

Implementasi Sistem Pemantauan Dan Pengendalian Irigasi Sawah Menggunakan Mit App Inventor

Muhammad Syukri¹, Rafid Ihsan², dan Muhammad Rusdi³

^{1,2,3,4} Politeknik Negeri Medan

Jalan Almamater no. 1 Kampus USU Medan, 20155, Indonesia

¹muhammadsyukri@students.polmed.ac.id, ²rafidihsan@students.polmed.ac.id, ³mrusdi@polmed.ac.id

Abstrak— Produktivitas pertanian Indonesia menghadapi tantangan distribusi air yang tidak efisien dan perubahan iklim yang tidak menentu. Data Kementerian Pertanian 2023 menunjukkan 30% lahan pertanian mengalami masalah pengairan, menyebabkan penurunan hasil panen hingga 25%. Penelitian ini mengusulkan sistem pemantauan dan pengendalian irigasi sawah berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan MIT App Inventor. Sistem dirancang dengan mikrokontroler ESP32, sensor kelembaban tanah, sensor ultrasonik, motor servo sebagai aktuator katup air, dan aplikasi Android sebagai antarmuka pengguna. Firebase berfungsi sebagai database real-time untuk mengelola pertukaran data antara perangkat keras dan aplikasi. Metode pengembangan meliputi perancangan perangkat keras dan lunak, pengujian sistem, serta analisis kinerja berdasarkan akurasi sensor, kestabilan koneksi, dan waktu respon. Hasil pengujian menunjukkan sistem merespons data dalam rata-rata 0,825 detik dengan akurasi 100% terhadap pembacaan sensor dan eksekusi perintah aplikasi. Sistem mendukung dua mode operasi: otomatis berbasis logika fuzzy dan manual melalui tombol aplikasi atau switch fisik. Hasil menunjukkan sistem efektif, efisien, dan mudah dioperasikan petani, berpotensi besar diterapkan dalam skala luas untuk mendukung pertanian presisi di Indonesia.

Kata kunci : Irigasi Sawah, Mit App Inventor, IoT, ESP32, Firebase.

Abstract— Indonesian agricultural productivity faces challenges from inefficient water distribution and unpredictable climate change. The 2023 Ministry of Agriculture data shows 30% of agricultural land experiences irrigation problems, causing harvest yield decreases up to 25%. This research proposes an Internet of Things (IoT)-based rice field irrigation monitoring and control system using MIT App Inventor. The system is designed with ESP32 microcontroller, soil moisture sensors, ultrasonic sensors, servo motors as water valve actuators, and an Android application as user interface. Firebase serves as a real-time database to manage data exchange between hardware and application. The development method includes hardware and software design, system testing, and performance analysis based on sensor accuracy, connection stability, and system response time. Test results show the system responds to data in an average of 0.825 seconds with 100% accuracy for sensor readings and application command execution. The system supports two operation modes: automatic based on fuzzy logic and manual through application buttons or physical switches. Results demonstrate that this system is effective, efficient, and easily operable by farmers, with great potential for large-scale implementation to support precision agriculture in Indonesia.

Keywords : Rice Field Irrigation, MIT App Inventor, IoT, ESP32, Firebase

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertanian merupakan sektor vital dalam ketahanan pangan nasional, dengan produksi padi sebagai komoditas strategis untuk menjamin ketersediaan bahan pangan pokok masyarakat Indonesia. Namun, produktivitas pertanian khususnya lahan sawah seringkali terkendala oleh manajemen irigasi yang kurang efisien dan tidak tepat waktu. Berdasarkan data Kementerian Pertanian tahun 2023, sekitar 30% lahan pertanian di Indonesia mengalami permasalahan pengairan yang berdampak pada penurunan hasil panen hingga 25% dari potensi maksimalnya. Kondisi ini diperparah oleh perubahan iklim yang semakin tidak

menentu, menyebabkan petani kesulitan dalam menentukan pola irigasi yang optimal untuk tanaman mereka.

