

RANCANG BANGUN SMART FARMING PADA TANAMAN KACANG BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

Bayu Setyo Aji, Suryo Adi Wibowo, Ahmad Faisol
Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang
Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia
2018025@scholar.itn.ac.id

ABSTRAK

Pertanian adalah sektor penting dalam ekonomi global yang menghadapi tantangan cuaca tidak menentu. Tanaman kacang tanah, sebagai komoditas penting, memerlukan air dan nutrisi yang tepat untuk tumbuh optimal. Cuaca yang tidak stabil membuat manajemen irigasi sulit, menurunkan hasil panen, dan meningkatkan biaya produksi. Tujuan penelitian ini adalah membangun sistem monitoring lingkungan yang efektif untuk tanaman kacang tanah dengan sensor real-time untuk suhu udara, kelembaban tanah, kelembaban udara, dan intensitas cahaya, serta mendesain sistem otomatisasi irigasi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan kualitas pertumbuhan tanaman. Sistem monitoring dan otomatisasi irigasi berbasis IoT pada tanaman kacang tanah memantau parameter seperti kelembaban tanah, kelembaban udara, dan suhu secara real-time. Data dari sensor-sensor digunakan untuk mengatur irigasi dan memberikan notifikasi kondisi lingkungan, meningkatkan efisiensi irigasi dan hasil panen. Berdasarkan hasil pengujian, beberapa sistem, fitur, dan menu telah berjalan lancar. Persentase error sensor-sensor adalah sebagai berikut: Moisture (9,09% - 1,33%), pH tanah (8,33% - 0%), DHT11 suhu (5,0% - 1,43%), DHT11 kelembaban (5,56% - 1,27%), Ombrometer (3,38% - 0,35%), dan Sensor Cahaya (8,33% - 1,85%). Response time keseluruhan berkisar antara 4,65 detik hingga 5,03 detik dengan rata-rata 4,83 detik. Response time sensor ke Firebase bervariasi dari 1640 ms (tercepat) hingga 1880 ms (terlambat), dengan rata-rata 1736,9 ms. Rancangan sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan fitur dan perbaikan.

Kata kunci : IOT, Kacang Tanah, Soil Moisture, Sensor Suhu, Monitoring, Mobile

1. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor penting dalam ekonomi global yang terus berkembang [19].

Namun, sektor ini sering kali menghadapi tantangan yang signifikan, terutama dalam mengatasi cuaca yang tidak menentu [20].

Tanaman kacang tanah, yang merupakan salah satu komoditas penting dalam pertanian, juga tidak luput dari dampak cuaca yang tidak terduga.

Pertumbuhan dan produktivitas tanaman kacang tanah sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air dan nutrisi yang optimal [3].

Namun, kondisi cuaca yang tidak menentu, seperti kekurangan air atau kelebihan air akibat hujan berlebih, serta perubahan suhu yang ekstrem, membuat manajemen irigasi menjadi sulit dilakukan secara efektif [21].

Selain itu, penggunaan sumber daya seperti air secara berlebihan juga dapat berdampak negatif pada lingkungan. Metode irigasi tradisional kurang efisien dan membutuhkan pengawasan yang intensif. Penggunaan teknik irigasi tetes telah menjadi pilihan yang umum dalam meminimalkan pemborosan air dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya [22].

Dalam menghadapi tantangan ini, teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan memberikan solusi yang efektif [23].

Dengan menggunakan sensor untuk memantau kondisi lingkungan, sistem monitoring dan otomatisasi irigasi pada tanaman kacang tanah dapat memantau parameter seperti kelembaban tanah, kelembaban

udara, suhu, dan lainnya secara real-time. Data yang diperoleh dari sensor-sensor tersebut digunakan untuk mengatur irigasi tanaman dan mendapatkan pemberitahuan berupa notifikasi kondisi lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pendahuluan

Penelitian terdahulu oleh Andrianto, dalam "Penerapan IoT Pada Perawatan Tanaman Di Dalam Rumah" bertujuan menerapkan sistem perawatan IoT secara *indoor*. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian saya dalam mengembangkan sistem kontrol otomatis di bidang pertanian. Namun, terdapat beberapa perbedaan, yaitu penelitian sebelumnya menggunakan pendekatan *fuzzy logic* pada sensor-sensor yang digunakan, sementara penelitian ini menggunakan metode akumulasi satuan panas untuk menentukan fase pertumbuhan. Selain itu, penelitian sebelumnya diterapkan pada tanaman *Rombusa Mini* di dalam rumah (*indoor*), sedangkan penelitian ini diterapkan pada tanaman kacang untuk pertanian di luar ruangan (*outdoor*) [1].

