

# Implementation Of Lean Methodology In Iot-Based Smart Water Dispenser For Real-Time Monitoring And Notification

Syifa Nursabilla Mezi Zahra <sup>1)</sup>; Kurniawan Dwi Irianto <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

Email: <sup>1)</sup> [sabillamezizahra@gmail.com](mailto:sabillamezizahra@gmail.com), <sup>2)</sup> [k.d.irianto@uii.ac.id](mailto:k.d.irianto@uii.ac.id)

## How to Cite :

Zahra, S. N. M., Irianto, K. D. (2025). Implementation of Lean Methodology in IoT-Based Smart Water Dispenser for Real-Time Monitoring and Notification. Jurnal Media Computer Science, 4(2)

## ARTICLE HISTORY

Received [30 Juni 2025]

Revised [10 Juli 2025]

Accepted [11 Juli 2025]

## KEYWORDS

Smart Water Dispenser,  
Internet of Things, Lean  
Methodology, Monitoring;  
Notifikasi Real-Time.

This is an open access article under the  
[CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



## ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan Smart Water Dispenser berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan pendekatan Lean Methodology untuk menciptakan sistem monitoring dan notifikasi real-time yang responsif terhadap kebutuhan pengguna. Sistem terdiri dari load cell, sensor suhu, dan sensor ultrasonik yang terintegrasi ke aplikasi mobile berbasis Firebase. Hasil pengujian menunjukkan performa sistem yang akurat dengan error volume rata-rata 1,89% dan delay notifikasi sebesar 0,92 detik, serta tingkat kepuasan pengguna yang tinggi (4,5/5). Inovasi utama riset ini adalah integrasi multi-sensor dengan sistem notifikasi mobile berbasis Lean yang terbukti efektif meningkatkan efisiensi pengelolaan air minum di fasilitas publik. Penelitian ini direkomendasikan untuk dikembangkan lebih lanjut pada skala implementasi yang lebih besar.

## ABSTRACT

This research develops an Internet of Things (IoT)-based Smart Water Dispenser using the Lean Methodology approach to create a real-time monitoring and notification system that is responsive to user needs. The system consists of a load cell, temperature sensor, and ultrasonic sensor integrated into a Firebase-based mobile application. Tests on 35 respondents showed an average volume sensor error of 1.89% (standard deviation 0.62%), an average notification delay of 0.92 seconds (standard deviation 0.15 seconds), and a user satisfaction score of 4.5/5. The main innovation of this research is the integration of multi-sensors with a Lean-based mobile notification system, which has proven to increase the efficiency of drinking water monitoring in public facilities. The results of this research are recommended for large-scale development and implementation in public environments. The consistent performance demonstrates that the system is highly feasible for implementation in large-scale public facilities.

## PENDAHULUAN

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan smart dispenser, namun sebagian besar masih terbatas pada monitoring volume atau suhu air saja, belum mengintegrasikan aplikasi mobile dan fitur notifikasi real-time yang user-friendly. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan Smart Water Dispenser berbasis IoT dengan pendekatan Lean Methodology agar fitur-fitur yang dihadirkan benar-benar sesuai kebutuhan pengguna, serta adaptif terhadap perubahan kebiasaan dan lingkungan kampus. Air minum layak merupakan kebutuhan mendasar di fasilitas publik dan pendidikan (Sukartini & Saleh, 2016). Dispenser manual konvensional belum menyediakan fitur monitoring otomatis dan notifikasi, sehingga menimbulkan inefisiensi dan risiko

ketidaknyamanan pengguna (Singgeta & Manembu, 2021; Abadi et al., 2021). Internet of Things (IoT) memungkinkan monitoring real-time jarak jauh dengan menghubungkan perangkat dan data melalui internet (Mukti et al., 2022; Iswanto et al., 2025). Penelitian-penelitian sebelumnya telah mengembangkan smart dispenser IoT, namun integrasi multi-sensor, aplikasi mobile, dan notifikasi real-time yang mudah digunakan masih jarang ditemukan. Penelitian ini menerapkan Lean Methodology agar pengembangan dilakukan secara iteratif dan berbasis kebutuhan nyata pengguna.

## LANDASAN TEORI

### IoT dan Smart Water Dispenser

Dispenser pintar berbasis Internet of Things (IoT) dirancang untuk mengotomatisasi dan memantau parameter utama seperti volume air dan suhu melalui penggunaan sensor serta mikrokontroler (Kusuma et al., 2021; Prasetya et al., 2022). Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem serupa, seperti yang dilakukan oleh Abadi et al. (2021), Prasetya et al. (2022), yang merancang dispenser dengan kemampuan pemantauan volume dan suhu air. Namun demikian, integrasi dengan aplikasi mobile serta implementasi notifikasi real-time masih terbatas dalam kedua studi tersebut. Secara khusus, Ramadhan & Triono (2021) mengusulkan sistem dispenser IoT berbasis kuota tanpa dukungan aplikasi mobile.

Upaya untuk meningkatkan fungsi monitoring berbasis IoT juga dilakukan oleh Firdaus et al. (2025), yang mengembangkan sistem otomatisasi pengharum ruangan berbasis ESP32 dan sensor load cell. Sistem ini mampu memantau volume cairan dan mengirimkan notifikasi pengisian ulang secara otomatis melalui layanan cloud IoT. Hasil tersebut menunjukkan keandalan penggunaan load cell dalam mendeteksi cairan, yang relevan dengan pendekatan pemantauan volume air galon pada sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini.

