



Rancang Bangun Pintu Air Dan Level Air Pada Sawah Menggunakan ESP32 Berbasis IOT

Roji Jauhari Jamil¹, Mukhroji², Khairuman³, Teuku Muhammad Mirza Keumala⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Sains Teknologi Dan Ilmu Kesehatan

¹rojij420@gmail.com, ²mukhroji@bbg.ac.id, ³khairuman@bbg.ac.id, ⁴mirza@bbg.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pengendalian pintu air serta pemantauan level air pada sawah menggunakan mikrokontroler ESP32 berbasis Internet of Things (IoT). Sistem dirancang untuk mengatasi permasalahan pengelolaan irigasi yang masih dilakukan secara manual sehingga kurang efisien dalam menjaga ketersediaan air bagi tanaman padi. Komponen utama yang digunakan meliputi ESP32 sebagai pengendali, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian air, dan motor servo MG996R sebagai aktuatur pembuka dan penutup pintu air. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan melakukan perancangan, implementasi, dan pengujian terhadap setiap komponen serta sistem secara keseluruhan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki tingkat akurasi sebesar 98,46% dengan rata-rata error 1,54% dalam mengukur ketinggian air. Motor servo MG996R mampu menjalankan seluruh perintah pembukaan dan penutupan pintu air dengan tingkat keberhasilan 100%. Pengujian sistem secara keseluruhan juga menunjukkan tingkat akurasi 100% dalam mengendalikan pintu air sesuai kondisi level air yang telah ditentukan. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu bekerja secara otomatis, meningkatkan efisiensi pengelolaan irigasi, mengurangi kebutuhan pengoperasian manual oleh petani, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut dengan fitur pemantauan jarak jauh berbasis Internet of Things.

Kata Kunci: ESP32, Internet Of Things (Iot), Pintu Air Otomatis, Sensor HC-SR04, Irigasi Sawah.

1. Pendahuluan

Indonesia, sebagai negara yang fokus pada sektor pertanian, memiliki beragam sumber daya alam yang melimpah yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pendapatan dan untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat. Petani memainkan peran yang sangat krusial dalam mencukupi kebutuhan pangan, terutama dalam proses produksi beras yang merupakan makanan pokok bagi masyarakat. Dalam kegiatan pertanian, keberadaan air adalah elemen krusial yang mendukung perkembangan tanaman serta kelangsungan lahan pertanian. Oleh sebab itu, pengawasan dan pengelolaan saluran air sangat krusial untuk memastikan penggunaan air yang optimal di daerah pertanian.

Indonesia dikenal karena tingkat curah hujan yang sangat tinggi, yang sering kali menyebabkan terjadinya bencana banjir. Banjir dapat memiliki efek langsung pada lahan pertanian, area pemukiman, dan kebun. Oleh karena itu, sangat penting untuk menyusun rencana yang tepat untuk memastikan pasokan air serta mengatasi masalah yang muncul akibat perubahan pola hujan. Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan prototipe sistem yang mampu mengendalikan pintu air serta memantau kualitas air di wilayah pertanian dengan memanfaatkan ESP32 yang didasarkan pada teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini akan menggunakan sensor ultrasonik untuk mengatur tingkat ketinggian air, memanfaatkan pompa DC untuk memindahkan air ke area pertanian, serta memanfaatkan motor servo untuk secara otomatis membuka dan menutup pintu saluran air (Syahputra Marpaung *et al.*, 2024).

Pertanian merupakan sumber kehidupan yang sangat vital bagi masyarakat yang tinggal di daerah pedesaan, di mana lahan yang luas dimanfaatkan untuk berbagai jenis kegiatan pertanian. Air adalah elemen penting yang dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh dan berkembang dengan baik. Manajemen air, terutama untuk tanaman padi, memiliki fungsi yang sangat krusial dalam meningkatkan teknologi pertanian padi dan menjamin penggunaan air yang efisien. Namun, dalam rutinitas sehari-hari, pengawasan terhadap sistem di lahan pertanian sering kali dilakukan secara manual. Hal ini dapat menyebabkan penundaan dalam menangani masalah, seperti kekurangan air atau gangguan pada sistem (Hardiansyah dan Ariyadi, 2019).

Menurut (Windiasgoro *et al.*, 2024). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem otomatis yang sanggup memantau ketinggian air dan mengatur pintu air secara langsung, dengan demikian dapat mengurangi kemungkinan terjadinya banjir dan meningkatkan efisiensi dalam penggunaan air. Melalui penerapan teknologi Internet of Things (IoT), sistem ini akan mendukung para petani dalam mengawasi keadaan tanah mereka dari jarak jauh, sekaligus memberikan informasi yang dibutuhkan untuk mengambil keputusan secara cepat dan akurat. Diharapkan bahwa dengan adanya sistem ini, pengelolaan tingkat air dapat dilakukan dengan lebih efisien, sehingga dapat meningkatkan produksi pertanian dan menjaga kelestarian lingkungan.

Melalui studi ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kemajuan teknologi pengelolaan air yang lebih efisien dan efektif, serta mendukung kesejahteraan petani di Indonesia. ESP32

merupakan mikrokontroler yang diperkenalkan oleh Espressif Systems dan merupakan varian terbaru dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan modul Wi-Fi yang sudah terintegrasi dalam chip, yang sangat membantu dalam pengembangan aplikasi sistem Internet of Things. Pin pada ESP32 dapat dimanfaatkan sebagai input maupun output untuk mengatur sensor ultrasonik, mengendalikan pencahayaan, serta menggerakkan motor servo. Keunggulan mikrokontroler ESP32 dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya terletak pada jumlah pin keluaran dan pin analog yang lebih banyak, kapasitas memori yang lebih besar, serta adanya fitur Bluetooth 4. Modul ini disertai dengan penggunaan energi yang efektif serta koneksi Wi-Fi (Teknik *et al.*,).

Hal ini memungkinkan penerapan Internet of Things dengan menggunakan mikrokontroler ESP32. Perkembangan Internet of Things (IoT) telah memberikan dampak yang besar terhadap proses globalisasi. Menurut (Syahputra Marpaung *et al.*, 2024). IoT dapat berfungsi sebagai sarana untuk memudahkan pemantauan dan pengelolaan objek-objek fisik, sehingga konsep IoT ini sangat sesuai untuk diterapkan dalam sektor pertanian. Keuntungan dan kerugian air adalah salah satu faktor yang dapat menyebabkan gagal panen di sektor pertanian. Oleh karena itu, dengan mengimplementasikan konsep Internet of Things (IoT), pengelolaan pintu air di daerah pertanian dapat dilakukan secara otomatis dan dapat diawasi dari jarak jauh. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah sistem yang dapat secara otomatis mengatur pembukaan dan penutupan pintu air di area pertanian. Ada dua fungsi yang bisa digunakan, yaitu untuk mengukur tinggi air dan untuk mengatur pintu air (Jalaludin dan Laksmiati, 2023).

Dalam tahap desain, NodeMcu ESP32 berperan sebagai mikrokontroler, sementara sensor ultrasonik berfungsi sebagai perangkat untuk mengukur ketinggian yang menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Motor servo berfungsi sebagai pengatur, sementara aplikasi Blynk digunakan untuk melaksanakan pengaturan. Setelah pengujian selesai, perangkat ini dapat secara otomatis menutup pintu ketika jarak antara sensor dan air mencapai 3 cm atau lebih dekat, dengan tingkat keberhasilan sebesar 100%. Keunggulan dari alat ini terletak pada kemampuannya dalam mendeteksi ketinggian air menggunakan sensor, yang memiliki jangkauan pengukuran antara 3 cm hingga 10 cm. Apabila jarak antara sensor dan air berada di bawah 3 cm, pintu akan tertutup dan pompa akan berhenti berfungsi. Sebaliknya, apabila ketinggian air melebihi 3 cm, pintu akan terbuka secara otomatis dan pompa akan segera berfungsi (Teknik *et al.*,).

