

Perancangan dan Implementasi Sistem Pengukuran Ketinggian dan Volume Air pada Tandon Berbasis Sensor Jarak dan IoT dengan Monitoring melalui Aplikasi Mobile

Deanda Yoga Nur Ikhsan¹, Moh. Dwi Rizkiyanto², Aria Riskya Putra³, Friska Ayu Fitrianti Sugiono^{4*}

Program Studi STr. Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275

*E-mail: friskaayufs@polines.ac.id

Abstract

Water plays a vital role in daily life; however, monitoring water filling in reservoirs is still commonly performed manually, leading to inadequate supervision, water overflow, and increased operational costs. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based system for measuring water level and volume in reservoirs using a distance sensor that can be monitored through a mobile application. The system employs an HC-SR04 ultrasonic sensor to detect water height, an ESP32 microcontroller for data processing, and the Blynk application for real-time data visualization. System calibration was carried out using a measuring cup as a reference standard with volume variations ranging from 100 ml to 500 ml. The experimental results show that the proposed system achieves good measurement performance with an average error of 1.87%, where higher errors occur at lower volumes and decrease as the measured volume increases. These results indicate that the developed system is sufficiently accurate and suitable for implementation as an IoT-based solution for water volume monitoring in reservoirs.

Keywords: ESP32; IoT; ultrasonic sensor; water reservoir

1. Pendahuluan

Air merupakan sumber daya fundamental yang sangat dibutuhkan oleh manusia serta seluruh ekosistem di dunia. Dalam kehidupan sehari-hari, proses pengisian air pada tandon umumnya masih dilakukan secara manual, sehingga pengguna tidak dapat mengetahui secara pasti ketinggian air maupun waktu ketika tandon telah terisi penuh. Di Indonesia, tandon air berbahan plastik maupun beton cor banyak digunakan sebagai media penyimpanan air bersih. Namun, pada kondisi tertentu, seperti terjadinya gangguan pada pompa air—misalnya pompa berhenti beroperasi—air dalam tandon tidak dapat dialirkan dan dimanfaatkan secara optimal [1][2]. Kurangnya sistem pemantauan yang akurat sering menimbulkan kelalaian dalam proses pengisian air, yang berakibat pada terjadinya luapan air dari tandon. Apabila kondisi ini berlangsung secara berulang, maka akan menyebabkan pemborosan air serta berdampak pada meningkatnya biaya tagihan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) [2]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pemantauan ketinggian dan volume air yang mampu memberikan informasi secara akurat dan real-time guna meningkatkan efisiensi penggunaan air. Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan penerapan sistem pemantauan jarak jauh yang terintegrasi dengan perangkat pintar. Penelitian terkait telah dilakukan oleh Al Imran *dkk.* melalui pengembangan alat pendeteksi kondisi tandon penuh berbasis IoT yang terhubung dengan smartphone[3]. Sistem tersebut memanfaatkan sensor ultrasonik untuk menentukan jarak permukaan air berdasarkan prinsip pantulan gelombang ultrasonik yang dihasilkan oleh elemen piezoelektrik dengan frekuensi sekitar 40 kHz[4] [5], [6]. Gelombang ultrasonik merambat di udara dengan kecepatan ± 340 m/s, dan selisih waktu antara sinyal kirim dan sinyal pantul digunakan untuk menghitung jarak permukaan air. Data hasil pengukuran kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan ditampilkan secara real-time melalui aplikasi Blynk [4], [7], [8].

Meskipun penelitian-penelitian sebelumnya telah berhasil mengembangkan sistem pemantauan ketinggian air berbasis IoT [9], sebagian besar masih berfokus pada pendeteksian kondisi penuh atau kosong tanpa melakukan pengukuran volume air secara kuantitatif dan terkalibrasi. Selain itu, analisis tingkat akurasi dan karakteristik kesalahan pengukuran pada berbagai variasi volume air masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem pengukuran ketinggian dan volume air berbasis sensor ultrasonik yang terintegrasi dengan IoT, disertai proses kalibrasi dan evaluasi akurasi pengukuran pada berbagai variasi volume air, sehingga diharapkan mampu memberikan solusi pemantauan tandon air yang lebih akurat dan aplikatif.