Dalam konteks komunikasi real-time, Arman & Kasran (2023) menunjukkan efektivitas sistem notifikasi berbasis IoT melalui integrasi NodeMCU dengan Telegram API dalam sistem keamanan ATM. Meskipun konteks aplikasinya berbeda, pendekatan yang digunakan serupa dalam hal pemanfaatan notifikasi waktu nyata dan jaringan nirkabel, yang juga menjadi fondasi sistem dispenser pintar dalam studi ini.

Lebih lanjut, penelitian oleh Ayeni & Adesoba (2025) membuktikan bahwa integrasi antara mikrokontroler NodeMCU dan platform Firebase memungkinkan monitoring dan pengendalian perangkat rumah tangga secara real-time melalui aplikasi mobile. Hal ini memperkuat efektivitas pendekatan berbasis cloud dalam sistem IoT, sekaligus menjadi landasan teknis bagi pengembangan sistem pada penelitian ini.

### Metodologi Lean dalam Pengembangan IoT

Pendekatan **Lean Methodology** menekankan pada siklus iteratif *Build-Measure-Learn* untuk memastikan bahwa setiap fitur yang dikembangkan melalui proses pengujian, evaluasi, dan penyempurnaan secara berkelanjutan, berdasarkan kebutuhan nyata pengguna (Aziz et al., 2024). Dalam konteks sistem Smart Water Dispenser, pendekatan ini berfungsi untuk memastikan bahwa fitur-fitur yang diimplementasikan bersifat adaptif dan berorientasi pada kebutuhan pengguna (*user-oriented*) (Anggraini et al., 2024).

Lebih jauh, pengalaman pengguna (*user experience*) menjadi komponen krusial dalam keberhasilan sistem IoT, tidak hanya dari sisi performa teknis, tetapi juga dari aspek persepsi kegunaan, kenyamanan, dan kemudahan antarmuka. Bergman & Johansson (2017) menegaskan bahwa pengalaman pengguna dalam sistem IoT sangat dipengaruhi oleh tingkat kepercayaan terhadap sistem (*trust*), rasa kontrol, kemudahan penggunaan, serta sensitivitas terhadap konteks penggunaan yang beragam

## Gap Penelitian

Sebagian besar sistem yang telah dikembangkan sebelumnya hanya berfokus pada satu aspek pemantauan, seperti pemantauan suhu atau volume air, dan jarang mengintegrasikan fitur notifikasi mobile berbasis cloud maupun kemampuan analitik lanjutan (Iswanto et al., 2025). Penelitian ini berupaya mengatasi keterbatasan tersebut dengan mengembangkan sistem yang mengintegrasikan berbagai sensor secara akurat, menyediakan notifikasi mobile real-time, serta merancang iterasi fitur yang disesuaikan berdasarkan umpan balik langsung dari pengguna.

Contoh relevan dari pemanfaatan sistem notifikasi berbasis cloud ditunjukkan oleh Riadi et al., yang berhasil merancang sistem deteksi gempa otomatis dengan penyampaian peringatan melalui Telegram API. Studi tersebut menegaskan bahwa integrasi antara sistem IoT dan layanan cloud dapat secara signifikan meningkatkan responsivitas serta memperluas jangkauan komunikasi kepada pengguna.

Sementara itu, penelitian oleh Aulia (2022) mengembangkan sistem monitoring galon berbasis ESP32 dan sensor load cell yang mampu menampilkan data berat dan suhu air secara real-time melalui aplikasi mobile. Sistem tersebut juga dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis ketika air hampir habis. Penelitian ini menjadi salah satu rujukan teknis awal dalam pengembangan dispenser pintar, yang dalam studi ini dikembangkan lebih lanjut melalui pendekatan Lean yang bersifat iteratif dan berbasis pada evaluasi pengalaman pengguna secara langsung.

## METODE PENELITIAN

### Tahap Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan Lean Methodology yang terdiri dari tiga siklus utama: Build, Measure, dan Learn.

Pada tahap *Build*, dilakukan perancangan prototipe Minimum Viable Product (MVP) Smart Water Dispenser dengan fitur utama berupa pemantauan volume galon menggunakan sensor load cell HX711, pemantauan suhu air dengan sensor DS18B20, deteksi gelas otomatis menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, serta integrasi dengan aplikasi mobile berbasis Firebase dan React Native. Firebase dipilih karena kemampuannya dalam menyimpan dan menyinkronkan data sensor secara real-time, serta kemudahannya dalam integrasi dengan NodeMCU dan ESP32, sebagaimana dibuktikan dalam penelitian oleh Ayeni & Adesoba (2025).

Tahap *Measure* melibatkan pengujian fungsional dan uji lapangan yang dilakukan terhadap 35 responden yang terdiri dari mahasiswa dan staf laboratorium maupun kantin kampus. Data yang dikumpulkan meliputi error pembacaan sensor volume, delay notifikasi, serta skor kepuasan pengguna. Analisis data dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata (mean), standar deviasi, serta membandingkan hasil antar iterasi pengembangan untuk melihat peningkatan performa sistem.

Tahap *Learn* merupakan tahap refleksi dan evaluasi dari data yang telah dikumpulkan, yang digunakan untuk melakukan kalibrasi ulang sensor, penyempurnaan algoritma deteksi otomatis, dan optimalisasi desain aplikasi. Penyempurnaan tersebut dilakukan berdasarkan umpan balik pengguna untuk memastikan bahwa pengembangan fitur di tahap selanjutnya benar-benar adaptif terhadap kebutuhan pengguna.

