

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian oleh (Owais Quadri et al., 2023) mengintegrasikan prediksi cuaca dalam sistem irigasi cerdas menggunakan data sensor tanah serta informasi prakiraan cuaca. Algoritma cerdas memanfaatkan data kelembapan, suhu tanah, dan parameter lingkungan lainnya untuk mengoptimalkan penggunaan air. Sistem ini dilengkapi dengan fitur analisis data berbasis cloud dan antarmuka web untuk visualisasi informasi secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi IoT dengan prediksi cuaca dapat meningkatkan efisiensi irigasi sekaligus mengurangi dampak lingkungan dari aktivitas pertanian.

Dalam penelitian (Lestari & Antony, n.d.) dikembangkan sistem penyiraman otomatis untuk budidaya tanaman cabai menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. Sistem ini dilengkapi dengan sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu lingkungan dan sensor Soil Moisture untuk mengukur kelembapan tanah. Sistem ini dirancang agar pompa air menyala secara otomatis ketika kelembapan tanah di bawah 70% dan suhu melebihi 20°C, yang merupakan kondisi optimal untuk pertumbuhan cabai. Data kelembapan dan suhu juga ditampilkan pada LCD serta disimpan dalam database MySQL yang terhubung dengan sistem berbasis web.

Pada penelitian (Agus Ulinuha dan Almas Ghulam Riza, n.d.) menerapkan teknologi Internet of Things (IoT) dalam pengelolaan pertanian, khususnya dalam pemantauan kelembapan tanah dan pengendalian pompa air secara otomatis. Penelitian ini dimulai dengan pengujian pembacaan sensor untuk memastikan validitas data yang diperoleh dari berbagai media tanam, seperti pasir, tanah, udara bebas, dan air. Sistem yang dikembangkan menggunakan NodeMcu sebagai pengendali mikro, yang terhubung dengan sensor kelembapan tanah dan modul WiFi ESP8266 untuk mengirimkan data ke aplikasi antarmuka Blynk. Dengan sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi tanah secara real-time dan mengendalikan penyiraman tanaman melalui smartphone. Pengujian lebih lanjut

dilakukan untuk menentukan jarak terjauh di mana pompa air dapat dioperasikan, yang menunjukkan adanya delay respons seiring bertambahnya jarak. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan IoT dalam pertanian tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam penyiraman tanaman, tetapi juga memberikan kemudahan bagi petani dalam mengelola lahan pertanian mereka secara lebih efektif dan responsif terhadap kondisi lingkungan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Ferdiansyah et al., n.d.) dari Fakultas Teknik Universitas Majalengka, API OpenWeatherMap digunakan sebagai sumber data utama untuk mengumpulkan informasi cuaca harian. Penelitian tersebut berfokus pada prediksi pilihan sarapan pagi menggunakan algoritma Random Forest berdasarkan pola cuaca. API OpenWeatherMap dipilih karena kemampuannya menyediakan data cuaca yang dapat diakses secara programatik, termasuk informasi suhu, kelembaban, dan kondisi cuaca secara real-time. Data yang dikumpulkan melalui API ini kemudian disimpan dalam format Excel (.xlsx) untuk memudahkan pengolahan dan analisis lebih lanjut. Pengumpulan data cuaca dilakukan selama periode tujuh bulan untuk memastikan adanya variasi pola cuaca yang signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan data cuaca dari API OpenWeatherMap, dikombinasikan dengan algoritma Random Forest, mampu menghasilkan model prediktif dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi mencapai 94,84% dalam memprediksi pilihan sarapan berdasarkan kondisi cuaca.

