

konsumsi daya. Meminimalkan jumlah operasi aktif dan memaksimalkan operasi sleep sebelum memasuki mode siaga juga dapat meningkatkan masa pakai baterai. Penggunaan komunikasi nirkabel yang hemat daya juga dapat membantu memperpanjang waktu pakai baterai. Mengaktifkan sirkuit komunikasi hanya saat data yang cukup untuk transmisi yang efektif tersedia dapat memperpanjang masa pakai baterai.

### Pengujian Konektivitas

Pengujian konektivitas dilakukan dengan menggunakan satu perangkat pintar pemantau ketersediaan sabun dan satu perangkat pintar pemantau ketersediaan tisu. Salah satu perangkat ditempatkan di XL Axiata Tower dan yang lainnya di XL Center Lotte. Pengujian konektivitas dilakukan dengan menganalisis data-data yang berhasil ditampilkan pada *dashboard*. Tampilan *dashboard* perangkat pintar pemantau ketersediaan sabun dan tisu ditunjukkan oleh Gambar 10.



**Gambar 10. Tampilan dashboard perangkat pintar pemantau sabun dan tisu**

Rancangan *dashboard* tersebut akan membantu operator atau pengelola untuk memelihara perangkat, baik perangkat sabun maupun perangkat tisu. Pada fitur peta (*map*), terdapat koordinat bangunan yang telah diatur secara manual dengan parameter *latitude* dan *longitude* dimana perangkat berada. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk mencari dan menemukan perangkat yang terpasang di setiap bangunan. Di sebelah kanan terdapat detail informasi tentang masing-masing bangunan, dengan salah satu parameter yaitu alamat bangunan.

Setelah memilih salah satu bangunan, pengguna akan melihat data dari setiap perangkat yang terhubung atau yang telah berhasil mengirimkan data ke Thingsboard. Terdapat dua parameter perangkat, yaitu level dan lantai. Level mengindikasikan isi kontainer sabun atau kapasitas tisu yang tersedia, sementara lantai memberikan informasi mengenai lantai di mana perangkat tersebut terletak. Hal ini memungkinkan petugas atau pengelola untuk dengan mudah melacak lokasi ketika ketersediaan sabun atau tisu menurun. Selain itu, terdapat fitur alarm yang akan memberikan peringatan jika ketersediaan kontainer sabun atau tisu turun di bawah ambang batas, misalnya 20% dari kapasitas penuh. Contoh alarm dapat dilihat pada Gambar 11. Pengujian sistem ini bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat dapat berfungsi dengan baik di XL Axiata Tower dan XL Center Lotte. Sistem atau perangkat berhasil mengirimkan data ke server Thingsboard melalui jaringan NB-IoT yang tersedia di sekitar XL Axiata Tower.

List Device	Entity type	Level	Lantai
sabun2	Device	15	Lantai 1P
tisu2	Device	55	Lantai 1L