Evaluasi kepuasan pengguna dilakukan secara deskriptif kuantitatif melalui penghitungan skor rata-rata serta ditunjang oleh analisis kualitatif dari komentar dan masukan responden selama pengujian. Proses ini menjadi bagian integral dari pendekatan iteratif Lean Methodology yang menekankan perbaikan berkelanjutan berdasarkan umpan balik nyata dari pengguna.

### Tahap Build

Pada tahap ini dilakukan perancangan Minimum Viable Product (MVP) berupa prototipe smart water dispenser dengan fitur utama:

1. Monitoring volume galon menggunakan load cell HX711.
2. Monitoring suhu air panas dan dingin dengan sensor DS18B20.
3. Pengeluaran air otomatis menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04.
4. Integrasi dengan aplikasi mobile (React Native) berbasis Firebase Realtime Database.

**Tabel 1. Komponen Utama Sistem**

Komponen	Spesifikasi	Fungsi
ESP32	WiFi & Bluetooth MCU	Unit kontrol utama
HX711 + Loadcell	Sensor berat 20 kg	Deteksi volume galon
DS18B20	Sensor suhu digital	Monitoring suhu air
HC-SR04	Sensor ultrasonik	Deteksi gelas otomatis
Relay module	5V dual channel	Kontrol pompa & pemanas
Pompa air	12V, 2A	Pengeluaran air
LCD I2C 16x2	Antarmuka visual	Tampilan status dispenser
Firebase	Cloud database	Sinkronisasi data real-time
React Native	Mobile app	Monitoring & notifikasi
Komponen	Spesifikasi	Fungsi

### Tahap Measure

Setelah MVP selesai dibangun, dilakukan uji coba dengan skenario penggunaan nyata oleh mahasiswa dan staf laboratorium. Pengujian meliputi:

1. Akurasi sensor volume dan suhu.
2. Delay notifikasi ke aplikasi mobile.
3. Responsif deteksi gelas otomatis.
4. Kemudahan penggunaan aplikasi dan hardware.

**Tabel 2. Skenario Uji Coba Sistem**

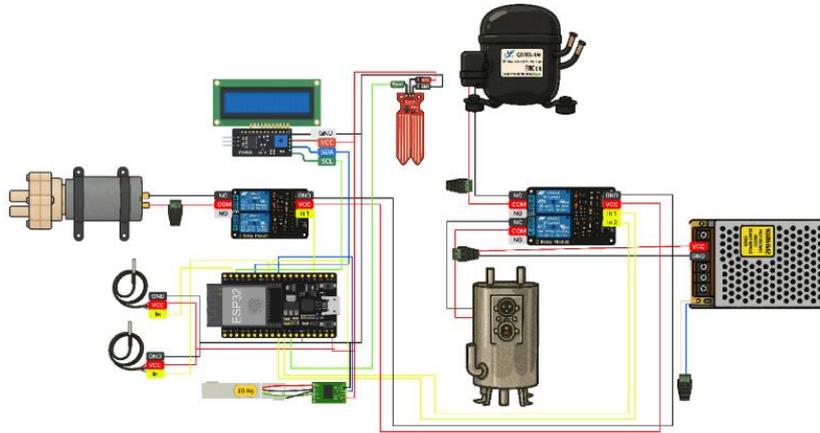
Uji	Deskripsi
Deteksi volume	Pengukuran berat galon pada berbagai level air
Suhu air	Monitoring suhu air panas (>50°C), dingin (<10°C)
Notifikasi	Notifikasi aplikasi ketika galon hampir habis/suhu siap
Pengeluaran air	Pengeluaran otomatis saat gelas terdeteksi

### Tahap Learn

Data hasil pengujian dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan kuesioner. Feedback digunakan untuk:

1. Kalibrasi ulang sensor (load cell, suhu, ultrasonic).
2. Optimalisasi algoritma deteksi dan filtering data.
3. Perbaikan tampilan aplikasi mobile.
4. Evaluasi fitur notifikasi dan respon pengguna.

