



Sistem Monitoring Dan Pengukur Aliran Air Berbasis IOT Pada UPTD Sei Rampah

M. Arif Al Fatah Harahap¹, Eka Putra²

^{1,2} Univerdita Pembangunan Panca Budi

Jl. Gatot Subroto No.km, Simpang Tj., Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara 20122

Email: arifmuhammad47450@gmail.com

Abstrak

Air merupakan sumber daya vital yang diperlukan untuk menunjang kehidupan manusia serta berbagai aktivitas domestik dan industri. Namun, sistem distribusi air yang masih dilakukan secara manual menimbulkan permasalahan efisiensi dan akurasi dalam pemantauan penggunaan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Sistem Monitoring dan Pengukur Aliran Air Berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi inovatif dalam pengelolaan distribusi air bersih. Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, *sensor water flow*, *modul relay*, dan LCD 16x2 I2C, serta antarmuka web untuk memvisualisasikan data secara *real-time*. Proses pengembangan dilakukan melalui tahapan analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian. Pengujian dilakukan menggunakan media air galon dengan dua skenario, yaitu volume 1 galon ($\pm 0,016 \text{ m}^3$) dan 2 galon ($\pm 0,032 \text{ m}^3$) yang masing-masing diuji sebanyak sepuluh kali. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi sebesar 94,63% pada volume 1 galon dan 94,69% pada volume 2 galon. Nilai deviasi yang rendah menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pembacaan debit air secara presisi dan konsisten. Dengan demikian, sistem ini dinilai layak digunakan sebagai *prototype monitoring* distribusi air bersih berbasis IoT pada skala operasional kecil hingga menengah.

Kata Kunci: Internet of Things, monitoring air, sensor water flow, ESP32, distribusi air bersih

PENDAHULUAN

Air telah dipandang sebagai elemen vital yang sangat dibutuhkan oleh seluruh makhluk hidup. Meskipun tergolong sebagai sumber daya alam yang tidak hidup, air tetap dianggap sebagai sumber daya yang dapat diperbaharui. Salah satu bentuk air yang paling banyak dimanfaatkan oleh manusia adalah air tanah. Air ini telah dijadikan sebagai komoditas ekonomi yang memainkan peran strategis dalam mendukung keberlangsungan hidup manusia, mulai dari penyediaan air bersih untuk kebutuhan domestik, industri, hingga irigasi pertanian (Wardani et al., 2021).

Permintaan global terhadap air tawar telah mengalami peningkatan secara signifikan. Kenaikan ini telah menimbulkan tekanan yang serius terhadap ketahanan pangan

dan kelestarian keanekaragaman hayati, baik di ekosistem akuatik maupun terestrial. Faktor-faktor seperti pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, dan pergeseran gaya hidup modern telah menyebabkan peningkatan stres terhadap ketersediaan sumber daya air di berbagai wilayah (Kılıç, 2020). Dalam konteks hak dasar manusia, akses terhadap air minum yang layak telah menjadi salah satu prioritas dalam agenda pembangunan nasional dan global, sebagaimana tercermin dalam tujuan *Millennium Development Goals* (MDGs). Target akses air minum layak yang ditetapkan untuk tahun 2015 adalah 68,87% secara nasional, dengan distribusi 65,81% di daerah perdesaan dan 75,29% di wilayah perkotaan (Wijaya, 2020).

Untuk mengatasi keterbatasan sumber daya air dan mencegah krisis pasokan, pemanfaatan sumber air permukaan seperti sungai menjadi semakin penting. Sungai Padang, yang mengalir melintasi wilayah Kabupaten Simalungun, Kota Tebing Tinggi, dan Kabupaten Serdang Bedagai di Provinsi Sumatera Utara, merupakan salah satu sumber utama penyediaan air baku. Sungai ini telah dimanfaatkan secara luas oleh Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Air Minum Sei Rampah sebagai sumber utama distribusi air bersih kepada masyarakat sekitar.

Namun demikian, sistem distribusi air yang masih bergantung pada pemantauan manual dinilai kurang efisien dan menimbulkan beban operasional yang cukup tinggi. Kegiatan pemantauan langsung ke lapangan tidak hanya menyita waktu, tetapi juga menimbulkan biaya tambahan. Oleh karena itu, pendekatan berbasis teknologi, khususnya melalui pemanfaatan *Internet of Things* (IoT), dianggap sebagai solusi inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengelolaan distribusi air.

