

Rekayasa Perangkat Pendeteksi Air Tandon Cerdas Berbasis IoT

Afif Dwi Ma'ruf¹, Kandi Harianto², Lies Hartono^{3*}

^{1,2,3*} Teknik Informatika, STMIK PPKIA Tarakanita Rahmawati, Tarakan, Kalimantan Utara
Email: ¹ samsunga20afif@gmail.com, ²kandi@ppkia.ac.id, ^{3*}lies@ppkia.ac.id

Abstrak

Pengelolaan tandon air secara konvensional sering menimbulkan ketidaktepatan dalam proses pengisian dan pengosongan karena masih bergantung pada pengecekan fisik secara manual. Kondisi ini membutuhkan waktu yang lama dan berpotensi menyebabkan keterlambatan informasi, sehingga dapat menimbulkan masalah seperti tandon meluap atau kekurangan air saat dibutuhkan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengelolaan tandon air otomatis berbasis mikrokontroler ESP8266 guna meningkatkan efisiensi dan keandalan pengelolaan air. Metode yang digunakan adalah aturan if-then untuk menentukan tindakan berdasarkan kondisi ketinggian air yang terdeteksi. Sistem memanfaatkan sensor ultrasonik yang dipasang pada tutup tandon untuk membaca jarak permukaan air, kemudian data tersebut diproses oleh ESP8266 dan dikirimkan ke Apache Web Server untuk ditampilkan secara real time melalui website. Pompa air yang digunakan berupa pompa celup mini yang dimodifikasi sesuai kebutuhan penelitian. Simulasi tandon air dilakukan menggunakan tabung plastik dengan tinggi 8 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat yang dirancang mampu mengendalikan dua simulasi tandon air secara otomatis dan menyajikan informasi ketinggian air secara real time melalui web, sehingga sistem ini dinilai sesuai dengan tujuan penelitian dan efektif dalam mendukung pengelolaan tandon air otomatis.

Kata Kunci: ESP8266, If-Then, Sensor Ultrasonik, Tandon Air.

Engineering of an IoT-Based Smart Water Tank Monitoring System

Abstract

Conventional water reservoir management often leads to inaccuracies during the filling and emptying processes due to its reliance on manual inspection, which is time-consuming and prone to delayed information. These conditions can result in problems such as water overflow or shortages when water is needed. This study aims to design and implement an IoT-based smart water reservoir detection system to improve efficiency and reliability in water management. The research method employs the if-then rule, a logical control mechanism that executes specific actions when predefined conditions are met. An ultrasonic sensor is installed on the reservoir lid to measure water level distance and is connected to an ESP8266 microcontroller for data processing. A modified mini submersible water pump is used to regulate water flow automatically based on sensor readings. The system communicates with an Apache Web Server to transmit and display water level information in real time through a web interface. The water reservoir is simulated using a plastic tube with a height of 8 cm. The results indicate that the developed system operates according to the intended design, successfully controlling two simulated water reservoirs and providing real-time water level monitoring via a website, demonstrating its effectiveness for automated water reservoir management.

Keywords: ESP8266, If-Then, Ultrasonic Sensor, Water Monitoring System.

I. PENDAHULUAN

Distribusi air bersih di beberapa daerah masih menghadapi permasalahan ketidakmerataan dalam pembagian jatah air. Sebagian wilayah mengalami kesulitan dalam mengakses air layak pakai, sementara di wilayah lain justru terjadi pemborosan air akibat kurangnya pengawasan terhadap penggunaan dan pengelolaan sumber air. Kondisi tersebut menyebabkan air bersih sering terbuang secara percuma dan tidak dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu, penggunaan tandon air yang saat ini masih dianggap kurang efektif dan efisien memerlukan sistem pemantauan yang lebih intensif dan terstruktur.

Pengelolaan tandon air secara konvensional sering menimbulkan ketidaktepatan dalam proses pengisian dan pengosongan tandon. Pengguna atau petugas pengelola harus melakukan pengecekan secara fisik terhadap setiap tandon air yang tersedia, sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama dan sering mengakibatkan keterlambatan informasi. Dampak dari kondisi tersebut antara lain terjadinya tandon meluap (overflow) atau kekurangan pasokan air pada saat dibutuhkan. Penerapan teknologi otomatisasi menjadi solusi yang memungkinkan pengelolaan tandon air dilakukan secara lebih efisien, mengurangi potensi kesalahan manusia, serta meningkatkan keandalan pasokan air.

