



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 14636-14652

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring dan Prediksi Ketinggian Air pada Tandon Berbasis Nodemcu Menggunakan Metode Fuzzy Logic Perumahan Bukit Tinggi Residence

Rupina¹, Mira²

^{1,2}Prodi Teknologi Informasi, Institut Shanti Bhuana Bengkulu

^{1,2}rupina921@gmail.com

Abstrak

Ketersediaan air merupakan salah satu kebutuhan penting dalam kehidupan sehari-hari sehingga diperlukan sistem monitoring yang mampu memberikan informasi kondisi air secara akurat dan real-time. Permasalahan yang sering terjadi adalah proses pengecekan ketinggian air pada tandon masih dilakukan secara manual sehingga kurang efisien dan berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan serta risiko air meluber akibat keterlambatan mematikan pompa. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan prediksi ketinggian air pada tandon berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler NodeMCU dengan metode Fuzzy Logic Sugeno. Sistem menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air pada tandon dan sensor waterflow untuk membaca debit aliran air masuk. Data dari kedua sensor diproses menggunakan metode Fuzzy Sugeno melalui tahapan fuzzifikasi, pembentukan aturan (rule base), inferensi, dan defuzzifikasi untuk menghasilkan informasi kondisi air serta prediksi pengisian tandon. Sistem mampu memperkirakan waktu yang dibutuhkan hingga tandon penuh berdasarkan sisa kapasitas air dan debit air masuk secara real-time. Selain itu, sistem juga memberikan peringatan dini ketika kondisi air hampir penuh dengan debit air yang tinggi guna mencegah terjadinya air meluber. Hasil monitoring dan prediksi ditampilkan melalui indikator LED dan aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat memantau kondisi tandon secara jarak jauh melalui smartphone. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah sistem mampu meningkatkan efisiensi monitoring air, memberikan prediksi pengisian yang akurat, serta membantu pengguna dalam mencegah terjadinya pemborosan air akibat luapan tandon.

Kata Kunci : Internet of Things (IoT), Fuzzy Sugeno, NodeMCU, Sensor Ultrasonik, Sensor Waterflow, Monitoring Air, Prediksi Pengisian Tandon, Blynk

1. Latar Belakang

Air bersih merupakan kebutuhan mendasar bagi kehidupan manusia, baik untuk konsumsi maupun untuk menunjang berbagai aktivitas sehari-hari. Lingkungan perumahan, penyediaan air bersih umumnya dilakukan melalui sistem distribusi yang memanfaatkan tandon sebagai tempat penampungan sementara sebelum dialirkan ke satu rumah. Keberadaan tandon memiliki peranan penting dalam menjaga kestabilan pasokan air, terutama ketika terjadi gangguan suplai dari sumber utama.

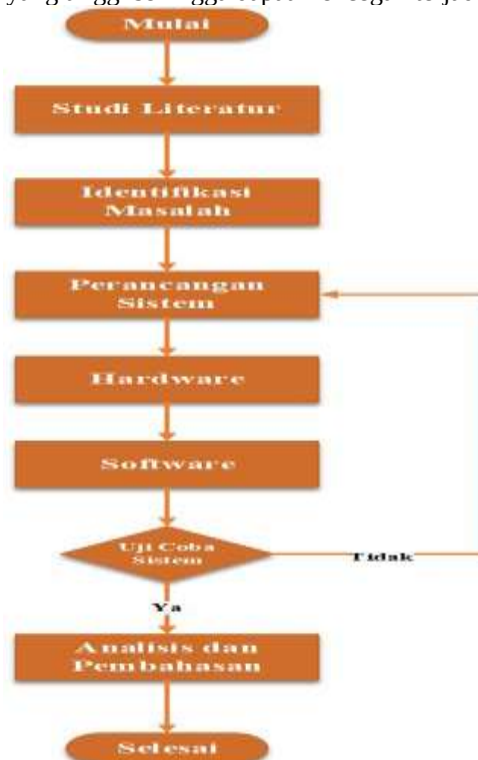
Namun demikian, pengelolaan ketinggian air pada tandon di banyak kawasan perumahan masih dilakukan secara manual, yaitu dengan memeriksa kondisi air secara langsung. Metode tradisional ini memiliki berbagai keterbatasan, seperti memerlukan waktu dan tenaga, kurang efisien, serta tidak mampu memberikan informasi kondisi air secara cepat dan akurat. Akibatnya, sering terjadi keterlambatan dalam mendeteksi tandon yang hampir kosong maupun tandon yang sudah penuh. Kondisi ini dapat menimbulkan gangguan suplai air ke dan bahkan menyebabkan air meluap karena tidak terpantau dengan baik. Jika hal tersebut sering terjadi, maka mengakibatkan pemborosan air yang akan berdampak pada pembengkakan biaya tagihan PDAM (Widodo, Baskoro, and Kholis 2022).

Perumahan Bukit Tinggi Residence merupakan salah satu kawasan hunian yang mengandalkan tandon air untuk distribusi air ke satu rumah. Sebagai salah satu kawasan hunian yang berkembang, maka sangat di butuhkan sistem manajemen air yang lebih modern untuk menjamin kenyamanan penghuni rumah. Dengan jumlah penghuni yang terus meningkat, kebutuhan air bersih juga semakin besar. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem pemantauan ketinggian air yang dapat bekerja otomatis sehingga ketersediaan air bersih tetap terjaga dan memberikan manfaat nyata dalam menjaga ketersediaan pasokan air mengurangi potensi pemborosan, serta meningkatkan efisiensi kerja pengelola perumahan.

Dengan perkembangan teknologi di era digitalisasi ini dimana perkembangannya yang sangat pesat sehingga banyak dikenali berbagai kalangan. Sistem monitoring level ketinggian air adalah sebuah sistem yang dibuat untuk memantau ketinggian air pada volume tertentu. Sistem tersebut akan memberikan informasi mengenai volume air dalam tandon berdasarkan kedalaman air (Widodo, Baskoro, and Kholis 2022). Banyak teknologi IOT guna melakukan pengukuran yang dikembangkan untuk monitoring setiap permasalahan-permasalahan atau kasus-kasus yang ada pada saat ini. Alat teknologi yang digunakan yaitu alat teknologi gelombang bunyi atau sensor yang dapat menghitung jarak fisik dari benda atau media yang akan diukurnya (Saputra 2023).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang dalam pengembangan sistem monitoring yang dapat diakses secara real-time melalui jaringan internet. Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang menghubungkan berbagai perangkat elektronik, sensor, dan perangkat lunak agar dapat saling bertukar data melalui internet. Dalam sistem monitoring, sensor berfungsi untuk membaca kondisi fisik tertentu kemudian data tersebut diproses dan dikirimkan ke pengguna dalam bentuk informasi yang mudah dipahami (Darmanto and Asrul 2025).

Oleh karena itu penelitian ini menggunakan sensor ultrasonic, sensor water flow (YF-S201) dan Node MCU sebagai alat mikrokontroler. NodeMCU merupakan suatu rangkaian elektronik yang mempunyai komponen utama sebuah chip mikrokontroler berjenis *Atmega328P* (AVR). NodeMCU salah satu perangkat yang sering digunakan dalam pengembangan sistem berbasis IoT modul ESP8266 yang memiliki kemampuan komunikasi Wi-Fi sehingga dapat terhubung langsung dengan jaringan internet. Dengan menggunakan NodeMCU, data yang diperoleh dari sensor dapat dikirimkan ke aplikasi monitoring sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi sistem secara real-time (Prasetyawan 2022). Sensor ultrasonic berfungsi sebagai alat untuk mendeteksi ketinggian air yang akan diukur, sedangkan sensor water flow digunakan untuk mendeteksi debit air masuk pada pipa pengisian tandon. Hasil pengukuran kedua sensor ini kemudian diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan melalui media monitoring seperti LCD maupun aplikasi Blynk (Adillah Surya Kusuma 2025). Selain monitoring, penelitian ini juga menerapkan metode Fuzzy Logic Sugeno untuk membantu proses pengambilan keputusan berdasarkan kondisi ketinggian air dan debit aliran air. Metode Fuzzy Logic Sugeno dipilih karena mampu mengolah data yang bersifat tidak pasti dan menghasilkan keputusan yang lebih fleksibel dibandingkan metode konvensional. Dengan metode ini, sistem dapat mengklasifikasikan kondisi air ke dalam kategori kosong, setengah, dan penuh berdasarkan derajat keanggotaan tertentu. Selain itu, sistem juga dapat memberikan prediksi waktu pengisian tandon hingga penuh serta memberikan peringatan dini apabila kondisi air hampir penuh dengan debit air yang tinggi sehingga dapat mencegah terjadinya luapan air.



Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan prediksi ketinggian air pada tandon berbasis NodeMCU menggunakan metode Fuzzy Logic Sugeno. Sistem yang dirancang diharapkan mampu memberikan informasi kondisi air secara real-time,

memprediksi proses pengisian air dengan lebih akurat, serta membantu pengguna dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan air pada tandon.