IoT merupakan konsep di mana objek fisik dapat saling berkomunikasi melalui jaringan internet untuk bertukar data secara otomatis. Dalam konteks layanan publik, teknologi ini telah dimanfaatkan untuk mengembangkan sistem monitoring aliran air secara *real-time*. Beberapa penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Wahyuni et al., (2021) dan Muamaroh & Christanto (2024), telah membuktikan efektivitas penggunaan IoT dalam pengukuran debit air dengan tingkat akurasi yang tinggi dan pengiriman data yang andal. Perangkat seperti *Water Flow Sensor*, Arduino, dan NodeMCU ESP8266 telah digunakan untuk mendeteksi dan mengirimkan data aliran air ke *platform* digital secara otomatis, dengan tingkat penyimpangan hasil yang minimal.

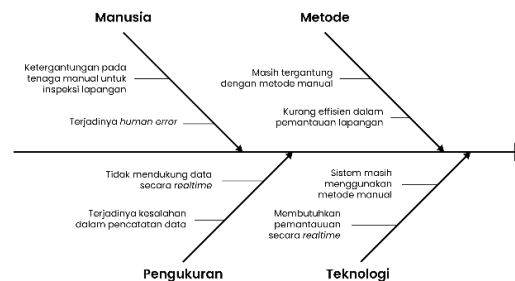
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Sistem Monitoring dan Pengukur Aliran Air Berbasis IoT pada UPTD Sei Rampah. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual, serta memberikan kontribusi terhadap transparansi dan pengambilan keputusan dalam distribusi air bersih.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan sistematis yang terdiri atas enam tahapan utama, yaitu analisis permasalahan, analisis sistem, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem, serta penyusunan hasil dan pembahasan.

Analisis Permasalahan

Analisis permasalahan dilakukan guna mengidentifikasi akar penyebab inefisiensi dalam proses pemantauan aliran air yang masih bersifat manual. Pendekatan kualitatif diterapkan melalui studi pustaka dan dokumentasi teknis. Untuk mendukung pemetaan permasalahan secara sistematis, digunakan Diagram Ishikawa (*fishbone diagram*), merupakan alat visual yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengelompokkan, dan menganalisis penyebab potensial dari suatu permasalahan atau risiko dalam suatu proses (Glevitzky et al., 2025). Diagram ishikawa sistem ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Ishikawa

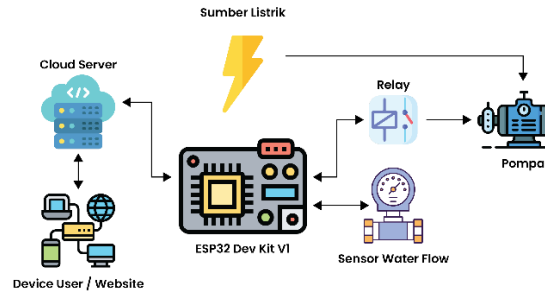
Analisis Sistem

Analisis sistem dilakukan untuk merumuskan kebutuhan fungsional dan nonfungsional dari sistem yang akan dikembangkan. Kebutuhan teknis mencakup pemilihan *sensor water flow*, *mikrokontroler* ESP32, modul komunikasi nirkabel, serta *platform* aplikasi

web. Diagram blok sistem disusun untuk menggambarkan hubungan antar komponen secara logis, mulai dari *input* sensor hingga *output* visualisasi data.