Otomatisasi pada sistem tandon air memungkinkan pemantauan ketinggian air secara real time serta pengisian air secara otomatis sesuai kebutuhan, sehingga dapat meminimalkan pemborosan air dan mengurangi ketergantungan pada pengecekan manual. Konsep Internet of Things (IoT) merujuk pada jaringan perangkat fisik yang saling terhubung dan mampu bertukar data melalui internet. Dalam sistem tandon air, IoT memungkinkan pengelolaan air menjadi lebih cerdas dengan memanfaatkan perangkat seperti sensor ultrasonik dan mikrokontroler ESP8266 untuk memantau kondisi ketinggian air dan mengendalikan pompa secara otomatis. Dengan penerapan sistem tandon air otomatis berbasis IoT, sistem dapat menentukan waktu, cara, dan jumlah air yang perlu diisi ke dalam tandon, sehingga pemborosan air dapat diminimalkan serta efisiensi penggunaan energi dapat ditingkatkan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa eksperimental untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji prototipe sistem monitoring dan pengendalian tandon air secara otomatis berbasis Internet of Things (IoT). Metode ini dipilih karena fokus penelitian adalah pada pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak yang mampu bekerja secara otomatis serta memantau ketinggian air secara real time [4]. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang mengembangkan sistem IoT berbasis NodeMCU ESP8266 untuk pemantauan level air secara real time dengan kontrol pompa otomatis [9].

B. Perancangan Sistem

Arsitektur sistem terdiri dari sensor ultrasonik, mikrokontroler ESP8266, modul relay, dan web server sebagai media pemantauan. Sensor ultrasonik digunakan sebagai input utama untuk membaca ketinggian air dalam tandon, kemudian data diproses oleh mikrokontroler ESP8266 untuk pengambilan keputusan pengendalian. Mikrokontroler selanjutnya mengaktifkan modul relay yang berfungsi mengendalikan pompa air [5]. Desain ini sejalan dengan penelitian lain yang juga memanfaatkan ESP8266 sebagai pengendali utama dalam sistem monitoring level air berbasis IoT [2].

C. Perangkat Keras (Hardware)

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mikrokontroler NodeMCU ESP8266, sensor ultrasonik HC-SR04, modul relay, pompa air celup mini, resistor, dan lampu LED. NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai pengendali utama sistem karena memiliki kemampuan pemrosesan data serta konektivitas WiFi yang terintegrasi [9]. Sensor ultrasonik HC-SR04 dipasang pada bagian atas tandon untuk mengukur ketinggian air secara non-kontak [10]. Modul relay digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan pompa air, sedangkan pompa air celup mini berfungsi untuk melakukan pengisian air ke dalam tandon. Resistor dan lampu LED digunakan sebagai komponen pendukung dan indikator kerja sistem [7].

D. Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Arduino IDE, Apache Web Server, serta perangkat lunak pendukung seperti Fritzing dan Sublime Text. Arduino IDE digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah program ke mikrokontroler ESP8266 [6], [8]. Logika pengendalian sistem ditanamkan ke dalam ESP8266 menggunakan bahasa pemrograman berbasis C/C++. Apache Web Server digunakan untuk menerima dan menampilkan data ketinggian air yang dikirimkan oleh mikrokontroler secara real time melalui jaringan internet [1]. Data ketinggian air ditampilkan pada halaman web sehingga dapat diakses secara remote melalui jaringan internet, sebagaimana sistem monitoring berbasis web yang telah banyak diterapkan dalam penelitian sebelumnya.

E. Algoritma Pengendalian If-Then

Metode pengendalian yang diterapkan dalam sistem ini menggunakan aturan if-then. Aturan ini bekerja dengan cara mengeksekusi tindakan tertentu ketika kondisi yang telah ditentukan terpenuhi. Jika ketinggian air yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik berada di bawah batas minimum yang ditetapkan, maka sistem akan mengaktifkan pompa air. Sebaliknya, jika ketinggian air telah mencapai batas maksimum, maka sistem akan mematikan pompa air. Metode ini dipilih karena sederhana, efektif, dan sesuai untuk sistem otomatis berbasis mikrokontroler [9].