2. Material dan Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan rekayasa (*engineering research*) dengan pendekatan perancangan, implementasi, dan pengujian sistem. Penelitian difokuskan pada pengembangan sistem pengukuran ketinggian dan volume air pada tandon berbasis sensor jarak dan *Internet of Things* (IoT), serta evaluasi kinerja sistem melalui pengujian akurasi hasil pengukuran. Adapun alat dan bahan yang digunakan ada pada tabel 1.

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian

No.	Alat / Bahan	Spesifikasi / Fungsi
1.	ESP32	Sebagai pengendali utama (mikrokontroler)
2.	Sensor Ultrasonik HC-SR04	Mengukur jarak antara sensor dan permukaan air
3.	Breadboard	Tempat merangkai komponen
4.	LCD 16 x 2	Menampilkan hasil pengukuran volume dan tinggi air secara langsung
5.	Adaptor/Kabel USB	Sumber daya untuk ESP32
6.	Aplikasi Blynk	Menampilkan hasil pengukuran volume dan tinggi air pada gadget pengguna
7.	Toples/Wadah	Simulasi tandon air
8.	Aplikasi Arduino IDE	Menulis dan mengirim program ke ESP32
9.	Gelas Ukur 500 ml	Sebagai kalibrasi pengukuran volume air

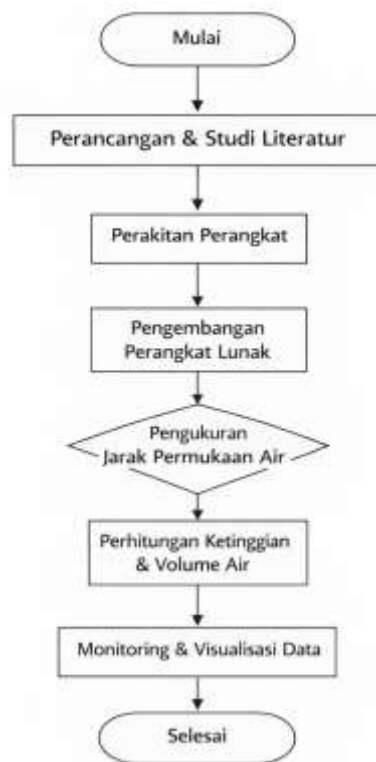
2.1 Alur Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini disusun berdasarkan tahapan perancangan dan implementasi sistem pengukuran ketinggian serta volume air pada tandon berbasis sensor jarak dan Internet of Things (IoT). Alur penelitian mengacu pada diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1, yang terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu perancangan dan studi literatur, perakitan perangkat, pengembangan perangkat lunak, pengukuran jarak permukaan air, perhitungan ketinggian dan volume air, serta monitoring dan visualisasi data.

2.1.1 Perancangan dan Studi Literatur

Tahap awal penelitian dimulai dengan kegiatan perancangan sistem dan studi literatur. Studi literatur dilakukan dengan mengkaji jurnal ilmiah, buku, dan referensi terkait teknologi sensor ultrasonik, mikrokontroler ESP32, konsep Internet of Things (IoT), serta sistem monitoring berbasis aplikasi mobile. Hasil studi literatur digunakan sebagai dasar

dalam menentukan spesifikasi sistem, pemilihan komponen, serta metode pengukuran ketinggian dan volume air yang akan diterapkan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1.2 Perakitan Perangkat

Tahap perakitan perangkat meliputi penyusunan dan integrasi seluruh komponen perangkat keras sistem. Komponen utama yang digunakan terdiri dari sensor ultrasonik HC-SR04 [10], [11] sebagai sensor jarak, mikrokontroler ESP32 [9] sebagai pengolah data, serta catu daya sebagai sumber tegangan. Sensor ultrasonik dipasang pada bagian atas tandon dengan posisi tegak lurus menghadap permukaan air untuk memperoleh hasil pengukuran jarak yang optimal.

2.1.3 Pengembangan Perangkat Lunak

Pada tahap ini dilakukan pengembangan perangkat lunak yang meliputi pemrograman mikrokontroler ESP32 dan konfigurasi aplikasi monitoring. Program pada ESP32 berfungsi untuk membaca data dari sensor ultrasonik, mengolah data jarak, menghitung ketinggian dan volume air, serta mengirimkan data ke platform IoT. Aplikasi Blynk digunakan sebagai antarmuka monitoring pada perangkat mobile untuk menampilkan data hasil pengukuran secara real-time.