Alarm	Originator	Type	Severity
Alarm	sabun2	Critical Alarm	Critical

Gambar 11. Tampilan informasi Sensor dan peringatan

## KESIMPULAN

Sistem monitoring ketersediaan sabun dan tisu toilet bandara berhasil dibuat dengan Arduino Nano, SIM7000C Sensor Laser, TP4056, Baterai 28650, dan buzzer yang dapat beroperasi secara *real-time* menggunakan jaringan NB-IoT dan *platform Thingsboard*. Prototipe perangkat cerdas pemantau sabun dan tisu yang dirancang berhasil berkomunikasi dengan *Thingsboard* melalui protokol MQTT, menggunakan NB-IoT sebagai media transmisi data. Namun, rancangan prototipe saat ini masih memakai metode penyolderan tradisional dan komponen dalam skala laboratorium, sehingga dimensi perangkat yang dihasilkan masih cukup besar. Meski demikian, hasil penelitian ini memberikan gambaran bahwa teknologi IoT dapat memberikan solusi yang berpotensi dalam mengatasi masalah ketersediaan sabun dan tisu di toilet bandara, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kenyamanan pengguna. Penelitian ini dapat dikembangkan dari sisi desain perangkat fisik, seperti mengurangi ukuran perangkat. Selain itu, peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya dan akurasi pengukuran volume sabun dan tisu dapat menjadi fokus pengembangan selanjutnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. XL Axiata, Magister Teknologi Informasi, Universitas Pradita serta Prodi Teknik Industri, Universitas Pamulang yang telah memberi dukungan dan bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Widyastuti, H. N. Jamaluddin, R. Arisanti, and F. Kartiasih, "Analisis Pengaruh Faktor Sosial Ekonomi Terhadap Akses Sanitasi Layak di Indonesia Tahun 2021," in *Seminar Nasional Official Statistics*, 2023, vol. 2023, no. 1, pp. 105–116.
- [2] P. Wibowo, Rusmalah, and Supriyono, "Peningkatan Hygiene Lingkungan Melalui Penyuluhan Pembuatan Karbol di Kelurahan Buaran Tumpeng, Tangerang," *Adibrata*, vol. 3, no. 2, pp. 55–64, 2023.
- [3] R. Yahya and R. Hilal, "Standarisasi Kelayakan Fasilitas Toilet pada Area Landside di Bandar Udara Nusawiru Pangandaran," *JLEB J. Law, Educ. Bus.*, vol. 1, pp. 633–644, Oct. 2023.
- [4] Direktorat Jendral Perhubungan Udara, "Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Udara No. SKEP/77/VI/2005 tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara." Indonesia, 2005.
- [5] Menteri Perhubungan, "Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM

- 178 Tahun 2015 Tentang Standar Pelayanan Pengguna Jasa Bandar Udara.” 2015.
- [6] R. A. Atmaja and Y. A. Puspitasari, “Studi Revitalisasi Fasilitas Ruang Tunggu Terminal Penumpang Domestik Bandar Udara Internasional El Tari Kupang Pasca Badai Seroja,” *El-Mal J. Kaji. Ekon. Bisnis Islam*, vol. 5, no. 1, pp. 243–259, 2024.
- [7] P. Adhastian and M. Mayangsari, “Implementasi IoT dalam Otomasi Pengontrolan Kondisi Lingkungan dan Pemberian Pakan : Efeknya Terhadap Parameter Efisiensi Peternakan,” *J. Inform. Univ. Pamulang*, vol. 6, no. 2, pp. 217–224, 2021.
- [8] A. Malik, A. T. Magar, H. Verma, M. Singh, and P. Sagar, “A detailed study of an internet of things (Iot),” *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 8, no. 12, pp. 2989–2994, 2019.
- [9] D. Hanes, G. Salgueiro, P. Grossetete, R. Barton, and J. Henry, *IoT fundamentals: Networking technologies, protocols, and use cases for the internet of things*. Cisco Press, 2017.
- [10] P. Adhastian, “Analisis Pengukuran Jarak Perangkat-Sensor Pada Implementasi Sensor Dengan Arduino Smart Home Solution,” *Teknologi*, vol. 1, no. 2, pp. 124–126, 2019, doi: 10.32493/teknologi.v1i2.3083.
- [11] M. Santo Gitakarma and L. P. A. S. Tjahyanti, “Peranan Internet of Things dan Kecerdasan Buatan dalam Teknologi Saat Ini,” *KOMTEKS*, vol. 1, no. 1, 2022.
- [12] N. A. Gustina and I. Krisnadi, “NB-IoT Based Smart Parking System for Jakarta Smart City,” 2020.
- [13] N. Van Tam and N. D. Thien, “using open-source platform Thingsboard,” *J. Sci. Nhon Univ.*, vol. 14, no. 3, pp. 89–97, 2020.
- [14] M. Henschke, X. Wei, and X. Zhang, “Data visualization for wireless sensor networks using ThingsBoard,” in *2020 29th Wireless and Optical Communications Conference (WOCC)*, 2020, pp. 1–6.
- [15] Anon, “Introducing the Thingsboard Open Source IoT Gateway thingsboard,” *Medium*, 2018.
- [16] T. Ilyas, F. Arkan, R. Kurniawan, T. H. Budianto, and G. Putra, “Thingsboard-based prototype design for measuring depth and pH of kulong waters,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 926, p. 12025, Nov. 2021.