F. Prosedur Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan simulasi tandon air berupa tabung plastik dengan tinggi 8 cm. Sistem diuji menggunakan dua simulasi tandon air untuk mengevaluasi kemampuan mikrokontroler dalam mengendalikan lebih dari satu tandon secara bersamaan. Parameter pengujian meliputi akurasi pembacaan ketinggian air oleh sensor ultrasonik, respons pompa air terhadap perintah sistem, serta keandalan pengiriman data ketinggian air ke website secara real time. Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem dan kesesuaiannya dengan tujuan penelitian [10].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Perangkat

Pengelolaan tandon air secara manual masih sering menimbulkan berbagai permasalahan, salah satunya adalah kelalaian dalam mematikan pompa air setelah tandon terisi penuh. Kondisi ini menyebabkan air meluap dan terbuang percuma sehingga menimbulkan pemborosan sumber daya air serta peningkatan biaya operasional. Selain itu, pemantauan manual membutuhkan waktu dan perhatian khusus dari pengelola, sehingga berpotensi menimbulkan keterlambatan dalam pengambilan tindakan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang dan mengembangkan sistem pompa air otomatis yang mampu mendeteksi ketinggian air di dalam tandon dan mengendalikan pompa secara otomatis. Sistem ini dirancang agar pompa air dapat berhenti secara otomatis ketika air telah mencapai kapasitas maksimum, sehingga dapat mencegah terjadinya limpahan air dan pemborosan.

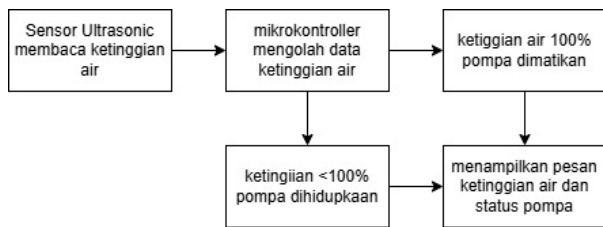
Sistem yang dikembangkan memanfaatkan mikrokontroler ESP8266 sebagai pengendali utama yang mengintegrasikan

beberapa komponen, yaitu sensor ultrasonik sebagai pendeteksi ketinggian air, relay sebagai pengendali arus listrik, serta pompa air sebagai aktuator pengisian tandon. Data ketinggian air ditampilkan melalui antarmuka berbasis web sebagai indikator kondisi tandon secara real time. Pada penelitian ini, pompa air digunakan sebagai pengganti solenoid valve dan berfungsi sebagai katup otomatis dalam sistem pengisian air.

Untuk memastikan sistem bekerja sesuai dengan perancangan, dilakukan pengujian menggunakan aturan if-then sebagai logika pengendalian pompa pada dua tandon air. Melalui pendekatan ini, sistem mampu mendeteksi kondisi ketinggian air pada masing-masing tandon berdasarkan parameter yang telah ditentukan dan mengaktifkan pompa secara otomatis sesuai kondisi tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem dapat mengurangi pemborosan air serta membantu pengelola dalam memaksimalkan proses pengisian tandon.

B. Blok Diagram Rangkaian Kerja

Blok diagram merupakan diagram yang menggambarkan alur kerja sistem secara umum tanpa menampilkan detail teknis secara mendalam. Diagram ini digunakan untuk memudahkan pemahaman terhadap hubungan antar komponen utama dalam sistem serta aliran proses yang terjadi. Gambar 1 menunjukkan blok diagram sistem tandon air cerdas yang dikembangkan pada penelitian ini.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Tandon Air Cerdas

Berdasarkan blok diagram tersebut, alur kerja sistem dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sensor ultrasonik membaca ketinggian air di dalam tandon.
2. Data ketinggian air dikirimkan ke mikrokontroler ESP8266 untuk diproses.
3. Jika ketinggian air mencapai 100%, sistem akan mematikan pompa air.
4. Jika ketinggian air kurang dari 100%, sistem akan menghidupkan pompa air.
5. Informasi ketinggian air dan status pompa ditampilkan pada halaman web secara real time.

C. Penerapan Metode If-Then

Metode if-then merupakan konstruksi logika yang mengeksekusi suatu tindakan ketika kondisi tertentu terpenuhi. Metode ini banyak digunakan dalam sistem berbasis aturan dan pengambilan keputusan otomatis, khususnya pada sistem berbasis mikrokontroler.