Menurut (Arda *et al.*, 2023). Dalam pengukuran yang telah dilakukan, latensi jaringan tercatat sebesar 169,3 ms, sementara latensi pengendalian perangkat di Blynk tercatat sebesar 196,5 ms. Internet of Things merupakan suatu ide di mana objek atau benda dapat saling terhubung dengan teknologi, seperti sensor dan aplikasi perangkat lunak. Tujuan dari hal ini adalah untuk berkomunikasi, mengatur, menghubungkan, serta bertukar informasi dengan perangkat lainnya, sambil tetap terhubung ke jaringan internet. IoT dapat diterapkan dalam sistem pengelolaan air di sawah untuk mengendalikan perangkat elektronik, seperti motor servo dan pompa air, yang dapat beroperasi secara otomatis. Selain itu, dengan mengatur tingkat air di area pertanian, berbagai jenis tanaman dapat tumbuh dengan baik. Oleh karena itu, penerapan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan air di sektor pertanian di Indonesia.

Dengan demikian, penerapan sistem berbasis teknologi Internet of Things (IoT) yang menggunakan mikrokontroler ESP32 menawarkan solusi inovatif untuk tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan air di sektor pertanian Indonesia. Sistem ini tidak hanya memungkinkan pengaturan otomatis pintu air dan pemantauan ketinggian air secara real-time, tetapi juga memberikan kemudahan bagi petani untuk mengawasi kondisi lahan mereka dari jarak jauh. Melalui penggunaan sensor ultrasonik dan aplikasi Blynk, petani dapat mengambil keputusan yang cepat dan tepat dalam mengelola sumber daya air, sehingga dapat meningkatkan produktivitas pertanian dan mengurangi risiko gagal panen akibat fluktuasi ketersediaan air. Dengan latensi yang rendah dan kemampuan untuk beroperasi secara otomatis, sistem ini diharapkan dapat berkontribusi signifikan terhadap efisiensi dan efektivitas pengelolaan air, serta mendukung kesejahteraan petani di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengembangan teknologi, tetapi juga pada peningkatan kualitas hidup masyarakat yang bergantung pada sektor pertanian, menjadikannya langkah penting menuju pertanian yang lebih berkelanjutan dan responsif terhadap perubahan iklim.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif untuk menganalisis kinerja sistem monitoring dan kontrol pintu air sawah berbasis ESP32 dan IoT. Sistem bekerja dengan mengukur ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, kemudian data diproses oleh ESP32 untuk mengendalikan motor servo yang membuka atau menutup pintu air secara otomatis sesuai batas ketinggian yang telah ditentukan. Seluruh data dikirim ke platform Blynk sehingga dapat dipantau secara real-time melalui smartphone atau web. Penelitian dilaksanakan di Blang Bintang, Aceh Besar pada September 2025. Peralatan yang digunakan meliputi ESP32, sensor HC-SR04, motor servo SG90, breadboard, kabel jumper, power supply, laptop, dan koneksi Wi-Fi, sedangkan bahan pendukung meliputi pintu air, bracket, kabel, resistor, serta perangkat lunak Arduino IDE dan Blynk. Data dikumpulkan melalui pengukuran otomatis ketinggian air, pencatatan status pintu air, serta (jika

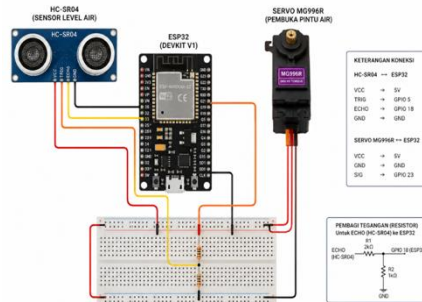
digunakan) kualitas air, kemudian dianalisis secara deskriptif untuk menilai efektivitas sistem, respons kontrol, dan efisiensi penggunaan air dalam pengelolaan irigasi sawah.

3. Hasil dan Pembahasan

Gambran Umum Sistem

Sistem yang dirancang merupakan suatu sistem pengendali pintu air otomatis pada lahan persawahan yang memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi ketinggian air, dan motor servo SG90 sebagai aktuator pembuka maupun penutup pintu air. Sistem ini bekerja secara otomatis berdasarkan perubahan ketinggian air sehingga mampu menjaga kondisi air sawah tetap berada pada level yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman padi. Prinsip kerja sistem mengacu pada pengukuran level air menggunakan sensor ultrasonik, pemrosesan data oleh ESP32, dan pengendalian motor servo sebagaimana dijelaskan dalam metode penelitian proposal.

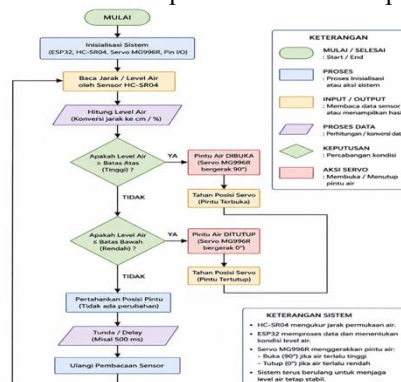
Pada sistem irigasi konvensional, petani masih harus datang langsung ke lokasi sawah untuk mengecek kondisi air dan membuka atau menutup pintu irigasi secara manual. Cara tersebut membutuhkan waktu, tenaga, dan kurang efektif terutama ketika kondisi cuaca berubah secara cepat. Oleh karena itu, sistem ini dirancang untuk menggantikan proses manual menjadi otomatis sehingga pengaturan debit air dapat berlangsung secara lebih cepat, akurat, dan efisien.



Gambar 1 Rangkain Umum Sistem

Gambar menunjukkan ketika sistem mulai dijalankan, ESP32 akan melakukan proses inialisasi seluruh komponen yang terhubung, seperti sensor ultrasonik dan motor servo. Setelah proses inialisasi selesai, sensor ultrasonik secara terus-menerus mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air pada saluran irigasi. Nilai jarak tersebut digunakan sebagai indikator tinggi permukaan air. Data hasil pengukuran kemudian dikirimkan ke ESP32 untuk diproses menggunakan logika pengambilan keputusan (if-else). ESP32 akan membandingkan nilai hasil pembacaan sensor dengan nilai ambang batas (threshold) yang telah ditentukan sebelumnya.

Jika hasil pengukuran menunjukkan bahwa permukaan air berada di bawah batas minimum, maka ESP32 akan memberikan sinyal PWM kepada motor servo untuk membuka pintu air sehingga air dapat mengalir menuju lahan sawah. Sebaliknya, apabila permukaan air telah mencapai atau melebihi batas maksimum, ESP32 akan menggerakkan motor servo ke posisi menutup sehingga aliran air dihentikan. Apabila ketinggian air berada pada kondisi normal, motor servo tidak melakukan perubahan posisi sehingga pintu air tetap berada pada keadaan sebelumnya. Seluruh proses tersebut berlangsung secara terus-menerus (looping), sehingga sistem dapat merespons perubahan kondisi air secara otomatis tanpa memerlukan campur tangan operator.