Optimalisasi Penyiraman Tanaman dengan Prediksi Cuaca

Real-Time Berbasis OpenWeatherMap

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

NAMA	JUDUL	KOMPONEN	HASIL
Puji Lestari 1) , Tasmi, S.Si,	SISTEM PENYIRAMA N BUDIDAYA	• ESP32 • Sensor Soil Moisture	Penerapan teknologi IoT untuk memantau gangguan kerusakan pada

NAMA	JUDUL	KOMPONEN	HASIL
M.Kom 2) , Fery Antony, ST, M.Kom 3)	TANAMAN CABAI BERDASARK AN PENGUKURA N SUHU DAN KELEMBABA N TANAH	• Sensor DHT11 • RTC (Real Time Clock) • Pompa air • Mini Driver 1298n • LCD Modul karakter 16x2 • Adaptor	lampu PJU dengan sensor ZMPT101B untuk mengembangkan sistem berbasis Internet of Things (IoT) yang membantu petani dalam memantau suhu dan kelembaban tanah untuk tanaman cabai. Dengan menggunakan mikrokontroler NodeMcu ESP32 dan sensor DHT11 serta Soil Moisture, sistem ini dapat secara otomatis mengendalikan penyiraman tanaman berdasarkan kondisi tanah.

Md Owais Quadri [1] , Mahmood Farmaan [2] , Md. Anas [3] , Praveen Kumar [4]	Irigasi Cerdas dan Prediksi Kesehatan Tanaman	• Mikrokontroler ESP32 • ESP32 Cam • DHT11 • RELAY • Soil Moisture Sensor	Penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem irigasi pintar untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air dalam pertanian. Dengan meningkatnya
---	---	---	--

NAMA	JUDUL	KOMPONEN	HASIL
		• LCD Display	kekurangan air bersih di seluruh dunia, penggunaan sistem irigasi pintar yang mengandalkan sensor untuk memantau parameter tanah dan kondisi lingkungan menjadi sangat relevan.

(Agus Ulinuha dan Almas Ghulam Riza, n.d.)	SISTEM MONITORING DAN PENYIRAM TANAMAN OTOMATIS BERBASIS ANDROID DENGAN APLIKASI BLYNK	• Pengendali Mikro • Sensor Kelembapan Tanah • Platform Blynk • Pompa Motor DC • Power Adaptor 5 Volt: • Modul I2C	Pengembangan sistem penyiraman otomatis yang memanfaatkan teknologi IoT untuk memantau kelembapan tanah dan mengendalikan pompa air. Sistem ini dirancang untuk memberikan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi Blynk pada smartphone, berdasarkan tingkat kelembapan tanah yang terdeteksi.
(Ferdiansyah et al., n.d.)	MEMPREDIKSI PILIHAN SARAPAN PAGI	• API OpenWeatherMap • Microsoft Excel	Model Random Forest yang dikembangkan menunjukkan performa yang sangat baik dengan

NAMA	JUDUL	KOMPONEN	HASIL
	MENGGUNAKAN RANDOM FOREST BERDASARKAN POLA CUACA	RapidMiner	mencapai tingkat akurasi 94,84%. Dalam prediksi spesifik, model berhasil memberikan nilai prediksi sebesar 68 untuk pilihan bubur ayam dan kupat tahu, serta nilai 66 untuk pilihan nasi kuning. Analisis feature importance mengungkapkan bahwa tiga faktor utama yang paling berpengaruh dalam prediksi adalah suhu, kelembaban, dan tingkat kepercayaan dalam pemilihan bubur ayam.
Revi Pebian	Sistem Penyiraman Cerdas Berbasis IoT dengan Prediksi Cuaca Real Time melalui API OpenWeather Map (Studi Kasus : Kebun Biologi FMIPA UNRI)	- ESP32 - Relay 5 - Solenoid Valve - RTC	Membuat system penyiraman tanaman otomatis dan terjadwal tanpa adanya kegagalan akibat error dalam pembacaan sensor, serta bisa melakukan penundaan melalui integrasi dengan prediksi cuaca dari API OpenWeatherMap.

