

Rancang Bangun dan Uji Kinerja Sistem Monitoring dan Kontrol Level Tangki Air Berbasis ESP32-Blynk

Abdul Jalil^{1*}, Mansur², Feliks Eldad Larobu³, La Ode Muhamad Fathur Rachim⁴, Ahmad Fatana⁵, Rahmat Tosepu⁶, LD. Armat Zukifli⁷, Mirna⁸

^{1,3,4,5,6,7,8}Politeknik Tridaya Virtu Morosi, Kec. Morosi, Kab. Konawe, Sulawesi Tenggara; ²Universitas Halu Oleo, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara

e-mail: *lj.alil.abdul064@gmail.com, mansur@uho.ac.id, feliks.tridaya@gmail.com,
fathurrachim5@gmail.com, ahmad.fatana013@gmail.com, rahmatjulio0009@gmail.com,
mirnasyah323@gmail.com

Abstrak

Pengelolaan level air pada tangki secara manual memiliki keterbatasan dalam pemantauan kondisi air dan pengendalian dari jarak jauh. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi prototipe sistem monitoring dan kontrol tangki air berbasis Internet of Things (IoT) yang menerapkan siklus pengisian–pengosongan. Sistem mengintegrasikan sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler ESP32, modul relay, pompa celup, katup solenoid, LCD I2C, dan aplikasi Blynk, dengan tiga mode operasi, yaitu otomatis, manual, dan pengaturan set point. Pengujian mode otomatis dilakukan pada set point 25%, 50%, 75%, dan 100%, masing-masing dengan tiga kali pengulangan. Pengujian mode manual dilakukan pada lima variasi level awal untuk setiap proses, dengan dua kali pengulangan pada setiap kondisi. Parameter yang dievaluasi meliputi volume air, waktu pengisian dan pengosongan, debit air, serta fungsi monitoring dan kontrol jarak jauh. Hasil pengujian otomatis menunjukkan bahwa rata-rata waktu pengisian pada set point 25%, 50%, 75%, dan 100% masing-masing sebesar 18,67; 40,67; 62,33; dan 85,67 detik, sedangkan rata-rata waktu pengosongan masing-masing sebesar 86,00; 149,67; 201,00; dan 257,33 detik. Pada mode manual, waktu pengisian menurun seiring meningkatnya level awal, sementara waktu pengosongan meningkat seiring bertambahnya level awal. Pengujian jarak jauh menunjukkan bahwa monitoring dan pengiriman perintah melalui Blynk dapat dilakukan dari lokasi yang berjarak sekitar 30,3 km dari prototipe menggunakan koneksi internet seluler. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe dapat menjalankan siklus pengisian–pengosongan berdasarkan set point serta mendukung pengoperasian manual dan monitoring serta kontrol jarak jauh pada kondisi pengujian. Evaluasi lanjutan diperlukan untuk mengukur akurasi pengukuran level, latensi komunikasi, dan keandalan sistem secara kuantitatif.

Kata kunci— Internet of Things, monitoring level air, kontrol otomatis, ESP32, Blynk

Abstract

Manual water-tank management has limitations in monitoring water conditions and providing remote operational control. This study aims to design and evaluate an Internet of Things (IoT)-based water-tank monitoring and control prototype that implements a filling–draining cycle. The system integrates an HC-SR04 ultrasonic sensor, an ESP32 microcontroller, a relay module, a submersible pump, a solenoid valve, an I2C LCD, and the Blynk application, with three operating modes: automatic, manual, and set-point configuration. Automatic-mode testing was conducted at set points of 25%, 50%, 75%, and 100%, with three repetitions at each set point. Manual-mode testing was performed at five initial water-level conditions for each process, with two repetitions at each

condition. The evaluated parameters included water volume, filling and draining times, flow rate, and remote monitoring and control functionality. The automatic-mode results showed that the average filling times at set points of 25%, 50%, 75%, and 100% were 18.67, 40.67, 62.33, and 85.67 s, respectively, while the corresponding average draining times were 86.00, 149.67, 201.00, and 257.33 s. In manual mode, filling time decreased as the initial water level increased, whereas draining time increased with the initial water level. Remote testing demonstrated that monitoring and command transmission through Blynk could be performed from a location approximately 30.3 km from the prototype using a cellular Internet connection. These results indicate that the prototype can execute the set-point-based filling–draining cycle, support manual operation, and provide remote monitoring and control under the tested conditions. Further evaluation is required to quantify water-level measurement accuracy, communication latency, and system reliability.

Keywords— *Internet of Things, water level monitoring, automatic control, ESP32, Blynk*

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan tangki air secara konvensional masih mengandalkan pengamatan langsung dan pengoperasian pompa secara manual [1] [2], [3]. Pendekatan tersebut mengharuskan pengguna berada di dekat tangki untuk memantau level air serta menentukan waktu pengisian dan pengosongan. Dalam aplikasi industri, pemantauan level cairan diperlukan untuk mendukung kontinuitas operasi dan pengendalian proses. Sistem otomasi industri umumnya menggunakan sensor atau *level transmitter*, pengendali seperti *Programmable Logic Controller* (PLC), serta antarmuka *Human–Machine Interface* (HMI) atau *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) untuk memantau dan mengoperasikan peralatan [4], [5]. Namun, kebutuhan pemantauan dari lokasi berbeda juga mendorong pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) [6], yang memungkinkan data kondisi tangki diakses melalui jaringan komunikasi [4].

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini mengembangkan prototipe sistem monitoring dan kontrol tangki air berbasis IoT menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk membaca level air [7]. Pembacaan sensor diproses untuk mengendalikan pompa celup dan katup solenoid sesuai kondisi operasi yang ditetapkan. Informasi level air dan status aktuator ditampilkan melalui LCD I2C dan aplikasi Blynk. Arsitektur ini mengintegrasikan pengukuran, pengendalian, dan monitoring jarak jauh dalam satu prototipe.

Perkembangan Internet of Things memungkinkan sensor, mikrokontroler, aktuator, dan platform komputasi terhubung melalui jaringan internet sehingga data dapat dipantau dan perangkat dapat dikendalikan dari lokasi berbeda. Penerapan Blynk pada sistem monitoring air telah digunakan untuk menampilkan data level dan mendukung pengendalian perangkat melalui smartphone [8], [9]. Sistem berbasis ESP32 juga memiliki dukungan Wi-Fi yang sesuai untuk aplikasi monitoring dan kontrol berbasis IoT [10].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sensor ultrasonik dan mikrokontroler ESP32 dapat diintegrasikan dengan platform IoT untuk memantau level air [11], [12]. Penggunaan Blynk juga mendukung penyajian data dan pengendalian perangkat melalui smartphone [9]. Temuan tersebut menjadi dasar pengembangan sistem monitoring tangki berbasis IoT. Dalam konteks penelitian ini, evaluasi tidak hanya diarahkan pada pemantauan level air, tetapi juga pada pelaksanaan siklus pengisian dan pengosongan tangki dalam mode otomatis dan manual, karakteristik waktu dan debit proses, serta fungsi monitoring dan kontrol jarak jauh. Oleh karena itu, penelitian ini mengevaluasi integrasi fungsi-fungsi tersebut dalam satu prototipe melalui pengujian eksperimental pada beberapa set point dan kondisi awal level air.