Penelitian terdahulu oleh Sinambela, dalam "Penerapan IoT Terhadap Sistem Pendeteksi Kesuburan Tanah Pada Lahan Perkebunan" bertujuan mengembangkan sistem deteksi kesuburan tanah dengan mengukur pH tanah. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian saya dalam mengembangkan sistem deteksi kesuburan tanah di bidang pertanian. Namun, terdapat perbedaan, yaitu penelitian sebelumnya hanya berfokus pada sistem

monitoring tanpa alat kontrol sistem, sementara penelitian ini mencakup sistem kontrol dan monitoring. Selain itu, penelitian sebelumnya tidak menggunakan akumulasi panas untuk menentukan fase pertumbuhan, sedangkan penelitian ini menggunakan akumulasi panas untuk menentukan fase pertumbuhan tanaman [2].

2.2. Tanaman Kacang Tanah

Untuk mengelola lahan kering, diperlukan pengembangan komoditas yang toleran terhadap kondisi tersebut, serta pemupukan dan pengapuran untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara dan pH tanah. Salah satu tanaman yang cocok untuk lahan kering adalah kacang tanah (*Arachis hypogaea L.*), yang memiliki toleransi tinggi terhadap kekeringan dan mampu memanfaatkan *nitrogen* dari udara [3].

Kacang tanah umumnya berbunga dalam 6-8 minggu setelah tanam dengan bunga yang tumbuh dekat tanah, diikuti oleh pembentukan polong di dalam tanah. Panen kacang tanah biasanya dilakukan setelah 90-130 hari, ketika daun mulai menguning dan polong telah matang [4].

2.3. Arduino UNO

Arduino adalah sebuah sistem mikrokontroler yang terdiri dari perangkat keras, seperti mikrokontroler itu sendiri, dan perangkat lunak yang disebut *Arduino IDE (Integrated Development Environment)*. Sistem ini digunakan untuk mengendalikan perangkat elektronik dengan menggunakan input dan output digital serta analog, serta mendukung berbagai fitur seperti memori dan komunikasi serial [5].

2.4. Relay

Sebuah relay memungkinkan sinyal atau gelombang listrik untuk mengontrol atau mengaktifkan aliran listrik yang berbeda [6].

2.5. Sensor Hujan

Penakar hujan merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur jumlah hujan yang jatuh dalam periode waktu tertentu. Terdapat dua jenis utama perangkat pengukur curah hujan: manual dan otomatis [7].

2.6. DHT11

Sensor DHT11 adalah modul sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban dengan output berupa tegangan analog [8].

2.7. Sensor Cahaya

BH1750 adalah sensor cahaya digital yang memanfaatkan antarmuka I2C. Sensor ini sangat cocok untuk mengukur tingkat cahaya sekitar dengan rentang yang luas dan resolusi tinggi, yaitu sekitar 16-bit. [9].

2.8. Sensor pH Tanah

Ph meter digunakan untuk menilai kesuburan tanah dengan mengukur tingkat keasaman atau alkalinitasnya. Ini krusial karena pH tanah memengaruhi ketersediaan dan toksisitas berbagai unsur seperti Aluminium (Al), Besi (Fe), Mangan (Mn), Seng (Cu), dan Boron (B). Alat ini umum digunakan dalam industri pertanian untuk mengukur dan mengatur pH tanah [10].

2.9. Soil Moisture

Sensor kelembaban tanah YL-69 menggunakan dua probe untuk mengukur kandungan air dalam tanah. Modul sensor ini dilengkapi dengan IC LM393, yang berfungsi sebagai pembanding dengan offset rendah, memberikan stabilitas dan presisi tinggi dengan offset kurang dari 5mV [11].

2.10. ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*, menggantikan mikrokontroler ESP8266. Salah satu fitur utama dari ESP32 adalah keberadaan modul WiFi yang terintegrasi di dalam chip, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi *Internet of Things (IoT)* [6].

