

Perancangan Monitoring dan Kendali Level Air Berbasis ESP32 Menggunakan Protokol MQTT

Afriansyah Septyarno^{1*}, Jibrin Ma'ruf², Wasis Yoga Wicaksono³, Pramono⁴

¹Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

¹230103084@mhs.udb.ac.id

²Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

²230103105@mhs.udb.ac.id

³Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

³230103121@mhs.udb.ac.id

⁴Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

⁴pramono@udb.ac.id

Abstrak— Pengisian air tandon yang masih dilakukan secara manual berpotensi menyebabkan keterlambatan pengisian, luapan air, dan pemborosan energi. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan kendali level air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 dan protokol MQTT. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) melalui tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian sistem. Sistem memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi level air, relay untuk mengendalikan pompa, serta dashboard berbasis Laravel untuk monitoring dan kontrol secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki tingkat kesalahan pembacaan maksimum sebesar 1 cm. Sistem juga berhasil menampilkan informasi level air dan status pompa secara real-time, serta menjalankan kontrol pompa secara otomatis maupun manual melalui dashboard web. Selain itu, fitur watchdog protection dan auto reconnect WiFi/MQTT mendukung stabilitas sistem selama pengoperasian. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu menyediakan solusi monitoring dan kendali tandon air yang otomatis, praktis, dan andal.

Kata kunci— Internet of Things, ESP32, MQTT, monitoring level air, tandon air.

Abstract— Manual water tank refilling can potentially cause delays in refilling, water overflow, and energy waste. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based water level monitoring and control system using the ESP32 and the MQTT protocol. The research method employed is Research and Development (R&D), involving the stages of system design, implementation, and testing. The system utilizes an HC-SR04 ultrasonic sensor to detect water levels, a relay to control the pump, and a Laravel-based dashboard for real-time monitoring and control. Test results show that the HC-SR04 sensor has a maximum reading error of 1 cm. The system also successfully displays real-time water level information and pump status, and operates pump control automatically or manually via the web dashboard. Additionally, the watchdog protection and auto-reconnect WiFi/MQTT features support system stability during operation. Thus, the developed system is capable of providing an automated, practical, and reliable monitoring and control solution for water tanks.

Keywords— Internet of Things, ESP32, MQTT, water level monitoring, water tank.

I. PENDAHULUAN

Ketersediaan air dalam tandon merupakan salah satu kebutuhan penting dalam aktivitas sehari-hari. Namun, pengisian air pada tandon masih banyak dilakukan secara manual sehingga pengguna harus memeriksa kondisi air secara berkala untuk menyalakan atau mematikan pompa. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan keterlambatan pengisian ketika air habis, air meluap saat tandon penuh, serta pemborosan energi akibat pompa yang tetap beroperasi melebihi kebutuhan [1], [2]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu

melakukan pemantauan dan pengendalian level air secara otomatis agar penggunaan air dan energi menjadi lebih efisien.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut melalui penerapan sistem monitoring ketinggian air. Sistem monitoring berbasis mikrokontroler dan komunikasi WiFi telah dikembangkan untuk memberikan informasi kondisi air secara berkelanjutan [3]. Penelitian lain memanfaatkan media berbasis web sehingga pengguna dapat memantau kondisi tangki dari lokasi yang berbeda [4]. Selain itu, penerapan sensor ultrasonik yang dipadukan dengan

mikrokontroler juga menunjukkan kemampuan yang baik dalam mendeteksi perubahan level air dan mendukung proses pengendalian otomatis [5], [6]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknologi monitoring dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan air dibandingkan metode konvensional.

Perkembangan Internet of Things (IoT) semakin memperluas penerapan sistem monitoring karena memungkinkan perangkat saling terhubung melalui jaringan internet dan bertukar data secara real-time [7]. Penerapan IoT pada sistem monitoring level air tandon telah menunjukkan bahwa pengguna dapat memantau kondisi air sekaligus melakukan pengendalian pompa dengan lebih fleksibel melalui perangkat yang terhubung ke internet [1]. Dengan demikian, integrasi teknologi IoT menjadi salah satu solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan kemudahan dalam pengawasan dan pengendalian sistem tandon air.