Prototipe yang dikembangkan menyediakan tiga mode operasi, yaitu otomatis, manual, dan pengaturan (*setting*). Pada mode otomatis, pompa mengisi tangki hingga set point tercapai, kemudian katup solenoid membuka untuk mengosongkan tangki hingga pembacaan mencapai batas bawah level 0%. Pada mode manual, pengguna dapat mengendalikan aktuator secara langsung, sedangkan mode pengaturan digunakan untuk menentukan set point. Ketiga mode tersebut menjadi dasar pengujian fungsi kendali dan monitoring pada penelitian ini.

Sistem menggunakan pendekatan *sequence control*, yaitu pengendalian berdasarkan urutan operasi dan kondisi logika yang ditentukan oleh pembacaan sensor serta status aktuator. Pendekatan ini berbeda dari *continuous level control* [13] yang bertujuan mempertahankan variabel level proses pada nilai set point melalui mekanisme regulasi umpan balik. Dalam sistem yang diusulkan, perubahan status pompa dan aktuator ditentukan oleh terpenuhinya kondisi operasi tertentu, bukan melalui penyesuaian keluaran kendali secara kontinu berdasarkan error level. Perbedaan antara kendali sekuensial dan kendali kontinu ini sejalan dengan pembahasan mengenai *sequential control*, *logic control*, dan *continuous* dalam literatur sistem kendali proses industri [14].

Berdasarkan latar belakang dan kebutuhan evaluasi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merancang dan membangun prototipe sistem monitoring dan kontrol siklus pengisian–pengosongan tangki air berbasis IoT.
2. Mengintegrasikan sensor HC-SR04, ESP32, modul relay, pompa celup, katup solenoid, LCD I2C, dan Blynk dalam satu sistem.
3. Mengevaluasi kinerja pengisian dan pengosongan tangki pada mode otomatis dan manual berdasarkan waktu proses dan debit air.
4. Menguji fungsi monitoring dan kontrol jarak jauh melalui aplikasi Blynk pada kondisi pengujian yang ditetapkan.

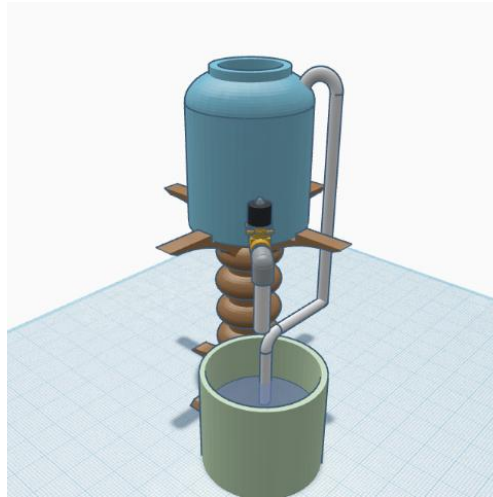
2. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode rancang bangun dan eksperimen[15] . Tahapan penelitian meliputi perancangan sistem, integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, realisasi prototipe, pengujian fungsi, serta analisis hasil pengukuran. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi operasi pengisian dan pengosongan tangki pada mode otomatis dan manual, serta fungsi monitoring dan kontrol jarak jauh melalui Internet of Things (IoT). Parameter yang dianalisis meliputi volume air, waktu proses, debit air, dan respons aktuator terhadap kondisi operasi yang ditetapkan.

2.1 Perancangan Sistem



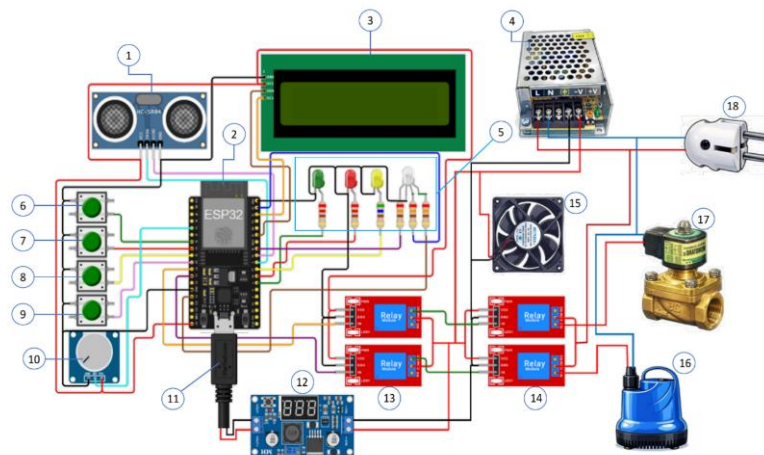
Gambar 1. Perancangan panel box 3D



Gambar 2. Perancangan tangki air penampung 3D

Perancangan fisik prototipe meliputi penempatan panel kontrol, komponen antarmuka pengguna, sensor ultrasonik, serta saluran masuk dan keluar air pada tangki. Model tiga dimensi digunakan sebagai acuan dalam menentukan tata letak komponen sebelum proses perakitan. Perancangan ini bertujuan mendukung integrasi perangkat keras dan mempermudah pengoperasian serta pengujian sistem.

2.2 Integrasi Perangkat Keras dan IoT



Gambar 3. Skema wiring sistem kontrol dan monitoring

Berikut adalah komponen-komponen yang digunakan pada gambar 3:

- 1) Sensor Ultrasonik
- 2) Mikrokontroler ESP32
- 3) LCD I2C

- 4) Catu Daya 12 V DC
- 5) Led indikator push button dan Resistor
- 6) Push button 1 (PB 1) sistem
- 7) Push button 2 (PB 2) pompa
- 8) Push button 3 (PB 3) katup
- 9) Push button 4 (PB 4) mode
- 10) Potensiometer
- 11) Kabel micro usb
- 12) *Buck Converter*
- 13) Modul Relay 5V
- 14) Modul Relay 12V
- 15) Kipas *cooling fan* 12V DC
- 16) Pompa air celup
- 17) Katup solenoid
- 18) Steker

Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk memperoleh data level air, sedangkan push button dan potensiometer digunakan sebagai masukan lokal untuk memilih mode operasi dan mengatur set point. ESP32 memproses masukan tersebut berdasarkan logika kendali yang telah diprogram. Modul relay berfungsi sebagai antarmuka pengendalian pompa celup dan katup solenoid. Informasi level air dan status aktuator ditampilkan melalui LCD I2C serta dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui koneksi Wi-Fi [16]. Aplikasi Blynk juga digunakan untuk memantau kondisi sistem dan mengirimkan perintah operasi dari jarak jauh.