2.11. Android

Android adalah sistem operasi yang dirancang untuk perangkat mobile seperti tablet dan *smartphone*. Sistem ini dikembangkan oleh *Google* dan *Open Handset Alliance*. Android berbasis pada kernel *Linux* yang telah dimodifikasi dan dioptimalkan khusus untuk perangkat dengan antarmuka layar sentuh. [12].

2.12. Laravel

Laravel adalah *framework web open-source* yang menggunakan PHP sebagai basisnya, dikembangkan oleh Taylor Otwell. Framework ini dirancang untuk membangun aplikasi web dengan menerapkan pola desain MVC (*Model-View-Controller*) [13].

2.13. Android Studio

Android Studio merupakan *Integrated Development Environment (IDE)* yang dibuat oleh Google khusus untuk mendukung pengembangan aplikasi Android [14].

2.14. Firebase

Firebase adalah layanan dari *Google* yang dirancang untuk mempermudah para pengembang aplikasi dalam proses pengembangan. *Firebase*, yang juga dikenal sebagai *BaaS (Backend as a Service)*, adalah solusi yang ditawarkan oleh *Google* untuk mempercepat pengembangan aplikasi. [15].

2.15. OneSignal

OneSignal adalah layanan yang memungkinkan pengiriman notifikasi *push* dengan mengabstraksi detail terkait platform perangkat.

Dengan plugin *OneSignal*, aplikasi *OutSystems* dapat mengirim dan menerima notifikasi. [16].

2.16. Javascript

JavaScript adalah bahasa pemrograman yang memungkinkan pengembang web menambahkan fitur kompleks ke halaman web. Contohnya termasuk animasi 2D/3D, tampilan *slide* foto, saran teks otomatis, dan banyak lagi. *JavaScript* adalah lapisan ketiga dari Standar *Website*, bersama dengan *HTML* dan *CSS* [17]

2.17. Akumulasi Satuan Panas

Untuk mencatat suhu rata-rata harian selama penelitian, digunakan termometer max-min. Rumus perhitungan satuan panas (heat unit) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$HU = \sum(T - T_0) \quad (1)$$

Keterangan:

HU = satuan panas (Heat unit)

T = suhu rata-rata harian

T₀ = suhu dasar tanaman.

Untuk fase perkecambahan, diperlukan 65.1°C hari. Selama fase vegetatif, nilai satuan panas adalah 88.1°C hari untuk pembentukan daun, 186.7°C hari untuk pembentukan cabang tanaman, dan 310.5°C hari untuk pembentukan kuncup bunga. Pada fase generatif, kebutuhan satuan panas adalah 359.9°C hari untuk fase pembungaan, 506.5°C hari untuk pembentukan ginofor, 490.5°C hari untuk pembentukan polong, 715.5°C hari untuk pembentukan biji, dan 1399.5°C hari untuk polong siap panen [18].

Tabel 1. Konversi satuan hari ke satuan panas saat kacang tanah berbunga

Fase Pertumbuhan Tanaman	Nilai Satuan Panas (Heat Unit) (°C hari)
Perkecambahan	65.1
Pembentukan Daun	88.1
Pembentukan Cabang	186.7
Pembentukan Kuncup Bunga	310.5
Pembentukan Bunga	359.9
Pembentukan Ginofor	490.5
Pembentukan Polong	590.5
Pembentukan Biji	715.5
Panen	1399.5

3. METODE PENELITIAN

3.1. Kebutuhan Fungsional

Analisis kebutuhan fungsional mencakup semua proses yang akan dijalankan oleh sistem yang dirancang. Kebutuhan fungsional juga memuat informasi mengenai elemen-elemen yang harus ada dan keluaran yang harus dihasilkan oleh sistem yang akan dibuat.

- Sistem ini otomatis menyiram ketika kadar air dalam tanah berkurang.

- Sistem ini mengakumulasi data sensor untuk mengetahui kondisi lingkungan sekitar.
- Sistem ini menggunakan notifikasi untuk memberitahu kondisi lingkungan sekitar pada saat ini.