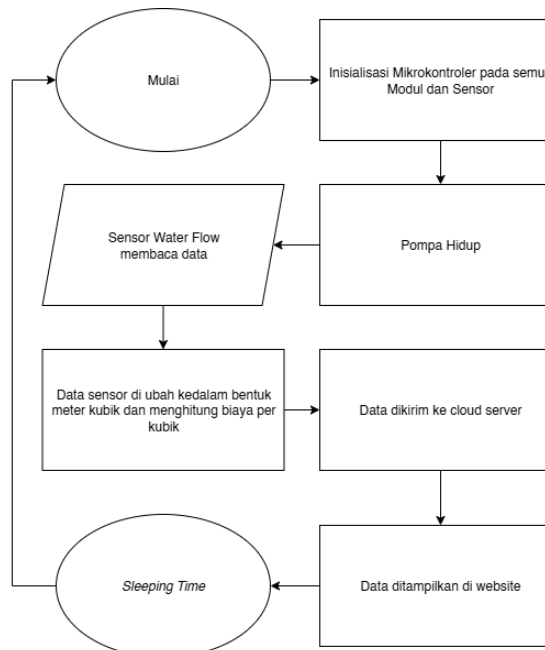
Perancangan Sistem

Blok diagram adalah representasi visual dari alur utama sistem yang menggambarkan susunan serta hubungan fungsional antar komponen dalam perancangan perangkat keras (Raharja et al., 2024). Berikut adalah diagram blok sistem pada Gambar 2.



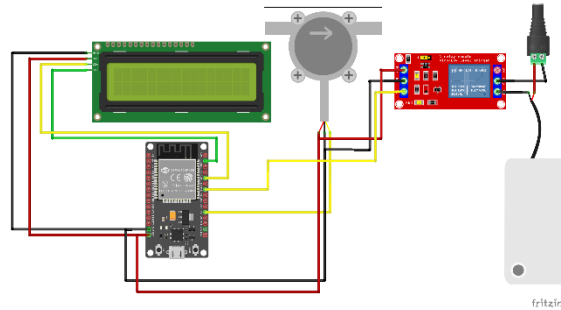
Gambar 2. Blok Diagram

Flowchart atau bagan alir didefinisikan sebagai representasi visual dari suatu proses atau sistem yang disusun secara berurutan menggunakan simbol-simbol standar, seperti persegi panjang untuk langkah proses dan panah untuk menunjukkan aliran kendali antar langkah. Dalam konteks ilmiah dan komputasi, *flowchart* berfungsi sebagai alat bantu komunikasi yang menyederhanakan konsep kompleks menjadi format grafis yang mudah dipahami (Pan et al., 2024). Berikut *flowchart* sistem ini pada Gambar 3.



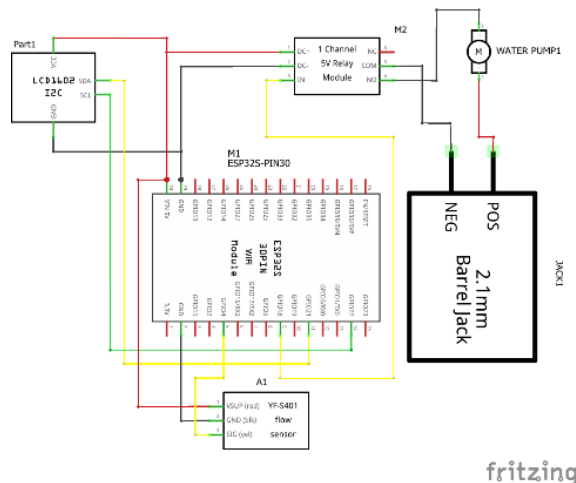
Gambar 3. *Flowchart* Sistem

Rancangan sistem minimum mikro-kontroler disusun untuk memuat konfigurasi dasar dari modul ESP32, yang meliputi rangkaian catu daya, koneksi ke sensor aliran air, serta integrasi dengan modul komunikasi. Perancangan ini bertujuan untuk memastikan bahwa mikrokontroler dapat beroperasi secara optimal dalam membaca, mengolah, dan mengirimkan data secara *real-time*. Modul sistem minimum yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.



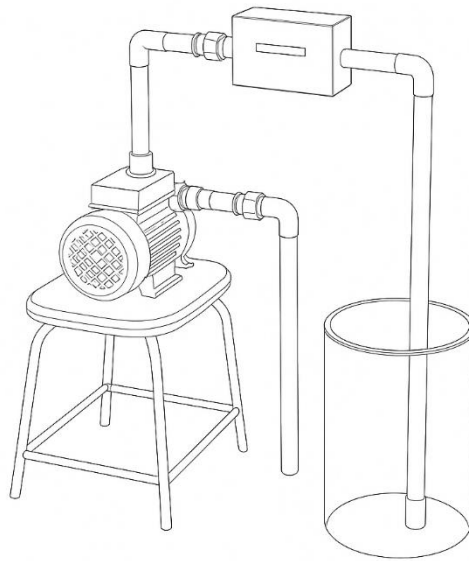
Gambar 4. Modul Sistem

Gambar 5. merupakan skematik sistem yang disusun menggunakan perangkat lunak *Fritzing* untuk menggambarkan koneksi fisik antar komponen.



