E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Perancangan Sistem Monitoring Level Air Toren Dan *Groundtank* Berbasis ESP32 Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 Dan Kontrol Pompa Otomatis Dengan Logika *Histeresis*

Rosul Riski Wibisono[1], Suryanto[2], Sri Watma[3]
[1,2,3]Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Dan Informatika Universitas Bina Sarana Informatika, rosulriski@gmail.com

Abstrak

Pengelolaan distribusi air pada sistem toren dan groundtank masih memerlukan pemantauan dan pengendalian pompa yang tepat untuk mencegah kondisi kekurangan air, luapan, maupun pengoperasian pompa tanpa suplai air. Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem monitoring level air toren dan groundtank berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu melakukan pengendalian pompa secara otomatis serta menyediakan informasi kondisi sistem secara real-time. Sistem dirancang menggunakan dua sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur level air pada toren dan groundtank, flow sensor YF-S201 untuk mengukur debit aliran air dan mendeteksi indikasi anomali aliran, relay module sebagai pengendali pompa, OLED display sebagai media monitoring lokal, serta Web Lokal sebagai media pemantauan melalui perangkat yang terhubung pada jaringan WiFi. Metode perancangan menggunakan pendekatan prototyping yang meliputi tahap perancangan, pembuatan, pengujian, dan evaluasi sistem. Pengendalian pompa diterapkan menggunakan logika histeresis untuk mencegah terjadinya switching berulang pada relay akibat perubahan pembacaan level air. Pompa diaktifkan ketika level air toren berada pada batas minimum dan kondisi air groundtank masih mencukupi, sedangkan pompa dihentikan ketika level air toren mencapai batas maksimum atau level groundtank berada di bawah batas minimum. Pengujian dilakukan terhadap fungsi sensor ultrasonik, *flow sensor*, relay, pompa, mode AUTO dan MANUAL, deteksi error flow, OLED, koneksi WiFi, serta Web Lokal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pembacaan level air, pengukuran debit, pengendalian pompa berdasarkan kondisi yang telah ditentukan, serta menampilkan informasi sistem secara real-time melalui OLED dan Web Lokal. Penerapan logika histeresis juga mampu menjaga kestabilan proses pengendalian pompa dan mengurangi risiko *switching* berulang pada relay. Dengan demikian, sistem yang dirancang dapat digunakan sebagai prototipe monitoring dan pengendalian distribusi air pada toren dan groundtank secara otomatis dan real-time.

Kata Kunci: *ESP32, monitoring level air, kontrol pompa otomatis, sensor ultrasonik, sensor debit air, Web Lokal, histeresis.*

Abstract

Water distribution management in tank and ground tank systems still requires proper monitoring and pump control to prevent water shortages, overflow, and pump operation without an adequate water supply. This study aims to design and test an ESP32-based water level monitoring system for tanks and ground tanks that is capable of automatically controlling the water pump while providing real-time information on system conditions. The system is designed using two HC-SR04 ultrasonic sensors to measure water levels in the tank and ground tank, a YF-S201 flow sensor to measure water flow rate and detect indications of flow anomalies, a relay module as a pump controller, an OLED display as a local monitoring interface, and a Local Web interface as a monitoring medium through devices connected to a WiFi network. The system development method uses a prototyping approach consisting of the stages of system design, development, testing, and evaluation. Pump control is implemented using hysteresis logic to prevent repetitive switching of the relay caused by fluctuations in

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

water level readings. The pump is activated when the tank water level reaches the minimum threshold and the ground tank water level remains sufficient, while the pump is deactivated when the tank water level reaches the maximum threshold or the ground tank water level falls below the minimum threshold. Testing was conducted on the functionality of the ultrasonic sensors, flow sensor, relay, pump, AUTO and MANUAL modes, flow error detection, OLED display, WiFi connectivity, and Local Web monitoring. The test results indicate that the system is capable of measuring water levels, measuring water flow, controlling the pump according to predetermined conditions, and displaying system information in real time through the OLED display and Local Web interface. The implementation of hysteresis logic also maintains the stability of the pump control process and reduces the risk of repetitive relay switching. Therefore, the developed system can be used as a prototype for automatic and real-time monitoring and control of water distribution in tank and ground tank systems.

Keywords: *ESP32, water level monitoring, automatic pump control, ultrasonic sensor, water discharge sensor, Local Web, hysteresis.*

Corresponding Author:
Rosul Riski Wibisono
Universitas Bina Sarana Informatika, rosulriski@gmail.com

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan utama yang harus tersedia secara kontinu dalam menunjang aktivitas manusia, termasuk pada lingkungan perkantoran, institusi pendidikan, maupun fasilitas umum. Sistem penyediaan air pada suatu bangunan umumnya memanfaatkan groundtank sebagai tempat penampungan awal dan toren sebagai penampungan sebelum air didistribusikan kepada pengguna. Proses pemindahan air dari *groundtank* menuju toren dilakukan menggunakan pompa listrik yang harus dioperasikan sesuai dengan kondisi ketersediaan air. Namun, pada sistem konvensional, proses pemantauan level air dan pengoperasian pompa masih banyak dilakukan secara manual. Kondisi tersebut dapat menyebabkan keterlambatan pengisian, pompa bekerja lebih lama dari kebutuhan, pemborosan energi listrik, serta risiko luapan air apabila pompa tidak segera dimatikan ketika toren telah mencapai kapasitas maksimum.

Permasalahan tersebut semakin kompleks karena posisi toren umumnya berada pada tempat yang relatif tinggi sehingga pemeriksaan kondisi air secara langsung tidak selalu mudah dilakukan. Pengguna harus melakukan pemeriksaan secara berkala untuk mengetahui kondisi level air dan memastikan pompa bekerja dengan baik. Apabila proses pengisian terlambat, toren dapat mengalami kekosongan yang berpotensi mengganggu kontinuitas suplai air. Sebaliknya, apabila pompa tetap bekerja ketika toren telah penuh, air dapat meluap dan menyebabkan pemborosan air serta energi listrik. Selain itu, kebocoran pada jaringan perpipaan dapat menyebabkan air terbuang tanpa mudah diketahui oleh pengguna. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem pengelolaan air membutuhkan mekanisme monitoring dan kontrol yang dapat bekerja secara otomatis, kontinu, dan real-time.

Perkembangan teknologi mikrokontroler dan *Internet of Things* (IoT) memberikan peluang untuk mengembangkan sistem pengelolaan air yang lebih terintegrasi. Sistem dapat memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air pada *groundtank* dan toren. Data hasil pengukuran kemudian diproses oleh

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

mikrokontroler untuk menentukan kondisi level air dan memberikan perintah pengoperasian pompa. Penggunaan jaringan komunikasi memungkinkan data tersebut ditampilkan melalui web lokal sehingga kondisi penampungan dan status pompa dapat dipantau tanpa melakukan pemeriksaan secara langsung. Dengan demikian, teknologi mikrokontroler tidak hanya berfungsi sebagai pengolah data sensor, tetapi juga dapat digunakan sebagai pengendali otomatis berdasarkan kondisi aktual sistem.

Selain sensor level, penggunaan sensor debit air dapat memberikan informasi tambahan mengenai kondisi aliran pada jaringan perpipaan. Sensor debit bekerja dengan mendeteksi aliran air yang melewati pipa dan menghasilkan sinyal yang dapat diolah oleh mikrokontroler menjadi informasi debit air. Data tersebut dapat dibandingkan dengan kondisi operasi pompa dan perubahan level penampungan untuk memberikan indikasi awal apabila terjadi ketidaksesuaian aliran. Dengan mengintegrasikan sensor level dan sensor debit, sistem dapat melakukan monitoring kondisi air secara lebih komprehensif, tidak hanya berdasarkan ketinggian air tetapi juga berdasarkan keberadaan dan perubahan aliran air.