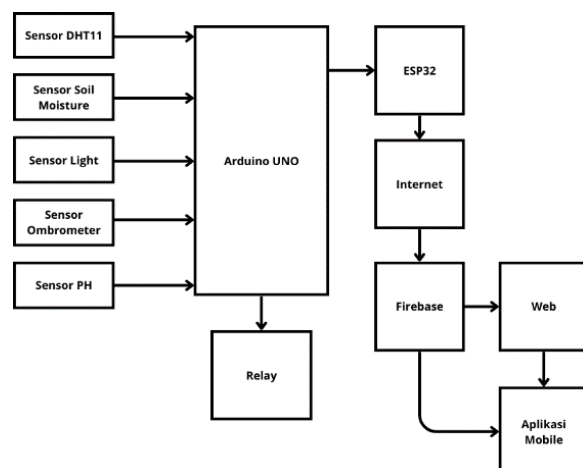
3.2. Kebutuhan Non-Fungsional

Analisis kebutuhan non-fungsional menjabarkan *property* apa saja yang digunakan oleh aplikasi atau sistem. diantaranya sebagai berikut:

- Sistem aplikasi mobile dan web harus menampilkan data-data real-time yang diterima dari sensor.
- Sistem web harus mampu menampilkan akumulasi data dalam bentuk tabel, baik itu tabel harian maupun tabel per jam, untuk periode tertentu.
- Sistem web harus memiliki kemampuan untuk mengakumulasi data dan menggunakan nilai-nilai tersebut untuk menentukan kondisi dan memberikan notifikasi kepada aplikasi mobile.
- Aplikasi mobile harus menampilkan riwayat notifikasi yang diperoleh dari sistem web.

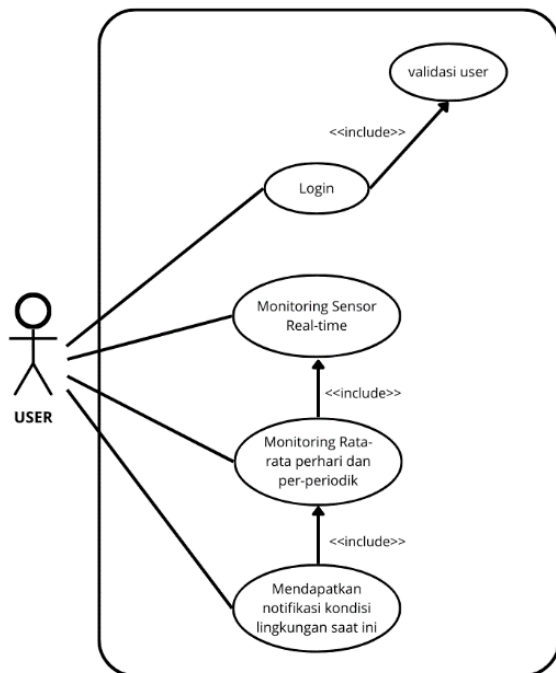
3.3. Diagram Blok Sistem

Proses dimulai dengan penggunaan *Arduino UNO* untuk mengambil data dari beberapa sensor. Di *Arduino UNO* itu sendiri nilai dari sensor akan diolah untuk dan data yang telah diolah akan dikirimkan ke *ESP32* dan juga digunakan untuk mengatur *switch* pada *relay*. Lalu di *ESP32* akan diatur waktu pengiriman datanya ke *firebase*, yang mana *esp32* dan *firebase* ini terhubung melalui internet. disini *web* dan aplikasi *mobile* akan mengambil data dari *firebase* untuk ditampilkan nilainya. Dan pada web data yang diperoleh akan diakumulasi, dan hasilnya digunakan sebagai acuan untuk mengirimkan notifikasi ke aplikasi *mobile*, proses tersebut dapat digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok

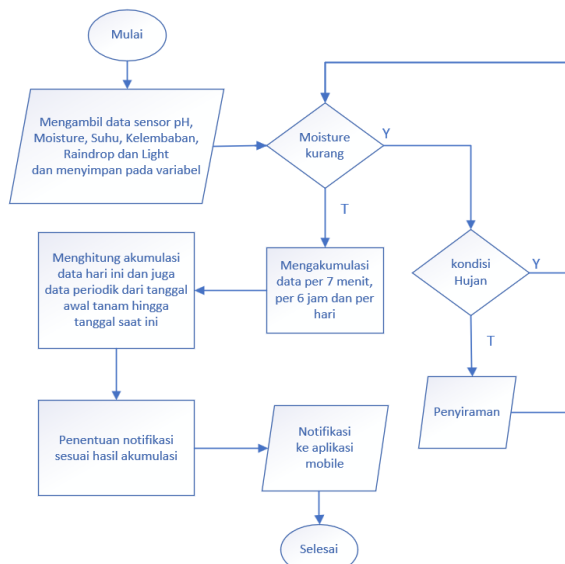
3.4. Use Case Diagram



Gambar 2. Use case diagram

Pada Gambar 2 Use case diagram menggambarkan interaksi antara pengguna dan sistem monitoring tanaman kacang tanah. User dapat memonitoring sensor yang digunakan untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time, dan user dapat menerima notifikasi perkembangan kondisi lingkungan saat ini.