2.1.4 Pengukuran Jarak Permukaan Air

Pengukuran jarak permukaan air dilakukan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor memancarkan gelombang ultrasonik menuju permukaan air dan menerima gelombang pantul yang kembali. Selisih waktu antara sinyal

kiriman dan sinyal pantul digunakan untuk menghitung jarak permukaan air terhadap sensor berdasarkan kecepatan rambat gelombang ultrasonik di udara.

2.1.5 Perhitungan Ketinggian dan Volume Air

Nilai jarak yang diperoleh dari sensor ultrasonik digunakan untuk menghitung ketinggian air dalam tandon dengan mengurangi jarak sensor terhadap dasar tandon. Selanjutnya, ketinggian air tersebut dikonversikan menjadi volume air berdasarkan dimensi geometris tandon yang digunakan. Perhitungan volume dilakukan secara matematis sesuai dengan bentuk tandon, sehingga diperoleh nilai volume air secara kuantitatif.

2.1.6 Monitoring dan Visualisasi Data

Tahap terakhir adalah monitoring dan visualisasi data. Data ketinggian dan volume air yang telah diproses oleh ESP32 dikirimkan melalui jaringan internet dan ditampilkan pada aplikasi Blynk secara *real-time*. Informasi yang ditampilkan meliputi nilai ketinggian air dan volume air dalam tandon, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tandon secara langsung melalui perangkat mobile.

2.1.7 Penyelesaian Penelitian

Tahap akhir penelitian ditandai dengan evaluasi keseluruhan sistem berdasarkan hasil pengujian dan analisis data. Hasil evaluasi digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai kinerja dan tingkat akurasi sistem pengukuran yang dikembangkan.

2.2. Akuisisi dan Pengolahan Data

Akuisisi data utama adalah pengukuran jarak yang dilakukan oleh sensor HC-SR04. Sensor memancarkan gelombang ultrasonik dan menangkap kembali pantulannya. Jarak dihitung berdasarkan selisih waktu pancar dan waktu terima (*time of flight*), sesuai dengan persamaan berikut :

$$jarak = \frac{(waktu \times kecepatan \text{ suara})}{2} \dots\dots\dots(1)$$

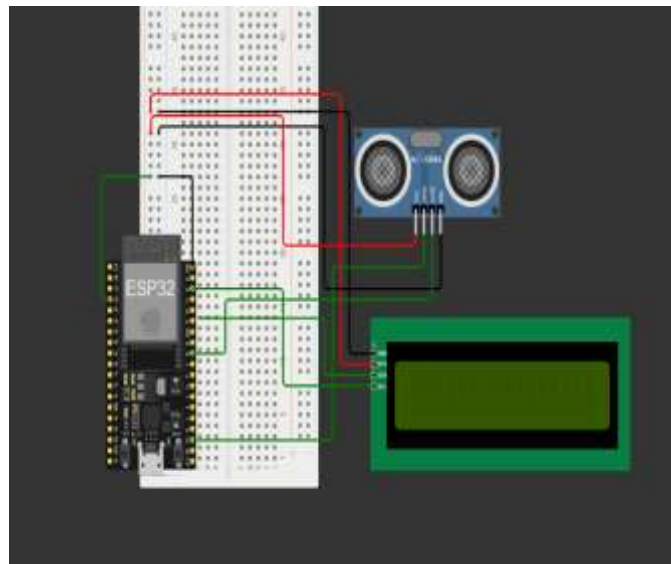
data tersebut diolah untuk menghitung volume yang terdapat pada tabung dengan menggunakan rumus sistematis :
Rumus volume tabung:

$$V = \pi \times r^2 \times h \dots\dots\dots(2)$$

dengan r^2 adalah jari-jari pada tabung atau tandon yang digunakan, h adalah tinggi tabung atau tandon yang digunakan sebagai wadah) dan terbaca secara *real-time*. Data hasil pengukuran ini kemudian dibandingkan dengan volume referensi untuk di analisis tingkat kesalahannya. Setelah melakukan pengujian terhadap alat, yang terakhir mengetahui persen kesalahan (*Percentage Error*) yaitu error relatif yang dinyatakan dalam bentuk persentase [12]. Untuk mencari nilai persentasenya dapat menggunakan persamaan baku pengujian alat ukur :

$$Error = \frac{|Volume \text{ Terbaca} - Volume \text{ Acuan}|}{Volume \text{ Acuan}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