Secara teoritik, sensor ultrasonik bekerja dengan memanfaatkan gelombang suara untuk mengukur jarak antara sensor dan permukaan air. Jarak yang diperoleh dapat dikonversi menjadi ketinggian atau persentase level air. Semakin kecil jarak sensor terhadap permukaan air, semakin tinggi level air dalam penampungan. Meskipun demikian, pembacaan sensor ultrasonik dapat dipengaruhi oleh riak permukaan air sehingga diperlukan penempatan sensor dan metode pengolahan data yang tepat. Sementara itu, mikrokontroler berfungsi sebagai pusat pengolahan informasi dari sensor dan pengendalian aktuator. *Relay* dapat digunakan sebagai antarmuka pengendalian pompa, sedangkan web lokal digunakan sebagai media penyajian data monitoring secara *real-time*. Integrasi tersebut membentuk sistem monitoring dan kontrol yang mampu bekerja berdasarkan kondisi aktual penampungan air (Hakim et al., 2024) .

Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan mikrokontroler dan IoT dalam sistem monitoring level air. (Hakim et al., 2024) mengembangkan sistem kendali level air *groundtank* berbasis ESP32 dan sensor ultrasonik yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk. Sistem tersebut mampu melakukan pengendalian pengisian secara otomatis dan memberikan informasi kondisi level air melalui perangkat pengguna. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi ESP32 dan sensor ultrasonik dapat digunakan untuk meningkatkan otomatisasi pengelolaan groundtank. (Ridwan et al., 2023) mengembangkan purwarupa monitoring tandon air dan kontrol pompa secara otomatis berbasis IoT. Sistem tersebut mengintegrasikan sensor level dengan sistem pengendalian pompa sehingga proses pengisian dapat dilakukan berdasarkan kondisi air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan IoT dapat mengurangi kebutuhan intervensi manual dalam proses pemantauan dan pengoperasian pompa.

(Sourideth et al., 2024) mengembangkan sistem manajemen pengisian air berbasis IoT menggunakan water flow sensor, Arduino, ESP8266, dan sistem berbasis web. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sensor debit dapat digunakan untuk memperoleh informasi aliran air secara real-time. Penggunaan sensor debit menjadi relevan dalam penelitian ini karena dapat digunakan sebagai parameter tambahan untuk mengetahui kondisi aliran pada jaringan distribusi. (Raka Dian Mahardi et al., 2024) mengembangkan sistem pengendalian ketinggian permukaan air otomatis menggunakan Arduino Uno dan sensor ultrasonik dengan mekanisme peredam riak. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kondisi permukaan air dapat memengaruhi kestabilan pembacaan sensor ultrasonik. Temuan tersebut menjadi pertimbangan dalam

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

perancangan sistem monitoring level air agar hasil pengukuran dapat digunakan sebagai dasar pengendalian secara lebih stabil.

(Az-Zikri et al., 2025) merancang *prototipe monitoring* level air tandon berbasis IoT menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T dan ESP8266. Sistem tersebut mampu memberikan informasi level air dan mengendalikan pompa secara otomatis berdasarkan batas level yang telah ditentukan. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi sensor, mikrokontroler, dan *relay* dapat digunakan untuk mengurangi risiko pemborosan air akibat kelalaian pengguna. (Hasanah & Hafni, 2025) mengembangkan sistem monitoring level air menggunakan ESP32, sensor ultrasonik, relay, Blynk, dan Telegram. Sistem tersebut dapat melakukan monitoring level air secara real-time dan mengendalikan pompa berdasarkan kondisi level. Penelitian ini memperlihatkan bahwa platform komunikasi berbasis IoT dapat mendukung pemantauan dan pengendalian sistem air dari jarak jauh.

Selanjutnya, (Nur' Aini et al., 2026) mengembangkan alat monitoring level air toren berbasis Arduino Uno R3 dan sensor HC-SR04. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi mikrokontroler dan sensor ultrasonik dapat digunakan untuk mempermudah pemantauan level air secara real-time. Namun, objek penelitian masih berfokus pada satu penampungan sehingga belum mengintegrasikan kondisi groundtank, toren, dan aliran air dalam satu sistem. Berdasarkan penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa sistem monitoring level air berbasis mikrokontroler telah banyak dikembangkan, tetapi masih terdapat ruang pengembangan berupa integrasi dua penampungan, yaitu groundtank dan toren, kontrol pompa otomatis, sensor debit untuk indikasi kebocoran, serta monitoring melalui web lokal dalam satu sistem. Penelitian ini diarahkan untuk mengatasi kesenjangan tersebut dengan merancang sistem yang mampu membaca kondisi level air pada kedua penampungan, mengendalikan pompa berdasarkan kondisi level, serta memanfaatkan data debit untuk memberikan indikasi gangguan aliran.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem monitoring level air groundtank dan toren berbasis mikrokontroler dengan kontrol pompa otomatis real-time melalui web lokal. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sensor ultrasonik dalam pengukuran level air, mengintegrasikan sensor debit untuk mendeteksi indikasi kebocoran, merancang algoritma kontrol pompa berdasarkan kondisi groundtank dan toren, serta mengevaluasi kinerja sistem dalam monitoring dan pengendalian secara real-time. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat mengurangi risiko luapan dan kekosongan air, mengurangi pemborosan air dan energi listrik, serta mempermudah pengawasan sistem distribusi air di Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode perancangan dan pengujian eksperimental dengan pendekatan *prototyping*. Pendekatan tersebut digunakan karena penelitian berfokus pada pengembangan suatu prototipe sistem monitoring dan kontrol yang terdiri atas perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), kemudian dilakukan pengujian secara bertahap untuk mengetahui kesesuaian fungsi sistem dengan rancangan (Dimas Agih Ramadhan et al., 2023) . Tahapan penelitian meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan sistem, pembuatan prototipe, pemrograman mikrokontroler, integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian setiap komponen, pengujian sistem secara keseluruhan, serta analisis hasil pengujian. Pendekatan *prototyping* memungkinkan proses perancangan dan evaluasi dilakukan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

secara berulang apabila ditemukan ketidaksesuaian pada saat pengujian. Tahapan tersebut mengacu pada rancangan penelitian dalam dokumen yang menggunakan proses perancangan, pembuatan, pengujian, dan evaluasi secara bertahap.

Objek penelitian berupa prototipe sistem monitoring level air toren dan *groundtank* berbasis mikrokontroler dengan kontrol pompa otomatis *real-time*. Sistem dirancang untuk memperoleh informasi level air pada dua tempat penampungan, memantau debit aliran air, mengendalikan pompa secara otomatis, serta menyediakan informasi kondisi sistem melalui OLED dan *Web Lokal*. ESP32 digunakan sebagai pusat pengolahan data karena memiliki konektivitas Wi-Fi yang memungkinkan komunikasi antara perangkat pengendali dengan media monitoring berbasis jaringan lokal.

Alat dan Bahan

Perangkat keras yang digunakan terdiri atas ESP32, dua sensor ultrasonik HC-SR04, sensor debit YF-S201, relay module 1 channel 5 V, OLED SSD1306, pompa air, *push button*, modul Wi-Fi internal ESP32, dan *power supply* 5 V. ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler utama untuk membaca sensor, memproses data, mengendalikan pompa, dan melakukan komunikasi melalui jaringan Wi-Fi. Sensor HC-SR04 digunakan untuk mengukur level air pada toren dan *groundtank*, sedangkan YF-S201 digunakan untuk mengukur debit aliran air. Relay digunakan sebagai antarmuka pengendalian ON/OFF pompa, sementara OLED digunakan untuk menampilkan informasi sistem secara lokal.

Perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE, Visual Studio Code, Google Chrome, Wokwi, bahasa pemrograman C/C++, HTML, CSS, JavaScript, serta library ESP32, OLED SSD1306, flow sensor, dan sensor ultrasonik. Arduino IDE digunakan untuk pemrograman ESP32, sedangkan HTML, CSS, dan JavaScript digunakan dalam pengembangan antarmuka *Web Lokal*.

Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan dengan mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, aktuator, dan media monitoring. Dua sensor HC-SR04 ditempatkan masing-masing pada toren dan *groundtank* untuk memperoleh informasi ketinggian air. Sensor YF-S201 dipasang pada jalur perpipaan untuk membaca debit aliran air. Seluruh data sensor diterima dan diproses oleh ESP32. Hasil pengolahan kemudian digunakan untuk menentukan kondisi pompa serta ditampilkan pada OLED dan *Web Lokal*. Rancangan tersebut memungkinkan level toren, level *groundtank*, debit air, status pompa, dan mode operasi dipantau secara *real-time*.

Prinsip kerja sistem dibedakan menjadi mode otomatis (AUTO) dan mode manual (MANUAL). Pada mode AUTO, ESP32 menentukan kondisi pompa berdasarkan level air pada toren dan ketersediaan air pada *groundtank*. Apabila level toren berada di bawah batas minimum dan air pada *groundtank* masih tersedia, ESP32 mengaktifkan relay sehingga pompa bekerja. Pompa dihentikan ketika level toren telah mencapai batas maksimum atau ketika level *groundtank* berada di bawah batas minimum. Logika tersebut digunakan untuk mencegah *overflow*, kekosongan air, dan *dry running* pada pompa.

Sistem juga menerapkan kontrol histeresis untuk mencegah pompa mengalami kondisi ON dan OFF secara berulang akibat fluktuasi pembacaan sensor di sekitar batas kendali. Berdasarkan rancangan yang diuji, pompa diaktifkan ketika level toren berada pada atau di bawah 30%, dipertahankan pada kondisi sebelumnya pada rentang 70–85%, dan dimatikan ketika level toren mencapai atau melebihi 85%. Apabila

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

groundtank berada pada kondisi tidak tersedia atau di bawah batas minimum, pompa tidak diizinkan beroperasi.

Perancangan Monitoring Berbasis Web Lokal

Data yang telah diproses oleh ESP32 dikirim melalui jaringan Wi-Fi menuju *Web Lokal*. Antarmuka monitoring dirancang untuk menampilkan parameter utama sistem, yaitu level air toren, level air *groundtank*, debit air, status pompa, mode operasi, dan kondisi koneksi. Sistem juga menyediakan tampilan grafik sehingga perubahan parameter dapat diamati secara langsung. Monitoring dapat dilakukan menggunakan komputer, laptop, atau perangkat bergerak yang berada pada jaringan lokal yang sama. MEtode Rosul

Selain *Web Lokal*, OLED SSD1306 digunakan sebagai media monitoring langsung pada perangkat. Penggunaan dua media tersebut memungkinkan kondisi sistem diamati baik dari perangkat prototipe maupun dari perangkat yang terhubung ke jaringan. Data monitoring diperbarui secara *real-time* berdasarkan hasil pembacaan sensor dan status aktuator.

Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh melalui pengujian langsung terhadap perangkat keras dan perangkat lunak sistem. Data yang dikumpulkan meliputi hasil pembacaan level air toren, level air *groundtank*, debit aliran air, status relay, status pompa, koneksi Wi-Fi, tampilan OLED, serta data yang ditampilkan pada *Web Lokal*. Pengambilan data dilakukan pada beberapa kondisi operasi untuk mengetahui hubungan antara kondisi penampungan, hasil pembacaan sensor, dan respons sistem kontrol. Teknik tersebut sesuai dengan rancangan pengumpulan data pada dokumen, yaitu menghubungkan parameter level air, debit air, status pompa, dan kondisi sistem secara keseluruhan.

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan memberikan variasi ketinggian air pada toren dan *groundtank*, kemudian mencatat hasil pembacaan sensor. Pengujian YF-S201 dilakukan dengan mengalirkan air melalui pipa dan mencatat nilai debit yang ditampilkan sistem. Selanjutnya, pengujian relay dan pompa dilakukan berdasarkan perubahan kondisi level air serta perintah pada mode manual dan otomatis.

Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengujian komponen dan pengujian integrasi sistem. Pengujian komponen bertujuan memastikan setiap perangkat dapat bekerja sesuai fungsi sebelum diintegrasikan. Komponen yang diuji meliputi ESP32, sensor ultrasonik toren, sensor ultrasonik *groundtank*, YF-S201, relay, pompa, OLED, Wi-Fi, dan *Web Lokal*. Pengujian integrasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menjalankan fungsi monitoring dan kontrol secara bersamaan. Rancangan pengujian tersebut mencakup 16 parameter fungsi sistem.

Parameter pengujian meliputi:

1. kemampuan ESP32 menjalankan program;
2. kemampuan sensor HC-SR04 membaca level toren;
3. kemampuan sensor HC-SR04 membaca level *groundtank*;
4. kemampuan YF-S201 membaca debit air;
5. kemampuan relay menerima perintah ESP32;
6. kemampuan pompa menyala ketika level toren berada di bawah batas minimum;
7. kemampuan pompa berhenti ketika level toren mencapai batas maksimum;
8. fungsi proteksi *dry running*;
9. tampilan informasi pada OLED;
10. kestabilan koneksi Wi-Fi;

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

11. pengiriman data ke *Web Lokal*;
12. kesesuaian data monitoring dengan kondisi aktual;
13. fungsi mode manual ON;
14. fungsi mode manual OFF;
15. fungsi mode AUTO; dan
16. pembaruan data monitoring secara *real-time*.

Pengujian Deteksi Aliran dan Indikasi Kebocoran

Pengujian sensor YF-S201 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi keberadaan aliran air selama pompa beroperasi. Data debit digunakan sebagai parameter pendukung dalam mengidentifikasi kondisi sistem. Apabila pompa berada pada kondisi ON tetapi debit air yang terukur berada di bawah nilai operasi normal atau tidak terdeteksi dalam periode tertentu, kondisi tersebut digunakan sebagai indikasi gangguan aliran atau potensi kebocoran pada instalasi perpipaan. Dalam penelitian ini, indikasi tersebut diposisikan sebagai parameter monitoring dan bukan sebagai pembuktian langsung lokasi kebocoran. Pendekatan ini sesuai dengan rancangan sistem yang menggunakan debit sebagai indikator adanya aliran dari *groundtank* menuju toren.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan hasil pengujian terhadap kondisi atau fungsi yang telah ditetapkan dalam rancangan (Danang Ade Muktiawan et al., 2025) . Untuk pengujian fungsional, hasil dikategorikan menjadi berhasil apabila respons sistem sesuai dengan kondisi yang diharapkan dan tidak berhasil apabila respons sistem tidak sesuai.

Tingkat keberhasilan pengujian sistem dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P = \frac{N_b}{N_t} \times 100\% \textit{ (I Wayan Aditya Putra \& Anggi Zafia, 2024)}$$

dengan:
$P = persentasekeberhasilansistem$
$(N_b) = jumlah\ pengujian\ yang\ berhasil, dan$
$(N_t) = jumlah\ seluruh\ pengujian.$

Selain pengujian fungsional, analisis dilakukan terhadap hubungan antara perubahan level air dengan respons pompa. Data digunakan untuk memastikan bahwa pompa aktif ketika kondisi toren membutuhkan pengisian dan groundtank memiliki persediaan air yang mencukupi, serta berhenti ketika toren mencapai batas maksimum atau sumber air tidak tersedia. Analisis juga mencakup kestabilan monitoring real-time, kesesuaian informasi pada OLED dan Web Lokal, serta kemampuan sistem dalam menjalankan proteksi dry running. Parameter dan skenario tersebut telah digunakan dalam pengujian rancangan, termasuk pengujian logika histeresis dan proteksi pompa.