Integrasi Prediksi Cuaca vs Sensor Lokal: Penelitian oleh Lestari & Antony dan Agus Ulinuha memfokuskan sistem otomatisasi pada pembacaan sensor lokal (suhu dan kelembapan tanah) secara real-time. Namun, sistem tersebut memiliki kelemahan dalam mengantisipasi kondisi cuaca masa depan yang dapat menyebabkan overwatering jika hujan turun sesaat setelah penyiraman otomatis selesai. Penelitian Saya mengisi celah ini dengan mengintegrasikan API OpenWeatherMap untuk mendapatkan data probabilitas hujan (PoP) sebagai parameter preventif sebelum penyiraman dilakukan.

Validasi Penggunaan API OpenWeatherMap: Referensi dari Ferdiansyah et al. menunjukkan akurasi API OpenWeatherMap mencapai 94,84% dalam memprediksi pola cuaca untuk aplikasi lain. Namun, dalam implementasi irigasi Saya, ditemukan bahwa nilai PoP tetap merupakan probabilitas dan terkadang tidak sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Secara kritis, penelitian Anda menyikapi ketidakpastian ini dengan tidak hanya mengandalkan API, tetapi tetap menggunakan sensor kelembapan tanah sebagai verifikator kondisi aktual lahan sebelum keputusan akhir diambil.

Pemanfaatan Data Log untuk Evaluasi: Berbeda dengan penelitian terdahulu yang mayoritas hanya fokus pada aksi real-time, sistem saya mengintegrasikan Google Apps Script untuk mencatat setiap keputusan sistem ke dalam Google Spreadsheet. Hal ini memberikan nilai tambah berupa data historis yang dapat digunakan untuk evaluasi efisiensi penggunaan air secara jangka Panjang.

Spesifikasi Kebutuhan Tanaman: Penelitian Saya lebih spesifik menargetkan tanaman yang membutuhkan kelembapan optimal 46-70%. Dengan menggunakan logika durasi yang dikurangi (ketika tanah lembap atau diprediksi hujan) dan pembatalan penyiraman (ketika tanah basah), sistem saya menawarkan pendekatan yang lebih adaptif dibandingkan sistem irigasi konvensional yang hanya menggunakan jadwal tetap.

Sebagai sintesis dari berbagai penelitian terdahulu tersebut, penelitian ini mengusung sebuah pendekatan integratif yang menggabungkan keunggulan kontrol dan pemantauan jarak jauh melalui platform Blynk, pemanfaatan data prediktif yang akurat dari API OpenWeatherMap, serta validasi kondisi aktual di

lapangan menggunakan sensor kelembapan tanah local. Dengan mengombinasikan ketiga elemen utama ini, sistem yang dikembangkan mampu menutupi keterbatasan sistem irigasi konvensional yang hanya mengandalkan jadwal tetap atau satu parameter sensor saja. Integrasi tersebut menghasilkan sistem penyiraman yang lebih tangguh dan adaptif terhadap perubahan cuaca yang dinamis, sekaligus memastikan bahwa keputusan penyiraman yang diambil didasarkan pada data prediksi dan kondisi nyata tanah secara bersamaan

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengaruh Sistem Penyiraman Cerdas terhadap Efisiensi Penggunaan Air

P Sistem penyiraman cerdas merupakan teknologi yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air melalui pengambilan keputusan penyiraman berdasarkan kondisi lingkungan. Berbeda dengan sistem penyiraman konvensional yang bekerja berdasarkan jadwal tetap, sistem penyiraman cerdas memanfaatkan data cuaca, kondisi tanah, maupun parameter lingkungan lainnya untuk menentukan kebutuhan air secara lebih akurat.

Menurut (Mayer & Deoreo, 2010), penggunaan weather-based smart controller mampu meningkatkan efisiensi irigasi dengan menyesuaikan jadwal penyiraman berdasarkan kondisi cuaca. Sistem tersebut dapat mengurangi penyiraman yang tidak diperlukan pada saat terdapat potensi hujan atau ketika kebutuhan air tanaman sedang rendah. Dengan demikian, penggunaan air menjadi lebih efisien dan risiko pemborosan air akibat penyiraman berlebihan dapat diminimalkan.