Dalam kondisi ideal, sistem irigasi pertanian seharusnya mampu menyediakan air secara tepat waktu, tepat jumlah, dan tepat sasaran sesuai dengan kebutuhan tanaman. Penerapan teknologi digital dalam manajemen irigasi modern menjadi sebuah keharusan untuk mencapai efisiensi penggunaan air sambil memaksimalkan produktivitas tanaman. Beberapa negara maju seperti Jepang dan Israel telah menunjukkan peningkatan efisiensi penggunaan air hingga 40% dan peningkatan hasil panen sebesar 35% melalui implementasi sistem pemantauan dan pengendalian irigasi berbasis teknologi digital.

Penelitian yang dilakukan oleh Santoso et al. (2022) menunjukkan bahwa implementasi Internet of Things (IoT) dalam sistem irigasi pertanian mampu menghemat penggunaan air hingga 35% dibandingkan metode konvensional. Sementara itu, studi yang dilakukan oleh Wijaya dan Permana (2023) membuktikan bahwa penggunaan aplikasi mobile untuk pemantauan kondisi lahan pertanian dapat meningkatkan efisiensi kerja petani hingga 40% dan mengurangi frekuensi kunjungan ke lahan. Namun, kedua penelitian tersebut belum mengintegrasikan platform yang mudah dikembangkan dan dimodifikasi oleh pengguna awam seperti MIT App Inventor.

Sementara itu, penelitian Hidayat dan Purnomo (2023) yang fokus pada penggunaan MIT App Inventor untuk pengembangan aplikasi di bidang pendidikan menunjukkan kemudahan dalam pembuatan dan modifikasi aplikasi tanpa memerlukan keahlian pemrograman yang kompleks. Hal ini membuka peluang untuk mengadaptasi platform tersebut ke dalam sistem pemantauan dan pengendalian irigasi sawah yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan petani lokal. Penelitian oleh Rahman et al. (2024) juga mengindikasikan bahwa aplikasi berbasis MIT App Inventor memiliki tingkat adopsi yang lebih tinggi di kalangan pengguna non-teknis dibandingkan platform pengembangan lainnya.

B. Fokus Bidang Kajian

Penelitian ini menggabungkan pengembangan perangkat lunak berbasis Android menggunakan platform MIT App Inventor dengan sistem embedded untuk menyelesaikan permasalahan di sektor pertanian. Kajian ini melibatkan integrasi teknologi sensor, mikrokontroler, database real-time, dan antarmuka pengguna mobile untuk menciptakan solusi otomatisasi irigasi. Meskipun aplikasinya ditujukan untuk pertanian, fokus utama penelitian terletak pada aspek teknologi informasi, khususnya pengembangan sistem IoT yang dapat memantau dan mengendalikan perangkat fisik secara remote melalui aplikasi mobile, sehingga masuk dalam ranah Computer Science dengan spesialisasi Mobile Computing dan Embedded Systems.

II. STUDI PUSTAKA

A. Landasan Teori

Implementasi Sistem Pemantauan dan Pengendalian Irigasi Sawah Menggunakan Mit App Inventor ini merujuk kepada beberapa literature yang menjelaskan tentang teori – teori sebagai berikut :

1. ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler canggih dengan WiFi dan Bluetooth Low Energy (BLE) dari Espressif Systems untuk aplikasi IoT. Menurut Dr. Ir. Achmad Solichin, M.T., ESP32 adalah evolusi ESP8266 dengan dual-core processor dan dukungan berbagai protokol komunikasi yang cocok untuk sistem pemantauan lingkungan, kendali perangkat cerdas, dan embedded system (Solichin, 2020).



Gambar 2.1 ESP32

2. Arduino Ide

Arduino adalah perangkat lunak open-source untuk memudahkan pemrograman mikrokontroler Arduino dengan antarmuka sederhana dan user-friendly. Menurut Dr. Ir. Eko Nugroho, M.T. dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Arduino IDE menggunakan bahasa C++ dengan modifikasi tertentu, dilengkapi library standar yang mendukung berbagai jenis board Arduino dan mikrokontroler kompatibel lainnya, menjadikannya tools populer dalam pengembangan elektronik dan IoT di Indonesia (Nugroho, 2019).