Gambar1 Diagram Alur Pintu Air dan Level Air

1. Inisialisasi Sistem

ESP32 mengaktifkan program, menginisialisasi pin input/output, sensor HC-SR04, motor servo MG996R, serta menetapkan batas minimum dan maksimum ketinggian air untuk memastikan seluruh perangkat siap digunakan.

2. Pengukuran Ketinggian Air

Sensor ultrasonik HC-SR04 mengukur tinggi air berdasarkan pantulan gelombang ultrasonik. Data jarak dihitung oleh ESP32 menggunakan rumus $\text{Jarak} = (\text{Kecepatan Bunyi} \times \text{Waktu}) / 2$, kemudian dikonversi menjadi tinggi air dan dipantau secara berkala.

3. Pemrosesan Data oleh ESP32

ESP32 menganalisis data ketinggian air dan mengambil keputusan berdasarkan nilai ambang, yaitu: < 5 cm pintu dibuka, $5\text{--}10$ cm kondisi normal, dan > 10 cm pintu ditutup.

4. Pengendalian Servo MG996R

Motor servo MG996R menerima sinyal PWM dari ESP32 untuk menggerakkan pintu air secara otomatis sesuai hasil analisis ketinggian air.

Tabel 1 Pengendalian Servo mg996r

Kondisi Air	Sudut Servo	Kondisi Pintu
Air rendah	90°–180°	Terbuka
Air normal	Tetap	Tidak berubah
Air tinggi	0°	Tertutup

Gambar 1 Pengendalian Servo mg996r

Perubahan sudut servo membuat mekanisme pintu air bergerak membuka maupun menutup sesuai kebutuhan. Dengan demikian proses pengaturan debit air berlangsung secara otomatis.

5. Monitoring Sistem

Sistem dimonitor melalui Serial Monitor Arduino IDE tanpa menggunakan aplikasi Blynk atau relay. Informasi yang ditampilkan meliputi ketinggian air, status pintu air, sudut motor servo, dan waktu pembacaan sensor secara real-time.

6. Analisis Cara Kerja Sistem

Sistem mampu mengatur pintu air secara otomatis berdasarkan ketinggian air sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mengurangi pekerjaan manual petani. Sensor HC-SR04 memberikan pengukuran yang cukup akurat untuk jarak pendek, sedangkan penggunaan ESP32 dan motor servo membuat sistem sederhana, mudah diterapkan, serta mudah dikembangkan dengan penambahan sensor, tampilan LCD/OLED, penyimpanan data, maupun fitur notifikasi berbasis Wi-Fi atau IoT.

7. Kesimpulan Pembahasan

Secara keseluruhan, sistem yang dirancang mampu mengotomatisasi pengendalian pintu air berdasarkan hasil pengukuran ketinggian air. Sensor ultrasonik berfungsi sebagai masukan (input), ESP32 sebagai pusat pemrosesan data, dan motor servo sebagai keluaran (output) yang menggerakkan pintu air. Siklus pengukuran, pemrosesan, dan pengendalian dilakukan secara berulang sehingga kondisi air di lahan persawahan dapat dipertahankan pada tingkat yang diinginkan tanpa memerlukan pengoperasian manual.

Perancangan Sistem

1. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Tabel 2 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Komponen	Fungsi
ESP32	Pusat pengendali sistem
Sensor HC-SR04	Mengukur tinggi air
Servo MG996R	Menggerakkan pintu air
Power Supply	Memberikan sumber tegangan

Mekanisme pintu air	Mengatur debit air
----------------------------	---------------------------

Pada tahap ini juga ditentukan posisi pemasangan sensor agar hasil pengukuran lebih akurat. Sensor dipasang di atas saluran air sehingga gelombang ultrasonik dapat dipantulkan oleh permukaan air tanpa gangguan.

2. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak dibuat menggunakan Arduino IDE. Program yang dirancang memiliki beberapa fungsi utama yaitu:

- 1) Melakukan inisialisasi perangkat,
- 2) Membaca data sensor,
- 3) Menghitung tinggi air,
- 4) Membandingkan hasil pembacaan dengan nilai ambang batas,
- 5) Mengendalikan motor servo,
- 6) Menampilkan hasil pembacaan melalui serial monitor.

Program menggunakan logika if-else sehingga sistem mampu mengambil keputusan secara otomatis.

Logika Program.

Jika tinggi air < 5 cm

Servo membuka pintu air

Jika tinggi air 5–10 cm

Servo tetap

Jika tinggi air > 10 cm

Servo menutup pintu air

3. Perancangan Sistem Pengukuran Level Air

Pada tahap ini dilakukan perancangan mekanisme pengukuran tinggi permukaan air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04.

Sensor bekerja dengan cara mengirimkan gelombang ultrasonik menuju permukaan air. Gelombang tersebut dipantulkan kembali menuju sensor. Berdasarkan waktu tempuh gelombang, ESP32 menghitung jarak antara sensor dengan permukaan air. Nilai jarak tersebut kemudian dikonversi menjadi tinggi air sehingga sistem dapat mengetahui kondisi permukaan air secara real-time.

4. Perancangan Sistem Pengendalian Pintu Air

Tabel 3 Perancangan Sistem Pengendalian Pintu Air

Tinggi Air	Kondisi	Aksi Servo
< 5 cm	Air Rendah	Servo membuka pintu
5–10 cm	Air Normal	Servo tetap
> 10 cm	Air Tinggi	Servo menutup pintu

Servo menerima sinyal PWM dari ESP32 sehingga mampu bergerak sesuai sudut yang telah ditentukan.

5. Fungsi Komponen Sistem

1. Sensor HC-SR04

Sensor HC-SR04 berfungsi mengukur ketinggian air menggunakan gelombang ultrasonik. Data hasil pengukuran dikirim ke ESP32 sebagai dasar pengendalian pintu air. Sensor ini memiliki keunggulan berupa akurasi yang baik, tidak bersentuhan langsung dengan air, mudah diintegrasikan dengan ESP32, dan berbiaya relatif murah.

2. ESP32

ESP32 berperan sebagai pusat kendali sistem yang menerima data dari sensor, mengolahnya berdasarkan nilai ambang batas, lalu menghasilkan sinyal PWM untuk menggerakkan motor servo. Selain memiliki kemampuan pemrosesan yang cepat, ESP32 juga hemat daya, mudah diprogram menggunakan Arduino IDE, dan mendukung pengembangan sistem berbasis IoT.

3. Motor Servo MG996R

Motor servo MG996R berfungsi sebagai aktuator untuk membuka, menutup, atau mengatur posisi pintu air sesuai perintah dari ESP32. Servo ini dipilih karena memiliki torsi yang besar, gerakan yang presisi, respons cepat terhadap sinyal PWM, serta mampu menggerakkan mekanisme pintu air dengan beban sedang hingga berat.

6. Keunggulan Perancangan Sistem

Beberapa keunggulan sistem yang dirancang antara lain:

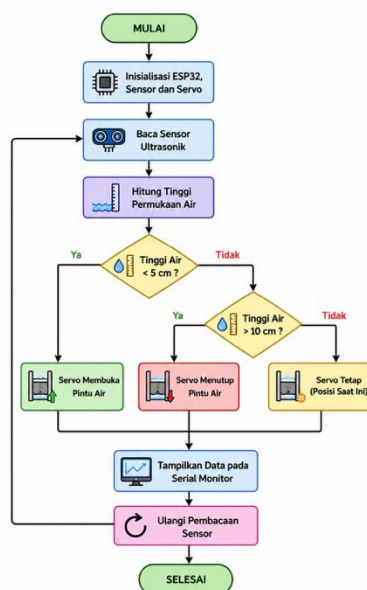
- 1) Sistem lebih sederhana karena tidak menggunakan relay maupun aplikasi tambahan.