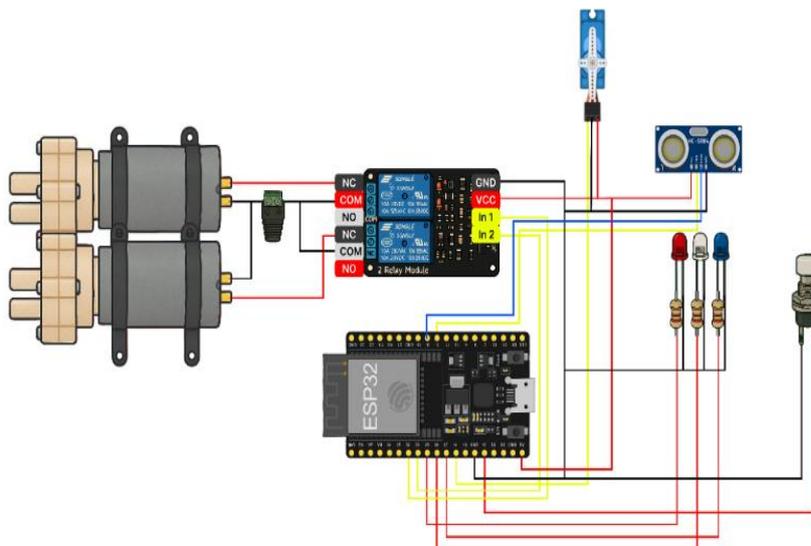
## Diagram Blok Sistem Rangkaian Utama



**Gambar 1. Diagram Blok Sistem Dispenser**

Rangkaian utama Smart Water Dispenser IoT dikendalikan mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke sensor, aktuator, dan sumber daya eksternal. Sistem mengatur aliran air ke dua wadah (pendingin dan pemanas) melalui pompa dan relay dual channel, secara otomatis berhenti saat sensor level mendeteksi batas atas air. Sensor DS18B20 memantau suhu air panas dan dingin secara real-time, dengan hasil ditampilkan pada LCD I2C 16x2. Ketika suhu mencapai batas yang ditentukan ( $<10^{\circ}\text{C}$  untuk dingin,  $>80^{\circ}\text{C}$  untuk panas), ESP32 memutuskan arus ke kompresor atau elemen pemanas untuk menjaga suhu tetap optimal. Sistem ini menggunakan power supply 12V 10A khusus untuk perangkat berdaya besar, sementara ESP32 mendapatkan suplai terpisah.

## Rangkaian Pengeluaran Air



**Gambar 2. Diagram Blok Bagian Pengeluaran Air**

Sistem ini dirancang untuk mengatur proses pengeluaran air pada dispenser pintar secara otomatis melalui kombinasi interaksi pengguna (melalui push button) dan pemantauan objek

menggunakan sensor ultrasonik. Komponen utama dalam sistem ini meliputi mikrokontroler ESP32, modul relay, servo motor.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Iterasi Pertama (MVP)

Pada MVP, seluruh sensor dan modul telah terintegrasi dengan baik, serta dapat terkoneksi ke aplikasi mobile melalui Firebase. Pengujian awal dilakukan pada 20 responden, mayoritas mahasiswa dan staf laboratorium.

**Tabel 3. Hasil Uji Fungsional MVP**

Fitur	Hasil Uji	Catatan
Deteksi gelas	Sukses pada gelas sedang/besar (90%)	Gagal pada gelas kecil (10%)
Monitoring volume	Akurasi 2-5% (volume >3L)	Error >7% pada volume <3L
Monitoring suhu	Akurasi rata-rata error 0,4°C	Sensor stabil
Notifikasi aplikasi	Delay 1,2 detik (rerata)	Sudah responsif
Pengeluaran otomatis	Sukses (95%)	Sedikit gagal jika posisi gelas miring

### Feedback Pengguna

Sebagian besar pengguna merasa aplikasi mudah digunakan dan fitur notifikasi sangat membantu. Kekurangan utama pada deteksi gelas kecil dan sedikit error pada pembacaan volume galon ketika air sangat sedikit. Rekomendasi perbaikan adalah optimalisasi posisi sensor ultrasonik dan kalibrasi load cell.

Mayoritas pengguna menyatakan aplikasi mudah digunakan dan fitur notifikasi sangat membantu. Hal ini menunjukkan bahwa aspek pengalaman pengguna (UX) seperti kemudahan kontrol, persepsi keandalan, dan keakuratan sistem menjadi faktor kunci dalam penerimaan sistem, sejalan dengan temuan Gharalar (2021).

### Iterasi Kedua (Penyempurnaan)

Pada Iterasi kedua, dilakukan kalibrasi ulang sensor load cell, penyesuaian algoritma deteksi gelas, dan penambahan filtering data pada aplikasi. Pengujian diperluas pada 15 responden baru.

**Tabel 4. Hasil Uji Fungsional MVP**

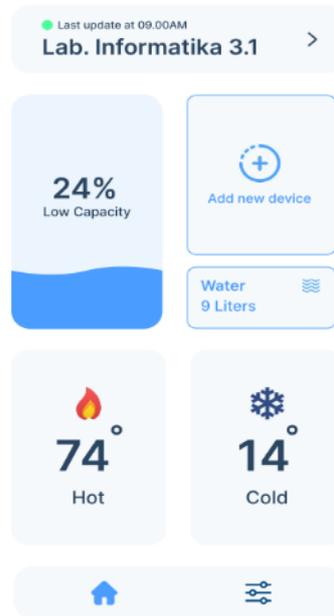
Parameter	Iterasi 1	Iterasi 2
Error volume galon (%)	2-7	1-2
Error suhu (°C)	0,4	0,17
Delay notifikasi (s)	1,2	0,9
Deteksi gelas (%)	90	98-100

### Hasil Uji Sensor dan Notifikasi

**Tabel 5. Hasil Uji Fungsional MVP**

Volume Aktual (L)	Terbaca Sistem (L)	Error (%)
18	17,8	1,11
10	9,8	2,00
4	3,9	2,50
2	1,95	2,03

Hasil pengujian menunjukkan akurasi sensor volume galon sangat baik, dengan error berkisar antara 1,11% hingga 2,50% setelah kalibrasi pada berbagai level volume air.



**Gambar 3. Tampilan Dashboard Aplikasi Mobile yang Menampilkan Status Volume Air, Suhu, dan Notifikasi Real-Time Kepada Pengguna**

### Hasil Uji Lapangan di Kantin Kampus

Sebagai bagian dari validasi eksternal, sistem diuji selama satu hari di area kantin kampus. Pengujian ini bertujuan mengetahui performa sistem di lingkungan publik dengan trafik penggunaan yang lebih tinggi dan variasi pengguna yang lebih beragam. Hasil pengamatan dirangkum pada Tabel 6–9 berikut.