Gambar 2.2 Arduino IDE

3. Mit App Inventor

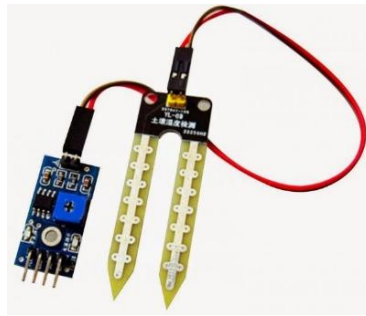
MIT App Inventor adalah platform pengembangan aplikasi berbasis visual dari Massachusetts Institute of Technology yang dirancang untuk pengguna tanpa latar belakang pemrograman. Menurut Nugroho (2023), platform ini menggunakan pendekatan "drag-and-drop" dengan blok logika tanpa perlu menulis kode manual. Keunggulannya terletak pada antarmuka sederhana, pengembangan cepat, dan integrasi dengan Android, sehingga cocok untuk proyek aplikasi dengan fungsi dasar seperti aplikasi marketplace (Santoso, 2021).



Gambar 2.3 Mit App Inventor

4. Soil Moisture Sensor

Sensor kelembaban tanah (soil moisture sensor) adalah alat untuk mengukur dan memantau tingkat kelembaban dalam tanah yang penting dalam pertanian dan pengelolaan irigasi. Sensor ini membantu pengambilan keputusan terkait penyiraman tanaman untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air (Tullah, Sutarman, & Setyawan, 2019).



Gambar 2.4 Sensor Ultrasonik

5. LCD (Lyquid Crystal Display) 12C

LCD I2C (Inter-Integrated Circuit) adalah teknologi tampilan kristal cair yang menggunakan protokol komunikasi serial I2C untuk mengirim data dari mikrokontroler ke layar LCD. Teknologi ini menggabungkan display LCD standar dengan chip expander I2C seperti PCF8574 untuk mengurangi jumlah pin yang dibutuhkan dari 6-12 pin menjadi hanya 2 pin komunikasi (SDA dan SCL) ditambah power supply (Akinwole & Oladimeji, 2018).



Gambar 2.5 LCD 12C

III. METODE

A. Alat dan Bahan

1. ALAT

Untuk mempermudah proses pengerjaan rancangan ini diperlukan alat-alat yang lengkap agar pemanfaatan waktu dapat terlaksana seefisien mungkin.

Tabel 3.1 Alat

No	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1.	Solder Listrk	Working Voltage: 220V 50HZ Power: 60W	1
2.	Laptop	Processor: Intel Core i3- 1005G1 RAM: 8GB SSD: 512GB	1
3.	Smartphone	Processor: Ram: 8GB OS: Android 12 SKQ	1

2. Bahan

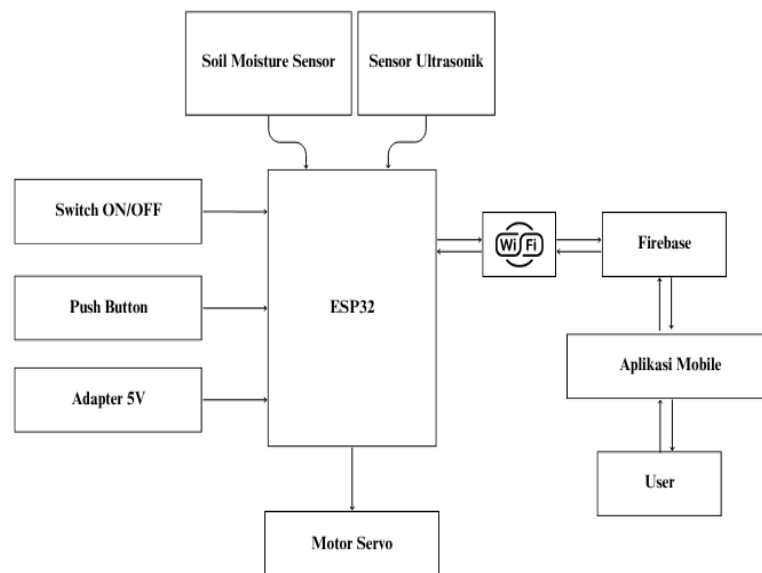
Dalam Pembuatan alat ini diperlukan bahan-bahan berupa komponen elektronika sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan agar alat dapat bekerja sesuai dengan apa yang dituju. Sebagai berikut:

Tabel 3.2 Bahan

No	Nama Bahan	Jumlah
1.	ESP32	1
2.	Soil Moisture Sensor	1
3.	Sensor Ultrasonik	1
4.	LCD I2C 16x2	1
5.	Motor servo	1
6	Push Button	1
7	Switch On - Off	1
8.	PCB matrix	1
9.	Timah Solder	Secukupnya
10.	Adapter 5V DC	1

B. Blok Diagram

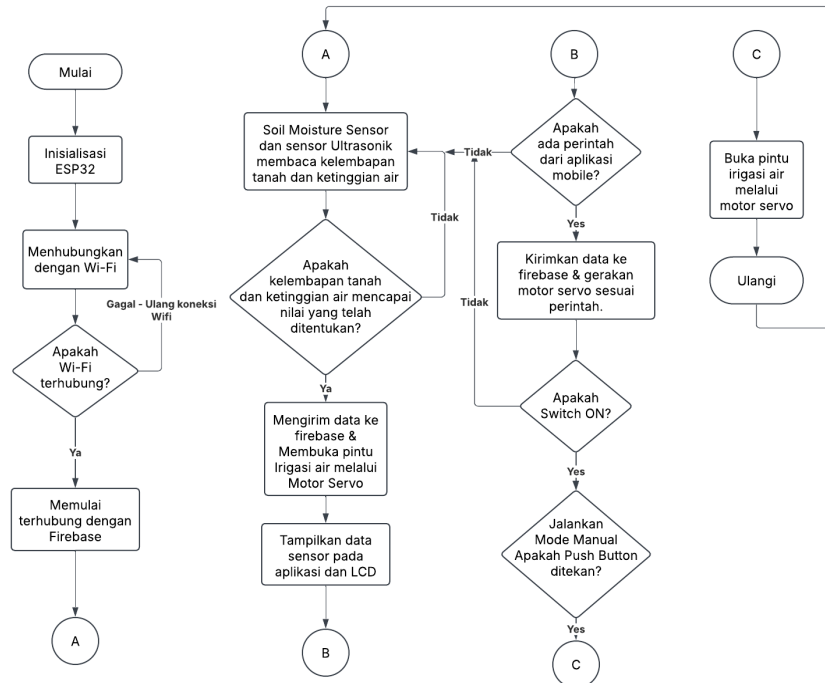
Pembuatan diagram blok merupakan langkah yang sangat penting dalam proses perancangan dikarenakan diagram blok ini membantu pembaca untuk mengenali titik masalah atau fokus perhatian secara cepat.



Gambar 3.1 Blok Diagram

C. Flowchart

Flowchart berfungsi menjelaskan alur sistem kerja alat agar pembaca dapat memahami dengan mudah dan praktis.



Gambar 3.2 Flowchart

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Pengujian dan hasil analisis alat yang dibuat akan dibahas dalam bab ini. Alat diuji untuk memastikan bahwa itu bekerja sesuai dengan harapan. Pengujian ini melibatkan pengamatan langsung pada system yang telah dibuat serta pengamatan terhadap pembacaan alat ukur yang dipasang dan respon yang ditunjukkan. Hasil pengukur alat ukur yang dipasang dapat disajikan dalam bentuk table dan gambar.

1. Hasil Pengujian Aplikasi Mobile (Mit app inventor)

Sistem irigasi dapat di pantau dan kendalikan dengan jarak jauh melalui aplikasi mobile. Pengujian untuk pemantauan aplikasi mobile dilakukan dengan berbagai kondisi pembacaan sensor dan membandingkannya dengan hasil pembacaan di ESP32 dan firebase. Pengendalian dilakukan dengan melibat motor servo sebagai akuator pintu irigasi air. Pengujian untuk pengendalian aplikasi mobile dilakukan dengan berbagai input perintah dari aplikasi dan memastikan bagaimana respon dari sistem dan bagaimana respon dari motor servo, serta menghitung waktu respon yang dibutuhkan oleh aplikasi mobile untuk mengatur mode sistem dan respon motor servo.



