

Implementasi Internet of Things dengan Smart Faucet pada Sistem Irigasi Subak Bali

Ida Bagus Rahadi Putra^{a1}, Ngurah Agus Sanjaya ER^{a2}

Program Studi Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Udayana
Jalan Raya Kampus UNUD, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia
¹idabagurahadiputra@gmail.com
²agus_sanjaya@unud.ac.id

Abstract

This research proposes the implementation of the internet of things with smart faucets in Bali's Subak irrigation system by using algorithms used to implement the internet of things. Sensors including temperature sensors, soil moisture sensors, rainfall sensors, and water level sensors, are installed to monitor real-time environmental and crop conditions. The data collected from these sensors is used in algorithms that are used to optimize water usage according to crop needs and environmental conditions. The results of this study show that there is a reduction in water wastage and an increase in water use efficiency with more accurate control. The optimized irrigation system ensures a water supply that matches the needs of the plants, improves plant growth, and reduces the risk of disease. Users can monitor and control the irrigation system remotely through the website, providing accurate information about the condition of the plants and their water needs. It is an innovative solution to improve crop yields, plant health, and water use efficiency in Bali's Subak irrigation systems.

Keywords: Irrigation, Subak, Bali, Smart Faucet, Internet of Things (IoT)

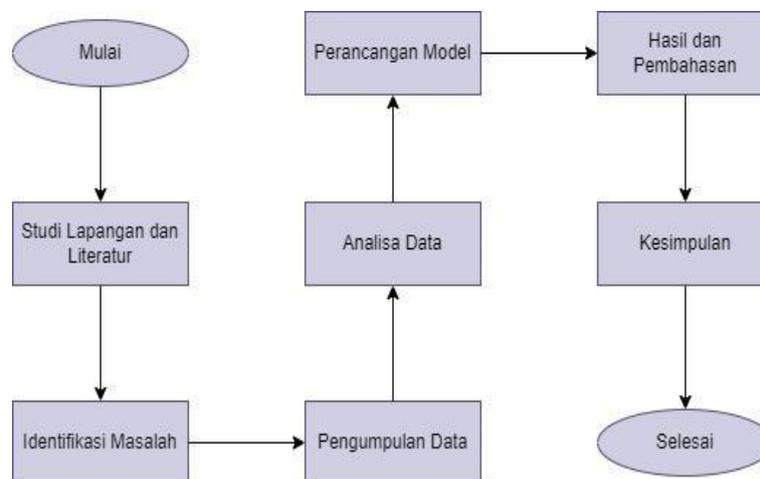
1. Pendahuluan

Subak merupakan sistem irigasi tradisional yang unik dan terkenal di Bali, Indonesia. Sistem ini telah menjadi inti dari keberlanjutan pertanian padi di pulau tersebut selama berabad – abad. Sistem Subak ini menerapkan prinsip bahwa sawah – sawah dikelola secara kolektif oleh masyarakat setempat, yang dikenal sebagai petani Subak. Petani Subak ini bekerja sama untuk mengatur aliran air dari mata air gunung melalui jaringan saluran irigasi yang rumit. Fokus utama Subak adalah menjaga keunikan dan khasnya dalam pendistribusian air irigasi kepada anggotanya secara adil, efektif, dan konflik-minimal, dengan menerapkan dua jenis sistem pembagian air, yaitu sistem tektek dan bumbung [1]. Subak tidak hanya berperan sebagai penyedia air untuk tanaman padi, tetapi juga sebagai representasi budaya, kearifan lokal, dan hubungan harmonis antara manusia dan alam. Sistem ini juga memainkan peran penting dalam pelestarian lingkungan dan keberlanjutan ekosistem pertanian di Bali. Berdasarkan hal tersebut, Subak bukan hanya sebuah sistem irigasi, tetapi juga sebuah warisan budaya yang patut dijaga dan dipelihara. Permasalahan kompleks yang dihadapi oleh sistem irigasi Subak saat ini mencakup peningkatan jumlah sawah yang beralih fungsi menjadi wilayah terbangun, serta meningkatnya permintaan akan sumber air bersih. Ironisnya, selama satu dekade terakhir, terjadi penurunan yang cukup berarti dalam luas lahan subak karena banyak lahan sawah yang telah beralih fungsi menjadi penggunaan non-pertanian, dengan tingkat pengurangan mencapai 1000 hektar setiap tahun [2]. Perubahan atau transformasi ini dapat memberikan manfaat ekonomi dengan percepatan pembangunan dan peningkatan kualitas ekonomi, namun juga mengancam keberlangsungan sistem irigasi Subak. Faktor internal seperti keterbatasan kemampuan petani dalam mengatur penggunaan air secara optimal ditambah dengan praktek pengelolaan tradisional Subak, semakin memperumit situasi tersebut. Teknologi informasi dan komunikasi, khususnya Internet of Things (IoT), telah menjadi bagian integral dalam perkembangan pertanian modern. Penerapan teknologi ini memudahkan pengelolaan lahan pertanian dan merupakan aspek penting dalam pengembangan sektor pangan saat ini. Teknologi

IoT memungkinkan penghubungan antara berbagai perangkat melalui koneksi internet guna menjalankan aktivitas pertanian [3]. Fuzzy Logic telah digunakan secara luas di berbagai bidang, termasuk sebagai cara untuk merepresentasikan pemikiran manusia dalam suatu sistem. Hal ini merupakan metode yang efektif untuk memetakan masukan ke dalam keluaran. Fuzzy Logic merupakan ekstensi dari teori himpunan klasik dan menghasilkan output yang dapat bervariasi tergantung pada inputnya. Secara umum, fuzzy logic melibatkan input, proses, dan output, serta dirancang untuk menangani nilai-nilai yang berada di antara kebenaran dan kesalahan. Berbeda dengan himpunan yang bersifat tegas dengan nilai 1 atau 0 (ya atau tidak), Logika Fuzzy adalah jenis logika yang memperhitungkan tingkat keaburan atau kesamaran antara konsep benar dan salah [4]. Berdasarkan hal tersebut, menggunakan fuzzy logic, keluarannya dapat berupa seluruh rentang antara 0 dan 1, bukan hanya "ya" atau "tidak". Pada penelitian ini akan menggunakan smart faucet dan metode algoritma yang dipergunakan untuk mengimplementasikan internet of things (IoT). Sebelumnya pada tahun 2021 sudah ada penelitian serupa yang diteliti oleh Erlangga Bayu Linggar Sukarta, I Made Sukarsa, dan I Nyoman Piarsa dengan jurnal berjudul "Smart Automatic Water Filler (SAWF) berbasis Internet of Things" dengan memiliki tujuan agar pengguna dapat melakukan kontrol serta memonitor keran air pengisian dan pembuangan melalui bot aplikasi telegram, berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler Arduino NodeMcu [5]. Penelitian dilakukan dengan menggunakan pengujian RMSE yang menyatakan bahwa sensor berfungsi baik dan tidak melenceng jauh dari nilai aslinya [5]. Hasil pengujian prototipe yang dibuat menunjukkan alat berfungsi dengan baik dibuktikan dengan fitur buka tutup keran pengisian air dan keran penguras berfungsi baik dan merespon perintah pengguna [5]. Sehingga pada penelitian ini menggunakan smart faucet dan algoritma fuzzy logic dalam mengimplementasikan internet of things (IoT) pada sistem irigasi Subak Bali.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan beberapa tahapan agar mendapatkan hasil yang baik dan maksimal. Berikut merupakan gambaran dari tahapan yang dilakukan pada penelitian ini:



Gambar 1. Diagram Tahapan Penelitian

2.1 Studi Lapangan dan Literatur

Tahap awal melibatkan penelitian tentang teknologi yang telah diterapkan sebelumnya melalui studi lapangan dan literatur untuk mengevaluasi kemajuan teknologi yang digunakan dalam sistem irigasi di berbagai daerah, termasuk di Bali dan pengumpulan referensi data pustaka, dengan membaca dan mencatat, serta juga mengelola bahan penelitian.

2.2 Identifikasi Masalah

Tahapan ini merupakan langkah awal dalam penelitian yang akan dilakukan untuk

mendefinisikan masalah yang ada. Langkah ini juga sebagai upaya dalam menentukan kualitas dari sebuah penelitian. Implementasi Internet of Things (IoT) dengan Smart Faucet pada Sistem Irigasi Subak Bali menghadapi beberapa tantangan. Pertama, keterbatasan infrastruktur jaringan dan konektivitas di daerah pertanian dapat mempengaruhi kinerja sistem. Kedua, keandalan sensor – sensor harus diperhatikan agar pengaturan aliran air akurat. Ketiga, perlindungan data dan privasi pengguna menjadi isu penting dalam mengirimkan data melalui jaringan. Terakhir, pelatihan dan edukasi bagi petani dan pengelola irigasi diperlukan untuk memastikan penggunaan sistem IoT yang efektif.

2.3 Pengumpulan Data

Dataset dikumpulkan berdasarkan tingkat suhu, kelembaban tanah, curah hujan, dan level air dengan menggunakan sensor yang dipasang pada daerah dekat tanaman. Tahap selanjutnya, dataset yang diperoleh akan dilakukan training menggunakan metode fuzzy logic untuk mendapatkan algoritma dan decision making terhadap kran. Suhu, kelembaban tanah, curah hujan, dan level air merupakan parameter yang diterapkan pada metode ini dengan tingkatan tertentu. Proses pengambilan data menggunakan indeks kelembaban tanah sesuai dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 1. Indeks Kelembaban Tanah

No	Indeks	Value
1	Kering	0 – 25
2	Sedang	26 – 50
3	Lembab	51 – 75
4	Basah	76 – 100

Berdasarkan tabel tersebut, diambil indeks yang digunakan sebagai batasan dalam pembuatan aturan fuzzy sebelum proses komputasi dilakukan. Nilai-nilai indeks ini digunakan sebagai parameter untuk membandingkan nilai sensor dan menentukan aturan fuzzy-nya. Selain itu, nilai-nilai keanggotaan suhu juga ditetapkan sebagai parameter pembandingan dari sensor suhu yang terhubung ke mikrokontroler, seperti yang tercantum dalam tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Nilai Keanggotaan Suhu

No	Keanggotaan	Suhu
1	Dingin	≤ 23
2	Sedang	23 – 26
3	Panas	27 – 40

Setelah nilai indeks kelembaban tanah dan nilai keanggotaan suhu ditentukan, langkah berikutnya adalah menetapkan aturan fuzzy-nya. Parameter-parameter ini digunakan

dalam perhitungan di dalam penelitian dan dijadikan sebagai data latihan. Aturan fuzzy dinyatakan dalam bentuk "IF A is a and B is b THEN C is c". Aturan ini digunakan untuk menentukan variabel linguistik dan nilai fuzzy-nya, yang diperlukan untuk melakukan penalaran atau inferensi dan biasanya dibuat oleh ahli atau berdasarkan pengetahuan yang tersedia. Selanjutnya, dilakukan proses Fuzzifikasi, yaitu mengubah nilai tegas (Crisp) menjadi nilai fuzzy dengan menggunakan aturan $\mu_A(a)$, $\mu_A(b)$, $\mu_B(a)$, dan $\mu_B(b)$.

Data curah hujan dapat diambil dari data sekunder BMKG atau BPS Provinsi Bali. Perhitungan data curah hujan dapat dihitung dengan cara:

$$\text{Rata-rata curah hujan} = \frac{\text{Jumlah total intensitas curah hujan 12 bulan}}{12} \quad (1)$$

Menghitung level air pada suatu lahan melibatkan beberapa langkah dan pengukuran untuk memastikan akurasi dengan mempersiapkan alat Water Level Gauge. Pengukuran level air dapat dilakukan di beberapa titik pengukuran yang representatif di seluruh lahan. Titik-titik ini harus mencakup area yang berbeda untuk mendapatkan gambaran yang akurat tentang variasi level air di seluruh lahan.

- a. Menentukan titik referensi. Tentukan titik tetap (misalnya, tepi kolam atau sumur) sebagai titik referensi untuk pengukuran.
- b. Menggunakan water level gauge. Masukkan alat pengukur tinggi air ke dalam air hingga mencapai dasar.
- c. Membaca kedalaman. Catat kedalaman air yang terbaca pada alat pengukur.
- d. Mengulang pengukuran. Lakukan pengukuran di beberapa titik yang telah ditentukan.

Langkah selanjutnya adalah menghitung rata – rata kedalaman air, jika menggunakan beberapa titik pengukuran, hitung rata-rata kedalaman air dengan menjumlahkan semua hasil pengukuran dan membaginya dengan jumlah titik pengukuran. Selanjutnya membuat profil kedalaman atau level air dengan data dari beberapa titik pengukuran, buat profil level air untuk lahan tersebut. Ini bisa berupa diagram atau peta yang menunjukkan variasi kedalaman air di seluruh lahan. Identifikasi pola dengan memeriksa apakah ada pola tertentu dalam distribusi level air. Misalnya, area tertentu yang selalu lebih tinggi atau lebih rendah. Bandingkan dengan data historis jika memungkinkan, bandingkan dengan data pengukuran sebelumnya untuk melihat tren atau perubahan.

2.4 Analisa Data

a. Algoritma Fuzzy Logic

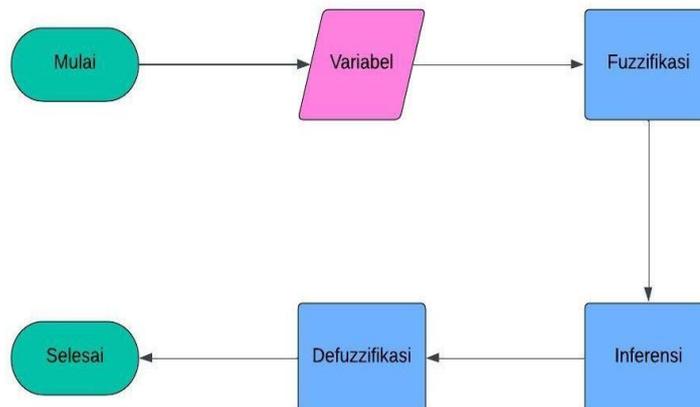
Logika Fuzzy merupakan suatu cara tepat untuk memetakan suatu ruang lingkup input kedalam suatu ruang lingkup output. Teknik ini menggunakan teori yang matematis yaitu himpunan fuzzy. Logika fuzzy sangat berhubungan dengan ketidakpastian yang telah menjadi sifat alamiah pada manusia. Teori Fuzzy pertama kali dibentuk dengan prinsip teori himpunan. Dalam himpunan konvensional (crisp), elemen dari semesta pembicaraan yaitu anggota atau bukan anggota dari sebuah himpunan. Dengan demikian, keanggotaan dari himpunan adalah bernilai tetap. Fuzzy logic sering juga disebut dengan logika samar. Sebelum munculnya teori logika fuzzy, logika ini memiliki nilai benar atau salah yang tegas. Logika Fuzzy yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Sugeno dan Tsukamoto. Dalam penelitian ini, digunakan inferensi Sugeno, sehingga langkah agregasi dan defuzzifikasi digabungkan menjadi satu proses dengan menghitung output menggunakan persamaan yang diberikan.

$$\text{Weighted Average} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i z_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan tersebut, nilai w_i merupakan rata-rata bobot, sedangkan nilai z_i adalah nilai prediksi. Hasil dari persamaan tersebut akan menentukan apakah solenoid valve akan dibuka atau ditutup, sehingga dapat disesuaikan dengan kondisi tanah. Namun, sebelum diterapkan pada teknologi irigasi yang telah dibangun, model tersebut harus dievaluasi terlebih dahulu untuk memastikan apakah dapat beroperasi dengan baik dan memenuhi kebutuhan lahan atau tidak, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2} \quad (3)$$

Persamaan tersebut dipergunakan untuk mengevaluasi model yang telah dikembangkan dengan memeriksa tingkat kesalahan dari model tersebut; semakin kecil kesalahan model, semakin baik modelnya, dan dianggap layak untuk diterapkan dan diuji kembali di lingkungan nyata. Di mana X_t merupakan nilai aktual yang diperoleh dari sensor, F_t adalah nilai yang diprediksi oleh model, dan n adalah jumlah data yang diperoleh selama pengujian. Selanjutnya metode Tsukamoto digunakan untuk pengambilan keputusan berdasarkan beberapa kriteria atau variabel masukan. Pada penelitian ini, penulis ingin melakukan decision making terhadap kran berdasarkan tingkat suhu, kelembaban tanah, curah hujan, dan level air. Berikut ini merupakan gambaran cara kerja dari metode Tsukamoto terhadap sistem smart faucet yang dibuat, sebagai berikut:



Gambar 2. Alur Logika Fuzzy

Penjelasan:

- Menentukan variabel input dan output yang terlibat dalam pengambilan keputusan. Variabel input adalah suhu, kelembaban tanah, curah hujan, dan level air, sedangkan variabel output adalah aksi pada solenoid valve yang membuka atau menutup kran dengan mengalirkan arus DC.
- Menentukan Himpunan fuzzy untuk setiap variabel input dan output. Seperti contoh untuk variabel masukan tingkat kelembaban tanah, himpunan fuzzy yang digunakan untuk menggambarkan kondisi adalah kering, sedang, lembab, dan basah. Dimana jika suhu < 26% adalah kering, 26-50% adalah sedang, 51-75% adalah lembab, dan >75% adalah basah. Selanjutnya untuk variabel suhu tanah adalah dingin, sedang, dan panas. Dimana suhu >26°C adalah panas.

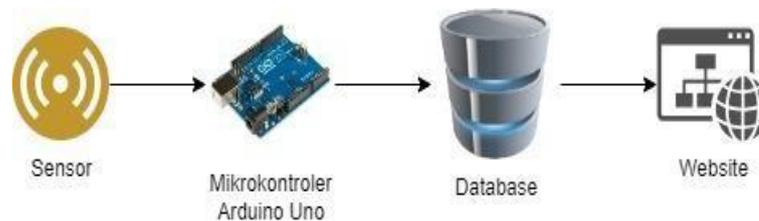
- Melakukan inferensi fuzzy dengan menggunakan aturan fuzzy yang telah ditentukan. Sebagai contoh, kelembaban tanah memiliki status kering dan suhu dalam nilai sedang. Maka, solenoid valve akan membuka kran dan air akan disalurkan melalui sistem irigasi subak hingga status kelembaban tanah berubah menjadi lembab.
- Defuzzifikasi output untuk mendapatkan hasil numerik. Sebagai contoh, jika hasil inferensi fuzzy adalah sedang, maka hasil defuzzifikasi dapat ditentukan nilai tengah dari himpunan fuzzy sedang pada variabel keluaran dari aksi solenoid valve yang membuka atau menutup kran.

2.5 Perancangan Model

Tahapan ini merupakan tahapan dasar yang dimana pada tahapan tersebut dilakukan desain rancangan dan pengembangan dari solusi yang didapat. Tahapan ini dibedakan menjadi 3 tahapan yaitu tahap komunikasi data, perancangan perangkat keras (hardware), dan perancangan perangkat lunak (software). Berikut merupakan gambaran dan penjelasan dari tahapan perancangan model yang dilakukan pada penelitian ini:

a. Tahap Komunikasi Data

Tahap pertama pada implementasi internet of things (IoT) dengan smart faucet pada sistem irigasi Subak Bali ini adalah tahap komunikasi data diantara mikrokontroler yang digunakan dengan sistem yang dibuat. Pada implementasi internet of things (IoT) dengan smart faucet pada sistem irigasi Subak Bali ini komunikasi data dengan sistem menggunakan Restful API dan protocol HTTP untuk mengintegrasikan sistem yang diterapkan dan digunakan sebagai output nilai sensor-sensor.



Gambar 3. Tahap Komunikasi Data

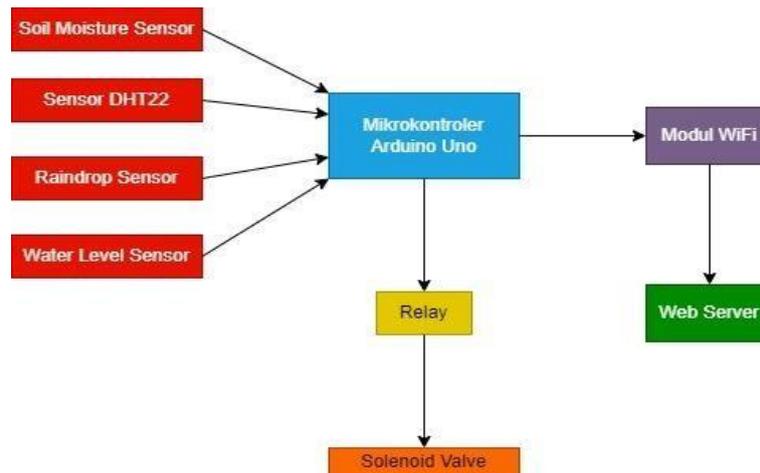
Pada penelitian ini komunikasi data antara mikrokontroler dengan sistem ada 3 tahap yaitu input (masukan), process (proses), dan output (keluaran). Berikut merupakan masukan, proses, dan keluaran dari implementasi internet of things (IoT) dengan smart faucet pada sistem irigasi Subak Bali ini:

- Masukan nilai dari mikrokontroler Arduino Uno
Pada tahapan masukan nilai dari mikrokontroler Arduino Uno. Pertama mikrokontroler Arduino Uno akan menerima nilai suhu, kelembaban tanah, curah hujan, dan level air pada sensor-sensor yang sudah terhubung dengan mikrokontroler. Selanjutnya mikrokontroler mengirim nilai data suhu, kelembaban tanah, curah hujan, dan level air ke database server dengan menggunakan protokol HTTP.
- Proses pembentukan Restful API dan Logika Fuzzy
Pada tahap ini data dari mikrokontroler Arduino Uno akan diterima dan akan disimpan di dalam database server. Kemudian setelah data diterima dan disimpan database server, sistem akan memproses data menjadi format Javascript Object Notation (JSON) dan mengintegrasikan Restful API. Proses logika fuzzy pada sistem ini digunakan untuk menghasilkan aksi pada solenoid valve.

- Keluaran sistem
Tahap keluaran dalam implementasi internet of things (IoT) dengan smart faucet pada sistem irigasi Subak Bali akan dinyatakan berhasil apabila pada implementasi internet of things (IoT) dengan smart faucet pada sistem irigasi Subak Bali dapat menghasilkan aksi pada solenoid valve yang membuka dan menutup kran secara otomatis, sesuai dengan data-data yang telah diterima.

b. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Dalam mengimplementasikan internet of things (IoT) dengan smart faucet ini, adapun hardware yang digunakan pada penelitian ini, sebagai berikut:



Gambar 4. Perancangan Desain Perangkat Keras (Hardware)

Berdasarkan pada perancangan desain perangkat keras (hardware) pada gambar 4 di atas, terdapat penggunaan beberapa alat atau komponen digunakan, yang berfungsi sebagai berikut:

- Penggunaan sensor kelembaban tanah (soil moisture sensor) yang sebagai alat untuk mengukur tingkat kelembaban di dalam tanah.
- Penggunaan sensor suhu DHT22 yang sebagai alat untuk mengukur tingkat suhu dan kelembaban udara di sekitar lingkungan.
- Penggunaan sensor tetesan hujan (raindrop sensor) yang sebagai alat untuk mendeteksi hujan atau curah hujan.
- Penggunaan sensor ketinggian air (water level sensor) yang sebagai alat untuk mengukur atau memantau tingkat air dalam berbagai konteks. Contohnya, pada sistem irigasi Subak Bali.
- Penggunaan mikrokontroler Arduino Uno sebagai alat yang memproses kerja output dari sensor-sensor.
- Penggunaan Relay yang berfungsi sebagai saklar untuk mengendalikan solenoid valve yang dikontrol oleh mikrokontroler Arduino Uno.
- Penggunaan Solenoid Valve yang berfungsi sebagai alat untuk mengatur laju aliran air dengan cara membuka atau menutup jalur aliran.
- Penggunaan Modul WiFi yang berfungsi sebagai sebuah perangkat untuk mengirimkan data ke web server.

- Penggunaan Web Server yang berfungsi sebagai penyedia layanan bagi pengguna internet.

c. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Pada proses pengimplementasian sistem ini, penulis menggunakan sebuah Website untuk melakukan optimisasi terhadap sistem irigasi Subak Bali berbasis internet of things (IoT) dengan smart faucet berdasarkan sistem yang telah dibuat. Untuk memenuhi kebutuhan akan alat yang diperlukan dalam membangun sistem optimisasi ini agar berjalan secara optimal, maka adapun perangkat lunak yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu XAMPP, web server apache, web browser, text editor sublime text, database MySQL, dan IDE Arduino Uno. Langkah pertama yang akan dilakukan adalah melakukan penginstalan web server apache dan database MySQL menggunakan aplikasi XAMPP. Selanjutnya masuk kepada pembuatan website, dimana sebelum itu penulis melakukan pembuatan database dan tabel terlebih dahulu agar nantinya dapat menampung output sensor. Adapun dua program yang akan dibuat pada penelitian ini, adalah sebagai berikut:

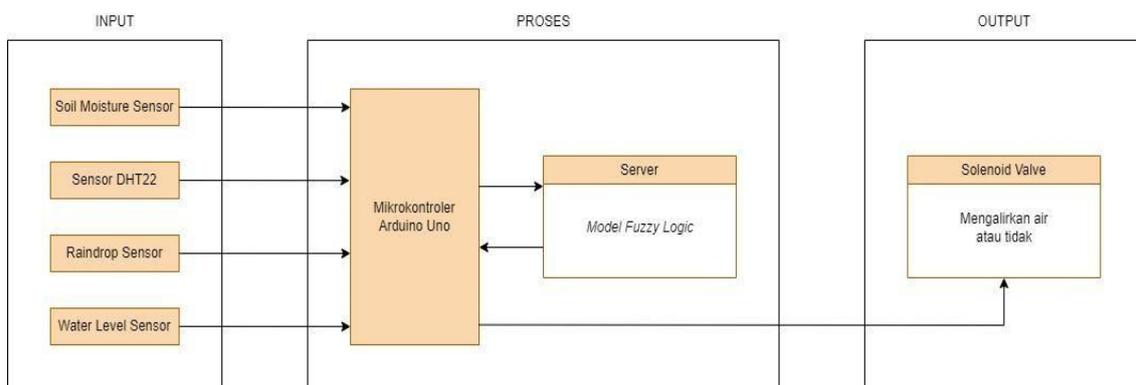
- Program Web
Program Web dibuat untuk menampilkan nilai dari sensor suhu, kelembaban tanah, curah hujan, dan level air. Selain itu, para petani dapat memantau informasi suhu, kelembaban tanah, curah hujan, dan level air secara rinci per harinya.
- Program Arduino Uno
Program Arduino Uno dilakukan untuk melakukan pengkodean pada mikrokontroler agar nantinya sensor yang diperoleh dapat ditampilkan pada Website. Selain itu, program Arduino Uno juga dilakukan untuk melakukan optimisasi pada sistem irigasi Subak Bali yang dimana solenoid valve dapat melakukan optimisasi dengan membuka dan menutup kran secara otomatis. Pada proses ini penulis akan melakukan setting jaringan agar mikrokontroler terkoneksi ke server menggunakan jaringan Wi-Fi.

3. Hasil dan Pembahasan

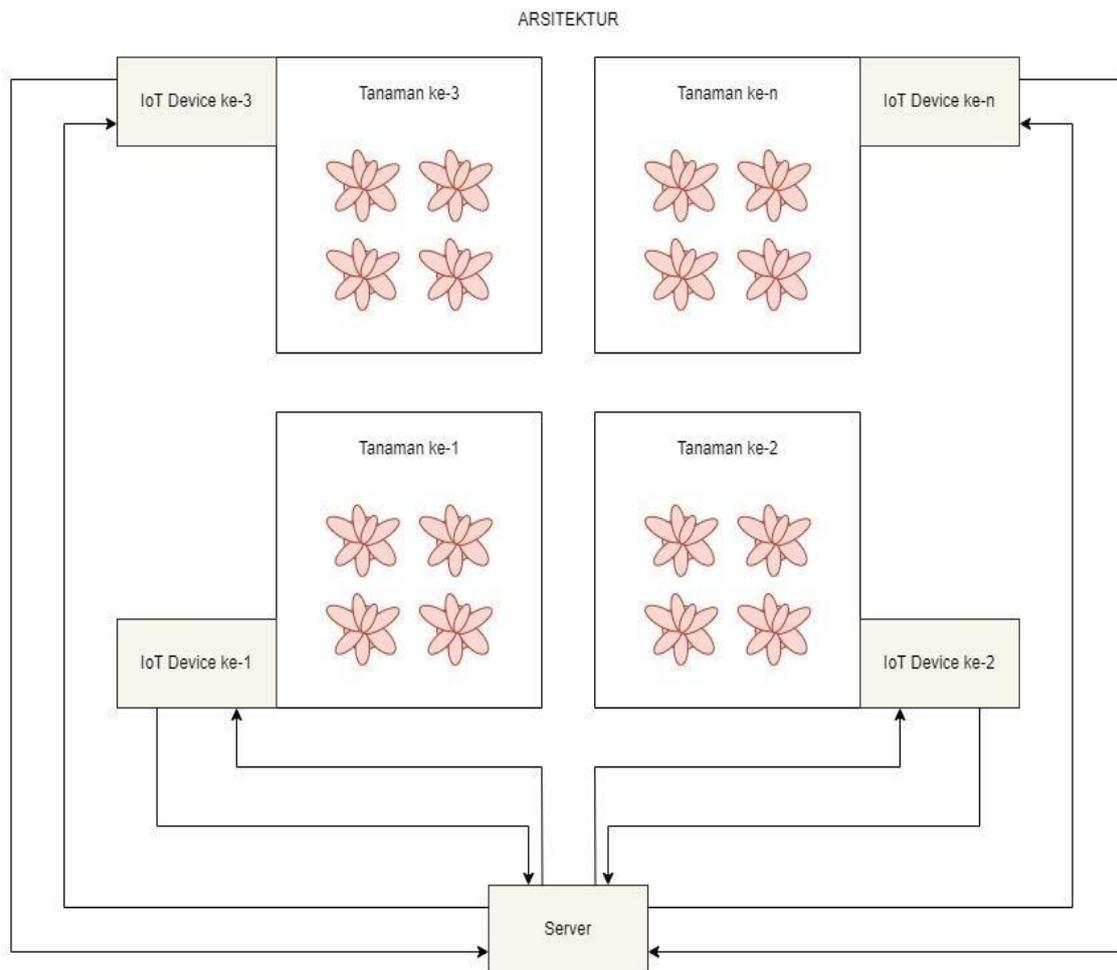
Hasil yang diperoleh dari pengujian terhadap implementasi internet of things (IoT) dengan smart faucet pada sistem irigasi Subak Bali menggunakan algoritma Fuzzy Logic menunjukkan beberapa aspek yang dapat diperhatikan.

3.1 Tahap Penyusunan Desain Teknis

Penyusunan desain teknis akan digunakan sebagai panduan dalam manufaktur sehingga menghasilkan dimensi yang sesuai. Adapun alur sistem berjalan ditunjukkan pada Gambar 5 dengan uraian sebagai berikut:



Gambar 5. Gambaran Umum Sistem Smart Faucet

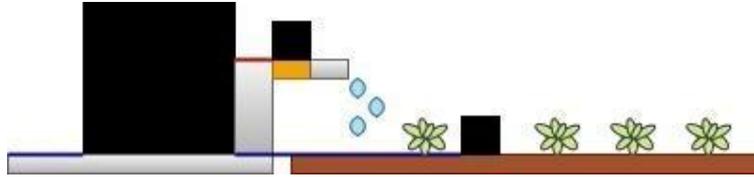


Gambar 6. Arsitektur Implementasi Sistem Smart Faucet

Smart Faucet ini memiliki alur kerja sistem yang dimulai dari pengambilan data kelembaban tanah menggunakan soil moisture sensor, suhu udara, curah hujan, dan level air. Soil moisture sensor akan ditanamkan ke tanah yang berdekatan dengan tanaman, sensor suhu dan curah hujan akan dipasang pada kotak control, dan sensor level air akan dicelupkan ke dalam air. Sensor-sensor ini akan mengirimkan data pada mikrokontroler. Setelah data terkirim, akan dilakukan pengiriman data ke server untuk menyimpan data pada database dan akan diolah menggunakan model Tsukamoto untuk menghasilkan pengambilan keputusan. Hasil pengambilan keputusan ini akan dikirimkan ke mikrokontroler untuk menghasilkan aksi pada Solenoid Valve.

- a. Soil Moisture Sensor
Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah di daerah tanaman. Data yang diperoleh akan diolah sesuai dengan kondisi tingkat kondisi tanah.
- b. Sensor Suhu dan Curah Hujan
Sensor suhu digunakan untuk menangkap data suhu udara dan kelembaban yang berada di lingkungan sekitar. Untuk sensor curah hujan digunakan untuk mendeteksi terjadinya hujan atau tidak pada suatu area.
- c. Sensor Level Air
Sensor level air digunakan untuk mendeteksi ketinggian air dalam berbagai konteks. Contohnya, pada sistem irigasi Subak Bali.
- d. Solenoid Valve
Solenoid valve pada prototipe ini berfungsi sebagai perangkat untuk membuka atau menutup kran dengan mengalirkan arus DC.
- e. Kotak Kontrol

Kotak kontrol merupakan komponen yang memuat perangkat kontrol dan pengolahan dari data kelembaban tanah dan level air. Perangkat ini akan mengecek input yang masuk dan memproses sesuai dengan logika fuzzy serta menghasilkan keputusan untuk mengontrol solenoid valve. Sehingga aspek fungsionalitas smart faucet menjadi optimal.



Gambar 7. Desain Skema Prototipe Fungsional Smart Faucet

3.2 Algoritma Fuzzy Logic

Penelitian ini mengumpulkan data kelembaban tanah dan suhu di lokasi penelitian dengan rentang kelembaban 0-100 dan suhu 0-40°C, data curah hujan dan level kedalaman air untuk menghitung kebutuhan air irigasi. Data ini digunakan sebagai input untuk aturan Fuzzy dengan output berupa nilai 0 atau 1 untuk mengontrol Solenoid Valve terbuka atau tertutup. Hasil percobaan mengklasifikasikan kondisi wilayah menjadi kering, sedang, lembab, dan basah, kemudian menggabungkan kategori kelembaban dan suhu menggunakan operator AND untuk menghasilkan output berupa Penyiraman atau Berhenti. Langkah selanjutnya adalah menentukan himpunan fuzzy berdasarkan data yang telah dikumpulkan dan mengonversi nilai agar menjadi nilai yang distandarkan menggunakan persamaan kelembaban. Hasil kemudian dimasukkan ke dalam aturan fuzzy dan diolah dengan proses defuzzyfikasi menggunakan metode Sugeno dan Tsukamoto. Proses ini menentukan kapan Solenoid Valve akan terbuka atau tertutup, berdasarkan hasil uji coba model yang telah dilakukan. Penelitian ini juga melibatkan evaluasi model menggunakan Root Mean Square Error (RMSE) untuk menilai tingkat kesalahan model. Hasil pengujian menunjukkan tingkat error yang optimal atau nol persen, yang normal karena setiap nilai berada dalam rentang yang ditetapkan. Penelitian ini menghasilkan pengembangan aplikasi web sebagai perangkat pemantauan dan pengendalian yang dioperasikan secara otomatis oleh sistem tanpa memerlukan campur tangan petani. Hasil dari algoritma fuzzy logic adalah mencapai akurasi 100% dan 0% kesalahan dalam model yang dikembangkan. Hasil tersebut dapat digunakan untuk mengurangi pemborosan air sehingga dapat diupayakan sebagai langkah efisiensi penggunaan air secara keseluruhan. Output lainnya adalah nutrisi tanaman akan terjaga dan mengurangi resiko akibat kelebihan atau kekurangan air. Pengujian di lapangan nyata diperlukan untuk memastikan keakuratan dan kecocokan dengan kondisi tanah dan tanaman yang sebenarnya. Pengembangan lebih lanjut juga perlu dilakukan, terutama dalam hal pengujian air untuk berbagai jenis tanaman, yang memiliki kebutuhan air yang berbeda.

4. Kesimpulan

Penerapan internet of things (IoT) dengan smart faucet pada sistem irigasi Subak Bali menggunakan algoritma Fuzzy Logic memungkinkan petani untuk mengoptimalkan penggunaan air berdasarkan kebutuhan tanaman dan kondisi lingkungan secara real-time. Melalui kontrol yang lebih akurat terhadap pasokan air dan nutrisi tanaman, sistem irigasi yang dioptimalkan dapat mengurangi pemborosan air dan meningkatkan efisiensi penggunaan air secara keseluruhan. Hal ini dapat membantu menjaga kesehatan tanaman dengan memberikan pasokan air yang sesuai dengan kebutuhan mereka, meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan mengurangi risiko penyakit akibat kelebihan atau kekurangan air. Hasil panen juga dapat ditingkatkan karena tanaman mendapatkan kondisi lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan mereka, menghasilkan bibit yang berkualitas, dan mengurangi risiko kegagalan panen akibat masalah irigasi. Selain itu, pengguna dapat melakukan monitoring dan pengendalian jarak jauh terhadap sistem irigasi melalui website, memberikan kemudahan dalam pengelolaan sistem irigasi dan memberikan informasi yang akurat tentang kondisi tanaman dan kebutuhan air mereka.

Daftar Pustaka

- [1] Yusmita, W., Putra, I. G. S. A., & Budiasa, I. W. (2017). Manajemen Irigasi Tradisional pada Sistem Subak Umayu di Desa Talibeng Kecamatan Sidemen Kabupaten Karangasem. *J. Agribisnis Dan Agrowisata (Journal Agribus. Agritourism)*, 6(2), 179–189.
- [2] Norken, I. N. (2015). Manajemen Subak: Permasalahan dan Upaya Pemecahannya. In *Jurusan Teknik Sipil. Universitas Udayana*.
- [3] Sandi, G. H. dan Fatma, Y. (2023). Pemanfaatan Teknologi Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*. Universitas Muhammadiyah Riau.
- [4] Setia, B. (2019). Penerapan Logika Fuzzy pada Sistem Cerdas. *Jurnal Sistem Cerdas*, 2(1), 61–66.
- [5] Sukarta, E. B. L., Sukarsa, I. M., & Piarsa, I. N. (2021). "Smart Automatic Water Filler (SAWF) berbasis Internet of Things". *JITTER (Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer)*. Universitas Udayana.

Halaman ini sengaja dibiarkan kosong