Alur Penelitian

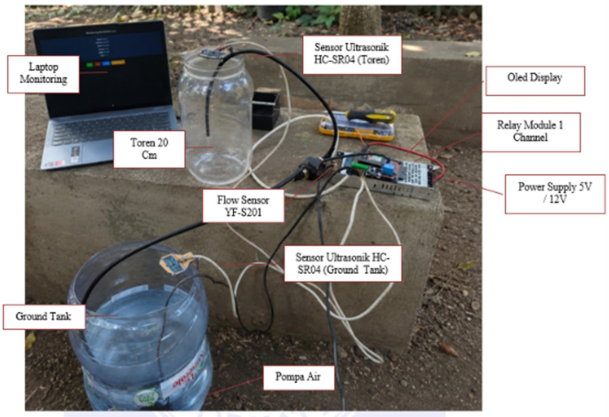
Secara keseluruhan, tahapan penelitian dimulai dari identifikasi permasalahan, dilanjutkan dengan studi kebutuhan sistem, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pembuatan prototipe, pemrograman ESP32, integrasi sensor dan aktuator, serta pengembangan Web Lokal. Setelah sistem terintegrasi, dilakukan pengujian sensor, relay, pompa, komunikasi Wi-Fi, monitoring, kontrol AUTO/MANUAL, dan proteksi *dry running*. Apabila hasil pengujian belum sesuai dengan rancangan, dilakukan evaluasi dan perbaikan sistem. Apabila seluruh parameter telah memenuhi kriteria pengujian, data dianalisis dan digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

penelitian. Pola pengembangan bertahap dan evaluatif tersebut sesuai dengan metode *prototyping* yang digunakan pada rancangan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Alat



Gambar 1. *Prototipe* Sistem Monitoring Level Air Toren dan *Groundtank* Berbasis Mikrokontroler dengan Kontrol Pompa Otomatis *Real-Time*

Pada gambar diatas menjelaskan prototipe yang dirancang sebagai representasi dari sistem yang akan diterapkan pada kondisi sebenarnya, sehingga seluruh fungsi monitoring, pengendalian, serta komunikasi data dapat diuji sebelum diimplementasikan pada skala yang lebih besar. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan beberapa komponen utama, yaitu mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali, dua sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi level air pada toren dan groundtank, flow sensor YF-S201 untuk mengukur debit aliran air, relay module sebagai pengendali pompa air, power supply sebagai sumber catu daya, serta pompa air sebagai aktuator. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan media monitoring berbasis web yang memanfaatkan koneksi Jarinagn Lokal, sehingga informasi mengenai level air, debit air, dan status pompa dapat dipantau secara real-time.

Perancangan prototipe ini bertujuan untuk menghasilkan sistem monitoring yang mampu bekerja secara otomatis sesuai dengan logika pengendalian yang telah dirancang. Sensor ultrasonik pada groundtank berfungsi untuk mendeteksi ketersediaan air sebagai sumber utama, sedangkan sensor ultrasonik pada toren digunakan untuk mengetahui kondisi penampungan air bagian atas. Data yang diperoleh dari kedua sensor tersebut diproses oleh ESP32 untuk menentukan kondisi kerja pompa air. Apabila level air pada toren berada di bawah batas minimum dan groundtank masih memiliki cadangan air yang mencukupi, maka ESP32 akan mengaktifkan relay sehingga pompa air menyala secara otomatis untuk mengisi toren. Sebaliknya, ketika level air pada toren telah mencapai batas maksimum atau kondisi air pada groundtank berada di bawah batas minimum, maka ESP32 akan memutus kerja relay sehingga pompa air berhenti beroperasi. Mekanisme tersebut dirancang untuk mencegah terjadinya luapan air (overflow), kekosongan air pada toren, serta kerusakan pompa akibat beroperasi tanpa adanya suplai air (dry running).

Selain menjalankan fungsi kontrol otomatis, sistem juga melakukan proses monitoring secara real-time. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan melalui jaringan WiFi menuju server web monitoring sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi level air pada toren dan groundtank, debit aliran air, serta status pompa secara langsung melalui komputer atau perangkat bergerak yang terhubung ke jaringan lokal.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Dengan demikian, proses pengawasan tidak lagi dilakukan secara manual, tetapi dapat dilakukan kapan saja dan dari lokasi mana pun selama tersedia akses jaringan lokal.



Gambar 2. *Prototipe* Sistem Monitoring Level Air Toren dan *Groundtank* Berbasis Mikrokontroler dengan Kontrol Pompa Otomatis *Real-Time*

Pengujian Alat

Untuk pengujian perangkat yang digunakan dalam mengamati kinerja alat, sistem terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terhubung dan bekerja secara terintegrasi. Komponen utama tersebut meliputi sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi level air pada toren dan groundtank, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali sistem, relay module sebagai pengontrol pompa otomatis, pompa air sebagai media distribusi air, sensor debit air untuk mendeteksi aliran air dan potensi kebocoran, layar OLED sebagai media tampilan lokal, serta Web Lokal sebagai sarana monitoring kondisi sistem secara real-time melalui smartphone atau perangkat lain yang terhubung pada jaringan yang sama.



Gambar 3 Hasil Pengujian

Tabel 1 Pengujian Fungsi Sistem (Checklist)

No	Komponen yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Berhasil (✓)	Tidak Berhasil (✗)	Keterangan
1	ESP32	ESP32 diberi catu daya	ESP32 menyala dan menjalankan program	✓		ESP32 berhasil menyala dan menjalankan program tanpa kendala.
2	Sensor Ultrasonik Toren	Sensor membaca level air toren	Nilai level air tampil pada OLED dan WEB Lokal	✓		Sensor mampu membaca level air toren dengan baik dan data tampil secara real-time.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

3	Sensor Ultrasonik Groundtank	Sensor membaca level air groundtank	Nilai level air tampil pada OLED dan Blynk	✓		Sensor berhasil mendeteksi level air groundtank dan mengirimkan data ke sistem.
4	Flow Sensor YF-S201	Air dialirkan melalui pipa	Debit air terbaca pada sistem	✓		Debit aliran air berhasil terbaca dan ditampilkan pada sistem monitoring.
5	Relay Module	ESP32 mengirim sinyal HIGH/LOW	Relay aktif dan nonaktif sesuai program	✓		Relay bekerja sesuai logika kontrol ON/OFF dari ESP32.
6	Pompa Air	Level toren di bawah batas minimum	Pompa menyala otomatis	✓		Pompa menyala secara otomatis ketika level air berada di bawah batas minimum.
7	Pompa Air	Level toren mencapai batas maksimum	Pompa mati otomatis	✓		Pompa berhenti secara otomatis saat level air mencapai batas maksimum.
8	Proteksi Groundtank	Air groundtank habis	Pompa tidak menyala (proteksi dry run)	✓		Sistem berhasil mencegah pompa beroperasi saat groundtank kosong.
9	OLED Display	Sistem dijalankan	Data level air dan status pompa tampil	✓		OLED menampilkan informasi level air dan status pompa dengan benar.
10	WiFi ESP32	ESP32 terhubung ke WiFi	Status Connected	✓		ESP32 berhasil terhubung ke jaringan WiFi secara stabil.
11	Platform WEB Lokal	Sistem mengirim data	Data level air tampil real-time	✓		Data monitoring berhasil dikirim dan ditampilkan pada platform Blynk.
12	Monitoring Smartphone	Membuka aplikasi Blynk	Data sesuai kondisi aktual	✓		Data pada aplikasi sesuai dengan kondisi level air yang sebenarnya.
13	Mode Manual	Tombol ON ditekan	Pompa menyala	✓		Pompa berhasil diaktifkan secara manual melalui antarmuka sistem.
14	Mode Manual	Tombol OFF ditekan	Pompa mati	✓		Pompa berhasil dimatikan secara manual sesuai perintah pengguna.
15	Mode Otomatis	Mode AUTO diaktifkan	Sistem bekerja sesuai logika program	✓		Sistem mampu mengendalikan pompa secara

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

						otomatis sesuai level air.
16	Notifikasi pada tampilan WEB Lokal	Level air berubah	Data diperbarui secara real-time	✓		Perubahan level air diperbarui secara real-time pada WEB Lokal.