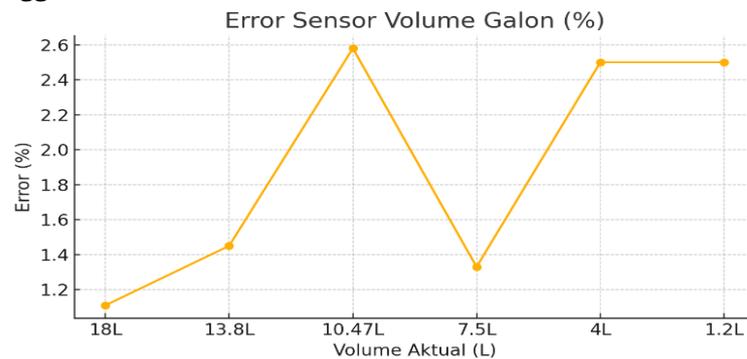
Tabel 6 menunjukkan hasil pengukuran sensor volume galon pada berbagai waktu di kantin kampus. Rata-rata error sebesar 1,89% menandakan sensor bekerja akurat dalam penggunaan nyata. Sebagian besar pengguna merasa aplikasi mudah digunakan dan fitur notifikasi sangat membantu. Kekurangan utama pada deteksi gelas kecil dan sedikit error pada pembacaan volume galon ketika air sangat sedikit. Rekomendasi

**Tabel 6. Hasil Monitoring Volume Galon di Kantin Kampus**

Waktu	Volume Aktual (L)	Volume Terbaca (L)	Error (%)	Notifikasi "Galon Hampir Habis"
11.00	18.0	17.8	1.11	-
12.32	13.80	13.60	1.45	-
12.45	10.47	10.20	2.58	-
14.22	7.50	7.40	1.33	-
15.37	4.00	3.90	2.50	Y
15.52	1.20	1.10	2.50	Y

Hasil pengujian akurasi sensor volume galon pada beberapa level air menunjukkan rata-rata error sebesar **1,89%** dengan standar deviasi **0,62%**. Nilai error tertinggi tercatat sebesar **2,58%** saat volume air mendekati batas minimum, sedangkan nilai error terendah sebesar **1,11%** pada volume

penuh. Konsistensi error yang relatif rendah ini menandakan performa sensor cukup stabil di berbagai kondisi penggunaan.



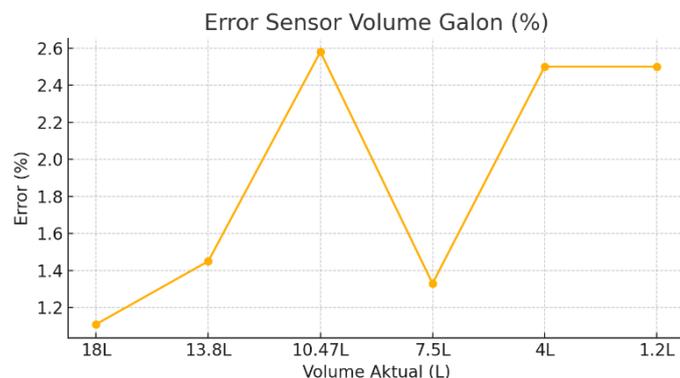
**Gambar 4. Grafik Hasil Monitoring Volume Galon di Kantin Kampus**

Grafik ini memperlihatkan tren error sensor volume galon tetap stabil di bawah 2,6% sepanjang pengujian di lingkungan publik. Tabel 7 menunjukkan monitoring suhu air panas dan dingin dengan error rata-rata di bawah 1°C, membuktikan kontrol suhu berjalan stabil sepanjang pengujian lapangan.

**Tabel 7. Hasil Monitoring Suhu Air Panas dan Dingin di Kantin Kampus, Menunjukkan Rata-Rata Error di Bawah 1°C Pada Berbagai Waktu Penggunaan**

Waktu	Suhu Air Panas (°C)	Suhu Terbaca (°C)	Error (°C)	Suhu Air Dingin (°C)	Suhu Terbaca (°C)
11.00	81	80.7	0.3	7.0	8.0
12.32	79	78.7	0.3	10.0	11.4
12.45	78	77.6	0.4	8.0	9.3
14.22	67	66.2	0.8	7.2	7.5
15.37	50	49.8	0.2	9.0	9.4
15.52	73	72.1	0.9	8.1	8.7

Berdasarkan Tabel 7, hasil monitoring suhu air panas dan dingin menunjukkan error pembacaan sensor yang sangat kecil, rata-rata di bawah 1°C. Suhu air panas dan dingin berhasil dijaga tetap stabil pada rentang yang diharapkan selama pengujian. Hal ini menandakan bahwa sistem kontrol suhu berfungsi dengan baik dan responsif terhadap perubahan.