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.12306>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

- 2) Biaya pembuatan lebih murah karena jumlah komponen lebih sedikit.
- 3) Konsumsi daya lebih rendah sehingga cocok digunakan pada miniatur maupun prototipe.
- 4) Respon sistem cepat, karena data sensor langsung diproses oleh ESP32.
- 5) Perawatan lebih mudah, karena jumlah komponen yang digunakan relatif sedikit.
- 6) Mudah dikembangkan, misalnya dengan penambahan LCD, sensor kelembapan tanah, sensor curah hujan, modul penyimpanan data (SD Card), atau platform IoT di masa mendatang.

Flowchart Perancangan Sistem



Gambar 3 Flowchart Perancangan Sistem

7. Hubungan Antar Komponen

Ketiga komponen utama saling berinteraksi dalam satu siklus kerja. Sensor HC-SR04 membaca tinggi permukaan air dan mengirimkan data ke ESP32. Selanjutnya, ESP32 memproses data tersebut menggunakan logika pengendalian untuk menentukan kondisi air. Berdasarkan hasil pemrosesan, ESP32 mengirimkan sinyal PWM kepada motor servo MG996R. Servo kemudian menggerakkan pintu air sesuai perintah, baik membuka, mempertahankan posisi, maupun menutup pintu. Seluruh proses berlangsung secara berulang (loop) sehingga sistem mampu menyesuaikan perubahan tinggi air secara otomatis tanpa memerlukan pengoperasian manual.

Implementasi Sistem

1. Implementasi Hardware

Tabel 4 Implementasi Hardware

Komponen	Pin Komponen	Terhubung ke Pin ESP32	Fungsi
HC-SR04	VCC	VIN (5V)	Catu daya sensor
HC-SR04	GND	GND	Ground sensor
HC-SR04	TRIG	GPIO 5	Memulai pengukuran ultrasonik
HC-SR04	ECHO	GPIO 18	Mengirim hasil pengukuran ke ESP32
Servo MG996R	Signal	GPIO 13	Mengendalikan sudut putaran servo
Servo MG996R	VCC	Power Supply 5V	Memberikan daya ke servo
Servo MG996R	GND	GND ESP32	Ground bersama (Common Ground)
Power Supply	Positif (+)	VIN ESP32	Menyuplai tegangan sistem
Power Supply	Negatif (-)	GND ESP32	Referensi ground sistem

Berdasarkan tabel koneksi pin, sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki empat pin utama, yaitu VCC, GND, Trigger (TRIG), dan Echo (ECHO). Pin VCC sensor dihubungkan ke pin VIN (5 Volt) pada ESP32 yang berfungsi sebagai sumber tegangan agar sensor dapat beroperasi dengan baik. Sensor HC-SR04 memerlukan tegangan kerja sebesar 5 Volt untuk menghasilkan gelombang ultrasonik yang stabil sehingga mampu melakukan pengukuran jarak secara akurat. Selanjutnya, pin GND sensor dihubungkan ke pin GND pada ESP32 sebagai jalur referensi tegangan.

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.12306>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Penyatuan ground ini sangat penting karena seluruh komponen dalam sistem harus memiliki referensi tegangan yang sama agar komunikasi data berlangsung dengan baik serta meminimalkan terjadinya gangguan atau noise pada saat proses pembacaan sensor.



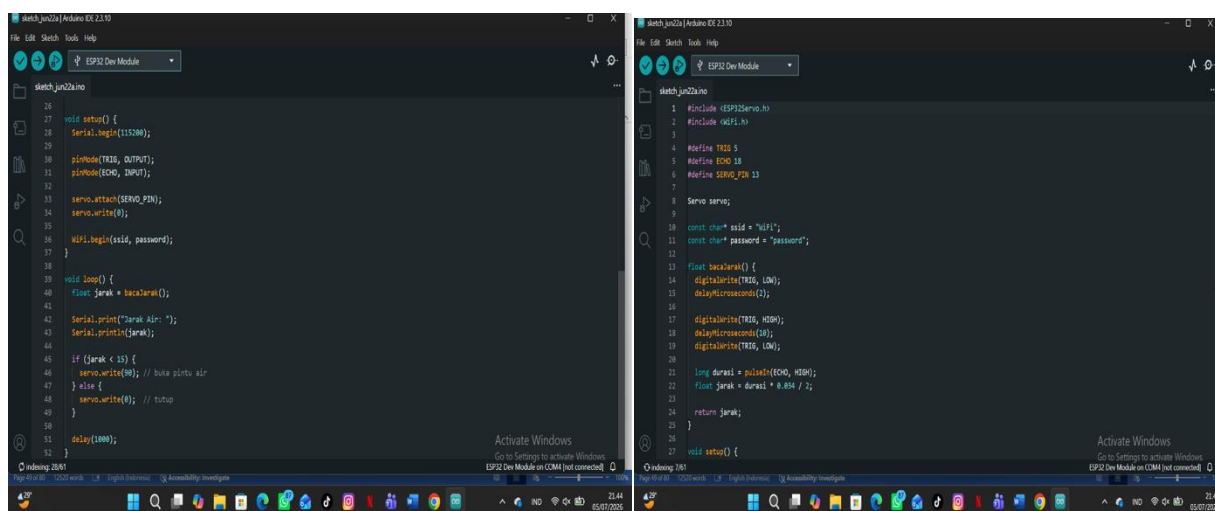
Gambar 4 Implementasi Hardware

Implementasi hardware terdiri dari ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, motor servo MG996R, dan power supply 5 V. Sensor HC-SR04 dihubungkan ke GPIO 5 (Trigger) dan GPIO 18 (Echo) untuk mengukur ketinggian air. Data hasil pengukuran diproses oleh ESP32 sebagai dasar pengendalian sistem. Motor servo MG996R dihubungkan ke GPIO 13 yang menghasilkan sinyal PWM untuk mengatur posisi pintu air secara otomatis. Servo memperoleh catu daya dari power supply eksternal 5 V karena membutuhkan arus yang lebih besar, sedangkan seluruh GND disatukan (common ground) agar komunikasi antarperangkat tetap stabil. Secara keseluruhan, ESP32 menerima data dari sensor, memprosesnya sesuai program, kemudian mengendalikan motor servo untuk membuka atau menutup pintu air secara otomatis. Konfigurasi ini menghasilkan sistem yang sederhana, stabil, hemat daya, dan bekerja secara otomatis sesuai kondisi ketinggian air.

Implementasi Software

Implementasi software merupakan tahap realisasi perangkat lunak yang berfungsi untuk mengendalikan seluruh proses kerja sistem pintu air otomatis berbasis ESP32. Perangkat lunak memiliki peran yang sangat penting karena menjadi penghubung antara perangkat keras (hardware) dengan logika pengendalian sistem. Melalui perangkat lunak, seluruh komponen yang telah dirangkai, seperti sensor ultrasonik HC-SR04, motor servo MG996R, dan ESP32 dapat saling berkomunikasi serta bekerja secara terintegrasi sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Pada penelitian ini, implementasi software dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C/C++ dengan bantuan Arduino IDE sebagai lingkungan pengembangan (Integrated Development Environment/IDE). Arduino IDE digunakan untuk menulis kode program, melakukan proses kompilasi, memperbaiki kesalahan sintaks (debugging), serta mengunggah program ke dalam memori mikrokontroler ESP32.