Gambar 5. Skematik Sistem

Setelah tahap perencanaan dan pengembangan rancangan bersama modul induk diselesaikan, proses selanjutnya difokuskan pada perancangan prototipe. Tahap ini diarahkan untuk memastikan kemudahan dan efektivitas dalam proses instalasi modul induk. Perancangan prototipe tersebut telah didokumentasikan secara visual pada Gambar 6. Gambar tersebut menyajikan representasi terperinci mengenai tahapan konkret yang telah dilakukan selama proses pengembangan sistem.



Gambar 6. Prototipe Sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Implementasi Sistem

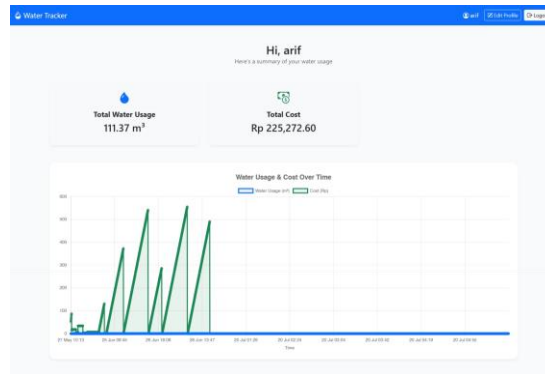
Implementasi sistem dilakukan melalui proses perakitan komponen perangkat keras serta pengembangan perangkat lunak pendukung. Bahasa pemrograman C digunakan pada *platform Arduino IDE* untuk mengendalikan proses pembacaan data dari sensor, pengolahan informasi, serta transmisi data ke *server web*. Antarmuka pengguna dikembangkan berbasis web guna menampilkan informasi debit air secara *real-time*. Gambar implementasi dari hasil perancangan sistem ditampilkan sebagai berikut.



Gambar 7. Sistem Utama dan Prototipe

Antarmuka web sistem ini menampilkan data penggunaan air secara *real-time*, termasuk total volume (m^3) dan estimasi biaya. Grafik visual disediakan untuk memantau tren

penggunaan. Data dikirim langsung dari mikrokontroler ke *server* melalui koneksi nirkabel. Gambar berikut menunjukkan tampilan web dari sistem yang telah diimplementasikan.



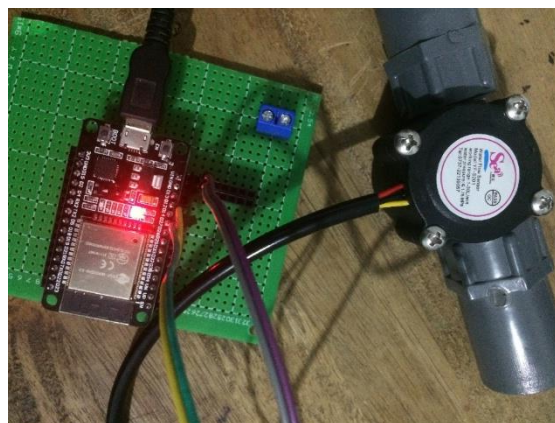
Gambar 8. *Dashboard Web Penggunaan Air*

2. Pengujian Sistem

Sistem diuji dalam kondisi simulasi untuk mengevaluasi fungsionalitas dan keandalannya. Pengujian mencakup aspek akurasi sensor, stabilitas koneksi, dan respons aplikasi web. Hasil pengujian digunakan untuk kalibrasi dan penyempurnaan *system*.