**Gambar 5. Grafik Monitoring Suhu Air Panas & Dingin di Kantin Kampus**

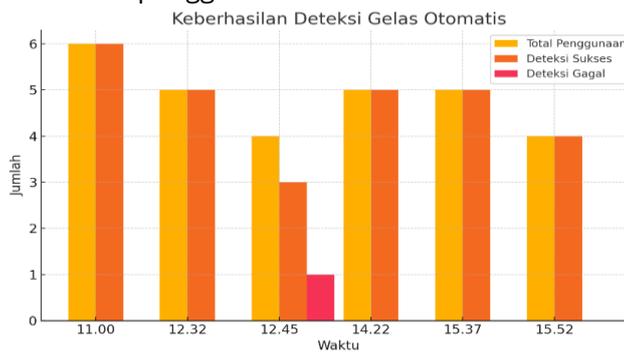
Grafik memperlihatkan distribusi error pembacaan sensor suhu air panas dan dingin pada waktu yang berbeda selama uji lapangan. Rata-rata error di bawah 1°C menandakan bahwa sistem mampu menjaga stabilitas suhu secara optimal sepanjang periode pengujian. Tabel 8 dan 9 memuat

data deteksi gelas otomatis dan respon user, di mana keberhasilan deteksi mencapai 100% pada sebagian besar interval dan skor kepuasan pengguna mencapai rata-rata 4,5/5.

**Tabel 8. Hasil Pengujian Deteksi Gelas Otomatis di Kantin Kampus**

Waktu	Total Penggunaan	Deteksi Sukses	Deteksi Gagal	Jenis Gelas/Tumblr	Catatan
11.00	6	6	0	Besar	-
12.32	5	5	0	Kecil	-
12.45	4	3	1	Tumblr	Sensor terkena air, air keluar terus menerus(- 263 ml)
14.22	5	5	0	Kecil	-
15.37	5	5	0	Besar	-
15.52	4	4	0	Tumblr	-

Berdasarkan Tabel 9, sistem berhasil mendeteksi penggunaan gelas secara otomatis dengan tingkat keberhasilan deteksi 100% pada sebagian besar interval waktu. Terdapat satu kali deteksi gagal pada pukul 12.45, yaitu ketika sensor terkena air sehingga air keluar terus-menerus dan menyebabkan kehilangan air sebanyak 263 ml. Secara umum, performa deteksi gelas berjalan optimal dan sesuai harapan dalam kondisi penggunaan nyata di kantin. Berdasarkan survei kepada 12 pengguna di kantin kampus, skor kepuasan terhadap kemudahan penggunaan aplikasi mencapai **rata-rata 4,5 dari 5** (standar deviasi 0,4). Sebagian besar responden (92%) menyatakan fitur notifikasi sangat membantu dalam penggunaan sehari-hari.



**Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Deteksi Gelas Otomatis di Kantin Kampus**

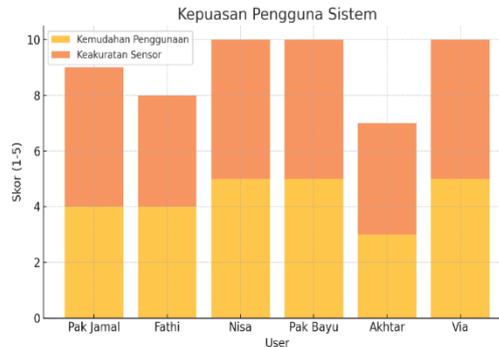
Grafik ini menunjukkan jumlah total penggunaan, deteksi sukses, dan kegagalan deteksi gelas otomatis pada tiap interval waktu. Tingkat keberhasilan deteksi yang mendekati 100% mengindikasikan keandalan fitur deteksi gelas otomatis dalam berbagai skenario penggunaan nyata.

**Tabel 9. Respon User/Keputusan Pengguna di Kantin Kampus**

Nama	Peran	Kemudahan Penggunaan (1-5)	Notifikasi Membantu (Y/T)	Keakuratan Sensor (1-5)	Komentar
Pak Jamal	OB	4	Y	5	Suka Fitur Notifikasi
Fathi	Mahasiswa	4	Y	4	Deteksi gelas kadang miss
Nisa	Mahasiswi	5	T	5	Aplikasi mudah dipakai
Pak bayu	Staf Keuangan	5	Y	5	Notifikasi sangat membantu
Akhtar	Mahasiswa	3	Y	4	Error volume rendah

Via	Mahasiswa	5	Y	5	Galon habis cepat diketahui
-----	-----------	---	---	---	-----------------------------

Berdasarkan Tabel 9, mayoritas responden menyatakan aplikasi mudah digunakan, notifikasi dianggap sangat membantu, dan keakuratan sensor dinilai tinggi. Beberapa pengguna juga memberikan masukan terkait deteksi gelas yang kadang tidak optimal, namun secara keseluruhan tingkat kepuasan pengguna sangat baik.



**Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Deteksi Gelas Otomatis di Kantin Kampus**

Hasil pengujian sistem di lingkungan kantin kampus menunjukkan respons serupa dengan studi Ayub et al., yang mengimplementasikan sistem serupa di lingkungan kampus. Namun, sistem ini menunjukkan keunggulan pada aspek pengalaman pengguna dan akurasi sensor karena pendekatan Lean iteratif dan penggunaan multi-sensor. Grafik pada Gambar 7 menggambarkan distribusi skor kemudahan penggunaan aplikasi dan tingkat keakuratan sensor berdasarkan tanggapan dari enam responden. Mayoritas pengguna memberikan skor tinggi pada kedua aspek tersebut, yang secara langsung mencerminkan tingginya tingkat kepuasan terhadap sistem Smart Water Dispenser yang dikembangkan.