Berdasarkan tabel 1 diatas hasil pengujian terhadap 16 parameter sistem, seluruh komponen dan fungsi pada sistem monitoring level air toren dan groundtank berbasis mikrokontroler dapat bekerja sesuai dengan perancangan. ESP32 mampu mengolah data dari sensor ultrasonik dan flow sensor, mengendalikan relay serta pompa air secara otomatis, dan mengirimkan data monitoring ke platform WEB Lokal melalui jaringan WiFi. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan 100% (16 dari 16 pengujian berhasil), sehingga sistem dinyatakan berfungsi.

Tabel 2 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Parameter Pengujian	Standar Keberhasilan	Hasil	Status
1	Pembacaan sensor toren	Sensor membaca level air	Sesuai	Berhasil
2	Pembacaan sensor groundtank	Sensor membaca level air	Sesuai	Berhasil
3	Pembacaan debit air	Flow sensor bekerja	Sesuai	Berhasil
4	Kontrol relay	Relay aktif sesuai logika	Sesuai	Berhasil
5	Kontrol pompa otomatis	ON/OFF sesuai level air	Sesuai	Berhasil
6	Proteksi pompa	Pompa mati saat groundtank kosong	Sesuai	Berhasil
7	OLED Display	Data tampil lengkap	Sesuai	Berhasil
8	Koneksi WiFi	ESP32 terhubung ke internet	Sesuai	Berhasil
9	Monitoring WEB Lokal	Data tampil secara real-time	Sesuai	Berhasil
10	Monitoring smartphone	Data sesuai kondisi lapangan	Sesuai	Berhasil

Berdasarkan tabel 2 pada pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan kinerja setiap komponen yang digunakan dalam Perancangan Sistem Monitoring Level Air Toren dan Groundtank Berbasis Mikrokontroler dengan Kontrol Pompa Otomatis Real-Time. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen perangkat keras (hardware) maupun perangkat lunak (software) dapat bekerja sesuai dengan fungsi dan logika sistem yang telah dirancang. Setiap komponen diuji berdasarkan parameter keberhasilan yang telah ditentukan, meliputi pembacaan level air pada toren dan groundtank menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, pengukuran debit air menggunakan flow sensor YF-S201, pengendalian relay, pengoperasian pompa air secara otomatis, sistem proteksi pompa (dry run protection), tampilan informasi pada OLED Display, koneksi ESP32 ke jaringan WiFi, serta proses monitoring data melalui platform WEB Lokal dan perangkat smartphone.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh parameter yang diuji telah memenuhi standar keberhasilan yang telah ditetapkan. Sensor ultrasonik mampu mendeteksi perubahan level air dengan baik sehingga informasi level air pada toren maupun groundtank dapat ditampilkan secara akurat. Flow sensor juga mampu membaca debit aliran air selama proses pemompaan berlangsung sehingga data penggunaan air dapat dimonitor secara real-time. Selain itu, relay module dan pompa air bekerja sesuai dengan logika kontrol yang telah diprogram pada ESP32. Pompa akan aktif secara otomatis ketika level air toren berada di bawah batas minimum dan akan berhenti ketika level air telah mencapai batas maksimum. Sistem juga berhasil menjalankan fungsi proteksi pompa dengan menghentikan operasi pompa apabila

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

level air pada groundtank berada di bawah batas aman, sehingga risiko kerusakan pompa akibat beroperasi tanpa air (dry running) dapat diminimalkan.

Pada sisi komunikasi data, ESP32 berhasil terhubung dengan jaringan WiFi dan mengirimkan data monitoring ke platform WEB Lokal secara real-time. Informasi mengenai level air toren, level air groundtank, debit aliran air, serta status pompa dapat ditampilkan dengan baik pada aplikasi monitoring di smartphone maupun antarmuka web, sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan sistem dari jarak jauh. Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 4.X, seluruh parameter memperoleh status Lulus. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang telah bekerja sesuai dengan spesifikasi dan tujuan penelitian. Dengan demikian, sistem monitoring level air toren dan groundtank berbasis mikrokontroler dengan kontrol pompa otomatis real-time dinyatakan mampu menjalankan fungsi monitoring, pengendalian, dan komunikasi data secara optimal, sehingga layak untuk diterapkan sebagai solusi dalam pengelolaan penampungan air secara otomatis dan efisien.

Pengujian Rangkaian Daya 3 Phasa

Pengujian rangkaian daya 3 fasa dilakukan untuk memastikan kontaktor mampu menghubungkan dan memutus suplai listrik ke motor pompa sesuai dengan kondisi sistem proteksi. Pengujian dilakukan dengan mengamati kondisi kontak utama L1–T1, L2–T2, dan L3–T3 serta kondisi operasi motor. Pada kondisi normal, kontaktor aktif sehingga seluruh kontak utama terhubung dan suplai tiga fasa diteruskan ke motor. Ketika proteksi overheating aktif, coil kontaktor tidak aktif sehingga ketiga kontak utama terbuka dan suplai listrik ke motor terputus.

Tabel 3 Pengujian Logika Kontrol Pompa Air

No	Kondisi Groundtank	Level Air Toren	Status Pompa yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Air tersedia	≤ 30% (GROUND_MIN)	ON (Pompa menyala)	Sesuai	✓
2	Air tersedia	70%–85% (TORREN_ON–TORREN_OFF)	Tetap pada status sebelumnya (HOLD)	Sesuai	✓
3	Air tersedia	≥ 85% (TORREN_OFF)	OFF (Pompa mati)	Sesuai	✓
4	Air tidak tersedia	Semua kondisi level toren	OFF (Pompa tidak diizinkan menyala)	Sesuai	✓

Berdasarkan Tabel 3 pada pengujian logika kontrol pompa dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat mengendalikan pompa air secara otomatis berdasarkan level air pada toren dan kondisi ketersediaan air di groundtank. Logika kontrol yang diterapkan menggunakan metode histeresis (hysteresis control) sehingga pompa tidak mengalami proses hidup dan mati (switching) secara berulang dalam waktu singkat. Berdasarkan hasil pengujian, ketika level air toren berada pada atau di bawah 30% (GROUND_MIN) dan kondisi air pada groundtank masih tersedia, sistem secara otomatis mengaktifkan pompa untuk mengisi toren. Kondisi ini menunjukkan bahwa ESP32 berhasil memproses data dari sensor ultrasonik dan memberikan perintah kepada relay untuk menghidupkan pompa. Selanjutnya, ketika level air toren berada pada rentang 70% hingga 85% (TORREN_ON–TORREN_OFF), sistem tidak melakukan perubahan kondisi pompa, melainkan mempertahankan status operasi sebelumnya (hold). Penerapan histeresis ini bertujuan untuk mencegah pompa mengalami switching yang terlalu sering akibat fluktuasi pembacaan sensor di sekitar batas pengendalian, sehingga umur pompa menjadi lebih panjang dan sistem bekerja

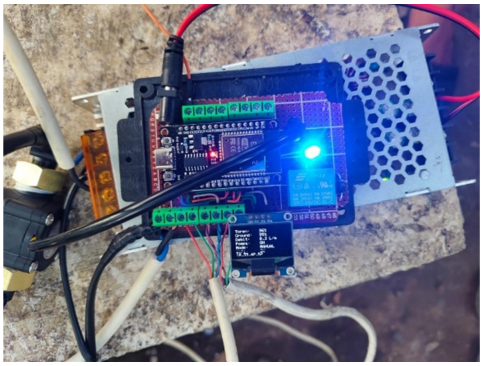
E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

lebih stabil. Ketika level air toren mencapai atau melebihi 85% (TORREN_OFF), sistem secara otomatis mematikan pompa. Kondisi ini berfungsi untuk mencegah terjadinya overflow pada toren sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien.