2.1. Pengujian Sensor *Water Flow*

Untuk memperoleh data yang optimal serta memastikan tingkat akurasi dan konsistensi sistem, pengujian terhadap sensor *water flow* telah dilaksanakan sebanyak lima kali percobaan. Dalam proses ini, sensor digunakan sebagai alat ukur yang berperan dalam mendeteksi dan merekam laju aliran air melalui saluran pipa. Melalui pengujian ini, volume air yang digunakan oleh sistem dapat diukur dan dievaluasi secara sistematis. Fungsi utama sensor *water flow* pada tahapan ini adalah sebagai perangkat pengukur yang memantau aliran air secara *real-time*. Dokumentasi hasil pengujian sensor ditampilkan pada gambar 9 berikut.



Gambar 9. *Pengujian Sensor Water Flow*

Dalam proses integrasi sensor aliran air ke dalam sistem, telah dikenali tiga kabel utama dengan warna Merah, Kuning, dan Hitam. Kabel berwarna Merah dipasangkan ke pin VIN pada mikrokontroler ESP32 untuk suplai tegangan, sedangkan kabel berwarna Kuning dikoneksikan ke pin I/O 32 sebagai jalur input pulsa dari sensor. Adapun kabel Hitam difungsikan sebagai ground dan dihubungkan ke pin GND pada ESP32. Seluruh koneksi tersebut disusun berdasarkan prinsip kelistrikan yang telah dirancang dan dihitung sesuai dengan kebutuhan fungsional sensor serta spesifikasi teknis dari mikrokontroler yang digunakan.

Untuk mengubah sinyal pulsa yang diterima dari sensor menjadi nilai debit air dalam satuan volume (m^3), digunakan suatu pendekatan matematis melalui persamaan yang telah ditetapkan. Persamaan ini memungkinkan transformasi data secara presisi dari jumlah pulsa menjadi liter per menit, yang selanjutnya diakumulasi menjadi total volume dalam meter kubik. Adapun perhitungan dilakukan dengan rumus:

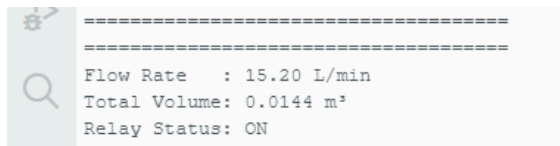
$$flowrate = pulseCount/7.5.....(1)$$

$$totalVolume=(flowRate/60.0)/1000..(2)$$

Keterangan :

- pulseCount*: Jumlah pulsa yang terbaca dari sensor.
- flowRate*: Laju aliran air dalam liter/menit.
- totalVolume*: Akumulasi volume air dalam meter kubik (m^3).

Melalui pendekatan ini, sistem dapat melakukan pemantauan volume air secara akurat dan efisien berdasarkan data digital yang dikonversi dari pulsa elektronik yang dihasilkan oleh sensor.

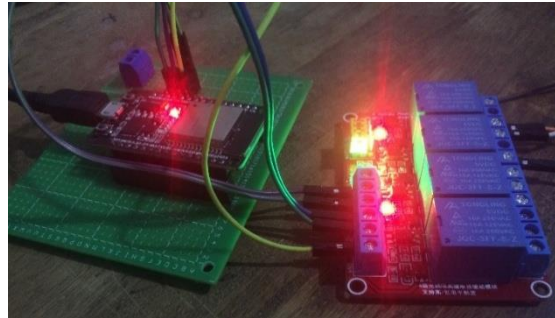


Gambar 10. Tampilan Pengujian Sensor *Waterflow* pada Arduino IDE

2.2. Pengujian modul Relay

Pengujian terhadap modul relay dilakukan untuk mengevaluasi kinerja fungsionalnya sebagai saklar elektronik dalam sistem pengendalian pompa air. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa sinyal logika yang diberikan mampu mengendalikan pompa secara tepat sesuai rancangan. Nilai logika rendah (LOW)

digunakan untuk mengaktifkan pompa air, sedangkan nilai logika tinggi (HIGH) berfungsi untuk mematikannya. Proses pengujian ini dilakukan guna memastikan bahwa mekanisme bekerja secara responsif dan stabil. Dokumentasi pengujian modul relay ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengujian Modul Relay

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11, koneksi antara mikrokontroler ESP32 dan modul relay dilakukan melalui Pin I/O 12, yang terhubung langsung ke input pada modul relay. Hubungan ini berfungsi untuk mengirimkan sinyal kontrol dari mikrokontroler guna mengatur status kerja relay secara elektronik.