2.3 Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan dalam mode otomatis dan manual. Pada mode otomatis, pengujian dilakukan pada set point 25%, 50%, 75%, dan 100%, dengan tiga kali pengulangan pada setiap set point. Pada mode manual, pengujian pengisian dilakukan pada kondisi awal level 0%, 20%, 40%, 60%, dan 80%, sedangkan pengujian pengosongan dilakukan pada kondisi awal 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Setiap kondisi pada mode manual diuji sebanyak dua kali. Parameter yang diamati meliputi volume air, waktu pengisian atau pengosongan, debit air, status aktuator, dan keberhasilan sistem mencapai kondisi akhir yang ditetapkan.

Pada pengujian otomatis, tangki diisi hingga mencapai set point yang ditentukan. Setelah set point tercapai, pompa dihentikan dan katup solenoid dibuka untuk mengosongkan tangki hingga pembacaan level mencapai batas bawah 0%. Pada pengujian manual, pengisian dimulai dari variasi level awal yang ditentukan hingga mencapai level 100%, sedangkan pengosongan dimulai dari variasi level awal yang ditentukan hingga mencapai batas bawah 0%. Waktu proses dicatat pada setiap pengulangan, sedangkan debit dihitung berdasarkan perubahan volume selama proses berlangsung.

Pada proses pengisian, debit dihitung dari pertambahan volume air selama waktu pengisian. Pada proses pengosongan, debit dihitung dari volume air yang dikeluarkan selama waktu pengosongan. Volume awal dan akhir ditentukan berdasarkan hasil pengukuran atau konversi level menjadi volume. Oleh karena itu, perhitungan debit menggunakan selisih volume awal dan akhir, bukan semata-mata volume total yang ditampilkan pada akhir proses.

$$Q = \frac{V_{akhir} - V_{awal}}{t} \quad (1)$$

dengan (Q) adalah debit air (mL/s), V_{akhir} adalah volume air pada akhir proses (mL), V_{awal} adalah volume air pada proses awal (mL).

Untuk pengisian, debit dihitung menggunakan:

$$Q(isi) = \frac{V_{akhir} - V_{awal}}{t(isi)} \quad (2)$$

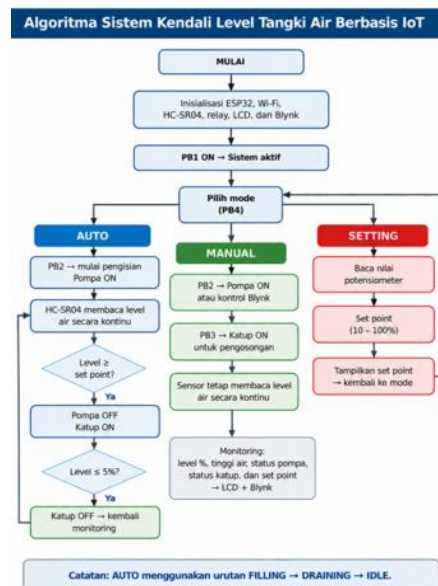
Untuk pengosongan, debit dinyatakan positif:

$$Q(kosong) = \frac{V_{akhir} - V_{awal}}{t(kosong)} \quad (3)$$

Pada proses pengisian, debit dihitung dari pertambahan volume air selama waktu pengisian. Pada proses pengosongan, debit dihitung dari volume air yang dikeluarkan selama waktu pengosongan. Volume awal dan akhir ditentukan berdasarkan hasil pengukuran atau konversi level menjadi volume. Oleh karena itu, perhitungan debit menggunakan selisih volume awal dan akhir, bukan semata-mata volume total yang ditampilkan pada akhir proses.

2. 4 Algoritma Sistem

Algoritma sistem ditunjukkan pada *flowchart* gambar 4,



Gambar 4. *Flowchart* sistem kendali level air dengan ESP32.

Algoritma sistem mengintegrasikan pembacaan level air, pengambilan keputusan, pengendalian aktuator, dan komunikasi IoT. Setelah inisialisasi, ESP32 mengaktifkan sensor, relay, LCD, dan koneksi Blynk, kemudian menunggu aktivasi sistem melalui PB1. Pemilihan mode operasi dilakukan menggunakan PB4. Pada mode AUTO, sistem menjalankan urutan IDLE, FILLING, dan DRAINING. Pompa diaktifkan selama proses FILLING hingga level mencapai set point. Selanjutnya, sistem berpindah ke kondisi DRAINING dengan membuka katup solenoid hingga pembacaan mencapai batas bawah level 0%. Pada mode MANUAL, pengguna mengendalikan pompa dan katup melalui push button atau aplikasi Blynk. Pada mode SETTING, potensiometer digunakan untuk menentukan set point pada rentang 10–100%.

Selama sistem beroperasi, ESP32 membaca level air secara berkala dan mengirimkan data ke aplikasi Blynk [17], [18]. Antarmuka Blynk menampilkan level air, tinggi air, status pompa, status katup, dan set point serta menyediakan fasilitas pengiriman perintah kontrol [19], [20]. Dengan demikian, algoritma menghubungkan kondisi fisik tangki dengan proses pengendalian dan antarmuka pengguna. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi pelaksanaan urutan operasi, waktu pengisian dan pengosongan, debit air, serta fungsi monitoring dan kontrol jarak jauh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi Sistem



Gambar 5 Hasil perancangan prototipe sistem kontrol dan monitoring tangki air

Prototipe berhasil dirakit dengan integrasi ESP32, sensor ultrasonik, relay, pompa celup, katup solenoid, LCD, push button, potensiometer, dan jaringan IoT. Dashboard Blynk digunakan sebagai antarmuka monitoring dan kontrol.