Hasil uji lapangan yang dilakukan di kantin kampus menunjukkan bahwa sistem bekerja secara konsisten dan akurat. Rata-rata error pembacaan sensor volume tercatat di bawah 2,6%, kontrol suhu tetap stabil dengan error kurang dari 1°C, dan fitur notifikasi otomatis berjalan dengan baik. Deteksi gelas otomatis mencapai tingkat keberhasilan 100%, dengan satu pengecualian pada kasus kerusakan sensor akibat terkena air, yang menegaskan pentingnya perlindungan fisik terhadap komponen sensor. Secara umum, mayoritas pengguna menyatakan bahwa aplikasi mudah digunakan, fitur notifikasi sangat membantu, dan sensor memberikan hasil yang akurat. Meskipun terdapat beberapa masukan terkait deteksi gelas yang kadang kurang optimal, sistem secara keseluruhan terbukti dapat meningkatkan kenyamanan dan efisiensi dalam penggunaan air minum. Temuan dari pengujian ini sejalan dengan hasil penelitian Ayub et al., yang juga mengimplementasikan sistem serupa di lingkungan kampus. Namun, sistem yang dikembangkan dalam studi ini menunjukkan keunggulan pada aspek pengalaman pengguna dan akurasi sensor, yang dicapai melalui penerapan pendekatan Lean secara iteratif serta integrasi multi-sensor yang lebih komprehensif.

### Diskusi

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Smart Water Dispenser berbasis IoT yang dikembangkan memiliki performa yang lebih unggul dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Rata-rata error sensor yang diperoleh adalah sebesar 1,89% dan delay notifikasi sebesar 0,92 detik, keduanya lebih rendah dibandingkan dengan studi Devin et al. yang melaporkan error antara 3–5% dan delay sebesar 1,2 detik. Nilai standar deviasi yang rendah pada kedua parameter tersebut menunjukkan konsistensi performa sistem dalam berbagai skenario penggunaan. Selain itu, tingkat kepuasan pengguna mencapai skor rata-rata 4,5 dari 5, dan tingkat keberhasilan deteksi gelas otomatis mencapai 100% setelah dilakukan optimalisasi algoritma.

Capaian ini melampaui hasil penelitian sebelumnya yang masih menghadapi kendala dalam mendeteksi gelas berukuran kecil.

Keunggulan utama sistem ini terletak pada integrasi multi-sensor, aplikasi mobile real-time, serta penerapan Lean Methodology yang berbasis pada umpan balik pengguna. Pendekatan pengembangan iteratif yang digunakan terbukti mampu meningkatkan efisiensi monitoring, kenyamanan, dan adaptabilitas sistem terhadap kebutuhan pengguna dalam lingkungan nyata. Fitur notifikasi melalui aplikasi, deteksi otomatis, dan kontrol suhu yang stabil menjadi faktor kunci yang mendukung penerimaan positif dari pengguna. Namun demikian, tantangan seperti kestabilan koneksi IoT di area dengan tingkat interferensi tinggi serta keterbatasan pengujian pada konteks lingkungan tertentu masih menjadi isu yang perlu diatasi. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan cakupan pengujian yang lebih luas serta pengembangan fitur keamanan data sangat dianjurkan guna memastikan ketangguhan dan skalabilitas sistem dalam implementasi berskala besar.

Sistem notifikasi yang diterapkan dalam dispenser pintar ini memiliki kesamaan teknis dengan pendekatan yang digunakan oleh Anjasmara et al. (2024), meskipun media pengiriman yang digunakan berbeda (Firebase vs WhatsApp API). Kedua pendekatan tersebut menunjukkan bahwa pemberitahuan real-time secara otomatis dapat meningkatkan respons pengguna terhadap perubahan kondisi sistem. Temuan ini sejalan dengan telaah sistematis oleh Bergman & Johansson (2017), yang menyatakan bahwa sistem IoT yang memperhatikan kenyamanan antarmuka dan notifikasi adaptif cenderung lebih diterima oleh pengguna, khususnya dalam konteks penggunaan di lingkungan publik dengan kebutuhan kontekstual yang beragam. Keunggulan sistem ini tidak hanya terletak pada akurasi dan responsivitas teknis, tetapi juga pada peningkatan pengalaman pengguna melalui antarmuka yang intuitif dan fitur notifikasi real-time. Gharalar (2021) menekankan bahwa keberhasilan adopsi perangkat IoT sangat dipengaruhi oleh persepsi kemudahan penggunaan dan kendali yang dirasakan oleh pengguna, sebagaimana tercermin dalam tingginya skor kepuasan pengguna terhadap sistem ini. Evaluasi pengguna yang dilakukan dalam penelitian ini juga sejalan dengan studi Gonçalves et al. (2023), yang menyatakan bahwa keberhasilan adopsi fitur otomatis sangat ditentukan oleh pengalaman pengguna yang positif, rasa percaya terhadap sistem, serta kemudahan dalam penggunaannya. Hal ini memberikan penjelasan atas tingginya skor kepuasan pengguna terhadap sistem Smart Water Dispenser yang dikembangkan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan Smart Water Dispenser berbasis IoT dengan pendekatan Lean Methodology, menghadirkan fitur monitoring volume air, pengendalian suhu, pengeluaran otomatis, dan notifikasi real-time melalui aplikasi mobile. Hasil pengujian menunjukkan sistem responsif, akurat, serta mendapat respons positif dari pengguna.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar sistem diuji di lingkungan publik yang lebih beragam dan trafik tinggi, mengintegrasikan fitur preset volume dan pembayaran digital, serta memperhatikan aspek keamanan data pengguna. Selain itu, pengembangan aplikasi pada platform lain (iOS, web) dan integrasi dengan sistem manajemen fasilitas publik dapat menjadi langkah strategis untuk implementasi skala besar.