2. Metode Penelitian

Rancangan penelitian ini dimulai dengan studi literatur dari penelitian terdahulu yang didapatkan dari berbagai referensi seperti jurnal, skripsi, ebook dan lain sebagainya yang bisa digunakan sebagai sumber referensi. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, karena data yang diolah berupa nilai numerik hasil pengukuran ketinggian air dari sensor ultrasonik yang kemudian dianalisis menggunakan metode logika fuzzy untuk menghasilkan keputusan berupa kondisi air. Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian ini menekankan pada pengukuran, perhitungan, serta analisis data secara sistematis dan objektif.

Jenis penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) atau penelitian pengembangan, yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu serta menguji keefektifan produk tersebut. Menurut Sugiyono metode Research and Development digunakan untuk menghasilkan produk dan menguji keefektifan produk tersebut agar dapat digunakan secara optimal. Dalam penelitian ini, produk yang dikembangkan berupa sistem monitoring ketinggian air pada tandon berbasis NodeMCU dengan penerapan metode logika fuzzy.

Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu studi literatur, perancangan sistem (hardware dan software), implementasi sistem, pengujian sistem, serta analisis hasil untuk mengetahui tingkat akurasi dan kinerja sistem dalam mengklasifikasikan kondisi ketinggian air secara real-time. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan suatu sistem, tetapi juga melakukan pengujian terhadap performa sistem yang telah dirancang. Kemudian langkah selanjutnya mendesain hardware dan software lalu sistem akan diuji coba. Bila sistem tidak berjalan sesuai dengan tujuan maka akan dilakukan pemeriksaan lagi menuju rancangan hardware, ini dilakukan dengan tujuan agar sistem berjalan sesuai dengan tujuan penelitian.

Apabila uji coba pada sistem telah berhasil sesuai tujuan maka proses selanjutnya adalah pembahasan dan analisis, perhatikan berikut dapat di tunjukan pada gambar 2. 1 merupakan proses rancangan penelitian

a. Populasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini antara populasi dan sampel akan saling berhubungan dengan subjek penelitian yang dilakukan. Dalam penelitian ini, populasi dan sampel tidak berupa manusia, melainkan berupa data pengukuran ketinggian air.

1) Populasi Penelitian

Populasi merupakan keseluruhan objek atau data yang menjadi sumber penelitian. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh data ketinggian air pada tandon yang diperoleh dari sensor ultrasonik yang terhubung dengan NodeMCU selama sistem monitoring berjalan. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh kemungkinan data ketinggian air yang terdapat pada tandon dalam berbagai kondisi, mulai dari kondisi air kosong hingga kondisi penuh. Populasi ini mencakup seluruh nilai ketinggian air yang dapat diukur oleh sensor ultrasonik dalam rentang tertentu sesuai dengan tinggi maksimum tandon yang digunakan. Data ini kemudian dikirim dan ditampilkan pada aplikasi monitoring serta digunakan sebagai data historis untuk proses analisis dan prediksi menggunakan metode logika fuzzy. Dengan demikian, seluruh data ketinggian air yang dihasilkan oleh sistem selama periode pengamatan dapat dianggap sebagai populasi dalam penelitian ini.

Sebagai contoh, apabila tinggi tandon adalah 200 cm, maka populasi data ketinggian air berada pada rentang:

- 0 cm (kondisi kosong)
- hingga 200 cm (kondisi penuh)

Dengan demikian, seluruh variasi nilai ketinggian air dalam rentang tersebut dianggap sebagai populasi penelitian. Populasi ini bersifat kontinu karena nilai ketinggian air dapat berubah secara bertahap dan tidak terbatas pada nilai tertentu saja. Populasi ini sangat penting karena menjadi dasar dalam pembentukan himpunan fuzzy serta dalam menentukan batasan kategori kondisi air seperti kosong, setengah, dan penuh.

2) Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini merupakan sebagian data dari populasi yang diambil untuk keperluan pengujian sistem. Sampel dipilih berdasarkan variasi nilai ketinggian air yang mewakili masing-masing kategori kondisi air. Pengambilan sampel dilakukan secara purposive sampling, yaitu pemilihan sampel berdasarkan tujuan tertentu, dalam hal ini untuk menguji akurasi sistem pada kondisi-kondisi tertentu.

Pembagian pada sampel penelitian dari sensor ultrasonik

- 10 – 60 cm → kategori penuh
- 40 – 120 cm → kategori setengah
- 100 – 200 cm → kategori kosong

Pembagian pada sampel penelitian dari sensor water flow

- 20 – 30 L/M → kategori cepat

- 10 – 20 L/M → kategori sedang
- 0 – 12 L/M → kategori lama

Data sampel tersebut kemudian digunakan untuk:

1. Menguji pembacaan sensor ultrasonic dan sensor water flow
2. Menguji proses klasifikasi menggunakan Logika Fuzzy
3. Membandingkan hasil sistem dengan kondisi sebenarnya

Dengan menggunakan sampel yang mewakili setiap kategori, diharapkan sistem yang dirancang dapat diuji secara menyeluruh dan menghasilkan tingkat akurasi yang baik. Populasi dan sampel dalam penelitian ini memiliki hubungan yang erat, di mana sampel merupakan representasi dari populasi yang digunakan untuk menguji sistem. Pemilihan sampel yang tepat akan sangat mempengaruhi hasil pengujian dan tingkat akurasi sistem yang dihasilkan.

b. Metode Pengumpulan data

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah dalam memperoleh data yang digunakan untuk penelitian yang meliputi metode, sumber, lokasi, dan rentang waktu yang digunakan selama pengumpulan data dilakukan, yaitu sebagai berikut:

- a. Proses Pengumpulan Data Pada proses pengumpulan data dilakukan beberapa metode :

- 1) Wawancara

Wawancara dilakukan dengan pihak terkait untuk memperoleh informasi mendalam mengenai proses kerja, alur sistem, serta permasalahan yang dihadapi.

- 3) Observasi

Observasi adalah pengumpulan data yang diambil dari lapangan secara langsung dan pengumpulan data ke lokasi tempat penelitian. Observasi juga merupakan mencatat secara sistematis dari semua objek yang akan diteliti.

- 4) Dokumentasi

Merupakan cara yang digunakan untuk menjadi bahan bukti bahwa permasalahan yang ada benar-benar terjadi. Dokumentasi ini dalam bentuk gambar dan video sebagai bahan acuan penelitian.

- b. Sumber Data

Sumber data yang diperoleh melalui ketua RW setempat, warga setempat dan orang yang memiliki perumahan Bukit Tinggi Residence.

- c. Lokasi pengambilan data

Untuk lokasi pengambilan data dilakukan di perumahan Bukit Tinggi Residence.

- d. Rentang waktu pengambilan data

Rentang waktu pengambilan data adalah jangka waktu atau periode yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam suatu penelitian. Rentang waktu ini menunjukkan kapan data mulai dikumpulkan dan kapan proses pengumpulan data berakhir. Dalam penelitian, rentang waktu pengambilan data penting untuk menjelaskan durasi pengamatan atau eksperimen yang dilakukan oleh peneliti.

b. Alat Khusus Dalam Penelitian

Selama proses pengumpulan data alat khusus yang digunakan untuk mendukung dokumentasi dan memastikan data yang diperoleh benar-benar bersumber dari data asli dan akurat. Alat-alat tersebut meliputi:

1. Smartphone

Digunakan untuk pengambilan gambar atau foto kondisi lapangan, proses kerja, dokumentasi data, serta alat atau fasilitas yang menjadi objek penelitian. Foto ini terdapat dalam bagian lampiran.

2. Laptop

Berfungsi untuk menyimpan hasil wawancara, menyimpan dokumen, mengolah data, dan menyusun laporan penelitian.

3. Buku dan Pulpen

Untuk mencatat informasi yang diperoleh selama dilakukannya.

4. Sensor Ultrasonik sebagai alat utama untuk mengukur ketinggian air dalam tandon.

5. Sensor Water Flow digunakan untuk mendeteksi debit air masuk ke dalam tandon. Data debit air yang diperoleh kemudian diproses oleh NodeMCU dan digunakan dalam metode Fuzzy Logic Sugeno untuk melakukan monitoring serta prediksi waktu pengisian tandon hingga penuh.

3. Hasil dan Pembahasan

1 Analisis Sistem

Analisis sistem dilakukan untuk mengetahui kebutuhan dan cara kerja sistem yang akan dikembangkan. Sistem yang dirancang merupakan sistem monitoring dan prediksi ketinggian air pada tandon berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama. Sistem ini memanfaatkan sensor

ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air pada tandon dan sensor water flow YF-S201 untuk mengukur debit air yang masuk ke dalam tandon. Data ketinggian air yang diperoleh dari sensor ultrasonik digunakan sebagai parameter utama dalam menentukan kondisi air pada tandon. Sedangkan data debit air yang diperoleh dari sensor water flow digunakan untuk melakukan prediksi waktu pengisian tandon hingga mencapai kondisi penuh. Kedua data tersebut kemudian diproses menggunakan metode Fuzzy Logic Sugeno untuk menghasilkan informasi kondisi air yang lebih fleksibel dan mudah dipahami pengguna.

Hasil pengolahan sistem ditampilkan melalui LCD sebagai media informasi lokal dan indikator LED sebagai penanda kondisi air. LED merah menunjukkan kondisi air kosong, LED kuning menunjukkan kondisi air setengah, dan LED hijau menunjukkan kondisi air penuh. Selain itu, sistem juga dapat dikembangkan untuk mengirimkan data ke aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat memantau kondisi tandon secara real-time melalui smartphone. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat mengetahui kondisi air pada tandon secara langsung serta memperoleh informasi prediksi waktu pengisian berdasarkan debit air yang masuk sehingga proses pemantauan menjadi lebih efektif dan efisien.

2 Analisis Permasalahan

Ketersediaan air bersih merupakan kebutuhan penting dalam kehidupan sehari-hari. Pada Perumahan Bukit Tinggi Residence, pemantauan ketinggian air pada tandon masih dilakukan secara manual dengan cara memeriksa kondisi air secara langsung. Metode tersebut dinilai kurang efektif karena membutuhkan waktu dan tenaga serta tidak dapat memberikan informasi kondisi air secara real-time. Selain itu, pengguna sering mengalami kesulitan dalam mengetahui kapan tandon akan penuh atau kapan persediaan air mulai berkurang. Kondisi tersebut dapat menyebabkan keterlambatan pengisian air maupun terjadinya luapan air akibat pengisian yang tidak terpantau dengan baik. Permasalahan lain yang muncul adalah pengguna tidak mengetahui debit air yang masuk ke dalam tandon sehingga sulit memperkirakan waktu yang dibutuhkan hingga tandon terisi penuh. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem yang mampu melakukan monitoring ketinggian air secara otomatis, memberikan informasi kondisi air secara real-time, serta mampu memprediksi waktu pengisian tandon berdasarkan debit air yang masuk.

3 Analisis Kebutuhan Sistem

a. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional merupakan kebutuhan yang berkaitan dengan fungsi utama yang harus dimiliki oleh sistem agar dapat bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem yang dirancang harus mampu melakukan monitoring ketinggian air pada tandon secara otomatis menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Selain itu, sistem juga harus mampu mengukur debit air yang masuk ke dalam tandon menggunakan sensor water flow YF-S201. Data yang diperoleh dari kedua sensor tersebut kemudian diproses oleh NodeMCU ESP8266 menggunakan metode Fuzzy Logic Sugeno untuk menentukan kondisi air pada tandon yang diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu kosong, setengah, dan penuh. Hasil pengolahan data ditampilkan melalui LCD sebagai media informasi lokal serta indikator LED yang berfungsi memberikan informasi visual mengenai kondisi air. Sistem juga dirancang untuk melakukan prediksi waktu pengisian tandon berdasarkan nilai debit air yang masuk sehingga pengguna dapat mengetahui estimasi waktu yang diperlukan hingga tandon terisi penuh. Selain itu, sistem dapat dikembangkan untuk mengirimkan data hasil monitoring ke aplikasi Blynk melalui jaringan internet sehingga kondisi tandon dapat dipantau secara real-time.

b. Kebutuhan Non Fungsional

Kebutuhan non-fungsional merupakan kebutuhan yang berkaitan dengan karakteristik dan kualitas sistem yang dibangun. Sistem ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama karena memiliki kemampuan pemrosesan data dan konektivitas WiFi yang mendukung penerapan Internet of Things (IoT). Sistem dirancang agar dapat bekerja secara otomatis dan real-time dalam membaca data sensor serta menampilkan hasil monitoring kepada pengguna. Selain itu, sistem harus mudah dioperasikan dan dipahami sehingga dapat digunakan tanpa memerlukan keahlian khusus. Dari sisi perangkat keras, sistem menggunakan komponen yang mudah diperoleh di pasaran dengan biaya yang relatif terjangkau sehingga mendukung aspek efisiensi dan kemudahan implementasi. Sistem juga diharapkan memiliki tingkat keandalan yang baik dalam melakukan monitoring ketinggian air dan pengukuran debit air sehingga informasi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan oleh pengguna.

3.4 Studi Kelayakan

a. Kelayakan teknis

Sistem yang dirancang layak untuk diterapkan karena menggunakan komponen yang mudah diperoleh dan banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT. Sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mengukur ketinggian air, sedangkan sensor water flow YF-S201 mampu mengukur debit air masuk. NodeMCU ESP8266 memiliki fasilitas Wi-Fi yang mendukung pengiriman data secara real-time ke aplikasi Blynk.

b. Kelayakan Operasional

Sistem mudah dioperasikan karena proses monitoring dilakukan secara otomatis tanpa memerlukan pengecekan manual. Informasi kondisi air ditampilkan melalui LCD, LED indikator, dan aplikasi Blynk sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan.

c. kelayakan Ekonomi

Biaya yang dibutuhkan untuk membangun sistem relatif terjangkau karena menggunakan komponen yang tersedia di pasaran dengan harga yang cukup ekonomis. Selain itu, sistem dapat membantu mengurangi risiko pemborosan air akibat luapan tandon sehingga memberikan manfaat dari sisi efisiensi penggunaan air.

3.5 Teknik dan Langkah-langkah Analisis

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kuantitatif menggunakan metode Logika fuzzy untuk memprediksi ketinggian air pada tandon. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode logika fuzzy sugeno untuk mengolah data dan memprediksi ketinggian air yang diperoleh dari sensor ultrasonic dan sensor water flow. Data yang dianalisis berupa nilai jarak antara sensor dengan permukaan air yang diukur dari bagian atas tandon dan menghitung berapa lama lagi tandon akan penuh yang dimana data tersebut didapatkan dari sensor water flow. Penggunaan metode logika fuzzy sugeno bertujuan untuk mengklasifikasikan kondisi ketinggian air menjadi tiga kategori, yaitu kosong, setengah, dan penuh, berdasarkan nilai jarak yang diperoleh dari sensor ultrasonik dengan permukaan air dan memprediksi menggunakan sensor water flow berapa lama tandon akan penuh.

3.6 Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis berbasis logika fuzzy dengan pendekatan sebagai berikut:

1. Mengolah data hasil pembacaan sensor ultrasonic dan sensor water flow
2. Mengklasifikasikan data berdasarkan himpunan fuzzy
3. Menentukan kondisi air menggunakan rule base
4. Menghasilkan output berupa kategori kondisi air

Metode ini dipilih karena mampu menangani ketidakpastian data sensor serta menghasilkan keputusan yang lebih fleksibel. Dalam konteks internet of things (IoT), teknik analisis berkonsentrasi pada pengelolaan dan interpretasi data yang dikumpulkan dari berbagai sensor dan perangkat yang terhubung, tujuan analisis ini adalah untuk menemukan pola, trend, dan informasi penting yang dapat digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Analisis Fuzzy adalah teknik matematika dan statistik yang digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dan ambiguitas dalam data dan pengambilan keputusan, teknik ini didasari pada teori himpunan Fuzzy, yang memungkinkan untuk mengatasi situasi dimana data tidak jelas atau dapat diartikan dengan berbagai cara. Sistem Fuzzy inference ini adalah teknik pengambilan keputusan yang didasarkan pada data yang tidak pasti atau ambigu, ini mencakup aturan logika Fuzzy yang menggunakan himpunan Fuzzy untuk menghubungkan Input ke Output, ini dapat digunakan untuk mengendalikan berbagai perangkat-perangkat atau sistem dalam berbagai aplikasi internet of things (IoT).

4.7 Langkah -Langkah Analisis Data

Langkah-langkah analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1) Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor water flow YF-S201 yang terpasang pada sistem monitoring tandon air. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air secara real-time. Data yang diperoleh berupa nilai jarak dalam satuan sentimeter (cm). Semakin besar nilai jarak yang terbaca, maka kondisi air pada tandon semakin rendah. Sebaliknya, semakin kecil nilai jarak yang terbaca, maka kondisi air pada tandon semakin tinggi atau mendekati penuh.

Nilai jarak yang diperoleh dari sensor ultrasonik kemudian dikonversi menjadi tinggi air berdasarkan tinggi total tandon sebesar 200 cm. Data tinggi air tersebut digunakan sebagai variabel input pertama pada proses fuzzyfikasi. Selain sensor ultrasonik, sistem juga menggunakan sensor water flow YF-S201 untuk mengukur debit air yang masuk ke dalam tandon. Sensor water flow menghasilkan data debit air dalam satuan liter per menit (L/menit). Data debit air digunakan sebagai variabel input kedua pada metode Fuzzy Logic Sugeno untuk menentukan prediksi waktu yang dibutuhkan hingga tandon mencapai kondisi penuh.

Selanjutnya, data ketinggian air dan debit air diproses menggunakan metode Fuzzy Logic Sugeno yang terdiri dari tahap fuzzyfikasi, pembentukan aturan (rule base), inferensi, dan defuzzyfikasi. Hasil proses berupa prediksi waktu pengisian tandon hingga penuh dalam satuan menit. Seluruh data hasil pembacaan sensor dan hasil prediksi kemudian diproses oleh NodeMCU ESP8266 serta ditampilkan secara real-time melalui LCD dan aplikasi Blynk. Informasi yang ditampilkan meliputi nilai ketinggian air, debit air, kondisi tandon, dan prediksi waktu pengisian hingga penuh.

b. Fuzzyfikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai input (crisp) menjadi nilai fuzzy berdasarkan fungsi keanggotaan. Tahap ini merupakan langkah awal dalam metode Fuzzy Logic Sugeno untuk menentukan derajat keanggotaan dari setiap variabel input yang digunakan pada sistem. Penelitian ini menggunakan dua variabel input yaitu, ketinggian air dan debit air. Variabel ketinggian air diperoleh dari hasil pembacaan sensor ultrasonik yang dipasang pada bagian atas tandon. Data jarak yang diperoleh sensor kemudian dikonversi menjadi tinggi air berdasarkan tinggi total tandon sebesar 200 cm. Sedangkan variabel debit air diperoleh dari sensor water flow YF-S201 yang digunakan untuk mengukur debit air masuk ke dalam tandon.

Variabel ketinggian air dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy yaitu:

- kosong,
- setengah,
- penuh.

Adapun variabel debit air dibagi menjadi:

- cepat,
- sedang,
- lambat.

Setiap himpunan fuzzy memiliki daerah overlap atau irisan agar perpindahan kondisi berlangsung secara bertahap sehingga menghasilkan keputusan yang lebih fleksibel. Pada metode Fuzzy Sugeno, variabel output menggunakan nilai singleton berupa nilai crisp. Output sistem pada penelitian ini berupa prediksi kondisi waktu penuh yang dinyatakan dalam satuan menit, yaitu:

cepat = 67 menit,

sedang = 133 menit,

lambat = 167 menit.

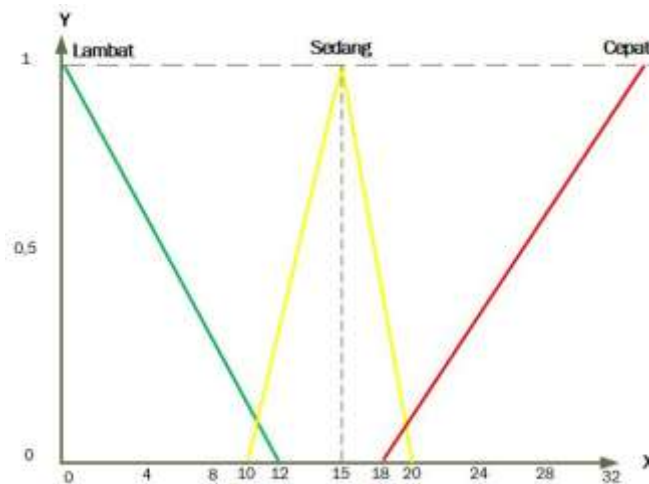
Konsep pemetaan variabel fuzzy dan fungsi keanggotaan disesuaikan dengan tinggi tandon pada penelitian ini sebesar 200 cm dengan kapasitas volum air sebesar 2000L serta mengacu pada penelitian terdahulu mengenai sistem monitoring ketinggian air menggunakan metode logika fuzzy Sugeno.

Konsep pemetaan variabel fuzzy dan penentuan fungsi keanggotaan mengacu dari penelitian terdahulu dan disesuaikan dengan tinggi tandon dari penelitian ini sebesar 200 cm. Penelitian mengenai sistem monitoring dan pengendalian ketinggian air menggunakan metode logika fuzzy telah banyak dilakukan. Seperti penelitian terdahulu yang menggunakan metode logika fuzzy dalam analisis dan implementasi pemantauan sistem pengendalian banjir berbasis IOT menggunakan logika fuzzy sugeno ketinggian air, seperti yang dilakukan oleh (Pahlevi, Clinton, and Ashari 2023).

Selanjutnya oleh (Nasir and Jalil 2025) yang menggunakan metode fuzzy untuk menganalisis ketinggian air dalam sistem irigasi berbasis IoT. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode logika fuzzy sugeno sangat efektif digunakan dalam sistem monitoring dan pengendalian ketinggian air karena mampu menangani

ketidakpastian data dan memberikan hasil yang lebih adaptif. Oleh karena itu, penelitian ini mengadopsi metode logika fuzzy sugeno untuk menentukan prediksi kondisi waktu penuh pada tandon yang diklasifikasikan menjadi 6 kategori, yaitu kosong, setengah, dan penuh pada variabel input kondisi air dan cepat, sedang, lambat pada variabel input debit air. Berikut tabel pemetaan variabel input dan outputnya perhatikan tabel:

Tabel 4. 1 Pemetaan Variabel Input dan Output



Variabel Fuzzy	Himpunan Fuzzy	Range	Parameter Range
Kondisi Air (Input)	Penuh	$0 \text{ Cm} \leq X \leq 200 \text{ Cm}$	{ 10 – 60 }
	Setengah		{ 40 – 120 }
	Kosong		{ 100 - 200 }
Debit Air (Input)	Cepat	$0 \leq X \leq 30 \text{ L/menit}$	{ 18 – 30 L/M }
	Sedang		{ 10 – 20 L/M }
	Lambat		{ 0 – 12 L/M }
Prediksi Waktu Penuh (Output)	Cepat	$0 \leq Z \leq 60 \text{ menit}$	{ 67 }
	Sedang		{ 133 }
	Lambat		{ 167 }

a. Fuzzyfikasi Variabel Input Kondisi Air

Berdasarkan Gambar 4.1, fungsi keanggotaan yang ditunjukkan digunakan untuk menghitung derajat keanggotaan nilai input ketinggian air terhadap masing-masing himpunan fuzzy, yaitu Penuh, Setengah, dan Kosong. Nilai input diperoleh dari hasil pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 yang mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air dalam satuan sentimeter (cm). Nilai jarak tersebut kemudian dipetakan ke dalam fungsi keanggotaan yang telah ditentukan untuk memperoleh nilai derajat keanggotaan pada setiap himpunan fuzzy. Proses ini disebut fuzzifikasi, yaitu tahap awal dalam metode Fuzzy Logic yang bertujuan mengubah nilai tegas (*crisp value*) menjadi nilai fuzzy dalam rentang 0 sampai 1. Pada penelitian ini, himpunan fuzzy Penuh menggunakan fungsi keanggotaan linear turun, himpunan Setengah menggunakan fungsi keanggotaan segitiga, dan himpunan Kosong menggunakan fungsi keanggotaan linear naik. Nilai derajat keanggotaan yang diperoleh selanjutnya digunakan pada proses inferensi Fuzzy Logic Sugeno untuk menentukan prediksi waktu pengisian tandon hingga penuh. Berikut merupakan persamaan fungsi derajat keanggotaan pada variabel ketinggian air.

1. Rumus menentukan fungsi derajat keanggotaan penuh

1; Jika $x \leq 10$

$$\mu_{\text{Penuh}}(x) = \frac{60 - x}{60 - 10} \quad ; \text{ Jika } 0 < x < 60$$

2. Rumus menentukan fungsi derajat keanggotaan setengah

0; Jika $x \leq 40$ atau $x \geq 120$

$$\mu_{\text{Setengah}}(x) = \frac{x - 40}{80 - 40} \quad ; \text{ Jika } 40 < x \leq 80$$

$$120 \frac{-x}{120-80}; \text{Jika } 80 < x < 120$$

3. Rumus menentukan fungsi derajat keanggotaan kosong

0; Jika $x \leq 100$

$$\mu_{\text{Kosong}}(x) = \frac{x-100}{200-100} \quad ; \text{Jika } 100 < x < 2001 \quad ; \text{Jika } x \geq 200$$

c. Fuzzyfikasi Variabel Input Debit Air

Berdasarkan Gambar grafik 4.2, fungsi keanggotaan yang ditunjukkan merupakan proses yang digunakan dalam penelitian ini untuk menghitung derajat keanggotaan nilai input debit air terhadap masing-masing himpunan fuzzy, yaitu lambat, sedang, dan cepat. Nilai input berupa debit air yang diperoleh dari sensor water flow YF-S201 akan dipetakan ke dalam fungsi keanggotaan menggunakan persamaan matematis yang telah ditentukan. Proses ini dikenal sebagai fuzzifikasi, yaitu tahap awal dalam logika fuzzy yang bertujuan untuk mengubah nilai tegas (*crisp value*) menjadi nilai derajat keanggotaan pada rentang 0 sampai 1. Perhitungan derajat keanggotaan dilakukan menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk linear turun untuk kategori lambat, segitiga untuk kategori sedang, dan linear naik untuk kategori cepat. Nilai derajat keanggotaan yang diperoleh selanjutnya digunakan dalam proses inferensi Fuzzy Logic Sugeno untuk menentukan prediksi waktu pengisian tandon hingga penuh. Berikut persamaan fungsi derajat keanggotaan pada variabel debit air.

1. Rumus menentukan fungsi derajat keanggotaan lambat

1; Jika $x \leq 0$

$$\mu_{\text{Lambat}}(x) = \frac{12-x}{12-0} \quad ; \text{Jika } 0 < x < 120 \quad \text{Jika } x \geq 12$$

2. Rumus menentukan fungsi derajat keanggotaan sedang

0 ; Jika atau $x \leq 10$ atau $x \geq 20$

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) = \frac{x-10}{15-10} \quad ; \text{Jika } 10 < x \leq 15$$

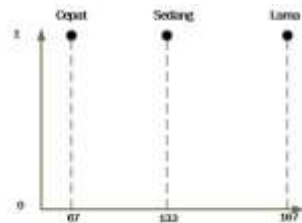
$$20 \frac{-x}{20-15}; \text{Jika } 15 < x < 20$$

3. Rumus menentukan fungsi derajat keanggotaan cepat

0; Jika $x \leq 18$

$$\mu_{\text{Cepat}}(x) = \frac{x-18}{30-18} \quad ; \text{Jika } 18 < x < 301 ; \text{Jika } x \geq 30$$

5. Penentuan Variabel Output Fuzzy Sugeno



Gambar 4. 1 Grafik Singleton

Pada metode Fuzzy Sugeno Orde-0, variabel output direpresentasikan dalam bentuk nilai konstan (*singleton*). Pada penelitian ini, output yang digunakan adalah prediksi waktu pengisian tandon hingga mencapai kondisi penuh. Nilai singleton ditentukan berdasarkan hasil perhitungan waktu pengisian tandon berkapasitas 2000liter pada masing-masing kategori debit air, yaitu cepat, sedang, dan lambat. Nilai-nilai tersebut digunakan sebagai konsekuensi pada setiap aturan (*rule base*) dalam metode Fuzzy Sugeno. Gambar 4.3 menunjukkan grafik

singleton yang digunakan sebagai representasi nilai output untuk memprediksi waktu pengisian tandon hingga penuh.

Selanjutnya, nilai derajat keanggotaan yang diperoleh digunakan dalam proses inferensi berdasarkan aturan (*rule base*) yang telah ditentukan. Hasil dari proses inferensi kemudian diolah pada tahap defuzzifikasi menggunakan metode Fuzzy Sugeno untuk memperoleh nilai output akhir berupa prediksi waktu yang dibutuhkan hingga tandon mencapai kondisi penuh. Nilai output yang dihasilkan dinyatakan dalam satuan menit dan diperoleh berdasarkan kombinasi nilai ketinggian air dan debit air yang terukur oleh sensor. Metode yang digunakan dalam perhitungan fungsi keanggotaan dan proses defuzzifikasi mengacu pada konsep dasar logika fuzzy yang diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh, kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Timothy J. Ross dalam penerapannya pada sistem kontrol. Fungsi keanggotaan digunakan untuk merepresentasikan tingkat keanggotaan suatu variabel pada himpunan fuzzy dengan nilai antara 0 sampai 1 (Nasir and Jalil 2025).

a. Pembentukan Rule Base

Pembentukan *rule base* merupakan tahapan kedua dalam metode logika fuzzy setelah proses fuzzifikasi. Pada tahap ini ditentukan berdasarkan aturan (*rules*) yang digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan berdasarkan nilai derajat keanggotaan yang telah diperoleh sebelumnya. *Rule base* berfungsi untuk menghubungkan nilai input fuzzy dengan output yang dihasilkan melalui proses inferensi. Menurut Lotfi A. Zadeh, sistem fuzzy menggunakan aturan berbentuk pernyataan linguistik *IF-THEN* untuk merepresentasikan pengetahuan manusia dalam bentuk komputasi. Selanjutnya, Timothy J. Ross menjelaskan bahwa *rule base* merupakan inti dari sistem fuzzy karena menentukan bagaimana input diproses menjadi output melalui mekanisme inferensi (Nasir & Jalil, 2025). Dalam penelitian ini, *rule base* disusun berdasarkan hubungan antara variabel ketinggian air yang diperoleh dari sensor ultrasonik HC-SR04 dan variabel debit air yang diperoleh dari sensor water flow YF-S201. Kombinasi kedua variabel tersebut digunakan untuk menentukan prediksi waktu pengisian tandon hingga mencapai kondisi penuh. Aturan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4. 2 Rules Base

Rule	Aturan Fuzzy
R1	IF Ketinggian Air = Penuh AND Debit Air = Lambat THEN Waktu = Cepat
R2	IF Ketinggian Air = Penuh AND Debit Air = Sedang THEN Waktu = Cepat
R3	IF Ketinggian Air = Penuh AND Debit Air = Cepat THEN Waktu = Cepat
R4	IF Ketinggian Air = Setengah AND Debit Air = Lambat THEN Waktu = Lama
R5	IF Ketinggian Air = Setengah AND Debit Air = Sedang THEN Waktu = Sedang
R6	IF Ketinggian Air = Setengah AND Debit Air = Cepat THEN Waktu = Cepat
R7	IF Ketinggian Air = Kosong AND Debit Air = Lambat THEN Waktu = Lama
R8	IF Ketinggian Air = Kosong AND Debit Air = Sedang THEN Waktu = Lama
R9	IF Ketinggian Air = Kosong AND Debit Air = Cepat THEN Waktu = Sedang

d. Proses Inferensi rules

Inferensi fuzzy merupakan proses pengambilan keputusan berdasarkan aturan (*rule base*) yang telah ditentukan. Pada tahap ini, sistem mengevaluasi nilai derajat keanggotaan yang diperoleh dari proses fuzzifikasi untuk menentukan aturan yang aktif. Inferensi dilakukan dengan menerapkan aturan *IF-THEN* yang menghubungkan variabel ketinggian air dan debit air dengan output berupa prediksi waktu pengisian tandon hingga penuh. Setiap aturan menghasilkan nilai firing strength (α -predikat) yang diperoleh menggunakan operator AND (minimum) dari derajat keanggotaan variabel input. Nilai firing strength yang dihasilkan dari seluruh aturan kemudian digunakan pada proses defuzzifikasi untuk memperoleh nilai prediksi waktu pengisian tandon hingga penuh.

Berikut persamaan dalam menentukan inferensi rules:

$$\alpha_i = \min (\mu_{KetinggianAir}, \mu_{DebitAir})$$

Keterangan :

α_i : nilai firing strength aturan ke-i

$\mu_{\text{KetinggianAir}}$: derajat keanggotaan ketinggian air

μ_{DebitAir} : derajat keanggotaan debit air

Berikut contoh dalam menentukan proses inferensi rules:

Misalnya hasil fuzzifikasi:

Data input yang diperoleh adalah

- Ketinggian Air = **95 cm**
- Debit Air = **20 L/menit**

Hasil Fuzzifikasi

- $\mu_{\text{Penuh}}(95) = 0$
- $\mu_{\text{Setengah}}(95) = \frac{120-95}{120-80} = \frac{25}{40} = 0,625$

- $\mu_{\text{Kosong}}(95) = 0$

Untuk debit 20 L/menit:

- $\mu_{\text{Lambat}}(20) = 0$
- $\mu_{\text{Sedang}}(20) = 0$
- $\mu_{\text{Cepat}}(20) = \frac{30-18}{30-18} = \frac{2}{2} = 1$

$$= 0,167$$

Maka aturan yang aktif:

R6: IF Setengah AND Cepat THEN Cepat

Nilai α -predikat:

$$\alpha_6 = \min(0,625; 0,167)$$

$$\alpha_6 = 0,167$$

e. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan tahap akhir dalam metode Fuzzy Logic yang bertujuan untuk mengubah hasil inferensi fuzzy menjadi nilai tegas (*crisp value*). Pada tahap ini, nilai firing strength (α -predikat) yang diperoleh dari proses inferensi akan dikombinasikan dengan nilai singleton pada setiap aturan yang aktif untuk menghasilkan nilai output akhir. Dalam penelitian ini, metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode Fuzzy Sugeno dengan teknik *Weighted Average* (rata-rata terbobot). Metode ini menghitung nilai output berdasarkan kontribusi masing-masing aturan fuzzy terhadap hasil akhir. Hasil defuzzifikasi yang diperoleh berupa prediksi waktu pengisian tandon hingga mencapai kondisi penuh dalam satuan menit (Widodo, Baskoro, and Kholis 2022).

Berikut persamaan dalam proses defuzzifikasi:

$$Z = \frac{\sum(\alpha_i z_i)}{\sum \alpha_i}$$

Keterangan:

Z = hasil prediksi waktu pengisian tandon hingga penuh (menit)

α_i = nilai firing strength aturan ke-i

z_i = nilai singleton aturan ke-i

Contohnya :

$$Z = \frac{0,167 \times 67}{0,167}$$

$$Z = 67 \text{ menit}$$

Jadi hasil dari

f. Analisis Hasil

Hasil dari proses logika fuzzy pada penelitian ini berupa prediksi waktu pengisian tandon hingga mencapai kondisi penuh. Proses diawali dengan pembacaan data ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan data debit air menggunakan sensor water flow YF-S201. Data yang diperoleh dari kedua sensor tersebut digunakan sebagai variabel input pada sistem fuzzy. Nilai input selanjutnya diproses melalui tahap

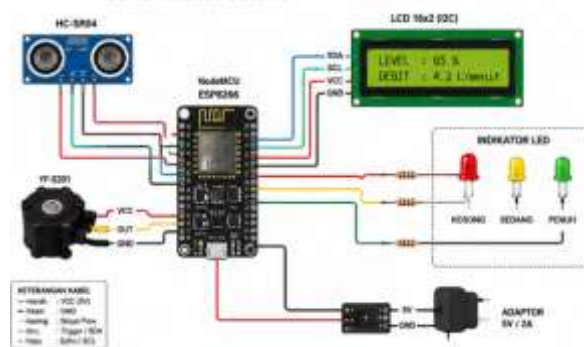
fuzzifikasi untuk mengubah nilai tegas (crisp) menjadi derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan fuzzy. Variabel ketinggian air terdiri dari himpunan Penuh, Setengah, dan Kosong, sedangkan variabel debit air terdiri dari himpunan Lambat, Sedang, dan Cepat. Setelah diperoleh nilai derajat keanggotaan, proses dilanjutkan ke tahap inferensi menggunakan aturan (rule base) yang telah ditentukan. Setiap aturan menghasilkan nilai firing strength (α -predikat) yang kemudian digunakan pada proses defuzzifikasi.

Proses defuzzifikasi dilakukan menggunakan metode Fuzzy Sugeno dengan teknik Weighted Average untuk menghasilkan nilai output berupa prediksi waktu pengisian tandon hingga penuh dalam satuan menit. Nilai output tersebut merupakan hasil akhir yang digunakan sebagai informasi bagi pengguna untuk mengetahui estimasi waktu yang dibutuhkan hingga tandon mencapai kapasitas maksimum.

Selanjutnya, hasil yang diperoleh dari sistem dianalisis untuk mengetahui tingkat kinerja dan keakuratan prediksi yang dihasilkan. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi waktu pengisian yang diperoleh dari sistem fuzzy dengan waktu pengisian aktual yang terjadi pada tandon. Perbandingan tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara hasil prediksi sistem dan kondisi sebenarnya di lapangan. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap kinerja sistem secara keseluruhan yang meliputi kemampuan sistem dalam merespons perubahan ketinggian air dan debit air, kestabilan hasil prediksi yang dihasilkan, serta kemampuan sistem dalam menampilkan informasi secara real-time melalui LCD dan aplikasi Blynk. Dengan demikian, dapat diketahui sejauh mana sistem yang dirancang mampu bekerja secara optimal dalam melakukan monitoring dan prediksi waktu pengisian tandon air berbasis Internet of Things (IoT).

1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pemantauan ketinggian air pada tandon di Perumahan Bukit Tinggi Residence berbasis NodeMCU yang bertujuan untuk membangun suatu sistem yang mampu memantau ketinggian air secara otomatis, akurat, dan real-time. Sistem ini dirancang untuk membantu pengelola maupun penghuni perumahan dalam mengetahui kondisi volume air di dalam tandon sehingga dapat mencegah terjadinya kekosongan air maupun luapan air yang berlebihan. Secara umum, sistem terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor ultrasonic untuk mengukur jarak antara sensor dan permukaan air pada tandon, sensor water flow untuk mengukur debit air yang masuk ke dalam tandon, mikrokontroler NodeMCU sebagai pusat pengolah data, serta perangkat output sebagai media informasi. Sensor ultrasonik HC-SR04 berfungsi untuk mengukur jarak antara sensor dan permukaan air pada tandon. Sensor bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik kemudian menerima pantulan gelombang dari permukaan air. Sensor water flow YF-S201 digunakan untuk mengukur debit air yang masuk ke dalam tandon. Sensor bekerja menggunakan rotor dan hall effect sensor yang menghasilkan pulsa sesuai dengan kecepatan aliran air. NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai pusat pengendali sistem. NodeMCU menerima data dari sensor ultrasonik dan sensor water flow. Data tersebut kemudian diproses menggunakan metode Fuzzy Logic Sugeno untuk menentukan kondisi air, menghitung debit air dan memprediksi waktu pengisian tandon. Selain itu, NodeMCU juga mengirimkan data ke aplikasi Blynk melalui jaringan internet. Perhatikan gambar di bawah ini rancangan sistem yang akan di bangun dalam penelitian ini.



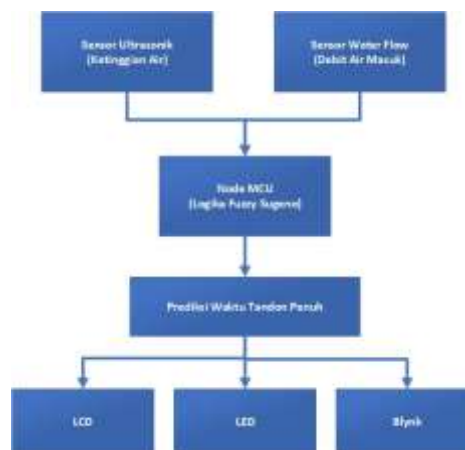
Gambar 4. 2 Rancangan Sistem

NodeMCU diprogram untuk mengolah data sensor, membandingkan hasil pembacaan dengan batas minimum dan maksimum yang telah ditentukan, serta mengendalikan perangkat output. Informasi ketinggian air dapat ditampilkan melalui LCD, LED indikator, atau sistem monitoring lainnya. Dalam rancangan ini, alur kerja sistem dimulai dari sensor yang membaca ketinggian air, kemudian NodeMCU memproses data tersebut, dan selanjutnya hasil pemantauan ditampilkan melalui LCD atau aplikasi Blynk kepada pengguna. Dengan adanya sistem ini, proses pemantauan tandon yang sebelumnya dilakukan secara manual dapat digantikan oleh sistem

otomatis yang lebih efisien, guna mengurangi kesalahan yang sering terjadi dalam proses penggunaan air dalam tandon hal ini akan meningkatkan pengelolaan distribusi air di lingkungan perumahan

2. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem menunjukkan alur kerja sistem monitoring dan prediksi waktu pengisian tandon air. Sistem terdiri dari dua sensor sebagai masukan (input), yaitu sensor ultrasonik dan sensor water flow. Data dari kedua sensor tersebut diproses oleh NodeMCU menggunakan metode Logika Fuzzy Sugeno untuk menghasilkan prediksi waktu yang dibutuhkan hingga tandon penuh. Berikut merupakan diagram blok system yang digunakan untuk menggambarkan hubungan dan cara kerja antar komponen pada system yang di rancang perhatikan gambar 4.2 dibawah ini.

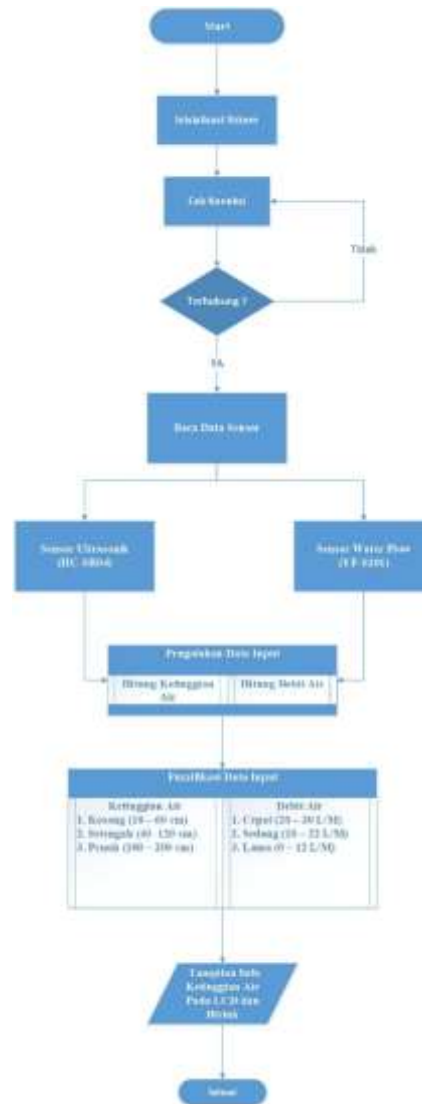


Gambar 4. 3 Diagram Blok Sistem

Sensor ultrasonik berfungsi untuk mengukur jarak antara sensor dan permukaan air di dalam tandon. Data jarak tersebut kemudian dikonversi menjadi nilai ketinggian air sehingga dapat diketahui kondisi air yang masih tersedia di dalam tandon. Sensor water flow berfungsi untuk mengukur debit aliran air yang masuk ke dalam tandon. Data debit air digunakan untuk mengetahui kecepatan pengisian tandon sehingga dapat membantu sistem dalam memprediksi waktu yang dibutuhkan hingga tandon penuh. NodeMCU bertindak sebagai pusat pengolahan data. Data ketinggian air dari sensor ultrasonik dan data debit air dari sensor water flow diproses menggunakan metode Fuzzy Sugeno. Proses ini meliputi fuzzifikasi, penerapan aturan (rule base), dan defuzzifikasi untuk menghasilkan nilai keluaran berupa prediksi waktu pengisian tandon. Hasil pengolahan metode Fuzzy Sugeno berupa estimasi waktu yang diperlukan hingga tandon mencapai kondisi penuh. Prediksi ini diperoleh berdasarkan kondisi ketinggian air saat ini dan laju aliran air yang masuk ke dalam tandon. Hasil prediksi kemudian ditampilkan melalui LCD, LED, dan aplikasi Blynk.

3. Flowchart Sistem

Flowchart pada sistem dimulai dengan proses inisialisasi perangkat keras seperti NodeMCU, sensor ultrasonik, LCD, dan LED. Selanjutnya, sensor membaca nilai jarak permukaan air. Data tersebut kemudian diproses melalui tahap fuzzifikasi untuk menentukan derajat keanggotaan. Setelah itu dilakukan proses inferensi berdasarkan aturan IF-THEN yang telah ditentukan. Hasil inferensi kemudian diproses pada tahap defuzzifikasi untuk memperoleh keputusan akhir berupa kondisi air. Hasil tersebut ditampilkan pada LCD dan ditunjukkan melalui indikator LED. Proses ini dilakukan secara berulang (loop) untuk pemantauan secara real-time. Perhatikan gambar 3.3 dibawah ini



Gambar 4. 4 Flowchart Sistem

4. Use Case Sistem

Diagram use case tersebut menggambarkan interaksi antara pengguna dengan Sistem IoT Prediksi Ketinggian Air Tandon. Proses diawali ketika pengguna melakukan persiapan sistem untuk memastikan seluruh perangkat seperti NodeMCU, sensor ultrasonik, sensor water flow, LCD, LED, dan koneksi Blynk dapat berfungsi dengan baik. Setelah sistem aktif, pengguna dapat melakukan monitoring data sensor untuk mengetahui kondisi ketinggian air dalam tandon dan debit air yang masuk secara real-time. Data yang diperoleh dari sensor kemudian diolah oleh sistem menggunakan metode Fuzzy Sugeno sehingga menghasilkan informasi mengenai kondisi pengisian tandon dan prediksi waktu yang dibutuhkan hingga tandon penuh.

Selain melakukan monitoring, pengguna juga dapat mengelola data sensor yang diterima oleh sistem. Pengelolaan data ini meliputi proses pembacaan, pengiriman, dan pengolahan data yang digunakan sebagai dasar dalam menghasilkan prediksi. Hasil pengolahan tersebut selanjutnya ditampilkan pada LCD sebagai media informasi lokal sehingga pengguna dapat melihat nilai ketinggian air dan hasil prediksi secara langsung di lokasi tandon. Selain itu, sistem juga menampilkan output melalui LED dan aplikasi Blynk sebagai media monitoring tambahan. LED berfungsi sebagai indikator visual kondisi tandon, sedangkan Blynk memungkinkan pengguna memantau kondisi tandon secara jarak jauh melalui smartphone. Dengan demikian, seluruh fungsi pada diagram tersebut saling terhubung untuk membantu pengguna memperoleh informasi mengenai kondisi dan prediksi pengisian air pada tandon secara efektif dan real-time. Perhatikan gambar 4.4 dibawah ini.

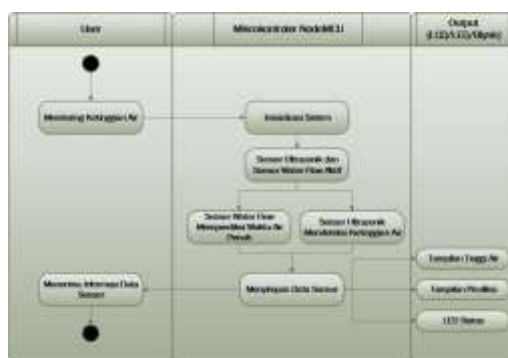


Gambar 4. 5 Use Case Sistem

5. Activity Diagram

Activity diagram pada gambar tersebut menggambarkan alur kerja sistem monitoring dan prediksi ketinggian air tandon berbasis IoT yang dimulai ketika pengguna melakukan aktivitas monitoring ketinggian air. Setelah proses dimulai, NodeMCU melakukan inisialisasi sistem untuk memastikan seluruh komponen dapat bekerja dengan baik. Pada tahap ini sensor ultrasonik dan sensor water flow diaktifkan sehingga keduanya siap melakukan pembacaan data sesuai fungsinya masing-masing. Setelah sensor aktif, sensor ultrasonik melakukan pengukuran ketinggian air di dalam tandon, sedangkan sensor water flow mengukur debit aliran air yang masuk dan digunakan untuk memprediksi waktu yang dibutuhkan hingga tandon penuh. Data yang diperoleh dari kedua sensor tersebut kemudian dikirim ke NodeMCU untuk diproses dan disimpan sebagai data sensor. Proses penyimpanan ini bertujuan agar data hasil pengukuran dapat digunakan sebagai dasar dalam menghasilkan informasi yang akan ditampilkan kepada pengguna.

Selanjutnya, data yang telah diproses oleh NodeMCU diteruskan ke bagian output. Informasi yang dihasilkan berupa tampilan tinggi air, tampilan hasil prediksi waktu pengisian tandon, dan indikator status LED. Tampilan tinggi air memberikan informasi mengenai kondisi air saat ini di dalam tandon, sedangkan tampilan prediksi menunjukkan perkiraan waktu yang diperlukan hingga tandon mencapai kondisi penuh berdasarkan data ketinggian air dan debit air yang masuk. LED berfungsi sebagai indikator visual untuk menunjukkan kondisi tandon sesuai dengan hasil pengolahan data yang dilakukan oleh sistem. Setelah seluruh informasi ditampilkan pada media output, pengguna menerima informasi data sensor yang telah diproses oleh sistem. Dengan adanya informasi tersebut, pengguna dapat mengetahui kondisi ketinggian air serta perkiraan waktu pengisian tandon secara real-time. Proses kemudian berakhir ketika seluruh data berhasil diterima oleh pengguna, yang ditandai dengan simbol akhir pada activity diagram. Secara keseluruhan, diagram ini menunjukkan hubungan antara pengguna, NodeMCU sebagai pengolah data, serta media output berupa LCD, LED, dan Blynk dalam menyediakan informasi monitoring dan prediksi ketinggian air tandon secara otomatis. Perhatikan gambar 4.5 dibawah ini untuk tampilan activity diagram.



Gambar 4. 6 Activity Diagram

1) Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem terdiri atas perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang digunakan dalam perancangan sistem monitoring dan prediksi ketinggian air tandon. Perangkat keras utama yang digunakan adalah NodeMCU ESP8266, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor water flow YF-S201, LCD 16x2 I2C, LED

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.11083>

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

indikator, serta smartphone sebagai media monitoring. Adapun perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler, aplikasi Blynk IoT sebagai platform monitoring, serta beberapa library pendukung untuk komunikasi dan pembacaan sensor. Spesifikasi tersebut digunakan untuk mendukung proses monitoring ketinggian air dan prediksi waktu tandon penuh menggunakan metode Fuzzy Sugeno. Berikut spesifikasi sistem yang diperlukan dalam penelitian ini:

2) Spesifikasi Hardware

Spesifikasi hardware merupakan perangkat keras yang digunakan untuk membangun sistem monitoring dan prediksi ketinggian air pada tandon. Perangkat keras ini berfungsi sebagai media input, pemrosesan data, dan output informasi yang dihasilkan oleh sistem. Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel dibawah ini.

3) Spesifikasi Software

Spesifikasi software merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung proses perancangan, pemrograman, pengujian, dan monitoring sistem. Software ini berperan dalam pembuatan program, komunikasi data, serta visualisasi hasil monitoring yang dihasilkan oleh sistem. Perhatikan tabel dibawah ini.