Untuk memenuhi kebutuhan daya, pin VIN pada ESP32 dikoneksikan ke terminal V+ pada modul relay, sementara pin GND pada ESP32 dihubungkan ke terminal V-, sehingga terbentuk jalur suplai dan pengembalian arus yang sesuai. Konfigurasi ini menunjukkan bahwa integrasi antara mikrokontroler dan relay telah disusun dengan memperhatikan kesesuaian arsitektur perangkat keras, guna menjamin kestabilan operasional dan fungsionalitas sistem secara menyeluruh.

2.3. Pengujian modul LCD 16x2 I2C

Pengujian terhadap modul LCD dilakukan dengan memanfaatkan pustaka Liquid Crystal I2C pada *platform* Arduino. Pada tahap awal, proses inisialisasi dilakukan dengan menetapkan parameter berupa alamat I2C, jumlah kolom sebanyak 16 karakter, dan dua baris tampilan, yang didefinisikan melalui objek *Liquid Crystal* I2C. Setelah itu, modul LCD diaktifkan dan pencahayaan belakang dihidupkan guna memastikan visibilitas tampilan.

Dalam siklus program yang dijalankan secara berulang, baris pertama digunakan untuk mencetak teks "Used:", sedangkan baris kedua menampilkan pesan "Pump:". Prosedur ini bertujuan untuk memverifikasi fungsionalitas tampilan dalam menampilkan data secara dinamis. Dokumentasi hasil pengujian LCD ditampilkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengujian Modul LCD 16x2

2.4. Pengujian seluruh system

Setelah pengujian terhadap masing-masing komponen utama sistem selesai dilaksanakan, tahap selanjutnya difokuskan pada pengujian kinerja sistem secara menyeluruh guna memastikan stabilitas dan ketepatan operasional sesuai dengan rancangan awal. Pengujian dimulai dengan verifikasi adaptor yang memiliki spesifikasi input 220VAC dan output 12VDC sebagai penyedia catu daya utama. Tegangan 12VDC tersebut kemudian diturunkan menjadi 5VDC melalui konversi *step-down* dan digunakan untuk memasok daya ke berbagai komponen sistem, seperti mikrokontroler, sensor aliran air, modul relay, dan LCD. Distribusi daya 5V dilakukan secara paralel untuk meng-aktifkan seluruh komponen secara ber-samaan.

Pengendalian pompa air dilakukan melalui terminal *Normally Close* (NC) pada modul relay, yang dialiri tegangan 220–240VDC untuk memungkinkan pengaturan status aktif atau nonaktif pompa. Setelah semua perangkat terhubung dan diaktifkan, sensor aliran air mulai membaca data debit secara kontinu. Sinyal analog dari sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 Dev Kit V1 untuk menghitung volume pemakaian air dalam satuan meter kubik (m^3) serta mendeteksi status operasi pompa. Hasil pemrosesan ditampilkan secara real-time melalui modul LCD. Sistem dirancang untuk terus memantau perubahan data dan memperbarui informasi pada layar. Gambar 13 menyajikan visualisasi penggunaan air yang ditampilkan pada LCD selama proses pengujian berlangsung.



Gambar 13. Tampilan Penggunaan Air

2.5. Pengujian seluruh sistem

Pengujian sistem dilaksanakan setelah tahap implementasi perangkat keras dan perangkat lunak selesai. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi akurasi sistem dalam mengukur volume air berdasarkan data yang dibaca oleh sensor *water flow* dan diolah oleh mikrokontroler.

Pengujian dilakukan menggunakan media air dalam kemasan galon air dengan kapasitas rata-rata antara 16 hingga 18 liter per galon. Dua skenario pengujian diterapkan:

- 1) Penggunaan 1 galon sebanyak 10 kali pengukuran.
- 2) Penggunaan 2 galon sebanyak 10 kali pengukuran.