Pada sistem yang dikembangkan, aturan if-then digunakan untuk mengatur pengisian tandon air berdasarkan hasil pembacaan sensor ultrasonik. Cara kerja metode ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem menguji kondisi ketinggian air yang dibaca oleh sensor.
2. Jika kondisi yang ditentukan terpenuhi, maka sistem akan mengeksekusi tindakan tertentu.
3. Jika kondisi tidak terpenuhi, maka sistem akan melewati tindakan tersebut.

Dalam penelitian ini, sensor ultrasonik dipasang secara terbalik pada bagian atas penutup tandon yang transparan. Untuk memperoleh nilai persentase ketinggian air, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$n = \frac{\text{tinggi air}}{10} \times 100$$

Contoh perhitungan:

- Jika ketinggian air sebesar 7,5 cm, maka:

$$n = \frac{7,5}{10} \times 100$$

Berdasarkan hasil pembacaan sensor, ditetapkan aturan if-then sebagai berikut:

- [R1] Jika ketinggian air pada tandon 1 dan tandon 2 sebesar 8 cm, maka pompa air menyala untuk mengisi kedua tandon dengan status ketinggian air 80%.
- [R2] Jika ketinggian air pada tandon 1 dan tandon 2 sebesar 0 cm, maka pompa air mati dengan status ketinggian air 100% pada kedua tandon.
- [R3] Jika ketinggian air tandon 1 sebesar 0 cm dan tandon 2 sebesar 7 cm, maka pompa air menyala untuk mengisi tandon 2 dengan status ketinggian air tandon 1 sebesar 100% dan tandon 2 sebesar 70%.
- [R4] Jika ketinggian air tandon 1 sebesar 5 cm dan tandon 2 sebesar 0 cm, maka pompa air menyala untuk mengisi tandon 1 dengan status ketinggian air tandon 1 sebesar 50% dan tandon 2 sebesar 100%.

Aturan-aturan tersebut dieksekusi secara berulang selama sistem mendapatkan suplai daya listrik. Proses akan berhenti apabila pengguna mematikan sumber daya pada pompa air.

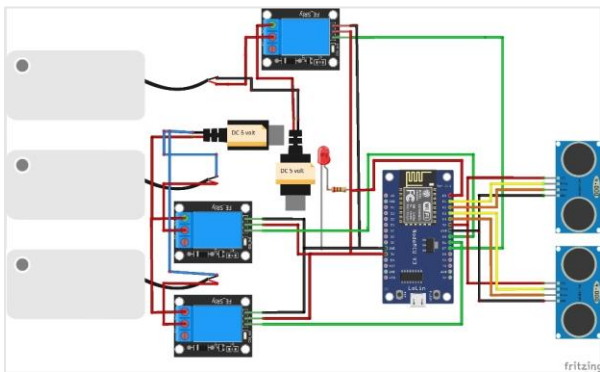
D. Skema Rangkaian

Skema rangkaian merupakan rancangan hubungan antar komponen elektronik yang digunakan dalam sistem. Skema ini berfungsi sebagai panduan dalam proses perakitan, memastikan setiap komponen terhubung dengan benar, serta mempermudah proses perawatan dan troubleshooting apabila terjadi gangguan pada sistem. Perangkat pendeteksi air tandon otomatis pada penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Perangkat

Komponen	Jumlah	Keterangan
NodeMCU ESP8266	2 Unit	Mikrokontroler
Modul Relay	3 Unit	Pengendali arus listrik
Pompa Air Celup	2 Unit	Aktuator pengisian tandon
Breadboard	2 Unit	Media pemasangan komponen
Kabel Jumper	1 Set	Penghubung antar komponen

Skema rangkaian lengkap perangkat terdapat pada Gambar 2.