Gambar 6. Dashboard kontrol dan monitoring Blynk

Gambar 6, menunjukkan dashboard kontrol dan monitoring berbasis Blynk yang digunakan sebagai antarmuka pengguna pada sistem. Dashboard menampilkan informasi level air dalam bentuk tinggi air dan persentase level, serta status sistem, pompa, dan katup solenoid. Pada tampilan tersebut, sistem berada dalam kondisi OFF, sedangkan pompa dan katup juga menunjukkan kondisi OFF. Pengguna dapat memilih mode operasi manual, auto, dan setting sesuai kebutuhan pengoperasian sistem. Mode manual digunakan untuk mengendalikan aktuator secara langsung, mode auto digunakan untuk menjalankan proses pengisian dan pengosongan berdasarkan kondisi level air dan set point, sedangkan mode setting digunakan untuk menentukan nilai set point melalui slider yang tersedia. Dengan adanya dashboard ini, proses monitoring kondisi tangki dan pengendalian aktuator dapat dilakukan melalui aplikasi Blynk secara jarak jauh menggunakan koneksi internet.

3.1.1 Pengujian Pengisian Tangki Mode Otomatis

Pengujian pengisian tangki pada mode otomatis dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam mengisi tangki hingga mencapai set point yang telah ditentukan. Set point yang digunakan pada pengujian ini yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan masing-masing tiga kali percobaan. Parameter yang diamati meliputi volume air, waktu pengisian, debit air, status pompa, dan keberhasilan sistem dalam mencapai set point yang dipilih.

Tabel 1. Pengujian pengisian mode otomatis menggunakan pompa celup

No	Set Point	Volume Air (mL)	Waktu Pengisian (detik)	Debit Air (mL/s)	Status pompa	Keterangan
1.	25%	4681	18	185,61	Off Otomatis	Berhasil

2.	25%	4681	19	175,84	Off Otomatis	Berhasil
3.	25%	4681	19	175,84	Off Otomatis	Berhasil
4.	50%	8023	40	167,08	Off Otomatis	Berhasil
5.	50%	8023	42	159,12	Off Otomatis	Berhasil
6.	50%	8023	40	167,08	Off Otomatis	Berhasil
7.	75%	11364	62	161,68	Off Otomatis	Berhasil
8.	75%	11364	63	159,11	Off Otomatis	Berhasil
9.	75%	11364	62	161,68	Off Otomatis	Berhasil
10.	100%	14705	88	151,88	Off Otomatis	Berhasil
11.	100%	14705	84	159,11	Off Otomatis	Berhasil
12.	100%	14705	85	157,24	Off Otomatis	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pengisian mode otomatis pada set point 25%, 50%, 75%, dan 100%, diperoleh rata-rata waktu pengisian berturut-turut sebesar 18,67 detik, 40,67 detik, 62,33 detik, dan 85,67 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi set point yang ditentukan, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai volume air yang diinginkan.

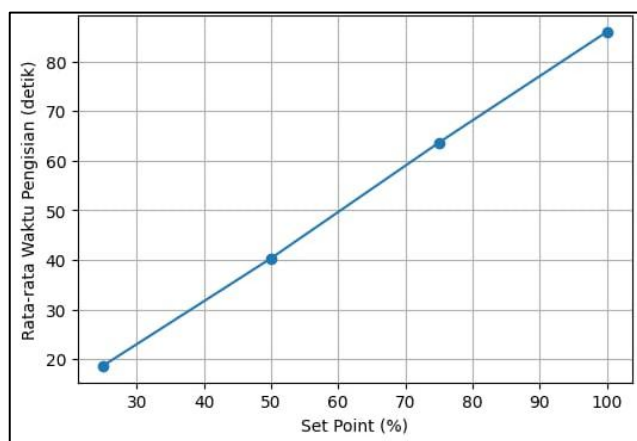
Selain waktu pengisian, dilakukan pula perhitungan debit air untuk mengetahui laju aliran air yang masuk ke dalam tangki. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh rata-rata debit air pada set point 25%, 50%, 75%, dan 100% masing-masing sebesar 179,10 mL/s, 164,43 mL/s, 160,82 mL/s, dan 156,08 mL/s. Nilai debit yang diperoleh menunjukkan bahwa pompa mampu bekerja dengan cukup stabil selama proses pengisian berlangsung, meskipun terdapat sedikit penurunan debit pada set point yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, sistem berhasil melakukan pengisian tangki secara otomatis sesuai dengan set point yang telah ditentukan serta mampu menampilkan informasi level air secara real-time melalui aplikasi Blynk.



Gambar 6. Tampilan Dashboard Aplikasi Blynk pada Set Point 25%, 50%, 75%, dan 100% pada Mode Otomatis

Gambar 6, menunjukkan tampilan dashboard aplikasi Blynk pada mode otomatis dengan variasi set point sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100%. Dashboard dirancang untuk menampilkan informasi hasil monitoring secara real-time, meliputi level air dalam satuan sentimeter (cm) dan persentase (%), status sistem, status pompa, status katup solenoid, serta nilai set point yang dipilih oleh pengguna. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh informasi tersebut dapat ditampilkan dengan baik dan mengalami perubahan secara langsung sesuai kondisi level air di dalam tangki. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi data antara ESP32 dan aplikasi Blynk melalui jaringan internet berjalan dengan baik, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tangki dan mengetahui status kerja sistem dari jarak jauh tanpa harus berada di lokasi alat.

Gambar 7, menunjukkan grafik hubungan antara set point dan rata-rata waktu pengisian tangki pada mode otomatis. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa waktu pengisian meningkat seiring bertambahnya nilai set point. Rata-rata waktu pengisian pada set point 25% berada pada kisaran 18–19 detik, sedangkan pada set point 100% mencapai sekitar 84–88 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pengisian bekerja secara konsisten, di mana semakin banyak volume air yang harus diisi ke dalam tangki maka semakin lama waktu yang diperlukan untuk mencapai level yang diinginkan.



Gambar 7. Grafik pengujian tabel otomatis menggunakan pompa celup

3.1.2 Pengujian Pengosongan Tangki Mode Otomatis

Pengujian pengosongan tangki pada mode otomatis dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam mengosongkan tangki secara otomatis setelah air mencapai set point yang telah ditentukan. Pada pengujian ini digunakan set point 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan tiga kali percobaan pada setiap set point. Parameter yang diamati meliputi volume air yang dikeluarkan, waktu pengosongan, debit air, status katup solenoid, dan keberhasilan sistem dalam mengosongkan tangki hingga mencapai level 0%.