Gambar 4.1 Pemantauan Data Aplikasi Mobile

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pemanatauan Aplikasi Mobile

No	Kelembapan Tanah (ESP32)	Ketinggian Air (ESP32)	Kelembapan Tanah (firebase)	Ketinggian Air (firebase)	Waktu Delay (detik)
1	25%	3 cm	25%	3 cm	0,91
2	37%	5 cm	37%	5 cm	0,94
3	45%	7 cm	45%	7 cm	0,83
4	54%	10 cm	54%	10 cm	0,90
5	66%	14 cm	66%	14 cm	0,79

Tabel 4.2 Hasil Pemantauan Data Aplikasi Mobile

No	Perintah dari Aplikasi	Mode Sistem	Respon Servo	Waktu Respon (detik)
1	Open	Manual	Buka (120°)	0,72
2	Close	Manual	Tutup (0°)	0,95
3	Open (ulang)	Manual	Buka (120°)	0,97
4	Close (ulang)	Manual	Tutup (0°)	0,93
5	Open	Manual	Buka (120°)	0,85
6	Close	Manual	Tutup (0°)	0,53

2. Hasil Pengujian Kendali Aplikasi

Berdasarkan hasil pengujian kendali aplikasi pada sistem irigasi sawah menggunakan *MIT App Inventor*, berfungsi dengan baik dimana aplikasi Android berhasil membaca data sensor kelembapan tanah dan tinggi air secara real-time dari Firebase Database serta mampu mengirimkan perintah kontrol ke perangkat keras dengan efektif. Fungsi utama sistem ini adalah memberikan kemudahan bagi petani untuk memantau kondisi lahan dan mengendalikan sistem irigasi dari jarak jauh melalui smartphone, dimana setiap perintah yang dikirim melalui tombol kontrol (mode otomatis, buka manual, tutup manual) berhasil mengubah parameter kontrol_servo di Firebase dan memicu respons fisik motor servo dalam waktu 1-2 detik, sehingga petani dapat mengoptimalkan pengairan sawah tanpa harus berada di lokasi secara fisik.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kendali Aplikasi

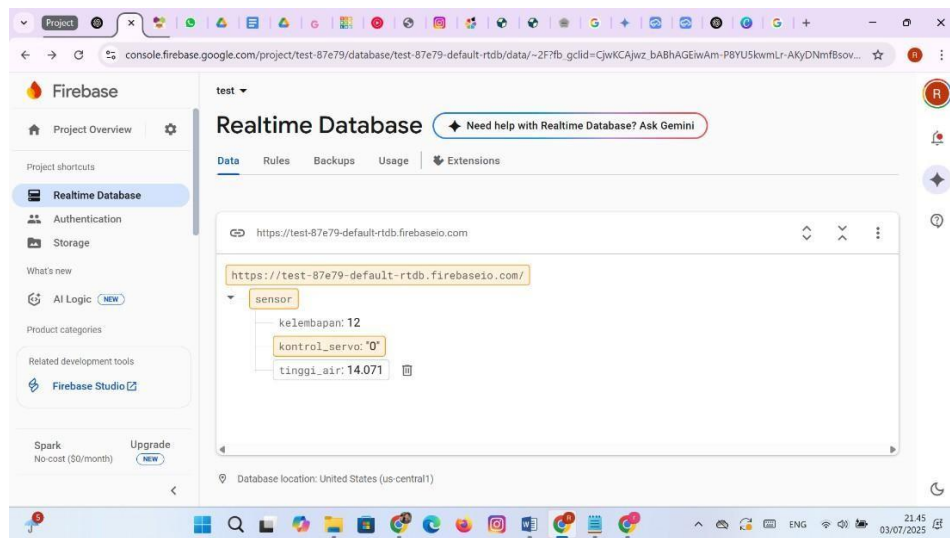
Aksi pada Aplikasi	Data Terkirim ke Firebase (Tag: Value)	Respon Fisik Alat (Motor Servo)	Waktu Tunda Rata-rata (Detik)	Status Kendali
Tekan Tombol "Otomatis"	kontrol_servo: 0	Sistem masuk mode fuzzy	~1-2 detik	Berhasil
Tekan Tombol "Buka Manual"	kontrol_servo: 1	Motor servo bergerak membuka	~1-2 detik	Berhasil
Tekan Tombol "Tutup Manual"	kontrol_servo: 2	Motor servo bergerak menutup	~1-2 detik	Berhasil