Dalam pengembangan sistem IoT, ESP32 menjadi salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan karena telah dilengkapi fitur WiFi terintegrasi, memiliki kemampuan pemrosesan yang baik, serta mendukung berbagai protokol komunikasi data [10]. Salah satu protokol yang banyak diterapkan adalah Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) karena memiliki mekanisme komunikasi yang ringan dan efisien untuk perangkat dengan sumber daya terbatas [8], [9]. Karakteristik tersebut menjadikan kombinasi ESP32 dan MQTT sesuai untuk diterapkan pada sistem monitoring dan pengendalian level air secara real-time.

Meskipun berbagai penelitian mengenai monitoring level air telah dilakukan, sebagian besar penelitian masih berfokus pada fungsi pemantauan atau pengendalian otomatis secara terpisah. Selain itu, aspek keandalan sistem seperti mekanisme watchdog protection dan auto reconnect WiFi/MQTT masih jarang menjadi perhatian. Padahal, kestabilan koneksi dan kemampuan sistem untuk melakukan pemulihan otomatis sangat penting dalam implementasi IoT yang beroperasi secara terus-menerus. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem yang mengintegrasikan fungsi monitoring real-

time, kontrol otomatis dan manual, serta fitur pendukung keandalan dalam satu platform berbasis ESP32, MQTT, dan dashboard web Laravel.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kendali level air pada tandon berbasis ESP32 dengan monitoring IoT menggunakan protokol MQTT dan aplikasi web berbasis Laravel. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur ketinggian air, sedangkan relay berfungsi mengendalikan pompa secara otomatis berdasarkan batas level air yang telah ditentukan. Sistem yang dikembangkan tidak hanya menyediakan informasi kondisi tandon dan status pompa secara real-time, tetapi juga dilengkapi fitur history pompa, watchdog protection, dan auto reconnect WiFi/MQTT untuk mendukung keandalan operasional. Dengan adanya sistem ini, diharapkan pengelolaan tandon air dapat dilakukan dengan lebih efektif, mengurangi risiko kerusakan pompa akibat kesalahan pengoperasian, serta memberikan kemudahan dalam pemantauan jarak jauh.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) untuk menghasilkan prototype sistem Smart Tandon berbasis IoT yang mampu melakukan monitoring dan pengendalian level air secara otomatis. Metode R&D dipilih karena penelitian tidak hanya berfokus pada analisis permasalahan, tetapi juga menghasilkan produk yang dapat diuji dan dievaluasi [11].

Tahapan penelitian mengikuti model R&D yang disederhanakan untuk, meliputi:

- I. Perancangan sistem
- II. Implementasi (hardware & software)
- III. Pengujian sistem
- IV. Pembahasan hasil
- A. *Alat dan bahan*

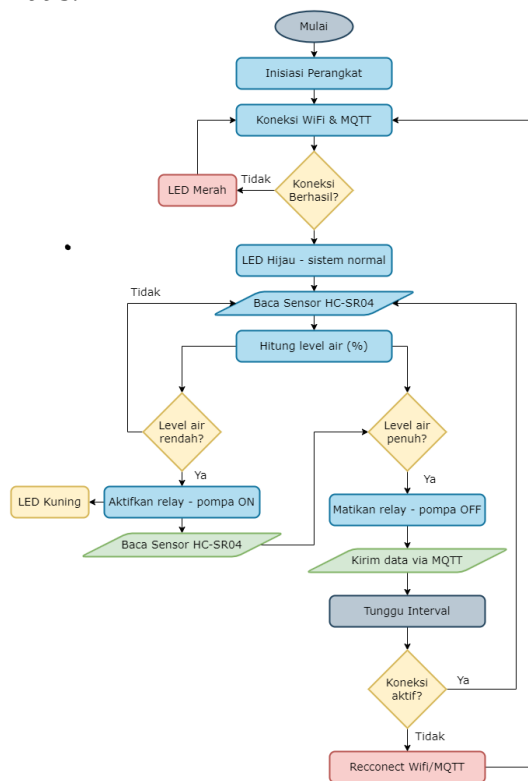
Alat dan bahan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak sebagaimana ditunjukkan pada Tabel berikut:

Table 1. Alat dan bahan

Perangkat Keras	Perangkat Lunak
ESP32 DevKit V4	Arduino IDE
HC-SR04 Sensor	Laravel Framework
Relay Module	MQTT Broker
LM2596 Converter	MySQL Database
Pompa Air DC 12V	
LED Indikator	
Adaptor 12V	

B. Flowchart Sistem

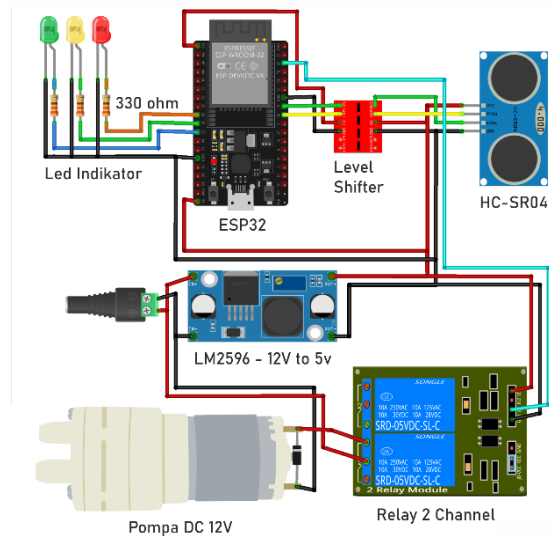
Flowchart berikut menggambarkan alur kerja sistem Smart Tandon, mulai dari inisialisasi perangkat hingga proses monitoring dan kontrol otomatis.



Gambar 1 Flowchart Sistem

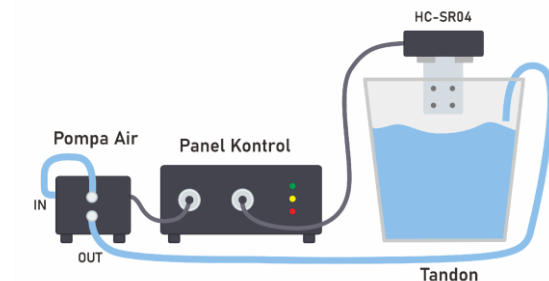
C. Perancangan Sistem

Perancangan sistem mencakup konfigurasi perangkat keras (ESP32, sensor, relay, pompa, LED indikator) dan perangkat lunak (Arduino IDE untuk pemrograman, Laravel untuk antarmuka web, MQTT untuk komunikasi data). Desain pengkabelan dibuat untuk memastikan koneksi antar komponen stabil dan aman.



Gambar 2 Diagram Blok

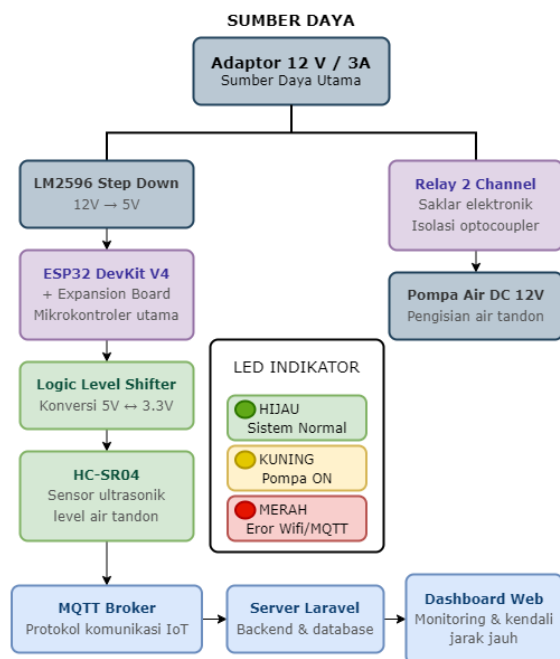
Desain fisik sistem menggambarkan susunan komponen utama yang digunakan, yaitu tandon air, sensor ultrasonik HC-SR04, panel kontrol, dan pompa air. Sensor digunakan untuk mendeteksi ketinggian air pada tandon, sedangkan panel kontrol mengatur kerja pompa agar proses pengisian air dapat berlangsung secara otomatis.