Secara umum, implementasi software yang dikembangkan pada penelitian ini telah mampu mengintegrasikan seluruh perangkat keras menjadi satu sistem pengendali pintu air otomatis yang bekerja secara mandiri. ESP32 berhasil menjalankan seluruh fungsi yang telah dirancang, mulai dari membaca data sensor ultrasonik, mengolah informasi ketinggian air, mengambil keputusan berdasarkan nilai ambang batas, menghasilkan sinyal PWM untuk mengendalikan motor servo, hingga menampilkan seluruh hasil pengukuran melalui Serial Monitor Arduino IDE. Seluruh proses berlangsung secara otomatis dan berulang selama sistem memperoleh sumber daya listrik sehingga tidak memerlukan intervensi pengguna dalam pengoperasiannya.



Gambar 5 Arduino IDE

Berdasarkan dua gambar yang Anda lampirkan, terlihat bahwa program dikembangkan menggunakan Arduino IDE 2.3.10 dengan bahasa pemrograman C/C++. Program ini digunakan untuk mengendalikan sistem pintu air otomatis berbasis ESP32 yang memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi ketinggian air dan motor servo MG996R sebagai penggerak pintu air. Gelombang ultrasonik yang mengenai permukaan air akan dipantulkan kembali menuju sensor dan diterima melalui pin Echo. Lama waktu perjalanan gelombang tersebut diukur menggunakan fungsi `pulseIn(ECHO, HIGH)`. Nilai waktu yang diperoleh disimpan pada variabel **durasi** dengan satuan mikrodetik. Selanjutnya nilai tersebut dikonversi menjadi satuan sentimeter menggunakan persamaan:

$$\text{Jarak} = \frac{\text{Waktu} \times 0,034}{2}$$

Konstanta **0,034** menunjukkan kecepatan rambat gelombang suara di udara sebesar sekitar **0,034 cm/μs**, sedangkan pembagian dengan angka **2** dilakukan karena waktu yang diukur merupakan waktu perjalanan gelombang dari sensor menuju permukaan air dan kembali lagi ke sensor. Hasil perhitungan tersebut kemudian dikembalikan (*return*) sebagai nilai jarak yang akan digunakan oleh program utama.

Pengujian Sistem

1. Pengujian Sensor HCSR-04

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dalam mendeteksi ketinggian permukaan air pada miniatur saluran irigasi. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap pengukuran menggunakan mistar sebagai nilai acuan (tinggi aktual). Pengujian dilaksanakan sebanyak 20 kali dengan variasi tinggi air mulai dari 2 cm hingga 12 cm. Data hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan yang relatif kecil antara nilai aktual dengan hasil pembacaan sensor.

Tabel 5 Pengujian Sensor HCSR-04

No	Tinggi Aktual (cm)	Pembacaan HC-SR04 (cm)	Error (%)
1	2,0	2,0	0,00
2	2,5	2,6	4,00
3	3,0	3,1	3,33
4	3,5	3,4	2,86
5	4,0	4,0	0,00
6	4,5	4,6	2,22
7	5,0	5,1	2,00
8	5,5	5,4	1,82
9	6,0	6,0	0,00
10	6,5	6,6	1,54
11	7,0	6,9	1,43
12	7,5	7,6	1,33
13	8,0	8,1	1,25
14	8,5	8,4	1,18

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.12306>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

15	9,0	8,9	1,11
16	9,5	9,6	1,05
17	10,0	10,1	1,00
18	10,5	10,4	0,95
19	11,0	11,1	0,91
20	12,0	11,9	0,83

Berdasarkan Tabel 5, pengujian pertama dilakukan pada tinggi aktual 2,0 cm dan sensor HC-SR04 membaca nilai 2,0 cm, sehingga diperoleh error sebesar 0,00%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor mampu membaca ketinggian air secara tepat pada kondisi tersebut. Pada pengujian kedua dengan tinggi aktual 2,5 cm, sensor membaca 2,6 cm, sehingga diperoleh error sebesar 4,00%, yang merupakan nilai error terbesar selama pengujian. Persentase error yang relatif lebih besar pada pengukuran jarak pendek ini disebabkan oleh karakteristik sensor ultrasonik yang memiliki batas resolusi tertentu, sehingga selisih pembacaan sebesar 0,1 cm memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap nilai persentase error.

Untuk mengetahui tingkat ketelitian sensor secara keseluruhan, dilakukan perhitungan rata-rata error menggunakan persamaan:

$$Error\ Rata - rata = \frac{\sum Error}{20}$$

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh total error sebesar 30,81%, sehingga rata-rata error sensor adalah:

$$Error\ Rata - rata = \frac{30,81}{20} = 1,54\%$$

Selanjutnya tingkat akurasi sensor dihitung menggunakan persamaan:

$$Akurasi = 100 - Error\ Rata - rata$$

Sehingga diperoleh:

$$Akurasi = 100\% - 1,54\% = 98,46\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi perubahan level air. Dengan akurasi sebesar 98,46%, sensor mampu memberikan data yang andal sebagai masukan bagi mikrokontroler ESP32 untuk menentukan kondisi pintu air. Nilai error rata-rata yang hanya 1,54% menunjukkan bahwa perbedaan antara hasil pembacaan sensor dan pengukuran aktual sangat kecil sehingga tidak memengaruhi proses pengambilan keputusan pada sistem.

2. Pengujian Servo mg996r

Pengujian motor servo MG996R dilakukan untuk mengetahui kemampuan aktuator dalam merespons perintah yang diberikan oleh mikrokontroler ESP32 berdasarkan hasil pembacaan level air dari sensor HC-SR04. Pada sistem yang dikembangkan, motor servo berfungsi sebagai penggerak pintu air yang akan membuka, mempertahankan posisi, atau menutup pintu air sesuai dengan kondisi level air yang telah ditentukan pada program.

Tabel 6. Pengujian Servo mg996r

No	Tinggi Air (cm)	Kondisi	Sudut Servo	Hasil
1	2,0	Tutup	0°	Berhasil
2	2,5	Tetap	45°	Berhasil
3	3,0	Tetap	45°	Berhasil
4	3,5	Tetap	45°	Berhasil
5	4,0	Tetap	45°	Berhasil
6	4,5	Tetap	45°	Berhasil
7	5,0	Tetap	45°	Berhasil
8	5,5	Tetap	45°	Berhasil
9	6,0	Tetap	45°	Berhasil
10	6,5	Tetap	45°	Berhasil
11	7,0	Tetap	45°	Berhasil
12	7,5	Tetap	45°	Berhasil
13	8,0	Tetap	45°	Berhasil
14	8,5	Tetap	45°	Berhasil
15	9,0	Tetap	45°	Berhasil
16	9,5	Tetap	45°	Berhasil
17	10,0	Tetap	45°	Berhasil
18	10,5	Buka	90°	Berhasil

19	11,0	Buka	90°	Berhasil
20	12,0	Buka	90°	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 6, motor servo MG996R berhasil merespons seluruh perintah yang diberikan oleh ESP32 dengan baik. Pengujian pertama dilakukan pada tinggi air 2,0 cm. Pada kondisi ini sistem mendeteksi bahwa tinggi air berada pada batas minimum sehingga ESP32 memberikan perintah kepada servo untuk bergerak menuju sudut 0°. Hasil pengujian menunjukkan bahwa servo berhasil mencapai posisi tersebut sehingga pintu air berada pada kondisi tertutup sesuai dengan logika yang telah diprogram.