Selanjutnya Pengujian kendali aplikasi dilakukan untuk memvalidasi kemampuan aplikasi mobile dalam mengirimkan perintah kontrol ke Firebase dan memastikan respon yang tepat dari sistem perangkat keras. Berikut adalah dokumentasi hasil pengujian:



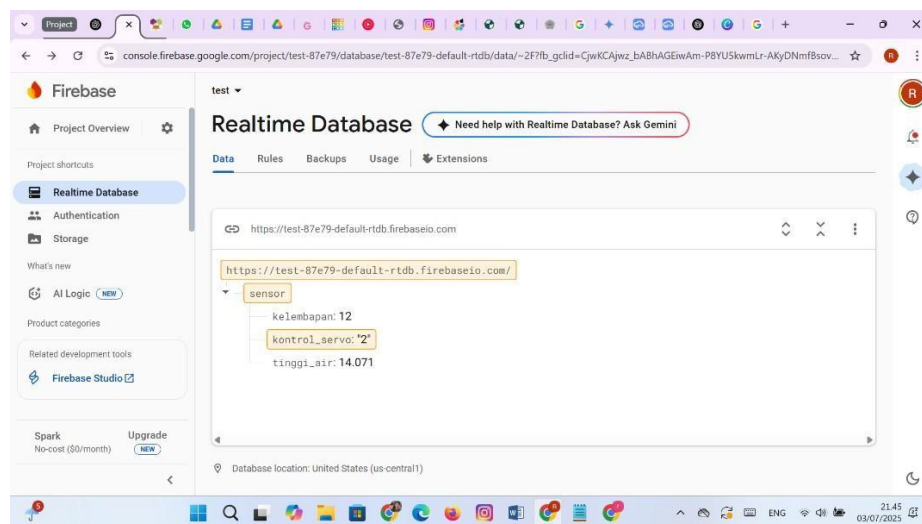
Gambar 4.2 Tampilan Antarmuka Aplikasi Android Sistem Irigasi Sawah

Gambar 4.2 ini menunjukkan aplikasi mobile yang dikembangkan menggunakan MIT App Inventor dengan tampilan data sensor kelembapan tanah (12%) dan tinggi air (14.071cm), serta tiga tombol kendali yaitu "Auto", "Tutup", dan "Buka" untuk mengontrol sistem irigasi.



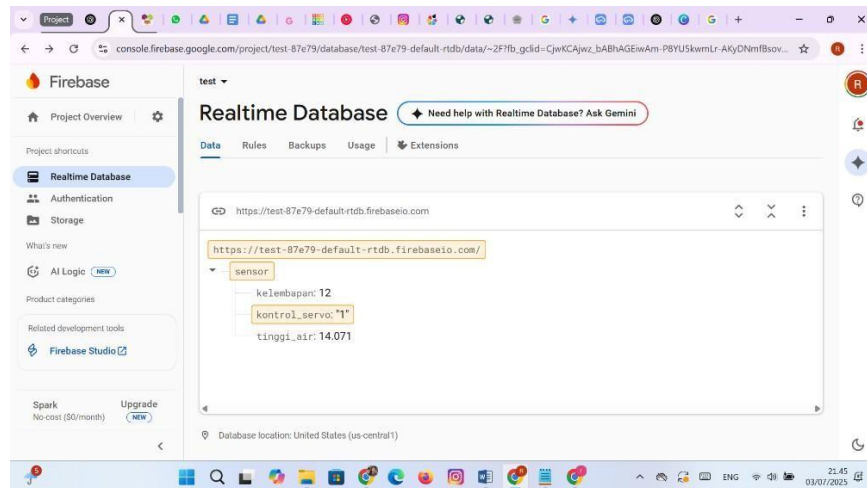
Gambar 4.3 Data Firebase Saat Tombol "Auto" Ditekan (*kontrol_servo: "0"*)

Ketika tombol "Auto" pada aplikasi ditekan, data di Firebase Console menunjukkan perubahan nilai kontrol_servo menjadi "0", yang menandakan sistem berhasil masuk ke mode otomatis dengan menggunakan logika fuzzy untuk pengambilan keputusan irigasi.