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan mekanisme proteksi pompa (dry run protection). Apabila level air pada groundtank berada di bawah batas minimum atau sumber air tidak tersedia, pompa akan tetap berada dalam kondisi OFF meskipun level air toren rendah. Fitur ini bertujuan untuk mencegah pompa bekerja tanpa suplai air yang dapat menyebabkan kerusakan pada pompa. Berdasarkan hasil pengujian pada seluruh skenario, semua logika pengendalian berjalan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Hal ini menunjukkan bahwa sistem monitoring level air toren dan groundtank berbasis mikrokontroler mampu mengendalikan pompa air secara otomatis, stabil, dan aman sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

Analisa Monitoring Level Air Toren dan Groundtank Berbasis Mikrokontroler

Analisis monitoring pada sistem monitoring level air toren dan groundtank berbasis mikrokontroler dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi, mengolah, dan menampilkan informasi kondisi level air secara real-time, akurat, dan stabil. Proses monitoring dilakukan melalui dua media tampilan, yaitu layar OLED sebagai media monitoring lokal yang terpasang pada perangkat, serta web lokal sebagai media monitoring berbasis jaringan yang dapat diakses melalui komputer, smartphone, atau perangkat lain yang terhubung ke jaringan WiFi. Pengujian dilakukan pada dua kondisi operasional, yaitu saat pompa dalam keadaan menyala (ON) dan saat pompa dalam keadaan mati (OFF), untuk memastikan bahwa informasi mengenai level air pada toren dan groundtank, debit aliran air, serta status pompa dapat ditampilkan secara konsisten sesuai dengan kondisi sistem yang sebenarnya. Hasil analisis ini digunakan untuk menilai keandalan sistem monitoring dalam mendukung proses pengawasan dan pengendalian pompa air secara otomatis.



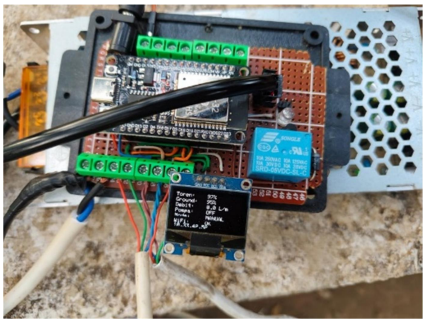
Gambar 4 Tampilan OLED Display pada Kondisi Pompa Menyala (ON)

Berdasarkan Gambar 4, sistem monitoring berada pada kondisi ON, yang ditandai dengan aktifnya LED indikator pada relay module sebagai tanda bahwa relay telah menerima sinyal dari mikrokontroler ESP32 untuk menghubungkan arus listrik ke pompa air. Pada kondisi ini, ESP32 telah berhasil memproses data hasil pembacaan sensor ultrasonik dan menjalankan logika kontrol sesuai program yang telah ditanamkan. Tampilan pada OLED Display menunjukkan informasi mengenai level air toren sebesar 96%, level air groundtank sebesar 95%, debit aliran air sebesar 8,3 L/menit, status pompa ON, serta mode operasi MANUAL. Informasi tersebut diperbarui secara real-time, sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi sistem secara langsung tanpa harus melakukan pengecekan pada toren maupun groundtank.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Aktifnya relay menunjukkan bahwa sistem berhasil mengirimkan sinyal kontrol dari ESP32 ke modul relay sehingga pompa air dapat beroperasi sesuai dengan perintah yang diberikan. Selain itu, nilai debit air yang ditampilkan pada OLED mengindikasikan bahwa flow sensor YF-S201 mampu mendeteksi adanya aliran air selama proses pemompaan berlangsung. Hal ini membuktikan bahwa proses distribusi air dari groundtank menuju toren sedang berjalan dengan baik. Seluruh komponen utama, meliputi ESP32, sensor ultrasonik, flow sensor, relay module, dan OLED Display, bekerja secara terintegrasi dalam menjalankan fungsi monitoring dan kontrol otomatis. Keberhasilan sistem dalam menampilkan data level air, debit air, status pompa, serta mode operasi secara akurat menunjukkan bahwa komunikasi antarperangkat berjalan dengan baik sesuai dengan rancangan sistem.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pada kondisi ON sistem mampu menjalankan fungsi monitoring dan pengendalian pompa secara optimal. ESP32 berhasil mengolah data sensor, mengaktifkan relay, menampilkan informasi pada OLED Display, serta memastikan proses pemompaan berlangsung sesuai dengan logika kontrol yang telah ditentukan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat keandalan yang baik dalam mendukung proses monitoring level air toren dan groundtank secara real-time.



Gambar 5 Tampilan OLED Display pada Kondisi Pompa Mati (OFF)

Berdasarkan Gambar 4.5, sistem monitoring berada pada kondisi aktif dengan status pompa ON. OLED Display menunjukkan level air toren sebesar 97% dan *groundtank* sebesar 95%, debit aliran 0,0 L/menit, mode operasi MANUAL, serta koneksi WiFi yang terhubung. Tampilan tersebut menunjukkan bahwa OLED Display mampu menampilkan parameter monitoring secara *real-time* berdasarkan data yang diterima dari mikrokontroler ESP32. Data level air diperoleh dari sensor ultrasonik, kemudian diproses oleh ESP32 sebelum ditampilkan pada OLED. Status pompa menunjukkan bahwa relay menerima sinyal dari mikrokontroler untuk mengaktifkan pompa sesuai dengan logika pengendalian atau perintah pengguna pada mode manual. Koneksi WiFi yang terhubung menunjukkan bahwa ESP32 mampu berkomunikasi dengan jaringan sehingga data dapat dikirimkan ke sistem monitoring berbasis web secara *real-time*. Dengan demikian, proses pembacaan sensor, pengolahan data, pengendalian pompa, dan penyajian informasi pada OLED berjalan dengan baik.

Berdasarkan pengujian pada kedua kondisi, sistem mampu berpindah dari kondisi ON ke OFF maupun sebaliknya sesuai dengan logika kontrol yang diprogram. Penerapan logika histeresis menjaga kestabilan kerja pompa dengan mencegah *switching* berulang saat level air berada pada rentang batas pengendalian. Selain itu, fitur *dry run protection* mampu mencegah pompa beroperasi ketika level air *groundtank* berada di bawah batas minimum, sehingga mengurangi risiko kerusakan akibat pompa beroperasi tanpa suplai air. Secara keseluruhan, sistem mampu

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

melakukan monitoring level air secara *real-time*, mengendalikan pompa berdasarkan kondisi level air, serta menjaga kestabilan operasi melalui logika kontrol yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem telah bekerja sesuai dengan rancangan dan memenuhi tujuan penelitian dalam mendukung monitoring serta pengendalian penampungan air.

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem *monitoring level* air toren dan *groundtank* berbasis *mikrokontroler* telah bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem menggunakan ESP32 sebagai pusat pengendali, dua sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau level air, flow sensor YF-S201 untuk mengukur debit, relay module sebagai pengendali pompa, OLED Display sebagai monitoring lokal, serta Web Lokal sebagai media monitoring berbasis jaringan. Seluruh komponen terintegrasi sehingga sistem mampu melakukan monitoring dan kontrol pompa secara *real-time*. Tujuan pertama, yaitu merancang sistem *monitoring level* air yang terintegrasi dengan Web Lokal, telah tercapai. Sistem mampu membaca level air toren dan *groundtank*, kemudian menampilkan data pada OLED Display dan Web Lokal melalui jaringan WiFi. Informasi yang ditampilkan meliputi level air, debit, status pompa, mode operasi, dan koneksi jaringan secara *real-time*, sehingga kondisi sistem dapat dipantau secara langsung.