Pada penelitian ini, efisiensi penggunaan air dicapai melalui kombinasi data prediksi cuaca dari API OpenWeatherMap dan data kelembapan tanah dari sensor kelembapan tanah. Sistem akan mengurangi durasi penyiraman ketika terdapat potensi hujan serta membatalkan penyiraman apabila kelembapan tanah berada pada kondisi basah. Pendekatan tersebut memungkinkan penyiraman dilakukan sesuai kebutuhan aktual sehingga penggunaan air menjadi lebih efektif dan efisien.

2.2.2 ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang canggih dengan kemampuan pemrosesan tinggi dan fitur-fitur yang mendukung WiFi dan Bluetooth. ESP32 dilengkapi dengan dua core CPU, berbagai pin I/O, dan berbagai modul tambahan seperti sensor suhu, sensor hall, dan lainnya. Dalam aplikasi IoT, ESP32 sering digunakan sebagai pusat kontrol karena kemampuannya untuk mengelola berbagai perangkat dan sensor secara efisien.



Gambar 2. 2 Mikrokontroler ESP32

Tabel 2. 2 Datasheet ESP32

No	Atribut	Detail
1.	Prosesor	Dual-core Tensilica LX6 dengan frekuensi hingga 240 MHz
2.	Memori	520 KB SRAM, 16 MB Flash
3.	Konektivitas	WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth v4.2 BR/EDR dan BLE
4.	GPIO	34 pin GPIO, termasuk PWM, ADC, DAC, I2C, SPI, dan UART
5.	Sensor	Sensor suhu internal, sensor hall effect
6.	Tegangan Operasional	3.3V
7.	Dimensi	25.5 mm x 51 mm

2.2.3 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang memungkinkan perangkat fisik untuk saling terhubung dan berkomunikasi melalui internet. IoT

mengintegrasikan perangkat keras, sensor, dan aktuator dengan jaringan internet, memungkinkan pertukaran data dan pengendalian perangkat secara real-time. Dalam konteks pertanian, IoT sering digunakan untuk memantau kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan kadar air tanah untuk mengoptimalkan pengelolaan lahan. Menurut Gubbi et al. (2013), IoT dapat meningkatkan efisiensi dalam berbagai sektor termasuk pertanian, dengan memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data dan otomatisasi sistem .

Dalam proyek ini, teknologi IoT memungkinkan sistem penyiraman untuk terhubung dengan jaringan internet sehingga data dari sensor dapat dipantau dan dianalisis secara real-time. Sistem ini juga memungkinkan kontrol jarak jauh melalui aplikasi yang terhubung, seperti Blynk, yang memberikan fleksibilitas bagi pengguna.

2.2.4 Relay

Gambar 2.2 merupakan penampakan relay. Relay adalah Saklar (Switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.



Gambar 2. 3 Relay 5 Chanel

Tabel 2. 3 Datasheet Relay

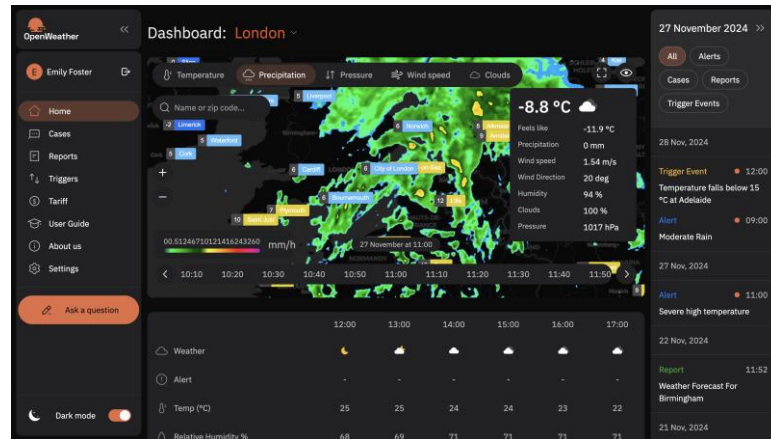
No	Nomor Pin	Nama pin	Deskripsi
1.	1	Relay Trigger	Masukan untuk mengaktifkan relai
2.	2	Ground	referensi 0V