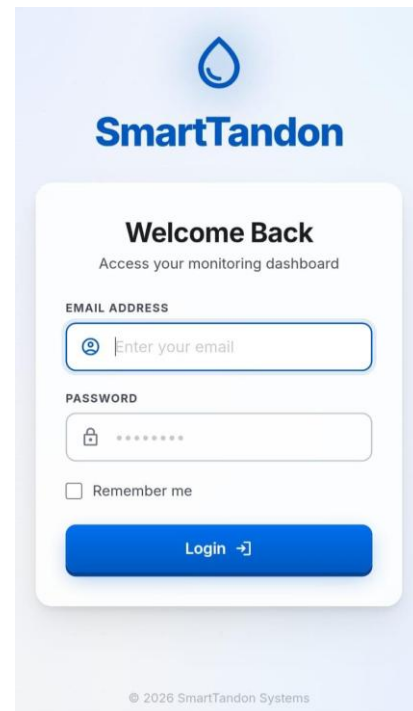
Gambar 3 Susunan Komponen

D. Diagram Blok dan Alur Data

Diagram blok sekaligus alur data menunjukkan hubungan antar komponen utama serta jalur data dari sensor hingga tampilan monitoring berbasis web.



Gambar 4 Diagram Blok



Gambar 5 Tampilan login

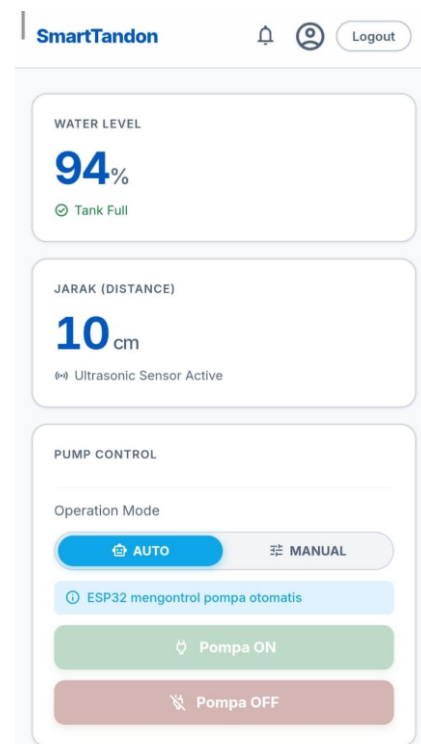
E. Implementasi MQTT

Implementasi monitoring dilakukan dengan memanfaatkan protokol MQTT sebagai media komunikasi data antara perangkat IoT dan server. ESP32 berperan sebagai publisher yang mengirimkan data level air, jarak sensor, serta status pompa. Data tersebut diteruskan ke broker MQTT, kemudian backend Laravel bertindak sebagai subscriber yang menerima data dan menampilkannya pada web.

Antarmuka monitoring dirancang sederhana dan responsif, terdiri dari:

- Halaman login untuk keamanan akses sistem.
- Dashboard utama yang menampilkan informasi level air, jarak sensor, kontrol pompa otomatis/manual, serta grafik persentase histori.
- Tabel history pompa yang menyimpan catatan aktivitas pompa secara kronologis.

Dengan integrasi ini, pengguna dapat memantau kondisi tandon secara real-time sekaligus mengendalikan pompa melalui web.



Gambar 6 Tampilan dashboard



Gambar 7 Tampilan History pompa

F. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan:

1. Akurasi pembacaan sensor
2. Fungsi kontrol pompa melalui relay
3. Stabilitas koneksi WiFi dan MQTT
4. Tampilan monitoring pada website

Pengujian dilakukan dengan pendekatan eksperimen, menggunakan skenario level air berbeda untuk menilai respons sistem.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Sistem

Penelitian ini menghasilkan sistem monitoring dan kontrol tandon air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama dan Laravel sebagai dashboard berbasis web. Sistem mampu melakukan pemantauan level air secara real-time serta mengendalikan pompa air secara otomatis maupun manual.