3. Hasil dan Pembahasan



(a)



(b)

Gambar 3.1 (a) Rangkaian Sistem (b)Tampilan Monitoring Aplikasi Blynk

Tabel 2. Hasil Percobaan dengan Volume Tandon = 607,9 m³

No.	Volume Acuan (ml)	Tinggi Terukur (cm)	Volume Terbaca (ml)	Selisih (ml)	Error (%)
1	100	1.70	103.34	3.34	3.34
2	120	2.00	116.50	3.50	2.92
3	140	2.35	144.20	4.20	3.00
4	160	2.70	154.80	5.20	3.25
5	180	2.95	186.30	6.30	3.50
6	200	3.15	191.30	8.70	4.35
7	220	3.45	227.10	7.10	3.23
8	240	3.80	234.60	5.40	2.25

9	260	4.10	268.40	8.40	3.23
10	280	4.50	274.30	5.70	2.04
11	300	4.95	300.91	0.91	0.30
12	320	5.25	326.80	6.80	2.13
13	340	5.55	334.20	5.80	1.71
14	360	5.85	366.10	6.10	1.69
15	380	6.20	374.90	5.10	1.34
16	400	6.55	398.17	1.82	0.46
17	420	6.90	426.80	6.80	1.62
18	440	7.20	435.50	4.50	1.02
19	460	7.55	468.10	8.10	1.76
20	480	7.90	474.60	5.40	1.13
21	500	8.30	504.50	4.50	0.90
22	520	8.65	515.20	4.80	0.92
23	540	9.00	546.70	6.70	1.24
24	560	9.35	553.90	6.10	1.09
25	600	10.00	607.60	7.60	1.27

Pengujian sistem pengukuran ketinggian dan volume air pada tandon dilakukan dengan variasi volume acuan mulai dari 100 ml hingga 600 ml. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tinggi air terukur meningkat secara linier seiring dengan bertambahnya volume air. Hal ini menandakan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mendeteksi perubahan jarak permukaan air secara konsisten dan responsif terhadap perubahan ketinggian air di dalam tandon. Berdasarkan data pengujian, nilai volume terbaca oleh sistem memiliki selisih yang relatif kecil terhadap volume acuan. Selisih pengukuran berada pada rentang 0,91 ml hingga 8,70 ml dengan persentase kesalahan (error) berkisar antara 0,30% hingga 4,35%. Error terbesar terjadi pada volume rendah, khususnya pada volume 200 ml. Kondisi ini disebabkan oleh keterbatasan resolusi sensor ultrasonik dalam mendeteksi perubahan ketinggian air yang sangat kecil, sehingga kesalahan pengukuran menjadi lebih signifikan secara persentase. Seiring dengan meningkatnya volume air, nilai error pengukuran cenderung menurun dan menjadi lebih stabil, yang menunjukkan bahwa sistem bekerja lebih optimal pada ketinggian air menengah hingga tinggi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang memanfaatkan sensor ultrasonik dan teknologi Internet of Things (IoT) untuk pemantauan tandon air, seperti penelitian yang dilakukan oleh Al Imran *dkk.* yang mengembangkan sistem pendeteksi kondisi tandon penuh berbasis IoT. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada pendeteksian kondisi penuh atau kosong tanpa melakukan pengukuran volume air secara kuantitatif dan terkalibrasi. Pada penelitian ini, sistem tidak hanya menampilkan informasi ketinggian air, tetapi juga mengonversi hasil pengukuran jarak menjadi nilai volume air yang terukur secara numerik dan dievaluasi melalui proses kalibrasi serta analisis error.