3.	3	VCC	Pasokan input untuk memberi daya pada koil relai
4.	4	Normally Open	Terminal relay biasanya terbuka
5.	5	Common	Terminal umum relay
6.	6	Normally Closed	Kontak relai yang biasanya tertutup

2.2.5 *Prediksi Cuaca Real-Time (API OpenWeatherMap)*

Gambar 2.4 merupakan OpenWeatherMap API. OpenWeatherMap API adalah sebuah layanan yang menyediakan akses data cuaca secara real-time, termasuk informasi tentang suhu, kelembapan, tekanan udara, dan kondisi cuaca lainnya. API ini memungkinkan pengembang untuk mengintegrasikan data cuaca ke dalam aplikasi mereka dengan cara yang efisien dan mudah. Untuk memulai penggunaan API ini, pengguna harus mendaftar dan mendapatkan kunci API yang berfungsi sebagai autentikasi saat melakukan permintaan data. Setelah mendapatkan kunci, pengguna dapat menggunakan berbagai pustaka pemrograman, seperti Python dengan requests atau pyowm, untuk mengambil dan mengolah data cuaca dari server OpenWeatherMap.

Salah satu keunggulan OpenWeatherMap adalah kemampuannya untuk menyediakan data tidak hanya untuk kondisi cuaca saat ini, tetapi juga perkiraan cuaca jangka pendek dan panjang. Data yang diambil dari API disajikan dalam format JSON, yang memudahkan pemrogram untuk memparse dan menampilkan informasi tersebut dalam aplikasi mereka. Dengan lebih dari dua juta pengguna di seluruh dunia, termasuk perusahaan-perusahaan besar, OpenWeatherMap telah menjadi salah satu sumber terpercaya untuk informasi cuaca yang akurat dan terkini. Penggunaan API ini sangat relevan dalam pengembangan aplikasi berbasis smartphone maupun web yang membutuhkan informasi cuaca sebagai bagian dari fungsionalitasnya.



Gambar 2. 4 Tampilan Dashboard web API OpenWeatherMap

2.2.6 Platform Blynk

Blynk adalah platform yang dirancang untuk mempermudah pengembangan aplikasi Internet of Things (IoT), memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memonitor perangkat keras seperti Arduino, Raspberry Pi, dan ESP8266 melalui smartphone. Dengan antarmuka grafis yang intuitif, Blynk memungkinkan pengguna untuk membuat aplikasi IoT tanpa memerlukan pengetahuan pemrograman yang mendalam. Pengguna cukup mendaftar, mengunduh aplikasi Blynk, dan membuat proyek baru dengan memilih jenis perangkat yang akan digunakan. Setelah itu, mereka dapat menambahkan berbagai widget seperti tombol dan slider dengan metode drag-and-drop untuk mengatur kontrol perangkat.

Platform ini mendukung berbagai jenis koneksi, termasuk Wi-Fi dan Bluetooth, sehingga pengguna dapat mengendalikan perangkat dari jarak jauh selama terhubung ke internet. Selain itu, Blynk menyediakan token autentikasi yang diperlukan untuk menghubungkan aplikasi dengan perangkat keras. Dengan kemampuan untuk menyimpan data sensor dan menampilkan hasil pengukuran secara real-time, Blynk sangat cocok untuk berbagai aplikasi IoT, mulai dari otomasi rumah hingga pemantauan lingkungan. Kemudahan penggunaan dan fleksibilitasnya menjadikan Blynk sebagai pilihan populer di kalangan pengembang dan hobiis dalam dunia IoT.