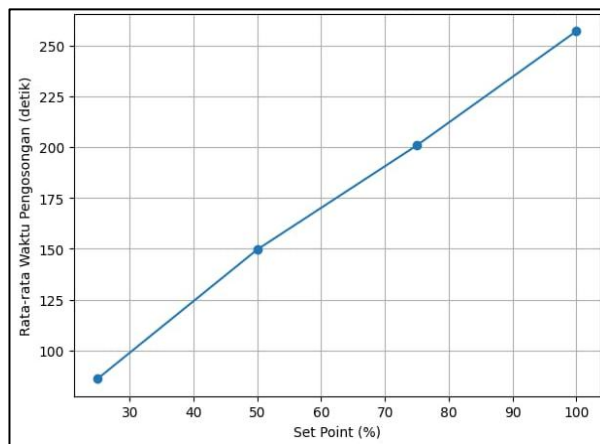
Tabel 2. Pengosongan mode otomatis dengan katup solenoid

No	Set Point	Volume Air (mL)	Waktu Pengosongan (detik)	Debit Air (mL/s)	Status Katup	Keterangan
1.	25%	4681	86	38,85	Terbuka Otomatis	Berhasil
2.	25%	4681	88	37,97	Terbuka Otomatis	Berhasil
3.	25%	4681	84	39,77	Terbuka Otomatis	Berhasil
4.	50%	8023	150	44,55	Terbuka Otomatis	Berhasil
5.	50%	8023	151	44,26	Terbuka Otomatis	Berhasil
6.	50%	8023	148	45,16	Terbuka Otomatis	Berhasil
7.	75%	11364	202	49,62	Terbuka Otomatis	Berhasil
8.	75%	11364	198	50,63	Terbuka Otomatis	Berhasil
9.	75%	11364	203	49,38	Terbuka Otomatis	Berhasil
10.	100%	14705	257	52	Terbuka Otomatis	Berhasil
11.	100%	14705	257	52	Terbuka Otomatis	Berhasil
12.	100%	14705	258	51,8	Terbuka Otomatis	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pengosongan mode otomatis pada set point 25%, 50%, 75%, dan 100%, diperoleh rata-rata waktu pengosongan berturut-turut sebesar 86 detik, 149,67 detik, 201 detik, dan 257,33 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar volume air yang terdapat di dalam tangki, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan tangki hingga mencapai level 0%. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya volume air yang harus dikeluarkan melalui solenoid valve sehingga waktu pengosongan menjadi lebih panjang pada set point yang lebih tinggi.

Selain waktu pengosongan, dilakukan pula perhitungan debit air untuk mengetahui laju aliran air yang keluar dari tangki. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh rata-rata debit air pada set point 25%, 50%, 75%, dan 100% masing-masing sebesar 38,86 mL/s, 44,66 mL/s, 49,88 mL/s, dan 51,93 mL/s. Hasil tersebut menunjukkan bahwa debit air cenderung meningkat seiring bertambahnya volume air di dalam tangki. Kondisi ini dipengaruhi oleh tekanan *hidrostatik* yang semakin besar ketika ketinggian air meningkat, sehingga laju aliran air yang keluar dari tangki

menjadi lebih besar. Secara keseluruhan, sistem berhasil melakukan proses pengosongan secara otomatis sesuai dengan set point yang telah ditentukan dan seluruh pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik sesuai perancangan.



Gambar 8. Grafik pengosongan mode otomatis dengan katup selenoid

Gambar 8, menunjukkan grafik hubungan antara set point dan rata-rata waktu pengosongan tangki pada mode otomatis. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa waktu pengosongan meningkat seiring bertambahnya nilai set point. Pengosongan pada set point 25% membutuhkan waktu yang lebih singkat dibandingkan set point 100% karena volume air yang harus dikeluarkan lebih sedikit. Hasil ini menunjukkan bahwa katup solenoid mampu bekerja secara konsisten dalam proses pengosongan tangki, di mana waktu pengosongan dipengaruhi oleh volume air yang terdapat di dalam tangki sebelum proses pengosongan dilakukan.

3.1.3 Pengujian Pengisian Tangki Mode Manual

Pengujian pengisian tangki pada mode manual dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam mengisi tangki dari berbagai kondisi volume awal hingga mencapai kapasitas penuh (100%). Pada pengujian ini digunakan variasi persentase awal sebesar 0%, 20%, 40%, 60%, dan 80% dengan masing-masing dua kali percobaan. Parameter yang diamati meliputi volume awal, volume akhir, waktu pengisian, debit air, status pompa, dan keberhasilan sistem dalam mengisi tangki hingga mencapai level 100%.

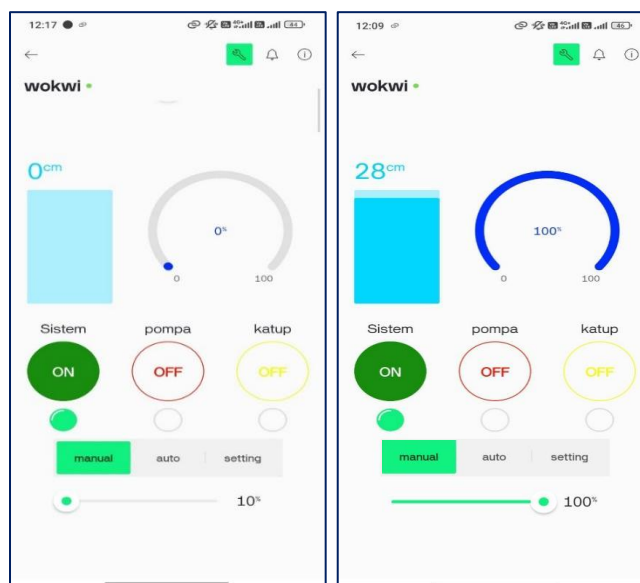
Tabel 3. Pengisian manual dengan menggunakan pompa celup

No	Persen Awal	Volume Awal (mL)	Persen Akhir	Volume Akhir (mL)	Waktu (detik)	Debit Air (mL)	Status pompa
1.	0%	1340	100%	14705	85	157,23	Off Otomatis
2.	0%	1340	100%	14705	87	153,62	Off Otomatis
3.	20%	4013	100%	14705	68	157,23	Off Otomatis
4.	20%	4013	100%	14705	71	150,59	Off Otomatis

5.	40%	6686	100%	14705	53	151,30	Off Otomatis
6.	40%	6686	100%	14705	52	154,21	Off Otomatis
7.	60%	9359	100%	14705	31	172,45	Off Otomatis
8.	60%	9359	100%	14705	32	167,06	Off Otomatis
9.	80%	12032	100%	14705	17	157,24	Off Otomatis
10.	80%	12032	100%	14705	18	148,5	Off Otomatis