Sistem terdiri atas sensor ultrasonik HC-SR04, ESP32, relay, dan dashboard web yang terhubung

melalui protokol MQTT menggunakan HiveMQ Cloud. MQTT dipilih karena menggunakan mekanisme *publish/subscribe* yang bersifat *lightweight* dan dirancang untuk mendukung komunikasi pada perangkat IoT dengan keterbatasan bandwidth dan sumber daya [12]. Selain fungsi monitoring dan kontrol, sistem juga dilengkapi fitur *history* pompa, ekspor data CSV, indikator LED status sistem, serta mekanisme *watchdog protection* dan *auto reconnect* WiFi/MQTT untuk mendukung keandalan sistem.

B. Implementasi Hardware

Implementasi hardware dilakukan dengan menghubungkan seluruh komponen sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat. Komponen utama yang digunakan meliputi ESP32 DevKit V4, sensor ultrasonik HC-SR04, relay 2 kanal, logic level shifter, LM2596 step-down converter, pompa air DC 12 V, dan LED indikator.

ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang bertugas membaca data sensor, mengontrol relay, serta melakukan komunikasi data menggunakan protokol MQTT. Sensor HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi level air pada tandon, sedangkan relay berfungsi mengendalikan pompa air dalam mode otomatis maupun manual. Untuk mendukung kestabilan sistem, digunakan logic level shifter sebagai penyesuai tegangan keluaran sensor HC-SR04 dengan ESP32, serta LM2596 untuk menyediakan tegangan kerja yang sesuai bagi ESP32 dan relay.

Selain itu, sistem dilengkapi LED indikator untuk menunjukkan kondisi operasional sistem sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 LED indikator

LED	Fungsi
Hijau	Sistem normal
Kuning	Pompa aktif
Merah	Error WiFi/MQTT

C. Implementasi Software

Program ESP32 dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Program berfungsi untuk membaca data sensor

HC-SR04, menghitung persentase level air, mengendalikan relay pompa secara otomatis maupun manual, serta mengirim dan menerima data melalui protokol MQTT. Selain itu, sistem dilengkapi fitur watchdog protection, indikator status LED, serta auto reconnect WiFi dan MQTT untuk meningkatkan keandalan operasional.

Kalibrasi sensor HC-SR04 dilakukan berdasarkan dimensi prototipe tandon yang digunakan pada penelitian ini. Jarak kosong ditetapkan sebesar 20 cm, sedangkan jarak penuh sebesar 3 cm yang diperoleh melalui pengukuran langsung pada kondisi tandon kosong dan penuh. Persentase level air dihitung berdasarkan hasil pembacaan sensor menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Level} = \frac{(20 - \text{Jarak}_{\text{sensor}})}{(20 - 3)} \times 100$$

Semakin kecil nilai jarak yang terbaca, semakin tinggi level air pada tandon. Sebaliknya, semakin besar nilai jarak sensor menunjukkan level air yang semakin rendah.

```

41
42 #define EMPTY_DISTANCE 20 // jarak (cm) saat tandon KOSONG
43 #define FULL_DISTANCE 3 // jarak (cm) saat tandon PENUH
44
PS C:\Users\maruf\testing\jav\smart-tandon> php artisan mqtt:subscriber
[2026-05-12 20:11:52] Connecting MQTT...
[2026-05-12 20:11:55] MQTT Connected!
[2026-05-12 20:11:56] SENSOR - distance: 20cm | level: 84% | pump: OFF | mode: MANUAL
[2026-05-12 20:11:58] SENSOR - distance: 20cm | level: 84% | pump: OFF | mode: MANUAL
[2026-05-12 20:12:00] SENSOR - distance: 20cm | level: 84% | pump: OFF | mode: MANUAL
[2026-05-12 20:12:02] SENSOR - distance: 20cm | level: 84% | pump: OFF | mode: MANUAL
[2026-05-12 20:12:04] SENSOR - distance: 20cm | level: 84% | pump: OFF | mode: MANUAL