No	Software	Versi	Fungsi
1	Arduino IDE	2.x	Menulis dan mengunggah program ke NodeMCU
2	Blynk IoT	Versi Terbaru	Monitoring data ketinggian air dan prediksi secara real-time
3	Windows 10/11	64 Bit	Sistem operasi yang digunakan dalam pengembangan sistem
4	Library ESP8266	Versi Terbaru	Mendukung komunikasi WiFi pada NodeMCU
5	Library Blynk	Versi Terbaru	Menghubungkan NodeMCU dengan aplikasi Blynk
6	Library NewPing	Versi Terbaru	Membaca data sensor ultrasonik
7	Microsoft Visio	Versi Terbaru	Membuat diagram sistem dan UML

4. Kesimpulan

Hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring dan prediksi ketinggian air pada tandon berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode Fuzzy Logic Sugeno, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut: Sistem monitoring dan prediksi ketinggian air pada tandon berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor water flow YF-S201, LCD I2C, lampu LED, dan aplikasi Blynk sebagai media monitoring berbasis IoT. Sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mengukur ketinggian air pada tandon secara real-time, sedangkan sensor water flow YF-S201 mampu mengukur debit air masuk ke dalam tandon sebagai parameter pendukung dalam proses prediksi waktu pengisian. Metode Fuzzy Logic Sugeno berhasil diterapkan untuk mengolah data ketinggian air dan debit air sehingga dapat menghasilkan prediksi waktu pengisian tandon hingga mencapai kondisi penuh berdasarkan kondisi aktual yang terukur oleh sensor. Sistem mampu menampilkan informasi ketinggian air, debit air, dan hasil prediksi waktu pengisian tandon secara real-time melalui LCD I2C dan aplikasi Blynk sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan. Integrasi teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan pengguna memantau kondisi tandon dari jarak jauh melalui perangkat smartphone yang terhubung ke internet. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sistem dapat bekerja sesuai dengan tujuan penelitian dalam melakukan monitoring dan prediksi waktu pengisian tandon secara otomatis dan real-time.

Referensi

1. Adillah Surya Kusuma, Yuliarman Saragih. 2025. "Perancangan Sistem Monitoring Ketinggian Air Pada Tangki Soft Water Menggunakan Sensor Ultrasonik Hc-Sr 04 Di Pt Tirta Investama Plant Citeureup." 11: 9–16.
2. Anam, Muhamad Khoerul, Irmayatul Hikmah, And Sevia Indah Purnama. 2024. "Prototipe Sistem Pemantau Dan Pengendali Volume Air Pada Tangki Berbasis Internet Of." 25(1): 20–31.

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.11083>

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

3. Aprianti, Nurhalisa, And I Made Budi Sukmadana. 2025. "Sistem Monitoring Ketinggian Permukaan Air Dan Pengaturan Otomatis Pintu Air Berbasis Internet Of Things." 6(4): 2264–76. Doi:10.47065/Bits.V6i4.6924.
4. Darmanto, Heri, And Hafid Asrul. 2025. "Monitoring Ketinggian Air Tandon Berbasis Iot Dengan Esp32 Melalui Website." 4(2).
5. Darso, Darso, Muhammad Habib Al Hudry, Firman Fathoni, Yuntafa Ulkhaq, Pras Tio Rifki Wijaya, And Muhammad Arkan H. 2023. "Perancangan Sistem Pendeteksi Dan Monitoring Ketinggian Air Berbasis Iot Menggunakan Nodemcu Esp8266." *Storage: Jurnal Ilmiah Teknik Dan Ilmu Komputer* 2(3): 87–93. Doi:10.55123/Storage.V2i3.2307.
6. Dimas Dewanto Putra, Rahmat Hidayat. 2023. "Sistem Pengisian Toren Otomatis Dengan Sensor Ultrasonik." 9(13): 186–94.
7. Dinnul, Haq Fachri Nurmay Rohmah, And Irianto Kurniawan Dwi. 2024. "Indoor Air Quality System: A Design Of Monitoring Co And Co2 Substances For Elderly Home Using Iot." 13(5): 7230–43.
8. Dwiyanto, Muhammad Iqbal, Ari Eko Wardoyo, And Dewi Lusiana Pater. 2025. "Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Iot Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno Design And Development Of A Flood Disaster Early Warning System Based On Iot Using The Fuzzy Sugeno Method." 10(1): 62–72.
9. Hakim, Dimas Maulana. 2024. "Penerapan Logika Fuzzy Sugeno Dalam Memprediksi Besar Komisi Penghasilan Pada Toko Karunia Ijo Di Malang." 3(1): 90–105.
10. Irawan, Feri, Program Studi, Teknik Informatika, And Rumah Sakit. 2022. "Perancangan Sistem Alat Sterilisasi Pintu Keluar Ruang Isolasi Berbasis Arduino Di Rs Hastien." 1: 132–43.
11. Lerang, Maria Alfriana, Gunadi Tjahjono, And Fransiskus F G Ray. 2022. "Perancangan Sistem Kendali Dan Pemantauan Ketinggian Air Pada Tandon Berbasis Mikrokontroler." 6(2): 35–43.
12. Madani, Muhammad Rizki, And Rakhmat Kurniawan. 2026. "Prototipe Sistem Cerdas Dalam Pengairan Rumah Tangga Berbasis Iot Menggunakan Metode Logika Fuzzy Sugeno." 7(2021): 1158–70. Doi:10.30865/Json.V7i3.9661.
13. Mahardhika, Prasomya, Zamah Sari, And Denar Regata Akbi. 2025. "Rancang Bangun Prototipe Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai Berbasis Mikrokontroler Esp32 Dan Telegram Sebagai Upaya Deteksi Banjir Secara Dini." 7(4): 537–48.
14. Mahardi, Raka Dian, Muhammad Atiq, And Sendy Maulana R. 2024. "Sistem Kontrol Level Air Pada Tandon Air Berbasis Microcontroller Dengan Penahan Riak Gelombang." 2(2).
15. Mahardika, Putra Rifqi, Fuji April Lani, And Rini Suwartika. 2022. "Perancangan Sistem Control Tandon Air Menggunakan Sensor Hc-Sr04 Berbasis Internet Of Things." 07: 1–9.
16. Maulidan, Firdan Rizki, And Irfan Ardiansah. 2026. "Monitoring Ketinggian Dan Volume Air Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Nodemcu Esp8266." 14(1).
17. Muamaroh, Nurul, And Wahyu Christanto. 2024. "Pengukur Penggunaan Air Otomatis Menggunakan Waterflow Sensor Yf-S201 Dan Nodemcu Esp8266 Berbasis Iot Iot Based Automatic Water Usage Measurement System Using Yf-S201 Waterflow Sensor And Nodemcu Esp8266." (1): 88–99. Doi:10.26798/Jiko.V8i1.1104.
18. Mulyanto, Yudi, Fachrurrozy A S Madilao, Eri Sasmita Susanto, And Siska Atmawan Oktavia. 2025. "Ultrasonic Hc Sr04 And Optical Turbidity Sensor Based On The Internet Of." (492): 135–41.
19. Nadib, Yasrif Prasetyo, And Muhammad Fahmi. 2024. "Rancang Bangun Sistem Alat Monitoring Ketinggian Air Dalam Tangki Berbasis Internet Of Things Menggunakan Aplikasi Blynk Android Design And Build A System For Monitoring Water Levels In Tanks Based On The Internet Of Things Using The Blynk Android Application." 28(2): 1–6. Doi:10.46984/Sebatik.V28i2.0000.
20. Nasir, Hamida, And Abdul Jalil. 2025. "Optimization Of Rice Field Irrigation Based On Fuzzy Logic And The Internet Of Things Through Water Level Analysis." 9(6): 3726–33.
21. Pahlevi, Alvijar Akbar, Martin Clinton, And Ilham Firman Ashari. 2023. "Analysis And Implementation Of Monitoring Flood System Based On Iot Using Sugeno Fuzzy Logic." 12(148). Doi:10.34010/Komputika.V12i1.7089.
22. Pohan, Fadlyani, Mukti Qamal, Said Fadlan Anshari, Informatics Engineering, Study Program, And Lhokseumawe City. 2024. "Implementation Of Fuzzy Logic Sugeno On A Website-Based For Flood Monitoring And Early Detection System." : 159–71.
23. Prasetiawan, Eka. 2022. "Rancang Bangun Sistem Radar Pintar Pengontrol Pengisian Air Berbasis Mikrokontroler Design Of Microcontroller-Based Water Filling Controller For Smart Radar System." 3: 104–15. Doi:10.37373/Infotech.V3i2.389.
24. Putra, Aditiya Rasendra, Abdullah Azza, Al Abbas, Ahmad Bagus Prakoso, And Rudi Susanto. 2024. "Alat Pendeteksi Ketinggian Pada Tandon Air." : 133–37.
25. Rasyid, Alfiqhri, And Tony Sugiarto. 2023. "Rancang Bangun Alat Sensor Ketinggian Air Dan Monitoring Kejernihan Air Pada Tandon Dengan Nodemcu Esp 8266." 9(2).
26. Saputra, Firman. 2023. "Prototipe Sistem Monitoring Ketinggian Air Menggunakan Telegram." *Journal Ictee* 4(2): 1. Doi:10.33365/Jictee.V4i2.3161.
27. Setyobudi, Ranu, Abdul Munib, Ilmi Rizki Imaduddin, And Amalia Herlina. 2022. "Perancangan Alat Pengendalian Ketinggian Air Pada Tangki Dengan Menggunakan Kontroler Fuzzy." 4(1): 51–56.
28. Widodo, Arief, Farid Baskoro, And Nur Kholis. 2022. "Sistem Monitoring Level Ketinggian Air Pada Tandon Rumah Tangga Berbasis Iot (Internet Of Things)."