Gambar 2. 5 Tampilan Aplikasi Blynk.

2.2.7 Efisiensi Penggunaan Air dalam Pertanian

Penggunaan air secara efisien dalam pertanian merupakan salah satu tantangan utama di era modern, terutama dengan adanya ancaman perubahan iklim dan kekurangan air di berbagai wilayah. Teknologi penyiraman cerdas, terutama yang berbasis IoT, telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air di sektor pertanian. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zarco-Tejada et al. (2014), sistem penyiraman otomatis yang mengintegrasikan sensor kelembapan dan prediksi cuaca mampu mengurangi penggunaan air hingga 30% dibandingkan dengan sistem penyiraman manual .

Dalam proyek ini, sistem penyiraman otomatis diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dengan menunda penyiraman saat prediksi cuaca mendeteksi hujan dan hanya melakukan penyiraman ketika kondisi tanah benar-benar memerlukan

2.2.8 Solenoid Valve

Solenoid valve adalah komponen elektromekanis yang berfungsi untuk mengendalikan aliran fluida dalam sistem pipa dengan menggunakan prinsip elektromagnetik. Pada dasarnya, solenoid valve terdiri dari dua bagian utama: solenoid, yang merupakan kumparan kawat yang menghasilkan medan magnet saat dialiri arus listrik, dan badan valve yang berisi mekanisme untuk membuka atau menutup aliran fluida. Ketika arus listrik mengalir melalui solenoid, medan magnet yang dihasilkan akan menarik atau mendorong sebuah plunger (batang

penggerak) yang terhubung dengan mekanisme valve, sehingga memungkinkan atau menghentikan aliran fluida.

Keunggulan solenoid valve terletak pada kemampuannya untuk beroperasi secara otomatis dan cepat, menjadikannya ideal untuk aplikasi yang memerlukan kontrol aliran yang presisi, seperti dalam sistem irigasi, HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), serta berbagai aplikasi industri. Solenoid valve tersedia dalam berbagai ukuran dan jenis, termasuk normally open (NO) dan normally closed (NC), yang masing-masing memiliki fungsi berbeda tergantung pada kebutuhan sistem. Dengan kemampuan untuk mengendalikan aliran fluida secara efisien dan responsif, solenoid valve memainkan peran penting dalam banyak sistem otomasi dan kontrol modern.



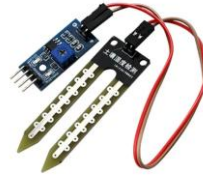
Gambar 2. 6 Solenoid Valve DC 12v

2.2.9 Soil Moisture Sensor

Soil Moisture Sensor adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar kelembaban tanah secara akurat. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi perubahan sifat listrik tanah, seperti resistansi atau kapasitansi, yang dipengaruhi oleh kandungan air di dalamnya. Teknologi resistif mengukur hambatan listrik antara dua elektroda dalam tanah, sementara teknologi kapasitif mengukur perubahan kapasitansi akibat interaksi tanah dengan air. Hasil pengukuran dari sensor ini biasanya berupa data analog atau digital yang mencerminkan tingkat kelembaban tanah.

Perangkat ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pertanian, penelitian lingkungan, dan pengelolaan taman. Dalam pertanian, Soil Moisture Sensor memungkinkan pengelolaan irigasi yang lebih efisien dengan menyediakan data kelembaban tanah secara real-time. Informasi ini membantu pengguna untuk menentukan waktu dan jumlah penyiraman yang optimal,

sehingga menghindari overwatering atau underwatering yang dapat merugikan tanaman. Dengan kemampuannya yang praktis dan presisi, sensor ini menjadi komponen penting dalam sistem otomatisasi modern.