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian, seluruh perintah yang diberikan oleh ESP32 berhasil dijalankan oleh motor servo MG996R tanpa mengalami kesalahan posisi. Persentase keberhasilan motor servo dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah Pengujian Berhasil}}{\text{Jumlah Seluruh Pengujian}} \times 100\%$$

Dari hasil pengujian diperoleh data sebagai berikut.

- 1) Jumlah pengujian = 20 kali
- 2) Jumlah pengujian berhasil = 20 kali

Sehingga diperoleh nilai:

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa motor servo MG996R memiliki tingkat keberhasilan sebesar 100% dalam menjalankan seluruh perintah yang diberikan oleh ESP32. Nilai ini menunjukkan bahwa komunikasi antara ESP32 dan motor servo berjalan dengan sangat baik, sehingga setiap perubahan level air dapat langsung diterjemahkan menjadi gerakan mekanis pada pintu air.

3. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan integrasi antara seluruh komponen yang digunakan dalam penelitian, yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai perangkat masukan (input), mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali (controller), dan motor servo MG996R sebagai perangkat keluaran (output). Berbeda dengan pengujian komponen secara terpisah, pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen mampu bekerja secara terpadu sehingga sistem dapat menjalankan fungsi pengendalian pintu air secara otomatis sesuai dengan logika yang telah diprogram.

Tabel 7 Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Tinggi Air (cm)	Status Seharusnya	Servo Aktual	Sesuai
1	2,0	Tutup	Tutup	Ya
2	2,5	Tetap	Tetap	Ya
3	3,0	Tetap	Tetap	Ya
4	3,5	Tetap	Tetap	Ya
5	4,0	Tetap	Tetap	Ya
6	4,5	Tetap	Tetap	Ya
7	5,0	Tetap	Tetap	Ya
8	5,5	Tetap	Tetap	Ya
9	6,0	Tetap	Tetap	Ya
10	6,5	Tetap	Tetap	Ya
11	7,0	Tetap	Tetap	Ya
12	7,5	Tetap	Tetap	Ya
13	8,0	Tetap	Tetap	Ya
14	8,5	Tetap	Tetap	Ya
15	9,0	Tetap	Tetap	Ya
16	9,5	Tetap	Tetap	Ya
17	10,0	Tetap	Tetap	Ya
18	10,5	Buka	Buka	Ya
19	11,0	Buka	Buka	Ya
20	12,0	Buka	Buka	Ya

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 7, dilakukan sebanyak 20 kali pengujian dengan variasi tinggi air mulai dari 2 cm hingga 12 cm. Setiap hasil pengujian dibandingkan antara status yang seharusnya berdasarkan logika sistem dengan kondisi aktual yang dihasilkan oleh motor servo. Dari seluruh pengujian tersebut diperoleh hasil bahwa seluruh kondisi aktual sesuai dengan kondisi yang diharapkan.

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem secara keseluruhan, dilakukan perhitungan akurasi menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Akurasi Sistem} = \frac{\text{Jumlah Data Sesuai}}{\text{Jumlah Seluruh Pengujian}} \times 100\%$$

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh data sebagai berikut:

- 1) Jumlah pengujian = 20 kali
- 2) Jumlah data yang sesuai = 20 kali

Sehingga diperoleh nilai:

$$\text{Akurasi Sistem} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi sebesar 100% dalam menjalankan fungsi pengendalian pintu air otomatis. Seluruh keputusan yang dihasilkan oleh ESP32 sesuai dengan kondisi level air yang dibaca oleh sensor HC-SR04, sehingga motor servo MG996R mampu bergerak sesuai dengan logika sistem tanpa mengalami kesalahan.

4. Kesimpulan Pengujian Sistem

Berdasarkan 20 kali pengujian, sensor HC-SR04 memperoleh rata-rata error sebesar 1,54% dengan akurasi 98,46%. Motor Servo MG996R berhasil menjalankan seluruh perintah pembukaan, penahanan, dan penutupan pintu air dengan tingkat keberhasilan 100%. Pengujian sistem secara keseluruhan juga menunjukkan bahwa keputusan yang diambil ESP32 sesuai dengan logika yang telah diprogram, yaitu jarak ≤ 2 cm servo menutup, $>2-10$ cm servo tetap, dan >10 cm servo membuka, sehingga diperoleh akurasi sistem sebesar 100%.

Analisis Kinerja Sistem

Analisis Pembacaan Sensor HCSR-04

Berdasarkan hasil pengujian sebanyak 20 kali, sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mendeteksi perubahan level air dengan baik pada rentang pengukuran 2 cm hingga 12 cm. Hasil pembacaan sensor menunjukkan adanya selisih yang relatif kecil dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan mistar sebagai nilai acuan.

Dari hasil perhitungan diperoleh rata-rata error sebesar 1,54%, sehingga tingkat akurasi sensor mencapai 98,46%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dalam mengukur jarak permukaan air. Perbedaan hasil pengukuran yang terjadi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain karakteristik pantulan gelombang ultrasonik pada permukaan air, kondisi lingkungan sekitar, serta posisi pemasangan sensor.

Analisis Respon Motor Servo mg996r

Motor Servo MG996R berfungsi sebagai aktuator yang menggerakkan mekanisme pintu air berdasarkan hasil pembacaan sensor HC-SR04. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali dengan tiga kondisi level air, yaitu kondisi air tinggi, normal, dan rendah.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor servo mampu merespons seluruh perintah yang diberikan oleh ESP32 dengan baik. Ketika sensor mendeteksi ketinggian air ≤ 2 cm, servo bergerak menuju posisi 0° sehingga pintu air tertutup. Pada kondisi ketinggian air lebih dari 2 cm hingga 10 cm, servo mempertahankan posisinya pada sudut 45° sebagai kondisi normal. Selanjutnya ketika sensor membaca ketinggian air lebih dari 10 cm, servo bergerak menuju sudut 90° sehingga pintu air terbuka.

Analisis Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan seluruh komponen dalam bekerja secara terintegrasi. Pengujian melibatkan sensor HC-SR04 sebagai perangkat masukan (input), ESP32 sebagai pusat pengolahan data (controller), dan motor servo MG996R sebagai perangkat keluaran (output).

Berdasarkan hasil pengujian sebanyak 20 kali, seluruh komponen sistem mampu bekerja sesuai dengan rancangan. Sensor HC-SR04 berhasil mendeteksi perubahan level air, kemudian data tersebut diproses oleh ESP32 menggunakan logika if-else yang telah ditanamkan pada program. Selanjutnya ESP32 mengirimkan sinyal PWM kepada motor servo sehingga pintu air dapat membuka, mempertahankan posisi, atau menutup sesuai kondisi level air.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh kondisi yang diharapkan sesuai dengan kondisi aktual yang dihasilkan sistem. Dengan demikian diperoleh tingkat akurasi sistem sebesar 100%, yang menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi pengendalian pintu air secara otomatis tanpa kesalahan selama proses pengujian.

Keberhasilan tersebut menunjukkan bahwa integrasi antara sensor HC-SR04, ESP32, dan motor servo MG996R telah berjalan secara optimal sehingga sistem mampu memberikan respons terhadap perubahan level air secara real-time.

Hasil & Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pengendalian pintu air otomatis pada saluran irigasi sawah menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem dirancang agar mampu mendeteksi perubahan level air secara otomatis menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, kemudian memproses data hasil pengukuran melalui

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.12306>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

ESP32 untuk mengendalikan motor servo MG996R sebagai penggerak pintu air. Berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya yang memanfaatkan relay dan aplikasi Blynk sebagai media kendali maupun monitoring, sistem pada penelitian ini bekerja secara lokal tanpa menggunakan relay maupun aplikasi IoT. Seluruh proses pemantauan dilakukan melalui Serial Monitor Arduino IDE sehingga sistem menjadi lebih sederhana, mudah diterapkan, dan memiliki biaya implementasi yang lebih rendah.