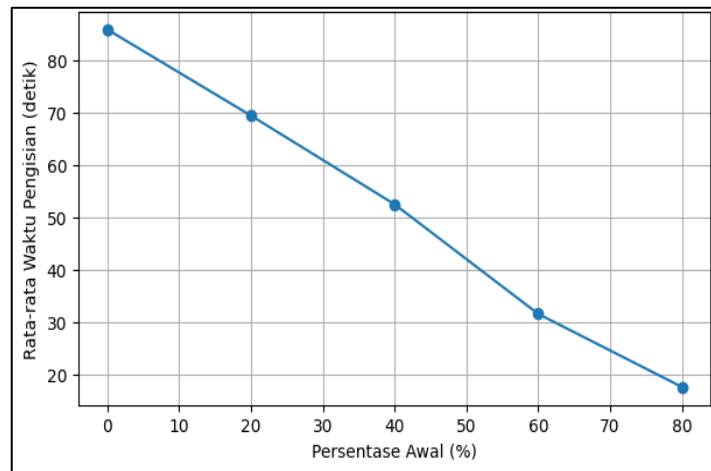
Berdasarkan hasil pengujian pengisian mode manual pada kondisi awal 0%, 20%, 40%, 60%, dan 80%, diperoleh rata-rata waktu pengisian berturut-turut sebesar 86 detik, 69,5 detik, 52,5 detik, 31,5 detik, dan 17,5 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar volume awal air di dalam tangki, maka semakin singkat waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi penuh (100%). Hal ini disebabkan oleh semakin sedikit volume air yang perlu ditambahkan ke dalam tangki untuk mencapai kapasitas maksimum.

Selain waktu pengisian, dilakukan pula perhitungan debit air untuk mengetahui laju aliran air yang masuk ke dalam tangki selama proses pengisian. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh rata-rata debit air pada kondisi awal 0%, 20%, 40%, 60%, dan 80% masing-masing sebesar 155,43 mL/s, 153,92 mL/s, 152,76 mL/s, 169,76 mL/s, dan 152,87 mL/s. Nilai debit yang diperoleh menunjukkan bahwa pompa bekerja relatif stabil selama proses pengisian berlangsung, meskipun terdapat sedikit variasi pada beberapa pengujian yang dapat dipengaruhi oleh kondisi aliran dan waktu pengukuran. Secara keseluruhan, sistem mampu melakukan pengisian tangki secara manual dengan baik melalui aplikasi Blynk dan seluruh pengujian menunjukkan hasil yang sesuai dengan tujuan perancangan sistem.



Gambar 9. Tampilan Dashboard Aplikasi Blynk pada level persentase 0% dan 100% pada Mode Manual

Gambar 9, menunjukkan tampilan dashboard aplikasi Blynk pada mode manual saat kondisi tangki berada pada level 0% dan 100%. Berbeda dengan mode otomatis yang menggunakan beberapa variasi set point, pada mode manual proses pengisian dilakukan dari kondisi tangki kosong (0%) hingga penuh (100%), sedangkan proses pengosongan dilakukan dari kondisi tangki penuh (100%) hingga kosong (0%). Data pengujian pada tabel 3, diperoleh melalui beberapa variasi volume awal sebagai titik pengambilan data untuk menghitung waktu, volume, dan debit air. Selama proses pengujian, dashboard Blynk mampu menampilkan informasi level air, status sistem, status pompa, dan status katup secara real-time, sehingga pengguna tetap dapat memantau kondisi tangki dan proses pengisian maupun pengosongan dari jarak jauh melalui jaringan internet.



Gambar 10. Grafik pengisian manual berdasarkan persentasi volume awal tangki

Gambar 10, menunjukkan Grafik hubungan antara persentase awal air di dalam tangki dan rata-rata waktu pengisian pada mode manual. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa waktu pengisian mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase awal air di dalam tangki. Waktu pengisian terlama terjadi pada kondisi tangki kosong (0%), sedangkan waktu pengisian tercepat terjadi pada kondisi awal 80%. Hasil ini menunjukkan bahwa volume awal air dalam tangki berpengaruh langsung terhadap waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kapasitas penuh. Semakin besar volume awal yang tersedia, semakin sedikit volume air yang harus diisi sehingga waktu pengisian menjadi lebih singkat.

3.1.4 Pengujian Pengosongan Tangki Mode Manual

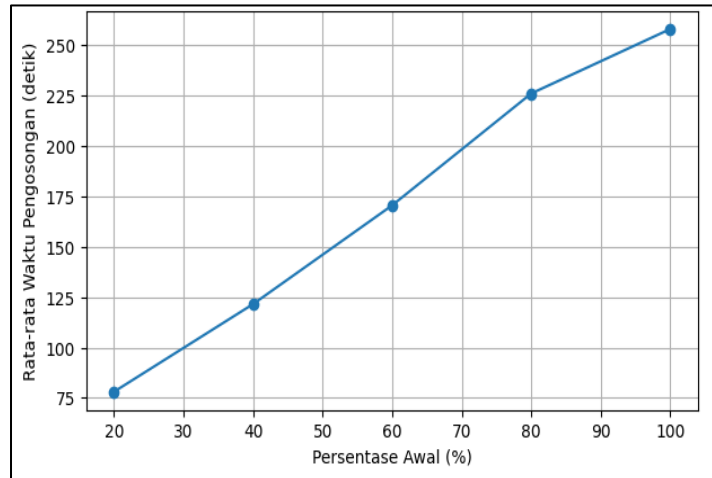
Pengujian pengosongan tangki pada mode manual dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam mengosongkan tangki dari berbagai kondisi volume awal hingga mencapai level 0%. Pada pengujian ini digunakan variasi persentase awal sebesar 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dengan masing-masing dua kali percobaan. Parameter yang diamati meliputi volume awal, volume akhir, waktu pengosongan, debit air, status katup solenoid, dan keberhasilan sistem dalam mengosongkan tangki hingga mencapai level 0%.

Tabel 4. Pengosongan manual dengan menggunakan katup selenoid

No	Persen Awal	Volume Awal (mL)	Persen Akhir	Volume Akhir (mL)	Waktu (detik)	Debit Air (mL)	Status pompa
1.	20%	4013mL	0%	1340	78	34,27	Terbuka Otomatis
2.	20%	4013mL	0%	1340	78	34,27	Terbuka Otomatis
3.	40%	6686mL	0%	1340	122	43,82	Terbuka Otomatis
4.	40%	6686mL	0%	1340	121	44,18	Terbuka Otomatis
5.	60%	9359mL	0%	1340	172	46,62	Terbuka Otomatis
6.	60%	9359mL	0%	1340	169	47,45	Terbuka Otomatis
7.	80%	12032mL	0%	1340	227	47,10	Terbuka Otomatis
8.	80%	12032mL	0%	1340	225	47,52	Terbuka Otomatis
9.	100%	14705mL	0%	1340	257	52	Terbuka Otomatis
10.	100%	14705mL	0%	1340	259	51,60	Terbuka Otomatis

Berdasarkan hasil pengujian pengosongan mode manual pada kondisi awal 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%, diperoleh rata-rata waktu pengosongan berturut-turut sebesar 78 detik, 121,5 detik, 170,5 detik, 226 detik, dan 258 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar volume awal air di dalam tangki, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan tangki hingga mencapai level 0%. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya volume air yang harus dikeluarkan dari dalam tangki.