Dengan demikian, hasil penelitian ini secara langsung menjawab *research gap* yang telah diidentifikasi pada BAB I, yaitu keterbatasan penelitian sebelumnya dalam menyediakan pengukuran volume air yang terkalibrasi dan disertai analisis tingkat kesalahan pengukuran. Integrasi antara sensor ultrasonik, mikrokontroler ESP32, dan aplikasi Blynk memungkinkan pemantauan volume air secara real-time melalui perangkat mobile, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan tandon air dan mengurangi potensi pemborosan akibat luapan air. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi yang memadai dan layak digunakan sebagai solusi pemantauan volume air berbasis IoT.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pengukuran ketinggian dan volume air pada tandon berbasis sensor jarak dan Internet of Things (IoT) yang dikembangkan mampu bekerja dengan baik dan memberikan hasil pengukuran secara real-time. Sensor ultrasonik HC-SR04 menunjukkan respon yang linier terhadap perubahan ketinggian air, sementara mikrokontroler ESP32 dan aplikasi Blynk berhasil mengintegrasikan proses pengolahan serta monitoring data secara optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dengan persentase error berada pada rentang 0,30% hingga 4,35%, di mana kesalahan pengukuran cenderung lebih besar pada volume air rendah dan semakin stabil pada volume yang lebih tinggi. Dengan demikian, sistem ini dinilai layak digunakan sebagai solusi pemantauan volume air pada tandon berbasis IoT serta mampu menjawab keterbatasan penelitian sebelumnya yang masih berfokus pada pendeteksian kondisi penuh tanpa pengukuran volume air secara kuantitatif dan terkalibrasi.

Daftar Pustaka

- [1] Z. Arifin, A. J. Tamamy, and N. Islahu, "Perancangan Mesin Pompa Air Tenaga Surya untuk Mengurangi Konsumsi Listrik Skala Rumahan," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, p. 79, 2020, doi: 10.25077/jnte.v9n2.758.2020.
- [2] A. S. A. K. Firmansyah, "Desain Pengendalian Ketinggian Air Dan Temperatur Uap Dalam Steam Drum Boiler Menggunakan Discrete Fractional Order PID (FOPID) CONTROLLER," p. 121, 2015, [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/70858/>
- [3] S. S. K. , D. T. , Yulrio Brianorman, "Rancang Bangun Alat Pengisi Air Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *Coding J. Komput. dan Apl.*, vol. 4, no. 3, pp. 43–52, 2016, doi: 10.26418/coding.v4i3.16800.
- [4] P. U. Rakhmawati, "Analisis Komunikasi Platform Internet of Things Aplikasi Blynk," vol. 9, no. 2502, pp. 40–46, 2024.
- [5] A. T. S. D. S. Ultrasonik, "Jurnal riset fisika edukasi dan sains," vol. 1, no. 2, pp. 92–98, 2015.
- [6] N. Pratama, U. Darusalam, and N. D. Nathasia, "Perancangan Sistem Monitoring Ketinggian Air Sebagai Pendeteksi Banjir Berbasis IoT Menggunakan Sensor Ultrasonik," vol. 4, pp. 117–123, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1905.
- [7] A. Basuki, F. D. Saputra, D. Priantono, and B. Purwahyudi, "MONITORING KETINGGIAN AIR SUNGAI BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2025.
- [8] I. Syukhron and R. Rahmadewi, "Penggunaan Aplikasi Blynk Untuk Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar Berbasis IoT," vol. 15, no. 1, pp. 1–11, 2021.
- [9] M. Charir, A. Ghifari, M. R. Z. Abidin, and U. Y. Pasuruan, "SISTEM MONITORING TINGGI AIR SUNGAI

DAN MENGANTISIPASI BANJIR,” vol. 6, no. 2, 2025.

- [10] R. Hiunarto, B. Tjahjono, T. Informatika, F. I. Komputer, and U. E. Unggul, “ALAT PEMANTAU KETINGGIAN AIR DAN KONTROL POMPA AIR WATER LEVEL MONITORING TOOL AND WATER PUMP,” vol. 08, no. 2, pp. 1–6, 2023, doi: 10.47007/komp.v7i01.xxxxx.
- [11] A. Rianto and R. Kristiyono, “APLIKASI SENSOR HC-SR04 UNTUK MENGUKUR JARAK KETINGGIAN AIR DENGAN MIKROKONTROL WEMOS D1 R2 BERBASIS IoT (Internet of Things),” pp. 6–11, 2020.
- [12] I. Nabillah and I. Raggadara, “Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut,” vol. 5, no. 2, pp. 250–255, 2020, doi: 10.33633/joins.v5i2.3900.