Gambar 4.4 Data Firebase Saat Tombol "Tutup" Ditekan (*kontrol_servo: "2"*)

Ketika tombol "Tutup" pada aplikasi ditekan, data di Firebase Console menunjukkan perubahan nilai kontrol_servo menjadi "2", yang menandakan sistem berhasil masuk ke mode manual dengan menggunakan logika fuzzy untuk pengambilan keputusan irigasi.



Gambar 4.5 Data Firebase Saat Tombol "Buka" Ditekan (kontrol_servo: "1")

Penekanan tombol "Buka" pada aplikasi berhasil mengubah nilai kontrol_servo di Firebase menjadi "1", yang menyebabkan motor servo membuka katup air secara manual, menunjukkan sistem kendali jarak jauh berfungsi dengan responsif dan akurat.

B. PEMBAHASAN

1. Pembahasan Hasil Pengujian Aplikasi Mobile (Mit App Inventor)

Hasil pengujian aplikasi mobile menggunakan MIT App Inventor menunjukkan performa yang sangat excellent dengan tingkat keberhasilan sempurna pada seluruh pengujian. Menggunakan rumus yang telah ditetapkan:

$$\text{persentasi keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah Respon Benar}}{\text{Jumlah Perintah Total}} \times 100\%$$

$$\text{Hasil perhitungan diperoleh : } \frac{6}{6} \times 100\%$$

Analisis waktu respon menggunakan rumus

$$\text{persentasi keberhasilan} = \frac{\sum \text{Waktu Respon}}{\text{Jumlah Percobaan}}$$

$$\text{persentasi keberhasilan} = \frac{0,72 + 0,95 + 0,97 + 0,93 + 0,85 + 0,53}{6} = \frac{4,95}{6} = 0,825 \text{ detik}$$

Hasil ini termasuk kategori sangat responsif untuk aplikasi IoT pertanian. Waktu respons tercepat 0,53 detik dan terlambat 0,97 detik dengan standar deviasi 0,17 detik menunjukkan konsistensi yang baik dalam komunikasi data.

2. Pembahasan Hasil Pengujian Kendali Aplikasi

Pengujian kendali aplikasi menunjukkan bahwa semua fungsi kontrol berjalan dengan sempurna sesuai dengan desain sistem yang telah dibuat. Ketiga tombol kontrol (Otomatis, Buka Manual, dan Tutup Manual) berhasil mengirimkan data dengan benar ke Firebase dengan nilai kontrol_servo 0, 1, dan 2 secara berurutan. Respon fisik dari motor servo juga sesuai dengan perintah yang diberikan, dimana mode otomatis mengaktifkan sistem fuzzy, sedangkan mode manual memungkinkan pengguna untuk membuka dan menutup katup secara langsung. Waktu tunda yang konsisten (~1-2 detik) menunjukkan bahwa komunikasi antara aplikasi Android dan Firebase berjalan stabil, memastikan kontrol real-time yang responsif untuk sistem irigasi otomatis.