Selain waktu pengosongan, dilakukan pula perhitungan debit air untuk mengetahui laju aliran air yang keluar dari tangki selama proses pengosongan. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh rata-rata debit air pada kondisi awal 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% masing-masing sebesar 34,27 mL/s, 44,00 mL/s, 47,04 mL/s, 47,31 mL/s, dan 51,80 mL/s. Hasil tersebut menunjukkan bahwa debit air cenderung meningkat seiring bertambahnya volume awal air di dalam tangki. Kondisi ini dipengaruhi oleh tekanan hidrostatik yang semakin besar ketika ketinggian air di dalam tangki meningkat, sehingga laju aliran air yang keluar melalui saluran pengosongan menjadi lebih besar. Secara keseluruhan, sistem mampu melakukan pengosongan tangki secara manual dengan baik melalui aplikasi Blynk, dan seluruh pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

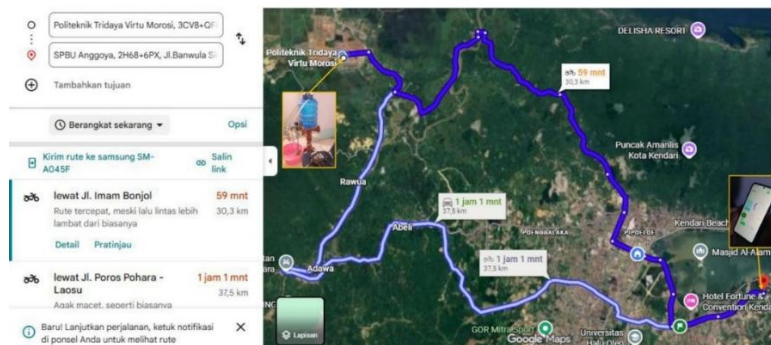


Gambar 11. Grafik pengosongan manual dengan menggunakan katup solenoid

Dari gambar 11, menunjukkan grafik hubungan antara persentase awal air di dalam tangki dan rata-rata waktu pengosongan pada mode manual. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa waktu pengosongan meningkat seiring bertambahnya persentase awal air di dalam tangki. Waktu pengosongan tercepat terjadi pada kondisi awal 20%, sedangkan waktu pengosongan terlama terjadi pada kondisi awal 100%. Hasil ini menunjukkan bahwa volume awal air memiliki pengaruh langsung terhadap waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan tangki. Semakin besar volume air yang terdapat di dalam tangki, maka semakin lama waktu yang diperlukan oleh katup solenoid untuk mengalirkan seluruh air hingga mencapai level 0%.

3.1.4 Pengujian Kontrol Jarak Jauh

Pengujian dilakukan dengan menempatkan prototipe di Laboratorium Politeknik Tridaya Virtu Morosi dan pengguna di SPBU Anggoeya, Kota Kendari. Jarak pengujian sekitar 30,3 km. Data level dan status perangkat dapat dipantau melalui Blynk, dan perintah dari smartphone dapat diterima oleh ESP32 selama koneksi internet tersedia. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi ESP32, Wi-Fi, server Blynk, dan aplikasi smartphone dapat mendukung monitoring serta pengendalian sistem dari lokasi berbeda. Peta pengujian prototipe dan posisi *dashboard* kontrol *smartphone* ditujukan pada gambar 7.



Gambar 7. Pengujian kontrol jarak jauh berbasis IoT melalui koneksi internet seluler

3.2 PEMBAHASAN

Sistem monitoring dan kontrol tangki air berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan mengintegrasikan sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler ESP32, pompa celup, katup solenoid, LCD I2C, dan aplikasi Blynk. Integrasi tersebut memungkinkan pemantauan level air serta pengendalian proses pengisian dan pengosongan melalui mode otomatis maupun manual. Pengaturan set point digunakan sebagai acuan penghentian pengisian pada mode otomatis.

Hasil pengujian otomatis menunjukkan bahwa rata-rata waktu pengisian meningkat dari 18,67 detik pada set point 25% menjadi 85,67 detik pada set point 100%. Sementara itu, rata-rata waktu pengosongan meningkat dari 86,00 detik menjadi 257,33 detik. Peningkatan waktu tersebut sejalan dengan bertambahnya volume air yang dipindahkan. Nilai debit pengisian dan pengosongan juga menunjukkan variasi pada setiap kondisi pengujian, sehingga perhitungannya perlu didasarkan pada perubahan volume air aktual dan waktu proses yang terukur.

Pada mode manual, waktu pengisian menurun dari rata-rata 86 detik menjadi 17,5 detik seiring meningkatnya level awal air. Sebaliknya, waktu pengosongan meningkat dari 78 detik pada level awal 20% menjadi 258 detik pada level awal 100%. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan durasi proses berdasarkan kondisi awal air. Namun, variasi debit yang terukur belum cukup untuk menyimpulkan penyebab perubahan debit tanpa pengujian tambahan terhadap faktor-faktor yang memengaruhinya.

Pengujian kendali jarak jauh menunjukkan bahwa pemantauan dan pengiriman perintah melalui Blynk dapat dilakukan dari lokasi yang berjarak sekitar 30,3 km dari prototipe menggunakan jaringan internet seluler. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungsi IoT dapat diterapkan untuk mendukung pengoperasian tangki air dari jarak jauh pada kondisi pengujian. Meskipun demikian, pengujian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi akurasi sensor, latensi komunikasi, dan keandalan sistem secara kuantitatif. Selain itu, batas level 0% pada prototipe perlu dipahami sebagai batas bawah pembacaan level, yang pada pemetaan volume sistem ini masih menunjukkan volume air sebesar 1.340 mL.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan pada sistem monitoring dan kontrol level tangki air berbasis ESP32-Blynk, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Prototipe sistem monitoring dan kontrol tangki air berbasis ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, modul relay, pompa celup, katup solenoid, LCD I2C, dan Blynk berhasil direalisasikan dengan dukungan mode otomatis, manual, dan pengaturan set point.
2. Sistem mampu menjalankan siklus pengisian–pengosongan secara otomatis berdasarkan set point serta mendukung pengoperasian manual. Pada mode otomatis, pompa berhenti ketika level mencapai set point, kemudian katup solenoid membuka untuk mengosongkan tangki hingga pembacaan mencapai batas bawah level yang ditetapkan.
3. Hasil pengujian otomatis menunjukkan bahwa rata-rata waktu pengisian pada set point 25%, 50%, 75%, dan 100% masing-masing sebesar 18,67; 40,67; 62,33; dan 85,67 detik. Sementara itu, rata-rata waktu pengosongan masing-masing sebesar 86,00; 149,67; 201,00; dan 257,33 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa waktu pengisian dan pengosongan meningkat seiring bertambahnya volume air yang perlu dipindahkan. Perhitungan debit dilakukan berdasarkan perubahan volume terhadap waktu proses, sedangkan galat relatif digunakan untuk menggambarkan selisih volume terukur terhadap volume target.