Untuk mendukung konsistensi pengukuran sistem, seluruh data volume yang ditampilkan pada antarmuka LCD telah dikonversi secara otomatis ke dalam satuan meter kubik (m^3). Konversi dilakukan dengan rumus:

$$1 \text{ liter} = 0,001 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(3)$$

Sehingga, volume galon 17 liter dikonversi menjadi $0,017 \text{ m}^3$, dan 2 galon (34 liter) menjadi $0,034 \text{ m}^3$. Dari hasil sepuluh kali pengujian untuk masing-masing skenario, diperoleh nilai rata-rata volume yang diukur sistem, kemudian dibandingkan terhadap volume aktual yang ditargetkan. Penyimpangan (deviasi) dalam hasil pengukuran dianalisis untuk mengetahui sejauh mana kesalahan pembacaan sensor dapat terjadi.

$$\text{Akurasi} = 100\% - ((\text{Volume Aktual} - \text{Volume Terukur}) \div \text{Volume Aktual} \times 100\%) \dots\dots\dots(4).$$

Hasil pengujian terhadap sistem monitoring volume air menggunakan satu galon (± 16 liter) telah disajikan pada Tabel 1. Pada pengujian ini, volume aktual sebesar $0,016$

m³ dibandingkan dengan volume terukur yang dibaca oleh sistem dalam sepuluh kali percobaan. Selisih antara nilai aktual dan terukur dihitung sebagai deviasi, sedangkan tingkat ketelitian pengukuran dinyatakan dalam bentuk persentase akurasi. Tabel tersebut memberikan gambaran mengenai kestabilan performa sistem dalam mengukur debit air secara berulang, serta menunjukkan seberapa konsisten pembacaan sensor dalam konteks volume yang tetap.

Tabel 1. Hasil Pengujian Volume Air 1 Galon

Pengujian	Volume Aktual (m³)	Volume Terukur (m³)	Deviasi (m³)	Akurasi (%)
1	0,016	0,0146	0,0024	91,25%
2	0,016	0,0152	0,0018	95,00%
3	0,016	0,0155	0,0015	96,88%
4	0,016	0,0149	0,0021	93,13%
5	0,016	0,0151	0,0019	94,38%
6	0,016	0,0152	0,0005	95,00%
7	0,016	0,0153	0,0004	95,63%
8	0,016	0,0148	0,0055	92,50%
9	0,016	0,0153	0,0045	95,63%
10	0,016	0,0155	0,0048	96,88%
Rata-rata				94,63%

Berdasarkan Tabel 1 Hasil Pengujian Volume Air satu Galon, pengujian sistem monitoring volume air telah dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan volume aktual sebesar 0,016 m³. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai volume terukur yang dibaca oleh sistem memiliki deviasi yang relatif kecil, yaitu antara 0,0005 m³ hingga 0,0014 m³. Persentase akurasi yang dihasilkan dari tiap percobaan berkisar antara 91,25% hingga 96,88%, dengan rata-rata akurasi sebesar 94,63%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan pengukuran yang cukup presisi dan konsisten terhadap volume aktual.

Hasil pengujian terhadap sistem monitoring volume air menggunakan dua galon (± 32 liter) telah disajikan pada Tabel 2. Pada pengujian ini, volume aktual sebesar 0,032 m³ dibandingkan dengan volume terukur yang dibaca oleh sistem dalam sepuluh kali percobaan. Selisih antara nilai aktual dan terukur dihitung sebagai deviasi, sedangkan tingkat ketelitian pengukuran dinyatakan dalam bentuk persentase akurasi. Tabel tersebut memberikan gambaran mengenai kestabilan performa sistem dalam mengukur debit air

pada volume yang lebih besar, serta menunjukkan tingkat konsistensi pembacaan sensor dalam kondisi distribusi air yang berulang.

Tabel 2. Hasil Pengujian Volume Air 2 Galon

Pengujian	Volume Aktual (m ³)	Volume Terukur (m ³)	Deviasi (m ³)	Akurasi (%)
1	0,032	0,0295	0,0025	92,19%
2	0,032	0,0305	0,0015	95,31%
3	0,032	0,0305	0,0015	95,31%
4	0,032	0,0301	0,0019	94,06%
5	0,032	0,0295	0,0025	92,19%
6	0,032	0,03	0,002	93,75%
7	0,032	0,031	0,001	96,88%
8	0,032	0,03	0,002	93,75%
9	0,032	0,0309	0,0011	96,56%
10	0,032	0,031	0,001	96,88%
Rata-rata				94,69%