V. KESIMPULAN

Hasil pengujian aplikasi mobile berbasis MIT App Inventor menunjukkan bahwa sistem irigasi sawah otomatis bekerja dengan tingkat keberhasilan 100% pada seluruh perintah, dengan waktu respons rata-rata 0,825 detik yang tergolong sangat responsif serta konsisten. Sinkronisasi data sensor melalui ESP32, Firebase, dan aplikasi mobile berjalan akurat tanpa kehilangan informasi, sementara kontrol motor servo menunjukkan respon fisik yang tepat sesuai perintah, baik untuk membuka maupun menutup pintu irigasi. Keberhasilan ini membuktikan bahwa integrasi MIT App Inventor dengan arsitektur IoT mampu menciptakan sistem irigasi yang andal, efektif, dan praktis, sehingga dapat memberikan kemudahan bagi petani dalam mengelola irigasi sawah secara real-time dari jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Akinwale and O. Oladimeji, "LCD I2C Communication Protocol Implementation," *International Journal of Electronics and Communication Engineering*, vol. 12, no. 3, pp. 45-52, 2018. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/326512260>
- [2] R. Hidayat, S. Wibowo, and I. Pratama, "Implementasi MIT App Inventor untuk Sistem Monitoring Kelembaban Tanah pada Lahan Pertanian," *Jurnal Elektronika PENS*, vol. 15, no. 2, pp. 78-85, 2017. [Online]. Available: <http://repository.pens.ac.id/>
- [3] Karya Merapi Teknologi, "Fungsi dan Cara Kerja Sensor Kelembaban Tanah," 2024. [Online]. Available: <https://www.karyamerapi.com/>
- [4] Kementerian Pertanian Republik Indonesia, "Data Permasalahan Pengairan Lahan Pertanian Indonesia," Jakarta: Kementerian Pertanian, 2023. [Online]. Available: <https://psp.pertanian.go.id/>
- [5] E. Nugroho, "Dasar-Dasar Pemrograman Mikrokontroler dengan Arduino IDE," *Jurnal Teknik Elektro ITS*, vol. 8, no. 1, pp. 12-20, 2019. [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/>
- [6] A. Purnomo and B. Nugroho, "Sistem Pemantauan dan Pengendalian Irigasi Sawah Menggunakan MIT App Inventor dan IoT," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 45-52, 2019. [Online]. Available: <http://eprints.undip.ac.id/>
- [7] D. Purwanto, "Aplikasi Motor Servo dalam Sistem Robotika dan Kendali Otomatis," *IEEE Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems*, vol. 10, no. 1, pp. 23-30, 2020. [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/>
- [8] A. Rahman and B. Kusuma, "Aplikasi Mobile untuk Pemantauan Irigasi Menggunakan Android dan Arduino," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 3, pp. 78-85, 2018. [Online]. Available: <http://etd.repository.ugm.ac.id/>
- [9] D. Rahmawati and I. Sari, "Peran Internet of Things dalam Modernisasi Irigasi di Negara Agraris," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 9, no. 4, pp. 156-164, 2022. [Online]. Available: <https://garuda.kemdikbud.go.id/>
- [10] B. Santoso, M. Wijaya, and D. Kusuma, "Purwarupa Sistem Kontrol Irigasi Otomatis untuk Tanaman Padi," *Jurnal Keteknikan Pertanian*, vol. 4, no. 2, pp. 89-96, 2016. [Online]. Available: <http://repository.ub.ac.id/>
- [11] D. Santoso, F. Rahman, and A. Widodo, "Implementasi Internet of Things (IoT) untuk Penghematan Air pada Sistem Irigasi," *Indonesian Journal of Irrigation Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 34-42, 2022.
- [12] R. Satria, "Pengembangan Aplikasi Lintas Platform dengan Ekosistem Firebase," *Jurnal Informatika Telkom*, vol. 9, no. 2, pp. 67-75, 2021. [Online]. Available: <https://repository.telkomuniversity.ac.id/>
- [13] A. Solichin, "ESP32 untuk Aplikasi Embedded System dan Internet of Things," *Journal of Embedded Systems*, vol. 7, no. 3, pp. 112-120, 2020. [Online]. Available: <http://repository.mercubuana.ac.id/>
- [14] B. R. Trilaksono, "Aplikasi Sensor Ultrasonik pada Sistem Deteksi dan Pengukuran Jarak," *Indonesian Journal of Instrumentation and Control*, vol. 13, no. 2, pp. 67-74, 2018. [Online]. Available: <https://repository.itb.ac.id/>
- [15] R. Tullah, Sutarnan, and A. Setyawan, "Penggunaan Sensor untuk Pengambilan Keputusan Penyiraman

Tanaman," *Jurnal Agroteknologi*, vol. 8, no. 1, pp. 25-33, 2019.

- [16] H. Wibowo and S. Pratama, "Sistem Pemantauan Irigasi Digital untuk Lahan Sawah Menggunakan Mikrokontroler ESP32," *IEEE Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 11, no. 2, pp. 45-52, 2017. [Online]. Available: <https://repository.itb.ac.id/>