Tahapan pertama yang dilakukan adalah implementasi perangkat keras yang terdiri atas ESP32, sensor HC-SR04, motor servo MG996R, catu daya, serta miniatur pintu air. Setelah seluruh komponen terpasang sesuai rancangan, dilakukan implementasi perangkat lunak menggunakan Arduino IDE. Program yang dibuat berfungsi untuk membaca data sensor, menghitung jarak permukaan air, menentukan kondisi level air berdasarkan nilai ambang yang telah ditentukan, kemudian menghasilkan sinyal PWM untuk menggerakkan motor servo. Logika pengendalian yang diterapkan yaitu apabila jarak sensor terhadap permukaan air ≤ 2 cm, maka sistem menganggap kondisi air tinggi sehingga motor servo bergerak pada sudut 0° untuk menutup pintu air. Apabila jarak berada pada rentang lebih dari 2 cm hingga 10 cm, kondisi air dianggap normal sehingga posisi servo dipertahankan pada sudut 45° . Selanjutnya apabila jarak lebih dari 10 cm, sistem mendeteksi kondisi air rendah sehingga servo bergerak pada sudut 90° untuk membuka pintu air.

Setelah implementasi selesai, dilakukan pengujian terhadap masing-masing komponen serta pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian pertama dilakukan pada sensor HC-SR04 dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap hasil pengukuran menggunakan mistar. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali pada rentang pengukuran 2 cm sampai 12 cm. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh rata-rata error sebesar 1,54% sehingga tingkat akurasi sensor mencapai 98,46%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi perubahan level air. Selisih pembacaan yang terjadi masih berada dalam batas toleransi dan tidak memengaruhi proses pengambilan keputusan oleh sistem. Faktor yang menyebabkan perbedaan hasil pembacaan antara lain karakteristik pantulan gelombang ultrasonik pada permukaan air, adanya riak air saat pengujian, serta posisi pemasangan sensor terhadap permukaan air.

Pengujian kedua dilakukan terhadap motor servo MG996R sebagai aktuator penggerak pintu air. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali dengan memberikan kondisi level air yang berbeda sesuai dengan logika sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor servo mampu bergerak menuju posisi yang telah ditentukan pada setiap kondisi. Servo berhasil bergerak menuju sudut 0° ketika level air tinggi, mempertahankan posisi pada sudut 45° ketika level air normal, serta bergerak menuju sudut 90° ketika level air rendah. Dari seluruh pengujian yang dilakukan, tidak ditemukan kegagalan dalam pergerakan servo sehingga diperoleh tingkat keberhasilan sebesar 100%. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi antara ESP32 dan motor servo berjalan dengan baik serta sinyal PWM yang dihasilkan mampu mengendalikan posisi servo secara presisi.

Selanjutnya dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan dengan mengintegrasikan seluruh komponen yang telah dirancang. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali dengan memberikan variasi level air sesuai kondisi yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 mampu membaca perubahan level air secara real-time, ESP32 berhasil memproses data hasil pembacaan sensor menggunakan logika yang telah diprogram, dan motor servo merespons setiap perubahan kondisi dengan membuka, mempertahankan, atau menutup pintu air sesuai kebutuhan. Seluruh hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi aktual sistem sesuai dengan kondisi yang diharapkan sehingga diperoleh tingkat akurasi sistem sebesar 100%. Hal ini membuktikan bahwa integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak telah berjalan sesuai dengan rancangan penelitian.

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem yang dibangun memiliki beberapa keunggulan. Penggunaan ESP32 sebagai pusat kendali memungkinkan proses pengolahan data berlangsung dengan cepat sehingga respons sistem terhadap perubahan level air menjadi lebih baik. Penggunaan sensor HC-SR04 memberikan hasil pengukuran yang cukup akurat dengan rata-rata error yang rendah. Selain itu, motor servo MG996R mampu menggerakkan pintu air secara presisi sesuai perintah yang diberikan oleh ESP32. Tidak digunakannya relay membuat rangkaian menjadi lebih sederhana karena servo dapat dikendalikan secara langsung menggunakan sinyal PWM. Penghapusan aplikasi Blynk juga membuat sistem tidak bergantung pada jaringan internet sehingga proses pengendalian tetap dapat berjalan meskipun tidak tersedia koneksi internet.

Walaupun demikian, sistem yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan. Sensor HC-SR04 bekerja menggunakan pantulan gelombang ultrasonik sehingga hasil pengukuran dapat dipengaruhi oleh kondisi permukaan air yang bergelombang atau adanya benda lain di sekitar area pengukuran. Selain itu, penelitian ini masih menggunakan miniatur saluran irigasi sehingga diperlukan pengujian lebih lanjut pada skala lapangan untuk mengetahui performa sistem pada kondisi lingkungan yang sebenarnya. Penggunaan motor servo juga masih terbatas pada miniatur sehingga apabila diterapkan pada pintu air berukuran besar diperlukan aktuator dengan torsi yang lebih tinggi atau mekanisme transmisi tambahan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengendalian pintu air otomatis berbasis ESP32 telah berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan tujuan penelitian. Sensor HC-SR04 mampu mendeteksi perubahan level air dengan tingkat akurasi 98,46%, motor servo MG996R mampu menjalankan seluruh perintah dengan tingkat keberhasilan 100%, dan sistem secara keseluruhan mampu bekerja sesuai logika

yang telah diprogram dengan tingkat akurasi 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan layak digunakan sebagai prototipe pengendalian pintu air otomatis pada saluran irigasi sawah serta berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut pada skala yang lebih besar dengan penambahan fitur seperti pemantauan jarak jauh, pencatatan data otomatis, maupun integrasi dengan platform Internet of Things.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem Rancang Bangun Pintu Air dan Level Air Pada Sawah Menggunakan ESP32 Berbasis IoT telah berhasil dibangun dan bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu mendeteksi perubahan level air menggunakan sensor HC-SR04, kemudian memproses data melalui ESP32 untuk mengendalikan motor servo MG996R secara otomatis sesuai dengan kondisi level air yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki rata-rata error sebesar 1,54% dengan tingkat akurasi sebesar 98,46%, sehingga mampu memberikan hasil pengukuran level air yang baik. Motor servo MG996R juga berhasil menjalankan seluruh perintah dari ESP32 dengan tingkat keberhasilan 100% dalam membuka, mempertahankan, dan menutup pintu air sesuai logika sistem. Pengujian keseluruhan sistem menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat bekerja secara terintegrasi dengan baik. Berdasarkan 20 kali pengujian, sistem memperoleh akurasi sebesar 100%, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem mampu mengendalikan pintu air secara otomatis sesuai dengan perubahan level air dan layak digunakan sebagai prototipe pengendalian pintu air pada sistem irigasi sawah.