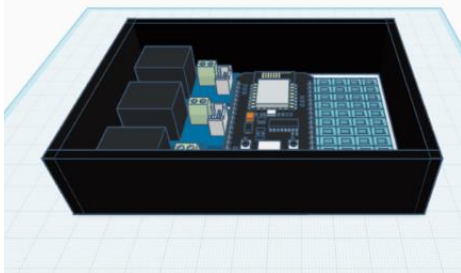
Gambar 2. Skema Rangkaian Sistem

E. Desain Perangkat

Desain perangkat mencakup perancangan fisik serta antarmuka sistem yang bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan dan pengendalian. Desain ini disesuaikan agar sistem mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna.

a. Perangkat Usulan

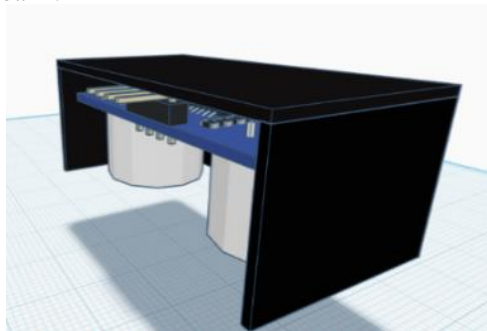
Perangkat yang diusulkan menggunakan satu mikrokontroler ESP8266 dan tiga modul relay yang terhubung dengan sensor dan pompa air melalui kabel. Rancangan perangkat usulan terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Perangkat Usulan

b. Perangkat Penutup Tandon

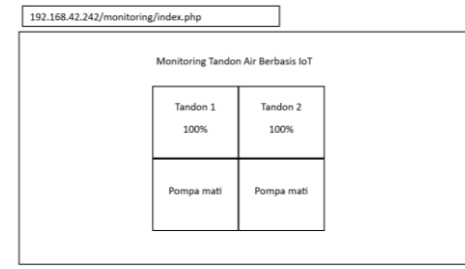
Penutup tandon dirancang dengan pemasangan sensor ultrasonik HC-SR04 pada bagian atas masing-masing tandon. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi ketinggian air dan mengirimkan data ke mikrokontroler ESP8266. Desain penutup tandon ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Penutup Tandon

c. Desain Antarmuka Aplikasi Web

Antarmuka sistem menggunakan halaman web berbasis HTML untuk menampilkan data ketinggian air dan status pompa. Data ditampilkan dalam bentuk persentase sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi tandon secara real time. Tampilan antarmuka aplikasi web ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Antarmuka Monitoring Tandon Air

F. Uji Coba

Proses uji coba sistem dilakukan padapengujian kemampuan sensor ultrasonik HC-SR04 dalam mengukur jarak permukaan air serta mengendalikan pompa air secara otomatis berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan menggunakan wadah transparan sebagai miniatur tandon air. Pemilihan wadah transparan bertujuan untuk memudahkan proses observasi secara visual terhadap perubahan ketinggian air serta kesesuaian antara pembacaan sensor dengan kondisi aktual di dalam tandon.

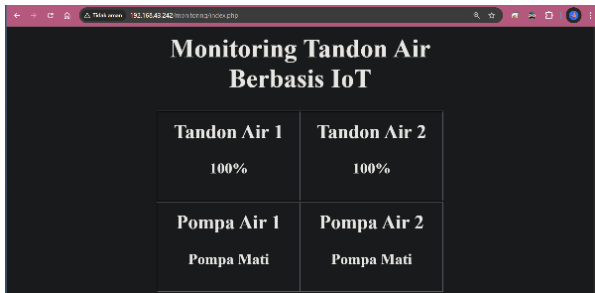
Melalui pengujian ini, dievaluasi sejauh mana sensor ultrasonik mampu mendeteksi perubahan ketinggian air secara akurat dan memicu pengaktifan maupun pematian pompa air secara otomatis sesuai dengan aturan if-then yang telah dirancang.

a. Uji Coba Pertama

Pengujian pertama dilakukan pada kondisi awal tandon dalam keadaan kosong. Proses pengisian air kemudian dilakukan hingga tandon mencapai kapasitas penuh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pengisian otomatis berfungsi dengan baik. Pompa air menyala saat tandon kosong dan berhenti secara otomatis ketika tandon telah terisi penuh. Selama proses pengisian tidak ditemukan gangguan maupun kesalahan kerja sistem. Hasil uji coba pertama dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