Berdasarkan Tabel 2 Hasil Pengujian Volume Air 2 Galon, pengujian sistem monitoring volume air dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan menggunakan volume aktual sebesar 0,032 m³, yang merepresentasikan dua galon air. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sistem mampu membaca volume air dengan tingkat ketelitian yang cukup tinggi, di mana deviasi antara volume terukur dan volume aktual berada dalam rentang 0,001 m³ hingga 0,0025 m³. Akurasi pengukuran tercatat antara 92,19% hingga 96,88%, dengan nilai rata-rata sebesar 94,69%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem bekerja secara stabil dan konsisten dalam kondisi volume air yang lebih besar, serta mampu mempertahankan performa pembacaan sensor dengan tingkat deviasi yang relatif rendah. Akurasi yang diperoleh sejalan dengan hasil pengujian pada volume satu galon, yang memperkuat kesimpulan bahwa sistem dapat diandalkan dalam konteks distribusi air bersih berskala kecil hingga menengah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Sistem Monitoring dan Pengukur Aliran Air Berbasis IoT berhasil di-rancang dan direalisasikan dalam bentuk prototipe menggunakan mikro-kontroler ESP32, sensor *water flow*, dan LCD serta antarmuka web, mekanisme kerja sistem memungkinkan pemantauan debit air secara otomatis dan *real-time* tanpa intervensi manual, serta mampu menampilkan

data volume air dan status pompa dengan baik dan hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang cukup baik. Pada pengujian satu galon ($0,016 \text{ m}^3$), akurasi rata-rata mencapai 94,63%, sedangkan pada pengujian dua galon ($0,032 \text{ m}^3$), akurasi rata-rata mencapai 94,69%. Deviasi pengukuran berada pada kisaran yang rendah, menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan pembacaan yang presisi dan stabil. Dengan demikian, sistem ini dinilai layak untuk diterapkan pada unit distribusi air bersih berskala kecil hingga menengah, seperti di lingkungan UPTD Air Minum Sei Rampah, sebagai solusi efisien berbasis *Internet of Things* (IoT).

DAFTAR PUSTAKA

- Glevitzky, M., Glevitzky, I., Mucea-Ştef, P., Popa, M., Dumitrel, G. A., & Vică, M. L. (2025). Integrated Risk Framework (IRF)—Interconnection of the Ishikawa Diagram with the Enhanced HACCP System in Risk Assessment for the Sustainable Food Industry. *Sustainability (Switzerland)*, 17(2), 1–26.
- Kılıç, Z. (2020). The Importance Of Water And Conscious Use Of Water. *International Journal of Hydrology*, 4(5), 239–241.
- Muamaroh, N., & Christanto, F. W. (2024). Pengukur Penggunaan Air Otomatis Menggunakan Water Flow Sensor YF-S201 dan NodeMCU ESP8266 Berbasis IoT. *JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer)*, 8(1), 88–99.
- Pan, H., Zhang, Q., Caragea, C., Dragut, E., & Latecki, L. J. (2024). FlowLearn: Evaluating Large Vision-Language Models on Flowchart Understanding. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 392, 73–80.
- Raharja, A. R., Setiyono, R., & Hariyanti, I. (2024). Implementasi Aplikasi Surface Roughness Tester atau Alat Ukur Kekasaran Permukaan Jalan Menggunakan C# dan Arduino. *Media Informatika*, 23(1), 1–9.
- Wahyuni, M. I., Kusuma, H. A., & Nugraha, S. (2021). Pengembangan Instrumen Pengukuran Aliran Air Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 7(1), 47–56.
- Wardani, A. M., Pratama, B., Herlianna, C. D., Pratama, D. O., Janah, H. N. M., Tamara, L. A., Soliha, M., & Faizah, U. N. (2021). Konservasi Sumber Daya Air Guna Terjaganya Kualitas Serta Entitas Air Baku. *Proceeding of Integrative Science Education Seminar (PISCES)*, 1(1), 117–126. <https://prosiding.iainponorogo.ac.id/index.php/piscs>
- Wijaya, F. A. (2020). *Analisis Kebutuhan Air Domestik Yang Prioritas Pada Kawasan Permukiman Di Ibu Kota Kecamatan (IKK) Kabupaten Serdang Bedagai* [Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara].