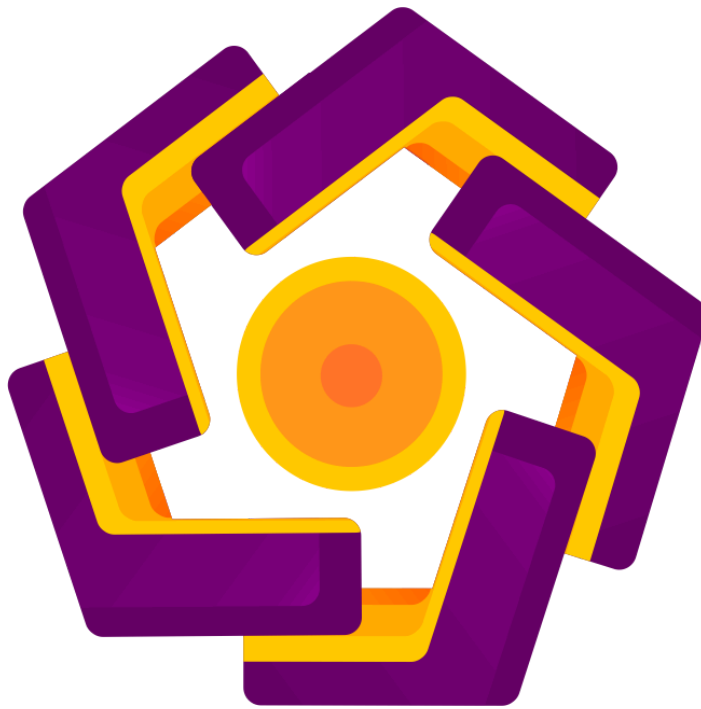


LAPORAN FINAL PROJECT MIKROKONTROLER KELOMPOK 11

**PENGEMBANGAN SISTEM IRIGASI CERDAS ADAPTIF BERBASIS PREDIKSI
CUACA DAN INTERNET OF THINGS (IoT)**

Dosen :

Ahmad Ridwan, S.Tr.T., M.T



Informatika 4

Anggota :

Khoirudin Krisna Pratama (22.11.4756)

Oktavian Endarwan (22.11.4892)

**INFORMATIKA
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
2026**

DAFTAR ISI

LAPORAN FINAL PROJECT MIKROKONTROLER KELOMPOK 11.....	1
PENGEMBANGAN SISTEM IRIGASI CERDAS ADAPTIF BERBASIS	
PREDIKSI CUACA DAN INTERNET OF THINGS (IoT).....	1
INFORMATIKA UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA.....	1
DAFTAR ISI.....	2
BAB I.....	3
PENDAHULUAN.....	3
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	5
Tinjauan Pustaka.....	5
BAB III.....	6
METODE PELAKSANAAN.....	6
3.1 Alat dan Bahan.....	6
3.1.1 Perangkat Keras (Hardware).....	6
3.1.2 Perangkat Lunak (Software) dan Layanan.....	7
3. Library Arduino:.....	7
3.2 Alur dan Perancangan Perangkat Keras.....	7
3.2.1 Alur.....	7
3.2.2 Rencana Rangkaian (Hardware Interfacing).....	7
3.3 Metode Pengolahan Data.....	8
BAB IV.....	8
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	8
4.1 Implementasi Sistem.....	8
4.2 Hasil Pengujian Logika Sensor.....	9
A. Kondisi Tanah Kering (Skenario Menyiram).....	9
B. Kondisi Tanah Basah (Skenario Standby).....	10
C. Kondisi Adaptif (Prediksi Hujan).....	10
4.3 Analisis Efisiensi.....	10
BAB V.....	11
PENUTUP.....	11
5.1 Kesimpulan.....	11
5.2 Saran.....	11
DAFTAR PUSTAKA.....	11
LAMPIRAN.....	12

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian secara global menghadapi tantangan kritis akibat keterbatasan sumber daya, terutama air bersih, di tengah peningkatan populasi dan perubahan iklim. Pertanian mengonsumsi hampir 70% dari seluruh pasokan air tawar global. Metode irigasi tradisional cenderung tidak efisien, mengakibatkan pemborosan air yang signifikan melalui penguapan dan distribusi yang tidak proporsional[1].

Internet of Things (IoT) menawarkan solusi untuk meningkatkan efisiensi ini, memfasilitasi transisi menuju *Precision Agriculture* [2]. Implementasi sistem irigasi cerdas berbasis IoT (*Smart Irrigation System*) telah terbukti mampu menghemat penggunaan air rata-rata hingga **30%** dibandingkan metode konvensional. Efisiensi ini dicapai melalui penggunaan sensor kelembaban tanah (*soil moisture*) yang terintegrasi untuk memberikan air hanya saat tanaman benar-benar membutuhkan, bukan berdasarkan perkiraan semata.

Namun, mayoritas sistem irigasi cerdas yang ada masih beroperasi dengan model **reaktif**. Algoritma konvensional hanya mengaktifkan pompa ketika kelembaban tanah turun di bawah ambang batas (*threshold*), mengabaikan variabel eksternal seperti ramalan cuaca jangka pendek. Keterbatasan ini dapat menyebabkan **penyiraman yang redundan** dan **pemborosan energi/air** jika curah hujan alami diprediksi akan turun dalam waktu dekat[3]. Selain itu, ketidakpastian cuaca dan fluktuasi iklim mikro, seperti defisit tekanan uap (*VPD*), semakin mempersulit pengelolaan air dan berpotensi menurunkan produktivitas pertanian [4].

Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem irigasi pintar yang lebih **proaktif dan adaptif**. Penelitian ini mengusulkan pengintegrasian data prediksi cuaca jangka pendek (*nowcasting*) dari API eksternal ke dalam logika pengambilan keputusan di mikrokontroler IoT (seperti ESP32). Dengan mengkombinasikan data sensor *real-time* dengan informasi prediktif, sistem dapat secara cerdas **menangguhkan siklus penyiraman** ketika potensi hujan teridentifikasi. Pendekatan adaptif ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pemanfaatan air secara substansial, menekan biaya operasional, serta mendukung keberlanjutan pertanian yang resilien terhadap perubahan iklim dan selaras dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah untuk proyek ini adalah:

1. Bagaimana merancang arsitektur sistem pada ESP32 agar mampu mengambil dan mem-parsing data dari API prediksi cuaca eksternal?
2. Bagaimana mengembangkan algoritma (logika) keputusan irigasi baru yang mengintegrasikan dua sumber data: data sensor kelembaban tanah (real-time) dan data prediksi hujan (prediktif)?
3. Bagaimana sistem adaptif ini dapat diimplementasikan untuk mengontrol aktuator (pompa air) secara otomatis berdasarkan logika keputusan gabungan tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian dan pengembangan final project ini adalah:

1. Mengimplementasikan konektivitas ESP32 ke API cuaca (misalnya OpenWeatherMap) untuk mendapatkan data prediksi hujan secara berkala.
2. Membangun logika program baru yang mampu menunda atau membatalkan jadwal irigasi jika prediksi cuaca menunjukkan akan turun hujan, meskipun sensor tanah mendeteksi kondisi kering.
3. Menghasilkan sebuah prototipe *Smart Irrigation System* yang adaptif dan terbukti lebih efisien dalam penggunaan air dibandingkan sistem reaktif standar.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari proyek ini adalah:

1. **Penghematan Sumber Daya Air:** Mengurangi pemborosan air secara signifikan dengan menghindari penyiraman yang tidak perlu sebelum hujan.
2. **Efisiensi Energi:** Mengurangi frekuensi pompa air menyala, yang berdampak pada penghematan biaya energi.
3. **Pengembangan Keilmuan:** Memberikan kontribusi pada pengembangan sistem IoT di bidang pertanian, khususnya dengan menambahkan logika prediktif berbasis API.

BAB II

Tinjauan Pustaka

2.1 Peran Internet of Things (IoT) dalam Pertanian Presisi

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang menghubungkan berbagai sensor lingkungan untuk mengirimkan data secara real-time melalui internet. Dalam pertanian presisi, IoT digunakan untuk memantau kondisi tanah, suhu, kelembaban udara, curah hujan, hingga intensitas cahaya. Penerapan IoT terbukti meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian, misalnya peningkatan hasil panen hingga 15% melalui distribusi air dan pemupukan yang lebih akurat[1]. Sistem weather station berbasis IoT juga mampu menyediakan informasi iklim mikro secara langsung kepada petani melalui platform cloud sehingga keputusan irigasi dapat dilakukan lebih tepat waktu[2].

2.2 Efisiensi Penggunaan Air dan Optimalisasi Irigasi

Irigasi merupakan konsumsi terbesar dalam sektor pertanian, sehingga efisiensi air menjadi aspek krusial. Teknologi IoT memungkinkan irigasi berbasis sensor, di mana penyiraman dilakukan hanya ketika kelembaban tanah berada di bawah batas tertentu. Model ini terbukti mampu menghemat air hingga 30% per musim tanam[1]. Selain itu, algoritma Decision Tree yang diterapkan pada sistem irigasi cerdas mampu memprediksi kebutuhan tanaman dengan akurasi 94%, sehingga penyiraman lebih optimal dan mengurangi pemborosan air[3].

2.3 Pemantauan Lingkungan Berbasis IoT

Pemantauan lingkungan diperlukan untuk menganalisis kondisi mikroklimat yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. IoT memfasilitasi pengukuran parameter seperti suhu, kelembaban, curah hujan, pH tanah, dan kecepatan angin. Data tersebut memberikan dasar pengambilan keputusan terkait irigasi, pemupukan, serta mitigasi risiko perubahan cuaca. Penelitian Gitakarma dkk. (2025) menunjukkan bahwa weather station IoT mampu memberikan informasi iklim secara konsisten meskipun di daerah dengan ketergantungan tinggi terhadap cuaca musiman[2]. Sementara itu, sistem monitoring berbasis IoT dengan dukungan energi PLTS membantu menjaga kontinuitas pemantauan di area pertanian terpencil[4].

2.4 Integrasi IoT dan Kecerdasan Buatan (AI)

Integrasi IoT dan AI memungkinkan sistem pertanian tidak hanya bersifat reaktif tetapi juga prediktif. Dalam konteks irigasi, algoritma seperti Decision Tree dapat memprediksi kebutuhan air berdasarkan pola suhu, kelembaban tanah, dan kelembaban udara sehingga keputusan penyiraman menjadi lebih adaptif [3]. Pada bidang pengendalian hama, AI seperti CNN dan YOLO dapat mendeteksi keberadaan hama dan menganalisis kondisi lingkungan untuk mencegah serangan lebih awal. Integrasi sensor IoT dengan model AI meningkatkan akurasi monitoring dan membantu menjaga stabilitas vegetasi pertanian[4].

BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 Alat dan Bahan

Untuk membangun prototipe sistem irigasi adaptif ini, komponen yang digunakan adalah sebagai berikut:

3.1.1 Perangkat Keras (Hardware)

1. **ESP32 Modul WiFi:** Sebagai mikrokontroler utama yang memproses data, terhubung ke WiFi, mengambil data API, dan mengontrol aktuator.
2. **Soil Moisture Sensor:** Sensor untuk mengukur tingkat kelembaban tanah secara *real-time*.
3. **Sensor DHT11:** Sensor untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitar lingkungan tanam.
4. **Relay Module 1 Channel:** Berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh ESP32 untuk menghidupkan dan mematikan pompa air (aktuator).
5. **Water Pump (Pompa Air Mini):** Aktuator yang berfungsi memompa air dari tandon ke tanaman.
6. **Water Flow Sensor:** Sensor untuk mengukur debit air yang dikeluarkan oleh pompa, digunakan untuk monitoring dan kalkulasi penggunaan air.
7. **Kabel Jumper (Male-Female, Male-Male):** Untuk menghubungkan semua komponen elektronik pada breadboard dan mikrokontroler.
8. **Breadboard:** Papan untuk merangkai prototipe sirkuit elektronik sementara

3.1.2 Perangkat Lunak (Software) dan Layanan

1. **Arduino IDE:** Digunakan sebagai *software* untuk memprogram mikrokontroler ESP32.
2. **Layanan API Prediksi Cuaca: (OpenWeatherMap)** Diperlukan akun dan API Key gratis untuk mengakses data prediksi cuaca per jam.
3. **Library Arduino:**
 - a. **HTTPClient.h:** Untuk melakukan permintaan data (request) ke server API cuaca.
 - b. **ArduinoJson.h:** Untuk mem-parsing (membaca) balasan data JSON yang kompleks dari API.
 - c. **DHT.h:** Library untuk sensor DHT1

3.2 Alur dan Perancangan Perangkat Keras

3.2.1 Alur

1. **Input Real-time:** Sensor Kelembaban Tanah dan Sensor DHT11 (Suhu/Kelembaban) mengirimkan data analog/digital ke **ESP32**.
2. **Input Prediktif:** **ESP32** terhubung ke internet melalui WiFi dan mengambil data prediksi cuaca (JSON) dari **OpenWeatherMap API**.
3. **Proses Keputusan:** ESP32 menjalankan **Algoritma Keputusan Gabungan** (Sensor + Prediksi Cuaca) untuk menentukan status irigasi.
4. **Output Kontrol:** Hasil keputusan mengontrol **Relay Module** yang bertindak sebagai saklar untuk **Pompa Air Mini**.
5. **Monitoring:** Sensor Aliran Air memberikan *feedback* debit. Semua data (sensor, prediksi, status pompa) ditampilkan pada **Serial Monitor** Arduino IDE untuk pemantauan dan analisis data

3.2.2 Rencana Rangkaian (Hardware Interfacing)

Perancangan perangkat keras diimplementasikan menggunakan breadboard dan kabel jumper dengan konfigurasi sebagai berikut:

- **Mikrokontroler (ESP32):** Bertindak sebagai unit pemrosesan pusat. Ditenagai menggunakan kabel USB (5V) yang terhubung ke komputer atau adaptor daya.
- **Input Sensor:**
 - **Soil Moisture Sensor:** Output Analog (AO) sensor dihubungkan ke **GPIO 34** (Analog Input) pada ESP32 untuk membaca kelembaban tanah.

- **Sensor DHT11:** Pin Data dihubungkan ke **GPIO 21** (Digital Input) untuk memantau suhu dan kelembaban udara sekitar.
- **Output Aktuator:**
 - **Relay Module 1 Channel:** Pin Kontrol (IN) dihubungkan ke **GPIO 23** (Digital Output). Relay berfungsi sebagai saklar elektronik untuk memutus dan menyambungkan arus listrik ke pompa air.
 - **Pompa Air Mini:** Kabel positif pompa dihubungkan ke terminal *Normally Open* (NO) pada Relay, dan sumber daya pompa diambil dari jalur catu daya eksternal (baterai/adaptor terpisah) atau pin VIN jika arus mencukupi.
- **Monitoring:** Pemantauan data sensor dan status sistem dilakukan secara langsung melalui koneksi serial (USB) yang ditampilkan pada **Serial Monitor** di Arduino IDE dengan *baud rate* 115200.

3.3 Metode Pengolahan Data

Sistem ini menggunakan logika pengambilan keputusan hibrida (*hybrid decision making*) yang menggabungkan data sensor lokal dan data API eksternal. Algoritma diprogram pada mikrokontroler ESP32 dengan ketentuan sebagai berikut:

1. **Normalisasi Data:** Data analog dari sensor *Soil Moisture* (0-4095) dikonversi menjadi persentase (0-100%). Nilai 0-40% dikategorikan sebagai "Kering", dan >40% sebagai "Basah/Lembab".
2. **Integrasi API Cuaca:** ESP32 melakukan *request* ke server OpenWeatherMap. Jika kode cuaca (Weather ID) bernilai < 600, sistem mengidentifikasi status "Akan Hujan".
3. **Logika Kontrol (Rule Base):**
 - a. **IF** Tanah Kering **AND** Tidak Akan Hujan **THEN** Pompa ON (Menyiram).
 - b. **IF** Tanah Kering **AND** Akan Hujan **THEN** Pompa OFF (Menunda/Hemat Air).
 - c. **IF** Tanah Basah **THEN** Pompa OFF (Standby).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

Sistem telah berhasil dirangkai dan kode program telah diunggah ke ESP32. Pengujian

dilakukan dengan memantau *output* data pada Serial Monitor Arduino IDE untuk memverifikasi logika sistem.

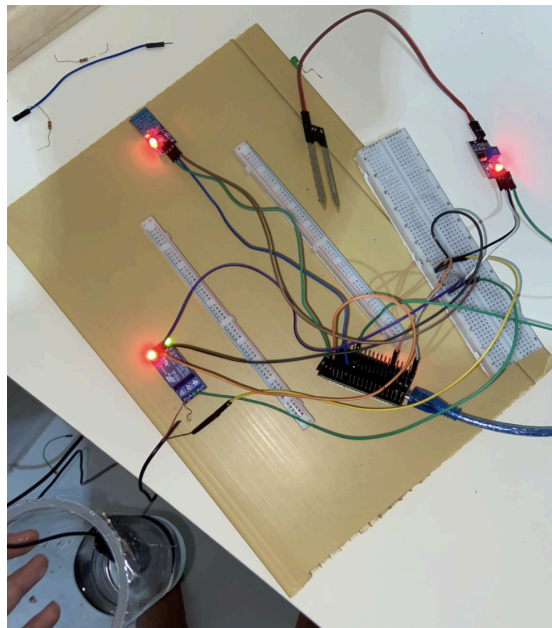
4.2 Hasil Pengujian Logika Sensor

Pengujian dilakukan pada dua kondisi tanah yang berbeda untuk memastikan aktuator (pompa) bekerja sesuai kebutuhan tanaman.

A. Kondisi Tanah Kering (Skenario Menyiram)

Pada pengujian ini, sensor dibiarkan di udara terbuka untuk mensimulasikan tanah kering.

- **Hasil:** Sensor mendeteksi kelembaban 10% (Kering) dan API Cuaca mendeteksi kondisi "Cerah".
- **Respon Sistem:** Serial Monitor menampilkan status "**KEPUTUSAN: [SIRAM] Menyalakan Pompa**". Hal ini membuktikan sistem responsif terhadap kekeringan.



Gambar 4.1 Rangkaian sistem saat pengujian kondisi tanah kering

```
Suhu Udara: 27.10 C  
Kelembaban Tanah: 10 %  
Status Cuaca (API): CERAH  
KEPUTUSAN: [SIRAM] Menyalakan Pompa.
```

Gambar 4.2 Tampilan serial monitor saat pompa menyala (tanah kering)

B. Kondisi Tanah Basah (Skenario Standby)

Pada pengujian ini, sensor dikondisikan basah (simulasi setelah disiram/hujan).

- **Hasil:** Sensor mendeteksi kelembaban 95% (Basah).
- **Respon Sistem:** Serial Monitor menampilkan status "**KEPUTUSAN: [STANDBY] Tanah lembab**". Sistem otomatis mematikan pompa untuk mencegah *over-watering*.

```
-----  
Suhu Udara: 27.10 C  
Kelembaban Tanah: 95 %  
Status Cuaca (API): CERAH  
KEPUTUSAN: [STANDBY] Tanah lembab.
```

Gambar 4.3 Tampilan serial monitor saat kondisi tanah basah

C. Kondisi Adaptif (Prediksi Hujan)

Pengujian ini dilakukan untuk memvalidasi fitur penghematan air. Sistem dikondisikan saat tanah kering (<40%), namun API mendeteksi adanya potensi hujan turun.

- **Hasil:** Meskipun tanah kering, sistem mendeteksi status cuaca "Akan Hujan".
- **Respon Sistem:** Serial Monitor menampilkan "**KEPUTUSAN: [TUNDA] Hemat air, akan hujan**". Relay tetap mati untuk menghindari pemborosan air karena kebutuhan air akan terpenuhi oleh hujan alami.

```
-----  
Suhu Udara: 26.70 C  
Kelembaban Tanah: 10 %  
Status Cuaca (API): AKAN HUJAN  
KEPUTUSAN: [TUNDA] Hemat air, akan hujan.
```

Gambar 4.4 Tampilan serial monitor saat Sistem menunda penyiraman

4.3 Analisis Efisiensi

Berdasarkan pengujian di atas, sistem terbukti mampu bekerja secara otomatis menggantikan peran manusia. Sistem hanya menyalakan pompa saat parameter kelembaban berada di bawah ambang batas (<40%) dan cuaca mendukung, sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien dibandingkan penyiraman manual berbasis waktu (*timer*).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem irigasi cerdas adaptif ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem berhasil mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 dengan API OpenWeatherMap untuk mengambil data prediksi cuaca secara *real-time*.
2. Logika *hybrid* yang diterapkan mampu bekerja dengan baik: sistem menyiram saat tanah kering dan cuaca cerah, serta otomatis berhenti (*standby*) saat tanah basah.
3. Implementasi sistem ini berpotensi meningkatkan efisiensi air dibandingkan irigasi konvensional karena penyiraman didasarkan pada kebutuhan aktual tanaman dan kondisi lingkungan.

5.2 Saran

Pengembangan selanjutnya disarankan untuk:

1. Menambahkan sumber daya mandiri seperti panel surya agar alat dapat dipasang di lahan yang jauh dari sumber listrik.
2. Mengembangkan aplikasi *mobile* khusus untuk mempermudah pemantauan jarak jauh tanpa bergantung pada Serial Monitor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rahayu, "Implementasi Teknologi Internet of Things (IoT) dalam Meningkatkan Efisiensi Sistem Pertanian Modern," *Mutiara: Multidisciplinary Scientific Journal*, vol. 3, no. 9, 2025.
- [2] M. Santo Gitakarma *et al.*, "PEMANTAUAN LINGKUNGAN PERTANIAN DENGAN MENGGUNAKAN WEATHER STATION BERBASIS IOT: SOLUSI EFEKTIF UNTUK PETANI DI ERA DIGITAL," *Jurnal Komputer dan Teknologi Sains (KOMTEKS)*, vol. 4, no. 1, 2025.
- [3] M. Iqbal Bagus Prasetyo Hutomo *et al.*, "SMART IRRIGATION MANAGEMENT: UTILIZING DECISION TREE FOR PREDICTIVE ANALYSIS IN CROP CULTIVATION MANAJEMEN IRIGASI CERDAS: MEMANFAATKAN DECISION TREE UNTUK UNTUK ANALISIS PREDIKTIF DALAM BUDIDAYA TANAMAN," *Journal of Scientech Research and Development*, vol. 6, no. 2, 2024, [Online]. Available: <https://idm.or.id/JSCR/in>

- [4] N. Nurhayati, M. As'ad Rosyadi, S. E. Cahyaningrum, A. Izulhaq, and A. Suryaningsih, "INTEGRASI TEKNOLOGI IoT UNTUK PENGENDALIAN HAMA DAN OPTIMASI VPD PADA PERTANIAN PADI BERBASIS PLTS," 2026.

LAMPIRAN

Seluruh kode program (*firmware*) untuk mikrokontroler ESP32, skema rangkaian, dan dokumentasi proyek ini telah diunggah dan dapat diakses secara terbuka melalui repositori GitHub berikut:

<https://github.com/krisnapratama513/Smart-Irrigation-IoT>