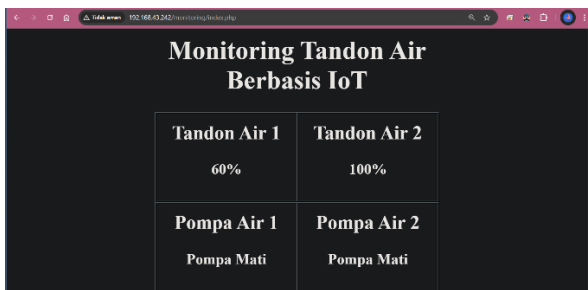
Gambar 6. Uji Coba



Gambar 7. Tangkapan Layar Web Pengujian Pertama

b. Uji Coba Kedua

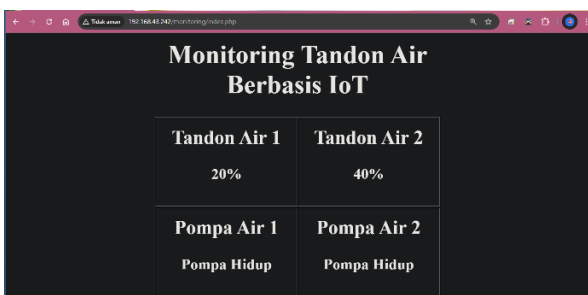
Pada pengujian kedua, dilakukan pengosongan pada Tandon 1, kemudian sistem melakukan pengisian air secara otomatis. Proses pengujian dihentikan ketika Tandon 1 mencapai kapasitas sekitar 60% untuk keperluan analisis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem tetap berfungsi sesuai dengan perancangannya. Pompa air bekerja dengan stabil dan sistem pengisian berjalan tanpa kendala hingga batas pengujian yang ditentukan. Hasil uji coba kedua dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tangkapan Layar Web Pengujian Kedua

c. Uji Coba Ketiga

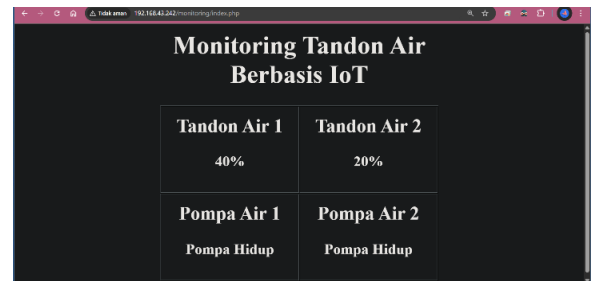
Pengujian ketiga dilakukan dengan kondisi awal Tandon 1 dalam keadaan kosong dan Tandon 2 tersisa sekitar 20%. Sistem pengisian otomatis berhasil mengisi kedua tandon dengan kecepatan pengisian yang relatif sama. Pengujian dihentikan saat Tandon 1 mencapai kapasitas 20% dan Tandon 2 mencapai 40%. Selama pengujian berlangsung, sistem bekerja dengan baik tanpa ditemukan kendala pada proses pengisian maupun pengendalian pompa. Hasil uji coba ketiga dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Tangkapan Layar Web Pengujian Ketiga

d. Uji Coba Keempat

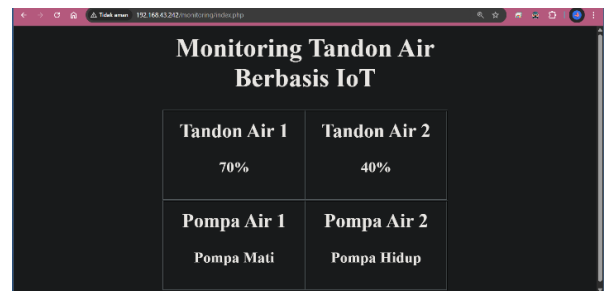
Pada pengujian keempat, kondisi awal menunjukkan Tandon 2 dalam keadaan kosong, sedangkan Tandon 1 tersisa sekitar 20%. Sistem pengisian tandon air otomatis kembali menunjukkan kinerja yang stabil. Proses pengisian berjalan dengan baik dan dihentikan ketika Tandon 1 mencapai 20% dan Tandon 2 mencapai 40%. Tidak ditemukan kendala selama proses pengujian berlangsung. Hasil uji coba keempat dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Tangkapan Layar Web Pengujian Keempat

e. Uji Coba Kelima

Pengujian terakhir dilakukan dengan kondisi awal Tandon 1 tersisa sekitar 30% dan Tandon 2 sekitar 20%. Dengan kecepatan pengisian pompa yang sama, sistem pengisian otomatis berhasil mengisi kedua tandon secara bersamaan. Pengujian dihentikan secara manual ketika Tandon 1 mencapai kapasitas 70% dan Tandon 2 mencapai 40%. Selama proses pengujian, sistem bekerja dengan stabil dan tidak ditemukan gangguan pada proses pengisian maupun pemantauan data melalui web. Hasil uji coba kelima dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Tangkapan Layar Web Pengujian Kelima

