

IMPLEMENTASI IOT UNTUK PEMANTAUAN KELEMBABAN TANAH DAN DEBIT AIR SERTA PENGENDALIAN IRIGASI TETES

(IOT IMPLEMENTATION FOR SOIL MOISTURE AND WATER DISCHARGE MONITORING AND DRIP IRRIGATION CONTROL)

Ida Bagus Adi Kencana, I Wayan Agus Arimbawa, I Gde Putu Wirarama
Program Studi Teknik Informatika, Universitas Mataram
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA
Email: idabaguskenca@gmail.com, [arimbawa, wirarama]@unram.ac.id

Abstract

Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan Internet of things (IOT) dalam sistem irigasi tetes untuk memantau kelembaban tanah dan debit air secara otomatis. Sensor kelembaban tanah dan sensor aliran air digabungkan ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan Arduino Uno. Teknologi ini memonitor kondisi tanah secara real time dan mengontrol penyiraman berdasarkan tingkat kelembaban. Pengujian selama tiga hari dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam menyesuaikan penyiraman dengan kondisi tanah. Hasilnya menunjukkan bahwa perangkat ini dapat mendeteksi perubahan kelembaban tanah dan menyiram air secara otomatis ketika berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan (44%) yang telah dikalibrasi sesuai dengan kebutuhan tanaman cabai. Pada hari pertama, penyiraman dilakukan satu kali, dengan total debit air 0,776 liter. Penyiraman dilakukan sebanyak dua kali pada hari kedua, dengan total debit air 0,977 liter. Sementara itu, pada hari ketiga, penyiraman dilakukan dua kali dengan total debit air 0,881 liter, untuk mengimbangi tingkat kelembaban tanah. Meskipun sistem ini telah terbukti efektif dalam mengoptimalkan penyiraman, terdapat beberapa keterbatasan dalam implementasinya. Sensor kelembaban tanah (YL-69) dapat mengalami fluktuasi pembacaan, terutama jika terdapat endapan mineral atau kondisi tanah yang berubah, sehingga kalibrasi rutin diperlukan. Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem irigasi berbasis IOT dapat secara otomatis mengoptimalkan penyiraman berdasarkan data kelembaban tanah dan debit air. Dengan teknologi ini, sistem dapat bereaksi terhadap perubahan kondisi lingkungan, memastikan bahwa penyiraman hanya dilakukan jika diperlukan.

Keywords: Internet of Things, Irigasi Tetes, Kelembaban Tanah, Sensor Aliran Air, Otomatis

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor yang sangat bergantung pada ketersediaan air untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan memastikan produktivitas yang optimal. Namun, meningkatnya kebutuhan pangan serta perubahan iklim global telah menyebabkan ketersediaan air menjadi semakin terbatas. Sistem irigasi konvensional yang masih banyak digunakan sering kali kurang efisien dalam pengelolaan air, yang mengakibatkan pemborosan dan tidak tepatan dalam penyiraman[1]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan inovatif yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air di sektor pertanian untuk mendukung keberlanjutan sumber daya air[2].

Sistem irigasi tetes telah dikenal sebagai salah satu metode yang efektif dalam menghemat air dengan cara mengalirkannya secara perlahan langsung ke akar tanaman. Metode ini terbukti lebih efisien dibandingkan sistem irigasi tradisional karena mampu

mengurangi evaporasi dan limpasan air. Namun, pengoperasian sistem ini secara manual masih menghadapi kendala, seperti kurangnya pemantauan yang akurat terhadap kelembaban tanah dan kebutuhan air tanaman yang bervariasi. Akibatnya, petani sering kali menghadapi kesulitan dalam menentukan jadwal dan jumlah irigasi yang tepat[3].

Sistem irigasi manual di lokasi penelitian memiliki tingkat inefisiensi yang cukup signifikan. Menurut temuan awal, penggunaan air irigasi manual dapat mengakibatkan pemborosan air karena kurangnya kontrol terhadap jumlah air yang diberikan dan frekuensi penyiraman yang tidak terukur. Hal ini dapat menyebabkan tanaman kekurangan atau kelebihan air, sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan hasilnya[18].

Pemantauan kelembaban tanah diperlukan oleh sistem irigasi berbasis IoT untuk mengoptimalkan penggunaan air tergantung pada kebutuhan tanaman. Namun, kebutuhan irigasi bervariasi berdasarkan jenis

tanah karena perbedaan tingkat retensi air. Sistem IoT yang digunakan dalam penelitian ini dirancang agar ambang batas kelembapan dapat dimodifikasi berdasarkan jenis tanah yang digunakan, sehingga memastikan tanaman cabai disiram tanpa kelebihan atau kekurangan air[19].

Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi sistem irigasi tetes melalui otomatisasi dan pemantauan. Dengan menggunakan sensor kelembapan tanah yang terhubung ke perangkat pintar dan jaringan internet, sistem ini dapat memberikan data akurat tentang kondisi tanah dan kebutuhan air tanaman[4]. Data yang diperoleh memungkinkan penyiraman dilakukan secara presisi hanya ketika tanaman benar-benar membutuhkannya, sehingga dapat mengurangi pemborosan air, menekan biaya operasional, dan meningkatkan hasil panen[5].

Sistem ini dapat mengidentifikasi pola jangka panjang dalam kelembapan tanah, cuaca, dan kebutuhan air tanaman. Hal ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dan berbasis data untuk mengoptimalkan penggunaan air dalam berbagai situasi lingkungan. Selain itu, petani dapat memantau dan mengoperasikan sistem irigasi mereka dari jarak jauh, sehingga mengurangi kebutuhan akan intervensi manual[6].

Pengembangan dan implementasi sistem irigasi tetes berbasis IOT juga dapat meningkatkan inovasi pertanian. Dengan bantuan penelitian dan pengembangan teknologi, sistem ini dapat menjadi lebih mudah beradaptasi dengan beragam tanaman dan situasi lingkungan[7].

Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya karena menyajikan sistem irigasi berbasis IoT yang lebih mudah beradaptasi dengan jenis tanah dan memungkinkan modifikasi ambang batas kelembapan. Penelitian ini menggabungkan sensor aliran air untuk memantau debit air yang digunakan, sehingga memungkinkan sistem untuk mengoptimalkan distribusi air dan mendeteksi potensi kebocoran atau ketidaksesuaian dalam penyiraman, serta penggunaan sensor kelembapan tanah untuk meningkatkan efisiensi penyiraman.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki adopsi sistem irigasi tetes berbasis IOT sebagai solusi untuk masalah pengelolaan irigasi Dinas Pertanian Kota Mataram. Hingga saat ini, sistem penyiraman dilakukan secara manual, yang menghadirkan sejumlah tantangan, termasuk penggunaan air yang tidak diatur dan pemborosan sumber daya. Oleh karena itu, sistem irigasi diperlukan untuk mengatur penggunaan air.

Dengan kemajuan teknologi internet of things (IoT), sistem irigasi tetes berbasis sensor kelembapan tanah dapat menjadi pilihan baru untuk pemantauan dan kontrol penyiraman secara otomatis. Penelitian ini akan mengkaji keadaan dan keterbatasan sistem penyiraman manual saat ini, merancang dan memasang sistem irigasi berbasis IoT. Selain itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan rekomendasi kepada pihak-pihak yang berwenang dan petani tentang bagaimana menggunakan teknologi IoT untuk menciptakan sistem pertanian yang lebih kontemporer dan berkelanjutan.

Terdapat beberapa keterbatasan dalam penerapannya, khususnya di sektor pertanian. Salah satu tantangan utama adalah ketergantungan koneksi internet. Banyak lokasi pertanian yang memiliki akses internet yang jarang atau terputus-putus, yang dapat menghambat transfer data sensor secara real time dan pengoperasian sistem jarak jauh.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap beberapa aspek, termasuk penggunaan air melalui penyiraman tanaman secara spesifik, optimalisasi tenaga kerja dengan mengurangi ketergantungan terhadap sistem penyiraman manual, dan produktivitas tanaman melalui sistem pengairan yang lebih terjadwal dan terkendali. Selain itu, adopsi teknologi IoT di bidang pertanian juga mendorong pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan. Dengan demikian, Dinas Pertanian Kota Mataram dan petani kemungkinan besar akan mendapatkan keuntungan dari adopsi sistem irigasi tetes berbasis IoT.

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian sebelumnya telah menciptakan sistem otomatisasi irigasi tetes menggunakan Internet of Things (IoT). Salah satu penelitian yang berjudul "Sistem Otomasi Irigasi Tetes dan Pemantauan Pertumbuhan Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things" mengusulkan untuk meningkatkan sistem irigasi tetes dengan mengotomatisasi pengukuran konsentrasi nutrisi, pH air, suhu/kelembapan udara, dan intensitas cahaya. Pendekatan penelitian ini melibatkan desain perangkat keras, pembuatan basis data, dan pemasangan sistem pemantauan berbasis web. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan dapat memonitor kondisi tanaman secara real time, mengotomatisasi pemberian pupuk, dan menyimpan data dalam berbagai format, termasuk grafik dan foto[8].

Penelitian lain yang berjudul "Sistem Irigasi Tetes Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah YL-69

Berbasis Internet of Things (IoT)” berupaya menciptakan dan menerapkan sistem irigasi tetes yang dapat dimonitor dan dioperasikan dari jarak jauh melalui internet. Sistem ini menggunakan *network time protocol* (NTP) dan sensor kelembaban tanah YL-69 untuk mendeteksi kadar air tanah dan secara otomatis mengatur jadwal penyiraman dua kali sehari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang memiliki tingkat akurasi 98,7% dan nilai kesalahan rata-rata 1,34%. Penelitian ini menunjukkan bahwa menggabungkan teknologi IoT ke dalam irigasi tetes dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan memberikan kenyamanan yang lebih besar bagi petani dalam pengelolaan irigasi[3].

Penelitian lain yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Irigasi Tetes Pintar Berbasis IoT pada Tanaman Tomat untuk Praktikum Sistem Fertigasi dan Teknologi Rumah Kaca di Laboratorium Teknik Pengelolaan Air”, bertujuan untuk membuat sistem irigasi tetes berbasis IoT untuk mendukung kegiatan praktikum dan penelitian di Laboratorium Teknik Pengelolaan Air. Sistem ini dibangun dengan menggunakan berbagai komponen, termasuk NodeMCU ESP8266 dan sensor kelembaban tanah. Penerapan teknologi ini memungkinkan kontrol irigasi otonom berdasarkan data waktu nyata yang dikirimkan ke platform IoT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat meningkatkan manajemen pemupukan tanaman tomat di lingkungan rumah kaca sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan air. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi untuk penggunaan teknologi pemupukan berbasis IoT di sektor pertanian[9].

Tujuan dari penelitian ini, “Implementasi Sistem Kontrol Irigasi Tetes Menggunakan Konsep IoT Berbasis Logika Fuzzy Takagi-Sugeno,” adalah untuk merancang dan menguji sistem kontrol irigasi tetes berdasarkan kondisi suhu dan kelembaban tanah menggunakan kontrol logika fuzzy Takagi-Sugeno yang diimplementasikan melalui konsep Internet of Things (IoT). Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan (R&D), yang meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil mempertahankan kelembaban tanah rata-rata 98,4% dengan durasi irigasi rata-rata 453,6 detik, menggunakan 10,9 liter air. Selain itu, sistem ini juga mendukung pemantauan dan pengendalian jarak jauh dengan rata-rata delay 1,5 detik[10].

Sebuah penelitian bernama “Irigasi Tanaman Cabai Menggunakan Sistem Tetes Otomatis” menggunakan teknologi irigasi tetes otomatis untuk

meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pertumbuhan tanaman cabai. Komponen utama sistem ini adalah sensor kelembaban tanah dan pengontrol irigasi, yang memantau kelembaban tanah dan secara otomatis memodulasi pemberian air berdasarkan kebutuhan tanaman. Teknologi ini dimaksudkan untuk meningkatkan hasil pertanian dan efisiensi penggunaan air sekaligus menyederhanakan manajemen irigasi bagi para petani[11].

Penelitian yang disebutkan di atas menunjukkan bahwa penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem irigasi tetes untuk konservasi air menawarkan berbagai macam aplikasi yang berhasil meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air di bidang pertanian.

2.1. Dasar Teori

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa dasar teori untuk menunjang penelitian yang akan dilakukan :

a. Internet Of Things (IOT)

Internet of Things adalah sebuah konsep yang menghubungkan berbagai objek melalui jaringan internet sehingga dapat berkomunikasi dan berbagi data secara otomatis. Dalam sistem irigasi, IoT memungkinkan pemantauan dan manajemen penyiraman tanaman secara real-time berdasarkan data sensor. Petani dapat menggunakan teknologi ini untuk mengakses informasi mengenai kondisi tanah dan kebutuhan air tanaman melalui peralatan yang terhubung dengan internet. IoT mengotomatiskan proses irigasi, memungkinkan penyiraman yang tepat tanpa perlu campur tangan pengguna, yang dapat meningkatkan kontrol penggunaan air[12].

b. Water Flow Sensor

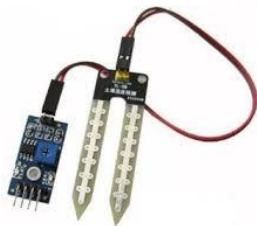
Water flow sensor aliran air mendeteksi laju aliran air dalam sistem irigasi tetes. Sensor ini beroperasi dengan mendeteksi pergerakan air yang melaluinya dan menerjemahkannya menjadi sinyal listrik yang dapat digunakan untuk mengatur jumlah air yang diberikan ke tanaman. Dengan menggunakan sensor ini, sistem dapat memverifikasi bahwa jumlah air yang diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman, mengurangi pemborosan air dan aliran air dapat mendeteksi kebocoran sistem irigasi dengan membandingkan jumlah air yang masuk dan keluar[13].



Gambar 1. *Water Flow Sensor*

c. *Sensor Kelembaban Tanah*

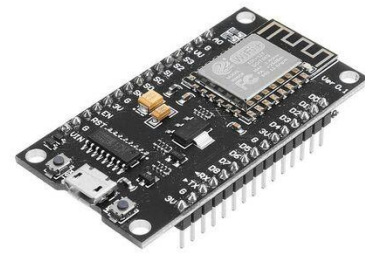
Sensor kelembaban tanah digunakan untuk menentukan kadar air tanah. Data dari sensor ini digunakan untuk menentukan kapan tanaman harus disiram. Sensor ini mendeteksi yang disebabkan oleh kadar air dalam tanah. Sensor ini, ketika dipasangkan dengan sistem IoT, memungkinkan pemantauan kelembaban tanah dari jarak jauh dan otomatisasi sistem irigasi. Selain itu, sensor dapat disetel untuk jenis tanah yang berbeda, sehingga memungkinkan hasil kontrol irigasi yang lebih tepat[14].



Gambar 2. *Kelembaban Tanah*

d. *Mikrokontroler*

Mikrokontroler adalah otak dari sistem irigasi otomatis ini. Mikrokontroler dapat menghitung kapan harus mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air berdasarkan data dari sensor kelembaban tanah dan sensor aliran air, memastikan penggunaan air yang efektif. *Mikrokontroler* NodeMCU ESP8266 atau Arduino sering digunakan dalam sistem ini, dan dapat dikonfigurasi untuk mengoperasikan perangkat lain berdasarkan data sensor. Mikrokontroler dapat diprogram untuk memberi tahu pengguna jika terjadi perubahan besar pada kelembaban tanah atau aliran air, sehingga memungkinkan intervensi yang lebih cepat[15].



Gambar 3. *Mikrokontroler*

e. *Arduino IDE*

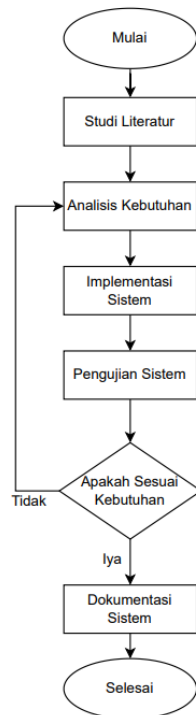
Arduino IDE adalah perangkat lunak yang memungkinkan pengguna menulis, mengedit, dan mengunggah kode ke *mikrokontroler* seperti Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266. Dalam sistem irigasi otomatis, Arduino IDE mempermudah pembuatan kode untuk mengontrol sensor dan aktuator berdasarkan data yang diterima. Petani dapat menggunakan IDE untuk mengimplementasikan logika kontrol berdasarkan sensor kelembaban tanah dan sensor aliran air, sehingga pompa air dapat diaktifkan atau dinonaktifkan sesuai kebutuhan[16].

f. *MongoDB Atlas*

MongoDB Atlas adalah layanan basis data berbasis cloud yang menyediakan penyimpanan dan manajemen data terpusat. MongoDB Atlas digunakan dalam sistem irigasi otomatis untuk menyimpan data waktu nyata dari sensor kelembaban tanah dan laju aliran air. Dengan menggunakan basis data ini, sistem dapat menganalisis tren kelembaban tanah, memberikan laporan historis kepada petani, dan membantu mereka mengambil keputusan terkait irigasi[17].

METODE PENELITIAN

3.1. Rencana Pelaksanaan



Gambar 4. Rencana Pelaksanaan

- Studi Literatur, Pada tahap ini peneliti mengumpulkan berbagai informasi yang diperlukan sebagai dasar dalam penelitian.
- Analisis kebutuhan, Tahap ini langkah awal untuk menentukan proses yang akan diterapkan dalam penelitian.
- Tahap implementasi, Tahapan ini mencakup pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak berdasarkan rancangan yang telah dibuat sebelumnya.
- Tahap pengujian, Tahap ini sangat penting karena sistem akan diuji dan dievaluasi untuk memastikan fungsionalitasnya.
- Dokumentasi ini merupakan tahap akhir yang mencatat seluruh proses pembangunan perangkat keras secara rinci.

3.2. Analisis Kebutuhan

3.2.1. Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Berikut Merupakan kebutuhan perangkat keras yang dibutuhkan pada penelitian ini.

- PC atau Laptop digunakan untuk pemrograman mikrokontroler, analisis data

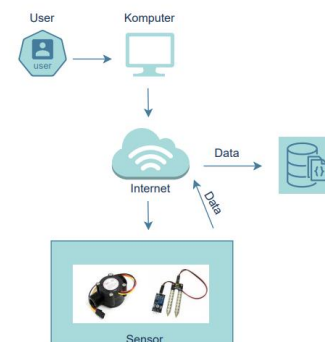
sensor, serta pemantauan dan pengolahan data dari sistem irigasi.

- 1 buah NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang mengontrol sistem irigasi dan mengirim data sensor melalui konektivitas Wi-Fi.
- 1 buah sensor kelembaban tanah (YL-69) digunakan untuk mendeteksi kadar air dalam tanah.
- 1 buah *breadboard* digunakan untuk menghubungkan komponen elektronik tanpa penyolderan.
- 1 buah sensor aliran Air (YF-S201) berfungsi untuk mengukur debit air yang mengalir dalam sistem irigasi.
- 1 buah pompa air DC 12V digunakan untuk menyuplai air ke sistem irigasi tetes dengan tekanan stabil.
- 1 buah *relay* 1 chanel 5V berperan sebagai saklar otomatis yang mengontrol pompa air.
- 2 buah *drip stick* menyalurkan air langsung ke akar tanaman untuk memastikan efisiensi penyiraman.
- 1 buah kabel USB menghubungkan arduino uno ke PC/Laptop untuk pemrograman.
- 3 buah selang menyalurkan air dari pompa ke drip stick untuk penyiraman tanaman.
- 9 buah kabel *jumper* menghubungkan komponen elektronik seperti sensor, *relay*, dan mikrokontroler.

3.2.2. Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

- Fritzing.
- Arduino IDE.
- mongoDB.

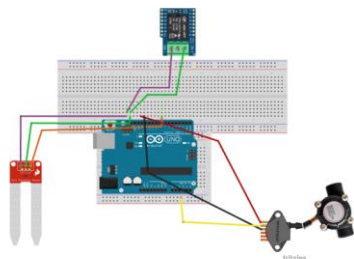
3.2.3. Rancangan Arsitektur



Gambar 5. Rancangan Arsitektur

- a. *Breadboard* adalah perangkat yang mempermudah perakitan rangkaian elektronik. Alat ini digunakan untuk menyambungkan berbagai komponen seperti *waterflow* sensor dan sensor kelembaban.
- b. Arduino uno berperan sebagai kontrol dari seluruh sistem. Arduino akan menjalankan kode komputer yang mengontrol sensor Kelembaban dan *waterflow* sensor.
- c. Sensor kelembaban tanah tetap digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban, data yang dikumpulkan oleh sensor ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan sistem penyiraman tanaman.
- d. *Water flow* sensor tetap digunakan untuk mengukur laju aliran debit air dalam sistem. Sensor ini berfungsi dengan mendeteksi pergerakan air yang melewatinya.
- e. Kabel *jumper* digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen pada *breadboard* ke Arduino. Kabel ini berfungsi sebagai pengantar sinyal listrik
- f. Pada database server menerima data kelembaban tanah melalui internet kemudian disimpan dalam database.

3.2.4. Rancangan Perangkat Keras



Gambar 6. Rancangan Perangkat Keras

Breadboard digunakan untuk menghubungkan komponen seperti modul sensor kelembaban tanah, sensor aliran air (*waterflow*), dan relay ke Arduino Uno. Untuk sensor kelembaban tanah (YL-69), A0 terhubung ke pin A0 pada Arduino Uno, VCC (3.3V - 5V) terhubung ke pin VIN (5V) pada Arduino Uno, dan GND (0V) terhubung ke pin G (0V) pada Arduino Uno. Pada sensor aliran air (YF-S201), kabel merah (VCC 5V - 18V DC) terhubung ke pin 5V pada Arduino Uno, kabel hitam (GND 0V) terhubung ke pin G (0V) pada Arduino Uno, dan kabel kuning terhubung ke pin digital input Arduino Uno. Sementara itu, relay 1 channel 5V

memiliki koneksi GND (0V) yang terhubung ke pin G (0V) pada Arduino Uno, IN1 (input kontrol 5V) terhubung ke pin D4 pada Arduino Uno, dan VCC (5V) terhubung ke pin VIN (5V) pada Arduino Uno.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Sistem



Gambar 7. Rancangan Perangkat Keras

Secara keseluruhan, dalam tahap implementasi rancangan perangkat keras ini digunakan tujuh jenis perangkat fisik, yaitu ESP8266, *waterflow* sensor, sensor kelembaban tanah, kabel *jumper*, *breadboard*, kabel USB, dan pompa air. Semua komponen ini dirancang menjadi satu sistem, di mana masing-masing memiliki fungsi dan tugasnya sendiri. Sistem ini menggunakan sumber daya listrik untuk menyalakan mikrokontroler, sensor, dan pompa air, memastikan bahwa setiap komponen dapat bekerja dalam otomatisasi irigasi tetes.

4.2. Cara Kerja Sistem

Sistem penyiraman otomatis ini menggunakan sensor kelembaban tanah untuk mendeteksi kadar air tanah dan secara otomatis mengontrol pompa air dan sensor aliran untuk kecepatan air. Prosedur dimulai ketika perangkat dihidupkan dan sensor kelembaban mulai membaca data tentang tingkat kelembaban tanah. Data yang terkumpul kemudian ditransfer ke sistem untuk diproses guna menentukan apakah tanah memerlukan penyiraman atau tidak. Setelah data terkumpul, sistem akan membuat pilihan tergantung pada kadar air tanah. Jika nilai kelembaban yang diukur kurang dari 44%, tanah dianggap kering dan harus disiram. Akibatnya, sistem akan mengeluarkan perintah untuk mengaktifkan pompa air, memastikan bahwa tanaman menerima pasokan air yang memadai.

Sebaliknya, jika nilai kelembapannya 44% atau lebih, sistem akan mematikan pompa air untuk mencegah kelebihan air yang dapat menyebabkan penyiraman berlebihan. Proses ini dilakukan secara otomatis, dengan sistem yang terus menerima data sensor, membuat penilaian, dan mengelola pompa air berdasarkan kebutuhan tanaman.

4.3. Pengujian dan Evaluasi

Pengujian berlangsung selama tiga hari untuk memeriksa apakah sistem beroperasi sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan. Durasi pengujian ini dipilih karena berfokus pada validasi awal sistem, untuk memastikan bahwa sensor kelembaban tanah dan sensor aliran air dapat berfungsi dengan baik dalam menyesuaikan penyiraman secara otomatis berdasarkan kondisi tanah. Data yang terkumpul diperiksa untuk menentukan seberapa baik kinerja sistem dalam mengelola kelembaban tanah dan debit air secara otomatis. Faktor lingkungan lain seperti suhu udara dan kelembaban udara memang berpengaruh terhadap laju evaporasi air dari tanah dan tanaman. Namun, fokus dari penelitian ini adalah pada validasi awal solusi otomatisasi irigasi berbasis IoT. Dengan hanya mengandalkan sensor kelembaban tanah dan debit air.

q

Keandalan sistem irigasi tetes berbasis IoT ini sangat bergantung pada akurasi sensor kelembaban tanah dan sensor aliran air dalam membaca kondisi tanah serta memastikan penyiraman yang tepat. Pengujian dilakukan untuk menentukan keakuratan sensor kelembaban tanah dibandingkan dengan kondisi aktual. Sensor aliran air yang digunakan dalam sistem ini secara akurat mengukur debit air yang mengalir melalui sistem irigasi. Namun, ada beberapa potensi kesalahan yang dapat terjadi pada sistem, seperti nilai sensor kelembaban tanah dapat berfluktuasi dari waktu ke waktu, terutama jika ada endapan mineral atau kotoran di sekitarnya. Jaringan yang tidak dapat diandalkan menyebabkan penundaan dalam pilihan penyiraman. Sistem memiliki tingkat keandalan yang tinggi, namun tetap membutuhkan perawatan rutin agar dapat beroperasi dengan baik.

4.3.1. Pengujian Perangkat Keras

TABEL I. HASIL PENGUJIAN PERANGKAT KERAS

No	Perangkat Keras	Pengujian	Hasil
1	ESP8266	Berhasil menghubungkan sistem ke jaringan WiFi dan mengirim data sensor	✓ (Valid)
2	Breadboard	Berhasil menghubungkan komponen sensor Kelembaban tanah, <i>waterflow</i> sensor, ke Arduino Uno	✓ (Valid)
3	Pompa air	Berhasil berjalan dengan baik dan deras air lancar	✓ (Valid)
4	sensor kelembaban tanah	Berhasil mengukur kelembaban tanah	✓ (Valid)
5	<i>Waterflow</i> sensor	Berhasil mengukur laju aliran debit air dalam sistem	✓ (Valid)
6	<i>relay</i>	Berhasil menerima arus listrik dengan baik	✓ (Valid)
7	Kabel <i>jumper</i>	Berhasil menghubungkan semua perangkat keras	✓ (Valid)

4.3.2. Hasil Pengujian Hari Pertama

Tabel II. Hasil Pengujian Hari Pertama

Tanggal	Waktu	Kelembaban Tanah	Debit Air	Status
28/2/2025	8:31:30	24 %	0	OFF

28/2/2025	8:32:38	24 %	0.24	ON
28/2/2025	8:35:52	51 %	0	OFF
28/2/2025	14:45:34	52 %	0	OFF
28/2/2025	17:15:45	50 %	0	OFF
Jumlah debit air	0.776 L			

Berdasarkan hasil pengujian sistem irigasi otomatis pada **Tabel II**, penyiraman hanya dilakukan satu kali. Penyiraman dilakukan pada pagi hari saat kelembaban tanah mencapai 24%, yang menjadi pemicu aktivasi sistem irigasi. Data ini dikumpulkan melalui sensor kelembaban tanah (YL-69), dikirimkan ke database MongoDB menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Setelah penyiraman berlangsung, kelembaban tanah meningkat hingga 51%, sehingga sistem secara otomatis menghentikan penyiraman untuk mencegah kelebihan air. Selama siang dan sore hari, penyiraman tidak dilakukan karena tingkat kelembaban tetap berada di atas 44%, yang masih dalam kisaran optimal bagi tanaman. Total debit air yang digunakan dalam penyiraman pada hari pertama adalah 0.776 liter, dengan data debit air diperoleh dari sensor aliran air (YF-S201), dikirim ke MongoDB.

4.3.3. Hasil Pengujian Hari Kedua

Tabel III. Hasil Pengujian Hari Kedua

Tanggal	Waktu	Kelembaban Tanah	Debit Air	Status
1/3/2025	6:41:20	27 %	0	OFF
1/3/2025	6:41:25	27%	0.27	ON
1/3/2025	6:42:02	46 %	0	OFF
1/3/2025	12:33:50	29 %	0	OFF
1/3/2025	12:33:55	29 %	0.25	ON
1/3/2025	12:35:05	50 %	0	OFF
1/3/2025	16:30:10	45 %	0	OFF
Jumlah debit air	0.977 L			

Berdasarkan hasil pengujian sistem irigasi otomatis pada **Tabel III**, penyiraman dilakukan sebanyak dua kali. Data kelembaban tanah diperoleh dari sensor kelembaban tanah (YL-69) dikirim ke database MongoDB melalui mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Pada pagi hari, penyiraman dimulai ketika kelembaban tanah turun hingga 27%, kemudian setelah penyiraman, kelembaban meningkat menjadi 46%, sehingga sistem secara otomatis menghentikan aliran air untuk mencegah penyiraman berlebihan.

Selanjutnya, pada siang hari, penyiraman kembali dilakukan saat kelembaban tanah turun menjadi 29%, hingga setelah disiram meningkat menjadi 50%. Pada sore hari, sistem tidak mengaktifkan penyiraman karena kelembaban tanah masih berada pada 44%, yang masih cukup untuk tanaman. Total debit air yang digunakan dalam pengujian hari kedua adalah 0.977 liter, dengan data debit air diperoleh dari sensor aliran air (YF-S201) dikirim ke MongoDB.

4.3.4. Hasil Pengujian Hari Ketiga

Tabel IV. Hasil Pengujian Hari Ketiga

Tanggal	Waktu	Kelembaban Tanah	Debit Air	Status
2/3/2025	6:48:46	30 %	0	OFF
2/3/2025	6:49:54	30 %	0.21	ON
2/3/2025	6:50:45	51 %	0	OFF
2/3/2025	12:38:14	47 %	0	OFF
2/3/2025	16:57:39	30 %	0	OFF
2/3/2025	16:58:41	30 %	0.26	ON
2/3/2025	16:59:35	48 %	0	OFF
Jumlah debit air	0.881 L			

Berdasarkan hasil pengujian sistem irigasi otomatis pada **Tabel IV**, penyiraman dilakukan sebanyak dua kali. Data kelembaban tanah diperoleh dari sensor kelembaban tanah (YL-69), dikirim ke database MongoDB melalui mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Pada pagi hari, sistem irigasi otomatis mengaktifkan penyiraman ketika kelembaban tanah turun hingga 30%, dan setelah penyiraman, kelembaban meningkat menjadi 51%, sehingga sistem secara otomatis menghentikan aliran air untuk mencegah kelebihan air. Pada sore hari, penyiraman kembali dilakukan saat kelembaban tanah turun ke 30%, dan setelah penyiraman, kelembaban meningkat menjadi 48%. Total debit air yang digunakan dalam pengujian hari ketiga adalah 0.881 liter, dengan data debit air diperoleh dari sensor aliran air (YF-S201) dikirim ke MongoDB.

4.3.5. Hasil Pengujian Manual

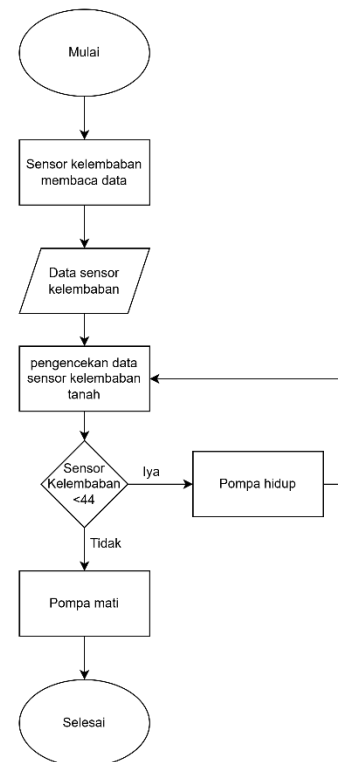
Penyiraman pada sistem irigasi manual umumnya dilakukan berdasarkan perkiraan atau jadwal tetap yang telah ditentukan sebelumnya, tanpa mempertimbangkan kondisi kelembaban tanah secara

langsung. Pendekatan ini dapat mengakibatkan ketidakseimbangan dalam pemberian air, baik dalam bentuk kelebihan penyiraman maupun kekurangan air. Dampak dari metode ini dapat diamati dalam tabel berikut.

Tabel IV. Hasil Pengujian Manual

Tanggal	Waktu	Kelembaban Tanah	Debit Air
19/3/2025	Pagi	-	1.00
19/3/2025	Siang	-	1.00
19/3/2025	Sore	-	1.00
Jumlah debit air	3.00 L		

Berdasarkan hasil pengujian sistem irigasi manual pada **Tabel IV** yang berisi hasil pengujian sistem irigasi manual, dapat disimpulkan bahwa pengujian dilakukan dengan tiga waktu pengamatan, yaitu pagi, siang, dan sore. Pada tabel tersebut, kolom kelembaban tanah tidak menampilkan data yang mengindikasikan bahwa tidak ada pengukuran pada kelembaban tanah. Debit air yang tercatat pada setiap waktu pengamatan adalah 1.00. Jumlah total debit air yang digunakan dari ketiga pengamatan tersebut adalah 3.00. Dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem irigasi IoT lebih hemat air dan otomatis, sedangkan metode manual cenderung tidak teratur dalam penggunaan air dan membutuhkan lebih banyak tenaga.



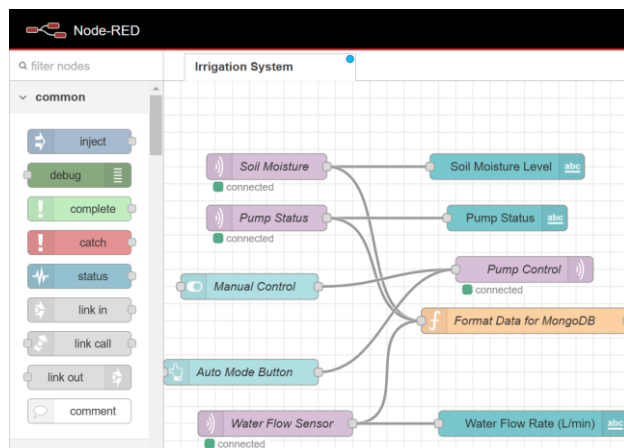
Gambar 8. Algoritma Sistem

Pada Gambar di atas menggambarkan algoritma sistem. Proses diawali dengan sensor kelembaban tanah yang berfungsi untuk mendeteksi kadar air di dalam tanah. Sensor ini akan membaca data kelembaban dan mengirimkan hasil pembacaan ke sistem untuk dianalisis. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan batas yang telah ditentukan yaitu 44 %. Jika nilai kelembaban tanah yang terdeteksi berada di bawah angka 44%, sistem akan memberikan perintah untuk menyalakan pompa air. Pompa akan terus beroperasi hingga kelembaban tanah meningkat dan melewati angka 44%. Sebaliknya, jika sensor mendeteksi bahwa kelembaban tanah sudah melebihi angka 44%, maka sistem akan memutuskan untuk tidak mengaktifkan pompa air.

4.3.6. Algoritma yang Digunakan

4.3.7. Hasil Node-Red

Gambar 9. Hasil Node-Red



Pada gambar di atas, terdapat beberapa komponen utama. Sensor *soil moisture* mengukur tingkat kelembapan tanah dan mengirimkan data ke *pump control*, yang berfungsi sebagai pengatur pompa air. terdapat *pump status* yang menunjukkan kondisi pompa, apakah sedang menyala atau mati. Sistem ini juga mendukung kontrol manual melalui *Manual Control*, serta mode otomatis yang dapat diaktifkan dengan *auto mode Button*. terdapat *water flow sensor* digunakan untuk mengukur laju aliran air dan hasilnya ditampilkan dalam *water flow rate*. Terdapat data for MongoDB yang berfungsi sebagai untuk menyimpan data.

KESIMPULAN DAN SARAN

1.2. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sistem irigasi tetes berbasis IoT yang dikembangkan dapat secara otomatis mengatur penyiraman berdasarkan tingkat kelembapan tanah. Sensor kelembapan tanah dan sensor aliran air dihubungkan ke mikroprosesor NodeMCU ESP8266 dan Arduino Uno, sehingga sistem dapat mendeteksi kondisi tanah secara real time dan melakukan penyiraman hanya jika diperlukan atau ketika kelembapan tanah berada di bawah 44%. Hal ini memastikan bahwa tanaman menerima air yang dibutuhkan.

Hasil pengujian selama tiga hari menunjukkan bahwa alat ini bekerja dengan baik dalam merespon perubahan kelembapan tanah. Penyiraman dilakukan satu kali pada hari pertama dengan total debit air 0,776 liter, karena tanah masih agak lembap. Penyiraman dilakukan lagi pada hari kedua dengan total debit air 0,977 liter, karena cuaca mulai panas dan tanah mulai mengering lebih cepat. Sementara itu, pada hari ketiga, penyiraman diulang sebanyak dua kali dengan

total debit air 0,881 liter, menunjukkan pola penyiraman yang merespons perubahan kelembapan tanah. Implementasi sistem ini mengurangi ketergantungan tenaga kerja manual, memastikan tanaman mendapatkan air sesuai kebutuhannya, serta memberikan kemudahan dalam pemantauan.

Meskipun sistem ini telah menunjukkan keberhasilan dalam mengoptimalkan penyiraman tanaman, terdapat beberapa keterbatasan yang masih perlu diperhatikan seperti Kemungkinan kesalahan pembacaan sensor ketika sensor kelembapan tanah (YL-69) mengalami fluktuasi dalam pembacaan, terutama ketika terjadi endapan mineral, kotoran, atau perubahan kondisi tanah, yang dapat mempengaruhi akurasi data.

1.3. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut. sistem irigasi tetes otomatis berbasis IoT ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan lebih banyak sensor, seperti sensor suhu dan kelembapan udara, untuk mendapatkan data yang lebih komprehensif tentang kondisi lingkungan dan peningkatan akurasi sensor kelembapan tanah dengan akurasi lebih tinggi, seperti sensor berbasis kapasitif, untuk mengurangi kesalahan pembacaan. Hal ini akan membantu dalam mengoptimalkan penyiraman berdasarkan faktor-faktor lingkungan yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dan berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada para pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan berharga selama proses penelitian. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat, baik secara langsung maupun tidak langsung, atas kerja sama dan kontribusi positifnya. Saya ucapkan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moral dan semangat selama proses penelitian ini berlangsung. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan teknologi, khususnya dalam peningkatan efisiensi penggunaan air melalui sistem irigasi berbasis IoT.

Daftar Pustaka

- [1] N. Jamal, Q. Hidayati, Zulkarnin, and L. Adesfar, "Sistem Irigasi Tetes dengan Teknologi Internet of Things," *SNITT- Politek. Negeri Balikpapan*, pp. 1–5, 2021.
- [2] A. P. Kusuma, L. D. Samsumar, and M. Nasirudin, "Sistem Monitoring Irigasi Tetes Pada Tanaman Strowberry," vol. 1, no. 4, pp. 203–212, 2024.
- [3] I. A. Azam, H. Pujiharsono, and S. Indriyanto, "SISTEM IRIGASI TETES MENGGUNAKAN SENSOR KELEMBAPAN TANAH YL-69 BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)," *Teodolita Media Komunikasi Ilm. di Bid. Tek.*, vol. 24, no. 1, pp. 65–73, 2023.
- [4] M. J. Saputra and R. R. Suryono, "Technology Implementation Drip Irrigation on Plants Corn uses Soil Moisture Sensor and Esp 32 Microcontroller Implementasi Teknologi Irigasi Tetes pada Tanaman Jagung Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Mikrokontroler Esp 32," vol. 5, no. January, pp. 111–118, 2025.
- [5] I. Wiliandri and Kusmiati, "Desain Dan Fabrikasi Sistem Otomatisasi Irigasi Tetes Pada Tanaman Sawi Berbasis Arduino," vol. 1, no. 1, pp. 32–41, 2023.
- [6] F. hadyanto, "Irigasi Pada Tanaman Cabai Menggunakan Sistem Tetes Otomatis," *Jtst*, vol. 05, pp. 23–29, 2024.
- [7] F. Suryatini, M. Maimunah, and F. I. Fauzandi, "Implementasi Sistem Kontrol Irigasi Tetes Menggunakan Konsep IoT Berbasis Logika Fuzzy Takagi-Sugeno," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 4, no. 1, p. 115, 2019.
- [8] A. Priono and D. Sujono Putro, "Perancangan Smart Drip Irrigation System Berbasis Iot Pada Tanaman Tomat Untuk Praktikum Sistem Fertigasi Dan Teknologi Greenhouse Di Laboratorium Teknik Tata Air," *J. Pengemb. Potensi Lab.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2024.
- [9] A. Pertiwi, V. E. Kristianti, I. Jatnita, and A. Daryanto, "Sistem Otomatisasi Drip Irigasi Dan Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things," *Sebatik*, vol. 25, no. 2, pp. 739–747, 2021.
- [10] B. Mulyati, "Rancang Bangun Alat Pengukur Kecepatan Aliran Air Menggunakan Water Flow Sensor Berbasis Arduino Uno," *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2023.
- [11] D. A. Murtado and S. Imam, "Rancang Bangun Smart Irrigation Tanaman Cabai Berbasis IoT," *Repository.Pnj.Ac.Id*, pp. 56–64, 2022.
- [12] I. Kresna A, "Perancangan Sistem Irigasi Berbasis IoT pada Sawah Padi di Kecamatan Wangon, Kabupaten Banyumas," *LEDGER J. Inform. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–9, 2022.
- [13] M. Syahlan, "IMPLEMENTASI MODUL INTERNET OF THINGS (IoT) PADA MESIN POMPA AIR BERBASIS WEB," 2022.
- [14] K. Korino and N. Nopriadi, "Rancang Bangun Alat Pengereng Sarang Burung Walet Menggunakan Arduino Via Sensor Dan Timer," *Comput. Sci. Ind. Eng.*, vol. 9, no. 4, 2023.
- [15] U. Guntur, "269207-Monitoring-Kelembaban-Tanah-Pertanian-Me-Fadb929a," *J. Monit. Kelembaban Tanah Pertan.*, vol. 10, pp. 237–243, 2023.
- [16] R. Arrahman, "Rancang Bangun Pintu Gerbang Otomatis Menggunakan Arduino Uno R3," *J. Portal Data*, vol. 2, no. 2, pp. 1–14, 2022.
- [17] R. Renaldi, B. Cahyo Santoso, Y. Natasya, S. Willian, and F. Alfando, "Tinjauan Pustaka Sistematis terhadap Basis Data MongoDB," *J. Inov. Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 132–142, 2020.
- [18] Farid, M. N., & Wicaksono, H. (2024). DIFUSI TEKNOLOGI IRIGASI TETES SEBAGAI SOLUSI PENYIRAMAN KEBUN MELON SUMBER BERKAH BALIKPAPAN. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(6), 12254-12260.
- [19] Al Qorni, Q., Pamungkas, D. P., Wibowo, S. A., & Hermanto, D. (2023, April). Pemantauan dan Peningkat Kondisi Kelembaban Lahan Menggunakan Esp8266 dan IoT. In *MDP Student Conference* (Vol. 2, No. 1, pp. 226-233).