4. Pengujian jarak jauh menunjukkan bahwa monitoring dan pengiriman perintah melalui Blynk dapat dilakukan dari lokasi yang berjarak sekitar 30,3 km dari prototipe menggunakan koneksi internet seluler. Hasil ini menunjukkan bahwa fungsi monitoring dan kontrol jarak jauh bekerja pada kondisi pengujian, tetapi belum memberikan pengukuran kuantitatif mengenai latensi komunikasi dan keandalan sistem jangka panjang.

5. SARAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, pengembangan sistem selanjutnya disarankan untuk mencakup beberapa aspek. Pertama, kalibrasi dan pengujian akurasi sensor ultrasonik HC-SR04 perlu dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan level dan estimasi volume terhadap alat ukur referensi. Kedua, pengujian komunikasi IoT perlu dikembangkan melalui pengukuran latensi, kestabilan koneksi, dan keberhasilan pengiriman perintah pada berbagai kondisi jaringan. Ketiga, sistem dapat dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis melalui Blynk untuk memberikan informasi ketika level air mencapai batas tertentu atau ketika terjadi gangguan operasi. Selain itu, pengujian pada variasi kapasitas tangki dan kondisi operasi yang lebih beragam diperlukan untuk mengevaluasi konsistensi waktu pengisian, waktu pengosongan, dan debit air. Pengembangan metode kendali yang lebih adaptif juga dapat dipertimbangkan pada penelitian berikutnya setelah karakteristik dasar sistem terukur dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. ERWIZA, "RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI KERAN AIR DAN MONITORING BIAYA PDAM BERBASIS IOT," Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2021.
- [2] H. Jubair, M. Mehenaz, Md. N. Mollah, A. Ahasan, and Md. M. Islam, "Smart IoT-Based Water Tank Automation System Using Ultrasonic and Temperature Sensors with Remote Monitoring," in *2025 IEEE International Conference on Signal Processing, Information, Communication and Systems (SPICSCON)*, 2025, pp. 598–603. doi: 10.1109/SPICSCON69221.2025.11504215.
- [3] Aburizal Umar, "Perancangan Sistem Kendali dan Monitoring Level Air Toren untuk Meningkatkan Efisiensi Energy Listrik," *Merkurius : Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika*, vol. 4, no. 5, pp. 01–09, Sep. 2026, doi: 10.61132/merkurius.v4i5.1800.
- [4] S. Wardono *et al.*, "Sistem Pengendalian Otomatis Pompa Air Berbasis Scada Dengan Komunikasi Modbus TCP/IP," 2025.
- [5] Indra Saputra, "Perancangan Water LEvel Control Menggunakan PLC Omron Sysmac C200H yang Dilengkapi dengan Software SCADA Wonderware InTouch," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 2013.
- [6] Bachtiar Dandi, Zulfan, and Al Munawir, "Strategi Peningkatan Sistem Pengelolaan Air Bersih di Aceh," *Jurnal Mekanova*, Apr. 2022.
- [7] R. Fauzan *et al.*, "PROTOTYPE OF CONDENSATION DETECTOR ON AIR HANDLING UNIT DUCTING BASED ON BLYNK AT JUWATA TARAKAN AIRPORT TERMINAL," *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 8, no. 4, 2025.

-
- [8] J. P. Hapsari, M. Ismail, and M. A. Ihsan, "Sistem Monitoring Ketinggian dan Kualitas Air Tandon Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, vol. 6, no. 2, pp. 144–153, Sep. 2024, doi: 10.32528/elkom.v6i2.22424.
 - [9] S. Ismail, D. W. Dawoud, N. Ismail, R. Marsh, and A. S. Alshami, "IoT-Based Water Management Systems: Survey and Future Research Direction," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 35942–35952, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3163742.
 - [10] Espressif Systems, "ESP32 Series Datasheet Version 5.3 2.4 GHz Wi-Fi + Bluetooth ® + Bluetooth LE SoC Including," 2026. [Online]. Available: www.espressif.com
 - [11] T. R. Rahman, W. Eka, and F. Anggara, "Design and Construction of an Internet of Things (IoT)-Based Water Level Monitoring System Using ESP32 for Early Flood Prevention," 2025. [Online]. Available: <https://ijciores.org/index.php/ijciores>
 - [12] M. Syafei Gozali and H. Tri Guntoro, "IoT Implementation in Water Level Monitoring System Using ESP32 and Antares Platform," 2026.
 - [13] M. Short and A. A. Selvakumar, "Non-Linear Tank Level Control for Industrial Applications," *Appl. Math. (Irvine)*, vol. 11, no. 09, pp. 876–889, 2020, doi: 10.4236/am.2020.119057.
 - [14] Alford Joseph and P. E. Buckbee George, "Industrial Process Control Systems: A New Approach to Education," Dec. 2020.
 - [15] H. Tang, "Quantitative Methods and Experimental Research," *Engineering Research*, pp. 171–211, Jan. 2021, doi: 10.1002/9781119624547.CH5.
 - [16] A. N. Fathoni and U. Y. Oktiawati, "Blackbox Testing terhadap Prototipe Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis IoT (Blackbox Testing on Prototype of a Water Quality Monitoring System Based on IoT)," 2021.
 - [17] "Timers | Blynk Documentation." Accessed: Oct. 03, 2026. [Online]. Available: <https://docs.blynk.io/en/blynk-library-firmware-api/blynk-timer>
 - [18] "Virtual Pins | Blynk Documentation." Accessed: Oct. 03, 2026. [Online]. Available: <https://docs.blynk.io/en/blynk-library-firmware-api/virtual-pins?>
 - [19] "Introduction | Blynk Documentation." Accessed: Oct. 03, 2026. [Online]. Available: <https://docs.blynk.io/en>
 - [20] "Control Devices (GPIOs and beyond) | Blynk Documentation." Accessed: Oct. 03, 2026. [Online]. Available: <https://docs.blynk.io/en/getting-started/using-virtual-pins-to-control-physical-devices>
-