Gambar 2. 7 Soil Moisture Sensor

Tabel 2. 4 Datasheet Soil Moisture Sensor

No.	Nama Pin	Nomor Pin	Deskripsi
1.	VCC	1	Pin Vcc memberi daya pada modul, biasanya dengan +5V
2.	GND	2	Tempat Catu Daya
3.	DO	3	Pin Keluaran Digital untuk Keluaran Digital
4.	AO	4	Pin Keluar Analog untuk Output Analog

2.2.10 Real Time Clock (RTC)

Real Time Clock (RTC) merupakan komponen elektronik yang berfungsi seperti jam dan kalender digital untuk menghitung waktu mulai dari detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan hingga tahun secara akurat. RTC dilengkapi dengan baterai cadangan yang memungkinkannya tetap berjalan meskipun sistem utama atau mikrokontroler dimatikan. Dalam penerapannya, RTC sangat berguna untuk sistem yang membutuhkan pencatatan waktu yang presisi, seperti sistem pencatatan data, penjadwalan otomatis, atau monitoring jangka panjang. Modul RTC yang umum digunakan adalah DS3231 yang menggunakan protokol komunikasi I2C atau SPI untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, dengan keunggulan berupa tingkat akurasi yang tinggi berkat penggunaan osilator kristal yang telah dikompensasi suhu, serta konsumsi daya yang sangat rendah sehingga baterai cadangan dapat bertahan hingga bertahun-tahun.



Gambar 2. 8 Modul RTC

Tabel 2. 5 Datasheet RTC

No.	Pin Name	Pin No.	Description
1.	DS	1	Pemilihan data (pembacaan suhu keluaran jika modul Anda memiliki sensor suhu DS18B20 yang terpasang)
2.	SCL	2	Serial Clock Pin
3.	SDA	3	Serial Data Pin
4.	VCC	4	Tegangan Pasokan Chip
5.	GND	5	Ground
6.	BAT	6	input pasokan cadangan untuk sel litium 3V standar apa pun
7.	GND	7	Ground
8.	VCC	8	Tegangan Pasokan Chip
9.	SDA	9	input/output data untuk antarmuka serial I2C.
10.	SCL	10	Serial Clock Pin (input untuk antarmuka I2C dan digunakan untuk menyinkronkan pergerakan data pada antarmuka serial.)
11.	DS	11	Pemilihan data (pembacaan suhu keluaran jika modul Anda memiliki sensor suhu DS18B20 yang terpasang)
12.	SQ	12	mengeluarkan salah satu dari empat frekuensi gelombang persegi 1Hz, 4kHz, 8kHz atau 32kHz

2.2.11 Google Apps Script

Google Apps Script (GAS) merupakan platform scripting berbasis JavaScript yang dikembangkan oleh Google untuk mengotomatisasi dan mengintegrasikan berbagai layanan pada Google Workspace seperti Google Sheets, Google Forms, Google Drive, dan Gmail. Melalui Google Apps Script, pengguna dapat membuat fungsi otomatis untuk membaca, mengolah, menyimpan, dan menampilkan data secara real-time pada Google Spreadsheet. (Google, 2025)

Google Apps Script menyediakan Application Programming Interface (API) yang memungkinkan aplikasi eksternal, termasuk perangkat Internet of Things (IoT), berkomunikasi dengan Google Spreadsheet melalui metode HTTP seperti GET dan POST. Dengan kemampuan tersebut, Google Spreadsheet dapat dimanfaatkan sebagai media penyimpanan data berbasis cloud tanpa memerlukan server database khusus.

Pada penelitian ini, Google Apps Script digunakan sebagai perantara antara ESP32 dan Google Spreadsheet. Data yang dikirim oleh ESP32 berupa waktu penyiraman, status relay, dan hasil keputusan sistem diterima oleh Google Apps Script melalui URL Web App, kemudian disimpan secara otomatis ke dalam Google Spreadsheet sebagai data log system.