```

Gambar 8 Menentukan nilai full dan empty

D. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor HC-SR04 terhadap pengukuran manual. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan sensor HC-SR04

No	Jarak Sebenarnya	Hasil Sensor	Selisih
1	5 cm	5 cm	0 cm
2	8 cm	8 cm	0 cm
3	10 cm	11 cm	1 cm
4	15 cm	15 cm	0 cm
5	20 cm	21 cm	1 cm

Berdasarkan hasil pengujian, sensor HC-SR04 mampu membaca jarak dengan baik dengan selisih maksimum sebesar 1 cm.



Gambar 9 Hasil implementasi

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk mengetahui apakah level air dapat ditampilkan secara real-time pada dashboard Laravel. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengujian level air

Jarak Sensor	Level Air
20 cm	0%
17 cm	17%
14 cm	35%
11 cm	52%
7 cm	76%
3 cm	100%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan persentase level air sesuai dengan hasil pembacaan sensor secara real-time pada dashboard.

Pengujian kontrol otomatis dilakukan untuk mengetahui respons pompa berdasarkan level air yang telah ditentukan. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Pengujian mode otomatis

Level Air	Status Pompa
< 30%	ON
> 80%	OFF

Berdasarkan hasil pengujian, pompa menyala secara otomatis ketika level air berada di bawah 30% dan pompa berhenti ketika level air melebihi 80%.

Pengujian kontrol manual dilakukan melalui dashboard Laravel menggunakan tombol kontrol yang tersedia. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6

Tombol	Hasil
ON	Pompa menyala
OFF	Pompa mati
AUTO	Mode otomatis aktif
MANUAL	Mode manual aktif

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi kontrol pada dashboard dapat dijalankan sesuai dengan perancangannya.

Pengujian komunikasi MQTT dilakukan untuk memastikan proses pertukaran data antara ESP32 dan Laravel berjalan dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dashboard mampu menampilkan persentase level air, jarak sensor, serta status pompa secara real-time. Selain itu, fitur history aktivitas pompa, grafik monitoring, dan ekspor data CSV juga dapat berfungsi dengan baik. Seluruh data pada dashboard diperbarui secara otomatis menggunakan mekanisme AJAX polling tanpa memerlukan penyegaran halaman.

Pengujian stabilitas dilakukan dengan menjalankan sistem secara terus-menerus selama beberapa jam untuk mengevaluasi keandalan fitur proteksi yang diterapkan. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Pengujian MQTT

Pengujian	Hasil
Watchdog Protection	Berhasil
Auto reconnect WiFi	Berhasil
Auto reconnect MQTT	Berhasil
Sistem 24 jam nonstop	Stabil

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu beroperasi secara stabil tanpa memerlukan restart manual.

E. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem monitoring dan kontrol tandon air berbasis IoT mampu berfungsi sesuai dengan tujuan

penelitian. ESP32 dapat membaca data sensor, mengendalikan relay, serta melakukan komunikasi MQTT secara real-time. Penggunaan MQTT melalui HiveMQ Cloud mendukung proses pertukaran data yang ringan sehingga dashboard Laravel dapat menampilkan informasi level air dan status pompa secara responsif.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki tingkat akurasi yang baik dengan selisih pembacaan maksimum sebesar 1 cm. Meskipun demikian, pembacaan sensor masih dipengaruhi oleh kondisi permukaan air yang tidak stabil sehingga berpotensi menimbulkan sedikit perbedaan hasil pengukuran.