Reference

- Arda, A.L. *et al.* (2023) "SISTEM MONITORING BENDUNGAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)," 9(2).
- Gozali, M.S. *et al.* (2024) "budiana,+(146-152)+7913-Manuscript-27638-1-15-20241223.v1+(10%)."
- Hardiansyah, M. dan Ariyadi, T. (2019) "Smart sistem kontrol penggunaan air pdam dengan monitor biaya dan pemantauan kekeruhan air berbasis iot," 16(1), hal. p-ISSN.
- Ilham, I. (2024) "Kendali dan Monitoring Irigasi Sawah Berbasis Internet Of Things Menggunakan Cayyene," *Jurnal Minfo Polgan*, 13(1), hal. 82–88. Tersedia pada: <https://doi.org/10.33395/jmp.v13i1.13476>.
- Jalaludin, R. dan Laksmiati, D. (2023) "Perancangan Sistem Kendali Irigasi Otomatis dan Pengusir Hama Burung Dengan Menggunakan Sensor PIR," *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, 6(2), hal. 122–134. Tersedia pada: <https://doi.org/10.38043/telsinas.v6i2.4565>.
- Syahputra Marpaung, R. *et al.* (2024) "Rancang Bangun Prototype Sistem Irigasi Pintu Air Dan Level Air Pada Sawah Menggunakan Esp32 Berbasis Iot," *Jurnal Tektro*, 8(1), hal. 4–8.
- Teknik, J. *et al.* (tanpa tanggal) "RANCANG BANGUN MINIATUR SISTEM PENGENDALIAN PINTU AIR OTOMATIS PADA SALURAN IRIGASI BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL (PLC)."
- Windiasmoro *et al.* (2024) "Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Pintu Air Otomatis Pengendali Banjir Berbasis Internet of Things . Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Pintu Air Otomatis Pengendali Banjir Berbasis Internet of Things Rizki Dwi Windiasmoro Lusia Rakhmawati," *Jurnal Teknik Elektro*, hal. 41–48.
- Dewanto, W. K., Seto Arifianto, A., Rakhmad, H., Putranto, H. A., & Firmansyah, M. H. (2024). JTIM : Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia [https://journal.sekawan-org.id/index.php/jtim/ Node-RED dan Robotik pada Sistem Penyiraman Otomatis Ber-basis IoT. Jtim 2024, 6\(4\), 354–367. https://doi.org/10.35746/jtim.v6i3.609](https://journal.sekawan-org.id/index.php/jtim/ Node-RED dan Robotik pada Sistem Penyiraman Otomatis Ber-basis IoT. Jtim 2024, 6(4), 354–367. https://doi.org/10.35746/jtim.v6i3.609)
- Febrina, D., Agustina, S., Trisnawati, & F. (2021). Alat Pendeteksi Kelembapan Tanah dan Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Uno Menggunakan Soil Moisture Sensor dan Relay. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali Dan Listrik*, 2(2), 45–52.
- Febrina, D., Agustina, S., & Trisnawati, F. (2021). ALAT PENDETEKSI KELEMBAPAN TANAH dan PENYIRAM TANAMAN OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO MENGGUNAKAN SOIL MOISTURE SENSOR dan RELAY. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali Dan Listrik*, 2(2), 2723–598.
- Firly, M., Wahjudi, D., & Yulianto, P. (2022). Perancangan Sistem Penyiraman Dan Pemupukan Otomatis (Smart Garden) Berbasis Iot (Internet of Things) Menggunakan Nodemcu Esp8266. *Teodolita: Media Komunikasi Ilmiah Di Bidang Teknik*, 23(1), 115–1129. <https://doi.org/10.53810/jt.v23i1.444>
- Firmansyah, W. (2024). *Perancangan Sistem Kontrol Dan Monitoring Tanaman Untuk Smart Garden Berbasis Internet of Things*.
- Hidayat, R., Pratama, & M. (2022a). Pemanfaatan Sensor Kelembapan Tanah untuk Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis IoT. *Jurnal Elektro Dan Komputer*, 5(1), 78–85.
- Hidayat, R., Pratama, & M. (2022b). Pemanfaatan Sensor Kelembapan Tanah untuk Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis IoT. *Jurnal Elektro Dan Komputer*, 5(1), 78–85.
- Hidayat, & T. (2023). Penggunaan Relay Sebagai Pengendali Pompa Air pada Sistem Otomatisasi Berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Elektro Dan Otomasi*, 7(1), 55–61.
- Kumar, S., Patel, R., Mehta, & P. (2021a). IoT-Based Smart Irrigation System Using Arduino and Soil Moisture Sensor. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 10(4), 105–110.
- Kumar, S., Patel, R., Mehta, & P. (2021b). IoT-Based Smart Irrigation System Using Arduino and Soil Moisture Sensor. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 10(4), 105–110. <https://doi.org/https://doi.org/10.17577/IJERTV10IS040250>
- Kusuma, R., Hadi, & P. (2022). Desain Sistem Kontrol Pompa Air Otomatis Menggunakan Modul Relay dan Mikrokontroler. *Jurnal Sistem Otomasi Dan Kendali*, 3(2), 14–21.
- Mulyani, & S. (2021). Teknik Dokumentasi dan Validasi Data dalam Penelitian Teknologi Terapan. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan Teknologi*, 6(2), 45–53.
- Nasution, & F. (2021). Validasi dan Reliabilitas Data pada Penelitian Eksperimen Kuantitatif. *Jurnal Metodologi Riset Dan Aplikasi Sains*, 2(3), 33–39.
- Prasetyo, A. N., Tri Budi Prayogo, & Sri Wahyuni. (2024). Analisis Efisiensi Saluran Irigasi Pada Kejuron Kepanjen, Daerah Irigasi Molek, Kabupaten Malang. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(02), 1438–1449. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.02.120>
- Putra, D., Rahman, & A. (2024). Analisis Efisiensi Air pada Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(3), 250–258. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.03.128>

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.12306>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

- Rahman, Y. A., & Akbar, M. B. (2024). Rancang Bangun Alat Pintar Menanam Tanaman Anggur Berbasis Internet of Things (IoT). *JID (Jurnal In Fo Digit)*, 2(2), 709–721. <https://kti.potensi-utama.org/index.php/JID/article/view/1364%0Ahttps://kti.potensi-utama.org/index.php/JID/article/download/1364/432>
- Rakesh, N. (2021). Smart Irrigation using IOT and Arduino. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9(VI), 4266–4270. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.35691>
- Rakesh, & N. (2021). Smart Irrigation Using IoT and Arduino. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET)*, 9(VI (6)), 4266–4270. <https://doi.org/https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.35691>
- Sari, I. P., Novita, A., Al-Khowarizmi, A.-K., Ramadhani, F., & Satria, A. (2024). Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(4), 337–343. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i4.505>
- Saskia Eka Cahyani, Tatang Rohana, & Santi Arum Puspita Lestari. (2023). Implementasi fuzzy logic pada sistem pengairan sawah dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air berbasis IoT. *INFOTECH: Jurnal Informatika & Teknologi*, 4(1), 37–46. <https://doi.org/10.37373/infotech.v4i1.496>
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (Edisi Revi). Alfabeta.
- Thamaraimanalan, T., Vivekk, S. P., Satheshkumar, G., & Saravanan, P. (2018). Smart Garden Monitoring System Using IOT. *Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST) (Open Access Quarterly International Journal)*, 2(2), 186–192.
- Wahyudi, T., Rahman, & M. (2023). Metodologi Penelitian Terapan dalam Bidang Teknologi dan Rekayasa. *Jurnal Ilmiah Teknologi Terapan*, 5(1), 12–22.
- Yusuf, I., & Suryono, R. R. (2025). Implementation Application for Monitoring Soil Moisture in Corn Crop Drip Irrigation Technology Implementasi Aplikasi untuk Pemantauan Kelembaban Tanah Pada Teknologi Irigasi Tetes Tanaman Jagung. *Jurnal Institut Riset Dan Publikasi Indonesia*, 5(2), 541–549.