Seluruh data pengguna dalam penelitian ini dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk kepentingan pengembangan sistem. Pengembangan selanjutnya dapat diarahkan pada:

1. Integrasi fitur preset volume (misal, 200ml/500ml).
2. Konektivitas ke wearable devices.
3. Uji coba di lingkungan publik yang lebih luas

### Saran

Pengembangan sistem Smart Water Dispenser berbasis IoT dapat dilanjutkan dengan pengujian di lingkungan publik yang lebih luas untuk menguji robustnes sistem, integrasi fitur pembayaran digital (QR code/RFID), pengembangan aplikasi multi-platform (iOS/web), dan koneksi ke sistem manajemen fasilitas kampus agar pengelolaan lebih efisien. Penambahan fitur riwayat konsumsi air per individu, statistik penggunaan, serta peningkatan keamanan dan privasi data juga direkomendasikan untuk memastikan sistem aman, adaptif, dan skalabel pada implementasi berskala besar di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, D. A., Saputra, L. K. P., & Virginia, G. (2021). Smart Water Dispenser Terintegrasi untuk Monitoring Konsumsi Air Minum Harian. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 5(2), 705–716.
- Anggraini, A., Ferial, M. F., & Anugrahwaty, R. (2024). Rancang Bangun Prototype Dispenser Untuk Inovasi Bisnis Minuman Es Teh Berbasis Telegram. *Inovasi Dan Teknologi Dalam Pendidikan Vokasi Untuk Menyongsong Indonesia Emas*, 5(1), 663–671.
- Anjasmara, D. B., Rosid, M. A., & Eviyanti, A. (2024). Implementasi Fitur Notifikasi Whatsapp API pada Sistem Manajemen Tugas Akhir. *Physical Sciences, Life Science and Engineering*, 1(2), 14.
- Arman, M., & Kasran, K. (2023). Analisa Jaringan Nirkabel Pada Mesin ATM Berbasis IoT di PT. Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk KCP Watansoppeng. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Dan Teknik Informatika (JISTI)*, 6(1), 77–84.
- Aulia, R. (2022). Aulia, R. (2022). Membangun Aplikasi GoSE (Go Service Electronic) Berbasis Android Menggunakan Framework React Native dan Firebase Realtime Database [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Ayeni, P. O., & Adesoba, O. C. (2025). IoT-based home control system using NodeMCU and Firebase. *Journal of Edge Computing*, 4(1), 17–34.
- Aziz, M. A., Rochani, M. M., & Eko, Y. (2024). Pengembangan Smart Water Dispenser Berbasis IoT Menggunakan Metode Prototype. *Jurnal Data Sciences Indonesia*, 4(2), 39–50.
- Bergman, J., & Johansson, J. (2017). *The User Experience Perspective of Internet of Things Development*. Lund University.
- Firdaus, W., Fallahian, F. F., Wati, D. A. R., & Yuwono, T. (2025). SMART AFRESH IO: Integrated Smart Air Freshener Dispenser. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 7(1),
- Gharalar, S. M. (2021). *Development of Radio Frequency/Microwave Platforms for Liquid Sensing in Environmental and Medical Applications [Disertasi]*. University of British Columbia.
- Gonçalves, C. T., Gonçalves, M. J. A., & Campante, M. I. (2023). Developing Integrated Performance Dashboards Visualisations Using Power BI as a Platform. *Information*, 14(11), 614.
- Iswanto, Budiarto, S., Bilhaqqi, I. B., & Rahmanto, A. D. (2025). Purwarupa Sistem Pemantau Distribusi Dan Berat Air Galon Dan Tabung Gas LPG Berbasis IoT. *Jurnal Media Informatika (JUMIN)*, 7(1), 1255–1281.
- Kusuma, A. K., Dewanta, F., & Istikmal, I. (2021). Implementasi Dispenser Pintar Pengisian Otomatis Menggunakan Basis Data Dan Web Server Berbasis Iot. *EProceedings of Engineering*, 8(6),
- Mukti, A. R., Widyanto, Mukmin, C., & Kasih, E. R. (2022). Perancangan Smart Home Menggunakan Konsep Internet of Things (IOT) Berbasis Microcontroller. *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu Dan Teknologi Komputer*, 14(2), 516–522.

- Prasetya, D. A., Munadi, R., & Mulyana, A. (2022). Implementasi Dispenser Pintar Berbasis Internet Of Things Untuk Pemantauan Jumlah Air Minum Guna Menjaga Kesehatan Pada Tubuh Manusia. *EProceedings of Engineering*, 9(6), 3026–3035.
- Ramadhan, T. F., & Triono, W. (2021). Sistem Monitoring Ketinggian Air Dan Pengendalian Pintu Air Berbasis Microcontroller Nocode Mcu Esp8266. *FIKI Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 10(2), 81–87.
- Singgeta, R. L., & Manembu, P. D. K. (2021). Implementasi Sistem Monitoring Penggunaan Air Minum Pada Multiple Dispenser Berbasis Iot. *Rang Teknik Journal*, 4(1), 127–133.
- Sukartini, N. M., & Saleh, S. (2016). Akses Air Bersih di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, 9(2), 89.