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem tandon air otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perangkat yang dikembangkan mampu menjawab permasalahan pengelolaan tandon air secara manual, khususnya dalam mencegah terjadinya luapan air dan pemborosan sumber daya. Sistem berhasil mengendalikan pompa air secara otomatis berdasarkan pembacaan ketinggian air oleh sensor ultrasonik HC-SR04 pada masing-masing tandon. Hasil uji coba menunjukkan bahwa pompa dapat menyala dan berhenti secara otomatis sesuai dengan parameter

yang telah ditentukan, baik pada kondisi tandon kosong, setengah terisi, maupun hampir penuh. Pada lima skenario pengujian yang dilakukan menggunakan wadah transparan sebagai miniatur tandon, sistem mampu mendeteksi perubahan ketinggian air dan menampilkan informasi persentase ketinggian air secara real time melalui antarmuka web, serta menghentikan pengisian saat ketinggian air mencapai batas maksimum. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, terutama pada tingkat sensitivitas sensor ultrasonik yang pada kondisi tertentu dapat mempengaruhi ketelitian pembacaan jarak. Meskipun demikian, secara keseluruhan sistem telah berfungsi dengan baik dan menunjukkan bahwa penerapan mikrokontroler ESP8266 dengan logika if-then dapat digunakan secara efektif sebagai solusi pengisian tandon air otomatis yang lebih efisien dan terkontrol.

REFERENSI

- [1] A. Hidayat, A. Yani, et al., "Membangun Website SMA PGRI Gunung Raya Ranau Menggunakan PHP dan MySQL," *JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya*, vol. 2, no. 2, pp. 41–52, 2019.
- [2] B. Nugroho and Rahmat, et al., "Aplikasi ESP8266 sebagai Pengendali Smart Room," *Jurnal Teknika*, vol. 8, no. 1, Apr. 2023.
- [3] D. Nusyirwan and Alfarizi, "Fun Book: Rak Buku Otomatis Berbasis Arduino dan Bluetooth pada Perpustakaan untuk Meningkatkan Kualitas Siswa," *JIPTEK*, vol. 12, no. 2, 2019.
- [4] Docif Telkom University, "Apa itu Internet of Things (IoT)," Oct. 30, 2024. [Online]. Available: <https://docif.telkomuniversity.ac.id/apa-itu-iot/> [Accessed: Mar. 3, 2025].
- [5] I. Jaelani, S. R. U. A. Sompie, et al., "Rancang Bangun Rumah Pintar Otomatis Berbasis Sensor Suhu, Sensor Cahaya, dan Sensor Hujan," *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 5, no. 1, Jan.–Mar. 2016.
- [6] Kmtech.id, "Mengenal Perangkat Lunak Arduino IDE," Oct. 8, 2021. [Online]. Available: <https://www.kmtech.id/post/mengenal-perangkat-lunak-arduino-ide> [Accessed: Mar. 3, 2025].
- [7] W. J. Simatupang, H. F. Santoso, D. S. Afristanto, R. Bramasto, and B. H. Maheli, "Lampu LED sebagai Pilihan yang Lebih Efisien untuk Lampu Utama Sepeda Motor," *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 20–26, 2022.
- [8] U. M. Tyas and A. A. Buckhari, "Implementasi Aplikasi Arduino IDE pada Mata Kuliah Sistem Digital," *Teknos: Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2023, doi: 10.59638/teknos.v1i1.40.
- [9] M. B. Ulum, M. Lutf, et al., "Otomatisasi Pompa Air Menggunakan NodeMCU ESP8266 Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 6, no. 1, Feb. 2022.
- [10] R. Nasution, "Rancangan Bangun Alat Pengukur Jarak Aman Sebuah Kendaraan pada Area Tempat Parkir Menggunakan Sensor Ultrasonic HC-SR04 dan NodeMCU ESP8266," *Jurnal Intelek dan Cendekiawan Nusantara*, vol. 2, no. 1, pp. 12–18, 2025, E-ISSN: 3046-4560.