Tujuan kedua, yaitu mengimplementasikan sensor untuk memantau level dan debit air, juga telah tercapai. Sensor ultrasonik mampu mendeteksi perubahan level air dan mengonversinya menjadi persentase, sedangkan flow sensor YF-S201 mampu membaca debit selama proses pemompaan. Debit air digunakan sebagai indikator aliran, sehingga kondisi pompa ON dengan debit rendah atau tidak terdeteksi dalam waktu tertentu dapat menunjukkan adanya gangguan aliran atau potensi kebocoran pada instalasi. Tujuan ketiga, yaitu merancang kontrol pompa otomatis berdasarkan kondisi level air, telah berhasil diterapkan. ESP32 mengendalikan relay sesuai logika yang diprogram, yaitu pompa menyala ketika level toren mencapai batas minimum dan *groundtank* masih memiliki persediaan air, serta berhenti ketika level toren mencapai batas maksimum. Penerapan histeresis mencegah *switching* berulang, sedangkan fitur *dry run protection* mencegah pompa beroperasi ketika level *groundtank* berada di bawah batas minimum. Logika tersebut mendukung efisiensi penggunaan air dan energi listrik.

Tujuan keempat, yaitu mengetahui kinerja sistem di Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD, juga telah tercapai. Web Lokal mampu menampilkan level air, debit, status pompa, dan mode operasi secara cepat dan mudah dipahami tanpa pemeriksaan langsung pada lokasi toren dan *groundtank*. Informasi debit juga dapat menjadi indikator awal terhadap gangguan aliran atau potensi kebocoran, sehingga monitoring dan pengelolaan air dapat dilakukan secara lebih efektif. Secara keseluruhan, integrasi ESP32, sensor ultrasonik, flow sensor, relay module, OLED Display, dan Web Lokal menghasilkan sistem yang mampu melakukan monitoring dan pengendalian pompa secara stabil dan *real-time*. Sistem dapat meningkatkan kemudahan monitoring, mendukung deteksi dini gangguan aliran, serta membantu efisiensi penggunaan air dan energi listrik dalam pengelolaan penampungan air di Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD.

Pengujian Rangkaian Daya 3 Phasa Pengendalian Pompa dengan Logika Histeresis

Pengendalian pompa pada sistem monitoring level air toren dan groundtank menggunakan logika histeresis untuk menjaga kestabilan operasi berdasarkan perubahan level air. Logika ini bertujuan mencegah perubahan status pompa secara berulang (switching atau chattering) yang dapat terjadi apabila hanya menggunakan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

satu nilai ambang. Data level air dari sensor ultrasonik HC-SR04 diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk menentukan kondisi pompa berdasarkan batas yang telah ditetapkan. Pengendalian pompa menggunakan dua batas utama, yaitu batas minimum dan maksimum. Pompa akan ON ketika level air toren berada pada atau di bawah 30%, dengan syarat air pada groundtank masih mencukupi. Pompa tetap ON hingga level toren mencapai batas penghentian, yaitu 85%, kemudian pompa akan OFF. Pada level antara 30% dan 85%, sistem mempertahankan status pompa sebelumnya sehingga perubahan kecil hasil pembacaan sensor tidak langsung mengubah kondisi pompa. Mekanisme pengendalian tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 2 Kondisi Pengendalian Pompa Berdasarkan Level Air Toren dan Groundtank

No.	Kondisi Level Air Toren	Kondisi Groundtank	Status Pompa	Keterangan
1	≤ 30%	> 30%	ON	Pompa mengisi toren
2	> 30% sampai < 85%	> 30%	Mempertahankan status	Status pompa dipertahankan untuk mencegah switching akibat fluktuasi kecil
3	≥ 85%	> 30%	OFF	Pengisian toren dihentikan
4	≤ 30%	≤ 30%	OFF	Pompa dihentikan sebagai proteksi karena sumber air tidak mencukupi

Berdasarkan tabel tersebut, sistem tidak mengubah status pompa hanya akibat perubahan kecil pada pembacaan level air. Ketika pompa telah aktif, sistem mempertahankan kondisi ON hingga level air mencapai batas penghentian. Sebaliknya, setelah pompa OFF pada level maksimum, pompa tidak langsung aktif kembali akibat penurunan level yang kecil. Mekanisme ini membentuk daerah histeresis sebagai rentang toleransi yang menjaga kestabilan sistem. Penerapan histeresis juga mengurangi frekuensi *switching* pada relay sebagai pengendali pompa. Tanpa histeresis, fluktuasi level di sekitar nilai ambang dapat menyebabkan relay berulang kali berpindah antara ON dan OFF. Dengan mempertahankan status pompa pada rentang tertentu, perubahan relay hanya terjadi ketika level air memenuhi batas pengendalian yang telah ditentukan, sehingga risiko *chattering* dapat dikurangi.

Logika pengendalian juga mempertimbangkan ketersediaan air pada *groundtank*. Apabila level *groundtank* berada di bawah batas minimum, pompa tidak diaktifkan atau dihentikan untuk mencegah kondisi *dry running*, yaitu pompa beroperasi tanpa suplai air yang mencukupi. Dengan demikian, keputusan pengaktifan pompa tidak hanya didasarkan pada level toren, tetapi juga kondisi sumber air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32 mampu memproses data sensor dan memberikan perintah kepada relay sesuai logika yang diprogram. Pengujian mencakup kondisi level toren dan *groundtank*, mode AUTO dan MANUAL, serta kondisi *error flow* ketika pompa aktif tetapi aliran air tidak terdeteksi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu merespons perubahan kondisi air dan menjalankan pengendalian pompa sesuai rancangan. Berdasarkan hasil analisis, logika histeresis memberikan dua fungsi utama, yaitu menjaga kestabilan pengendalian dengan mengurangi perubahan status relay akibat fluktuasi level air serta memberikan proteksi ketika ketersediaan air *groundtank* tidak mencukupi. Dengan demikian, sistem tidak hanya mempertahankan level air toren, tetapi juga meningkatkan kestabilan *switching* dan keamanan operasi pompa.

Proteksi Pompa terhadap Kondisi Sumber Air Kosong

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Proteksi pompa terhadap kondisi sumber air kosong merupakan fungsi penting dalam sistem monitoring dan pengendalian level air toren dan *groundtank*. Fungsi ini dirancang untuk mencegah pompa beroperasi ketika ketersediaan air pada *groundtank* tidak mencukupi. Kondisi *groundtank* dipantau menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, kemudian data diproses oleh mikrokontroler ESP32 sebagai dasar untuk menentukan apakah pompa dapat beroperasi atau harus dihentikan. Dengan demikian, pengoperasian pompa tidak hanya bergantung pada kebutuhan pengisian toren, tetapi juga mempertimbangkan ketersediaan sumber air. Berdasarkan hasil perancangan, level air *groundtank* memiliki batas minimum sebagai kondisi proteksi. Ketika level air masih di atas batas minimum, pompa dapat beroperasi apabila toren membutuhkan pengisian. Sebaliknya, ketika level *groundtank* berada pada atau di bawah batas minimum, ESP32 memberikan perintah untuk menghentikan pompa melalui relay. Mekanisme ini mencegah pompa tetap beroperasi saat sumber air tidak mencukupi dan memberikan perlindungan terhadap kondisi *dry running*.