Dari sisi keandalan, fitur watchdog protection serta auto reconnect WiFi dan MQTT mampu menjaga stabilitas sistem selama pengoperasian. Namun, sistem masih memiliki keterbatasan, di antaranya ketergantungan terhadap koneksi internet, sensitivitas sensor ultrasonik terhadap gelombang air, serta kemungkinan terjadinya delay komunikasi akibat kualitas jaringan yang digunakan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan kontrol tandon air berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor HC-SR04, protokol MQTT, dan dashboard web berbasis Laravel. Sistem mampu melakukan pemantauan level air secara real-time serta mengendalikan pompa air dalam mode otomatis maupun manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki selisih pembacaan maksimum sebesar 1 cm, sementara fitur watchdog protection dan auto reconnect WiFi/MQTT mendukung stabilitas sistem selama pengoperasian. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian sebagai solusi monitoring dan kontrol tandon air yang otomatis dan real-time.

Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan sistem yang lebih adaptif terhadap kondisi jaringan internet serta penggunaan sensor dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi untuk meningkatkan keandalan monitoring.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan seluruh pihak yang telah memberikan dukungan serta masukan selama proses penelitian ini.

REFERENSI

- [1] I. Gunawan, T. Akbar, dan M. G. Ilham, "Prototipe Penerapan Internet of Things (IoT) pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Blynk," **Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi**, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, Jan. 2020.
- [2] S. Sadi dan I. S. Putra, "Rancang Bangun Monitoring Ketinggian Air pada Pintu Air Berbasis Arduino Uno dan SMS Gateway," **Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang**, vol. 7, no. 1, pp. 77–91, Jan.–Jun. 2018.
- [3] I. Rohman dan M. Taufiqurrohman, "Monitoring Ketinggian Air Pada Bengawan Solo Berbasis Mikrokontroler dan Komunikasi WiFi," dalam **Seminar Nasional Kelautan XII**, Surabaya, Indonesia, 2017, pp. 102–107.
- [4] I. Fauzi, "Monitoring Ketinggian dan Suhu Air Dalam Tangki Berbasis Web Menggunakan Arduino Uno dan Ethernet Shield," **BIT**, vol. 14, no. 1, pp. 39–44, Apr. 2017.
- [5] Siswanto, A. Adiguna, dan G. Windu, "Kendali dan Monitoring Suhu dan Ketinggian Air Aquarium dengan Sensor DS18B20, HC-SR04 dan Mikrokontroler Arduino Uno R3 Berbasis Web," dalam **Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SNST)**, Semarang, Indonesia, 2018, pp. 121–124.
- [6] A. T. Arsanto dan S. Febrianto, "Sistem Control Dan Monitoring Deteksi Tinggi Rendah Air Pada Kolam Ikan Lele Menggunakan Arduino Di Bhakti Alam Pasuruan," **JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)**, vol. 6, no. 2, pp. 768–774, 2022.
- [7] A. Zakaria, A. R. Sholeh, H. R. Ngemba, dan E. Setijadi, "Implementasi Internet of Things Dalam Mengontrol dan Memonitor Ketinggian Air," **Techno.Com**, vol. 21, no. 4, pp. 723–734, 2022.
- [8] N. Inayah dan A. Wagya, "Implementasi Sistem Monitoring Ketinggian Air Sumur Berbasis Internet of Things (IoT)," **Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan**, vol. 12, no. 2, pp. 1–8, 2024.
- [9] Z. B. Abilovani, W. Yahya, dan F. A. Bakhtiar, "Implementasi Protokol MQTT untuk Sistem Monitoring Perangkat IoT," **Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTIHK)**, vol. 2, no. 12, pp. 7521–7527, 2018.
- [10] A. Wijoseno, H. P. Uranus, dan J. Pangaribuan, "Pengendalian Pengisian Air Otomatis Menggunakan ESP32, MQTT, dan Kodular dengan Notifikasi WhatsApp dan Data Logging melalui Google Sheets," **Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan**, vol. 13, no. 3, 2025.
- [11] Sidik, M. (2019). Perancangan dan Pengembangan E-commerce dengan Metode Research and Development. *Jurnal Teknik Informatika UNIKA Santo Thomas*, 4(1), 99-107.
- [12] Soni, D., & Makwana, A. (2017, April). A survey on mqtt: a protocol of internet of things (iot). In *International conference on telecommunication, power analysis and computing techniques (ICTPACT-2017)* (Vol. 20, No. April, 2017).