Tabel 3 Kondisi Proteksi Pompa Berdasarkan Ketersediaan Air Groundtank

No.	Kondisi Level Air Toren	Kondisi Groundtank	Status Pompa	Keterangan
1	≤ 30%	> 30%	ON	Pompa mengisi toren
2	> 30% sampai < 85%	> 30%	Mempertahankan status	Status pompa dipertahankan untuk mencegah switching akibat fluktuasi kecil
3	≥ 85%	> 30%	OFF	Pengisian toren dihentikan
4	≤ 30%	≤ 30%	OFF	Pompa dihentikan sebagai proteksi karena sumber air tidak mencukupi

Berdasarkan tabel 5, kondisi level air pada groundtank menjadi salah satu syarat utama dalam pengoperasian pompa. Pada kondisi sumber air masih mencukupi, pompa dapat bekerja apabila level air toren membutuhkan pengisian. Namun, apabila level groundtank mencapai atau berada di bawah batas minimum, pompa tetap berada dalam kondisi OFF meskipun level air toren berada pada kondisi yang membutuhkan pengisian. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memberikan prioritas terhadap keamanan operasi pompa ketika sumber air tidak tersedia. Proteksi tersebut juga berkaitan dengan kondisi dry running, yaitu keadaan ketika pompa beroperasi tanpa suplai air yang memadai. Pada kondisi sumber air kosong atau tidak mencukupi, pengoperasian pompa tanpa air dapat menyebabkan proses pemompaan tidak berjalan sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, penghentian pompa berdasarkan pembacaan level groundtank berfungsi sebagai tindakan preventif agar pompa tidak terus beroperasi ketika sumber air berada dalam kondisi kritis.

Selain pemantauan level air, sistem juga dilengkapi dengan flow sensor YF-S201 untuk mengetahui adanya aliran air ketika pompa bekerja. Pengujian sistem mencakup kondisi error flow, yaitu ketika pompa berada pada kondisi ON tetapi aliran air tidak terdeteksi. Kondisi tersebut digunakan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam merespons ketidaksesuaian antara perintah pengoperasian pompa dan kondisi aliran air yang terjadi. Dari sisi pengendalian, ESP32 berperan sebagai pusat pemrosesan data sensor dan pemberi keputusan terhadap kondisi pompa. Data level groundtank digunakan untuk menentukan ketersediaan sumber air, sedangkan informasi aliran digunakan sebagai indikator tambahan untuk mengetahui apakah air benar-benar mengalir ketika pompa dioperasikan. Integrasi kedua informasi tersebut membuat mekanisme proteksi tidak hanya bergantung pada kebutuhan pengisian toren, tetapi juga mempertimbangkan kondisi sumber dan aliran air. Berdasarkan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

hasil analisis, sistem memiliki keunggulan berupa kemampuan memberikan proteksi otomatis terhadap kondisi sumber air yang kosong atau tidak mencukupi. Ketika kondisi tersebut terdeteksi, pompa dihentikan sehingga mencegah pengoperasian tanpa suplai air. Dengan demikian, sistem yang dirancang tidak hanya berfungsi sebagai perangkat monitoring level air dan pengendali pompa, tetapi juga memiliki fungsi proteksi untuk meningkatkan keamanan dan keandalan pengoperasian pompa. Fungsi ini menjadi salah satu aspek penting dari sistem karena keputusan pengendalian mempertimbangkan kondisi sumber air sebelum pompa diizinkan untuk beroperasi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem *monitoring level* air toren dan *groundtank* berbasis mikrokontroler ESP32 berhasil direalisasikan dengan mengintegrasikan sensor ultrasonik HC-SR04, *flow sensor* YF-S201, *relay module*, pompa air, OLED Display, dan Web Lokal. Integrasi tersebut memungkinkan proses akuisisi data level air dan debit aliran serta penyajian informasi status pompa secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat memantau kondisi toren dan *groundtank* serta memberikan informasi melalui OLED Display dan Web Lokal pada jaringan yang sama. Pengendalian pompa berhasil diimplementasikan berdasarkan kondisi level air dengan menerapkan logika histeresis. Pompa diaktifkan ketika level air toren mencapai batas minimum dengan mempertimbangkan ketersediaan air pada *groundtank*, dan dihentikan ketika level toren mencapai batas maksimum 85%. Rentang histeresis memungkinkan sistem mempertahankan status pompa pada kondisi tertentu sehingga perubahan kecil pada pembacaan level air tidak secara langsung menyebabkan perubahan status pompa. Mekanisme tersebut berfungsi untuk mengurangi frekuensi *switching* dan menjaga kestabilan operasi pengendalian.

Selain fungsi monitoring dan pengendalian, sistem juga menerapkan mekanisme proteksi terhadap kondisi sumber air yang tidak mencukupi. Ketika level *groundtank* berada pada atau di bawah batas minimum 30%, pompa tidak diaktifkan atau dihentikan untuk mencegah pengoperasian tanpa suplai air yang memadai (*dry running*). *Flow sensor* YF-S201 juga digunakan untuk memantau keberadaan aliran ketika pompa beroperasi dan memberikan indikasi *error flow* apabila aliran tidak terdeteksi. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan telah mengintegrasikan fungsi pemantauan, pengendalian otomatis, dan proteksi pompa dalam satu sistem berbasis Web Lokal secara *real-time*. Implementasi pada skala miniatur menunjukkan bahwa rancangan sistem dapat digunakan sebagai dasar pengembangan lebih lanjut pada sistem penampungan air dengan kapasitas dan kondisi operasional yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

Az-Zikri, A. N., Indriyanto, S., & Wicaksono, A. (2025). Perancangan Prototipe Sistem Monitoring Level Air Tandon Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Sensor Ultrasonik Jsn-Sr04t. *Jurnal SINTA: Sistem Informasi Dan Teknologi Komputasi*, *2*(1), 13–22. https://doi.org/10.61124/sinta.v2i1.38

Danang Ade Muktiawan, Bayu Nugroho, Novi Herawadi Sudibyo, & Yuda Septiawan. (2025). *Sistem Monitoring dan Pengendalian Alat Penetas Telur Berbasis IoT untuk Optimasi Tingkat Keberhasilan Penetasan*. *11*, 128–137.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Dimas Agih Ramadhan, Rudi Susanto, & Wiji Lestari. (2023). *Prototipe Sistem Pemantauan dan Penyiraman Tauge Berbasis IoT Menggunakan Wemos dan Firebase*. *8*, 12–27.

Hakim, T. D., Rizqi, A., & Ashshidiq, N. (2024). Rancang Bangun Sistem Kendali Ketinggian Level Air Pada Groundtank Berbasis Esp32. In *Jurnal Elektro* (Vol. 12, Number 1).

Hasanah, A. P., & Hafni, H. (2025). Perancangan Sistem Monitoring Level Air Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Iot Dengan Aplikasi Blynk. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, *13*(2). https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6485

I Wayan Aditya Putra, & Anggi Zafia. (2024). Implementasi Sistem Pengamanan Rumah Dengan Face Recognition Menggunakan Sensor Reed Switch Dan Sensor Pir Berbasis IoT. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, *11*, 110–117.

Nur' Aini, Fajerin Biabdillah, & Agusma Wajiansyah. (2026). Rancang Bangun Alat Monitoring Level Air Toren Berbasis Arduino Uno R3 Dan HC-SR04. *Jurnal Publikasi Teknik Informatika*, *5*(1), 286–294. https://doi.org/10.55606/jupti.v5i1.6549

Raka Dian Mahardi, Muhammad 'Atiq, & Sendy Maulana R. (2024). Sistem Kontrol Level Air pada Tandon Air Berbasis Microcontroller dengan Penahan Riak Gelombang. *Uranus : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains Dan Informatika*, *2*(2), 155–163. https://doi.org/10.61132/uranus.v2i2.327

Ridwan, M. H., Yuhendri, M., Habibullah, H., & Sardi, J. (2023). Sistem Sistem Kendali Dan Monitoring Pompa Air Otomatis Berbasis Human Machine Interface. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, *4*(2). https://doi.org/10.24036/jtein.v4i2.457

Sourideth, P., Phonepaseuth, P., Panthongsy, K., & Marie-Cécile, P. (2024). Refill Water Management System Using an IoT-Based Water Flow Sensor. *Journal of Engineering, Technology, and Applied Science (JETAS)*, *6*(2), 83–92. https://doi.org/10.36079/lamintang.jetas-0602.666