3.5. Flowchart Sistem

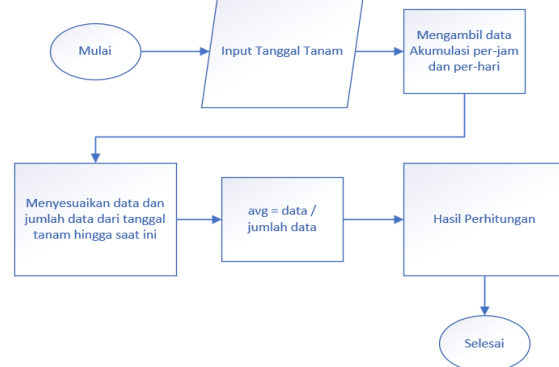


Gambar 3. Flowchart Sistem

Pada gambar 3 merupakan flowchart sistem, dimana sistem akan mengambil data dari sensor-sensor. Terdapat sebuah pengkondisian jika moisture kurang maka akan melakukan penyiraman hingga kelembaban tercukupi, jika kelembaban tercukupi

maka tidak melakukan apapun. Ada juga beberapa akumulasi data sensor, yaitu akumulasi data per-7 menit, per-6 jam, dan per-1 hari. Data hasil akumulasi akan diolah dan digunakan untuk menentukan pengiriman notifikasi ke aplikasi *mobile*.

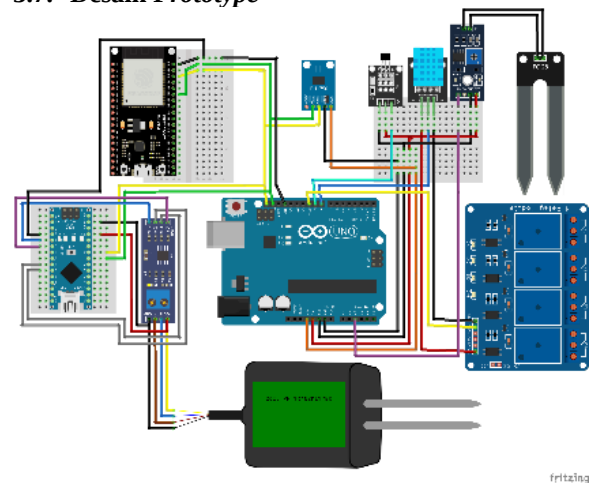
3.6. Flowchart Perhitungan



Gambar 4. Flowchart Alat

Menjelaskan tentang alur perhitungan data untuk menentukan notifikasi. Sistem akan mengambil data akumulasi per-jam dan per-hari. Untuk menghitung rata-rata hari ini dibutuhkan data dari akumulasi per-jam sedangkan untuk rata-rata periode ini sistem membutuhkan inputan tanggal tanam setelah itu program akan menyesuaikan datanya dengan tanggal tanam. Keduanya dihitung dengan rumus yang sama yaitu $avg = \text{data} / \text{jumlah data}$.

3.7. Desain Prototype

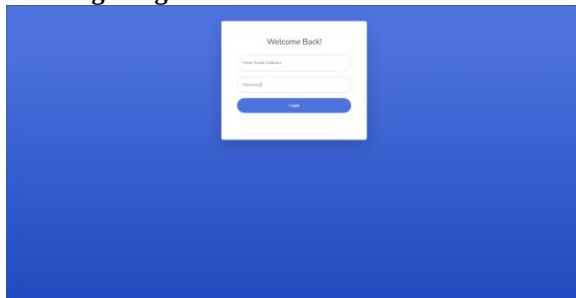


Gambar 5. Desain prototype

Gambar 5 merupakan merupakan rangkaian alat, dimana komponen-komponen sensor terhubung ke arduino, dan arduino terhubung ke ESP32 via koneksi I2C.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

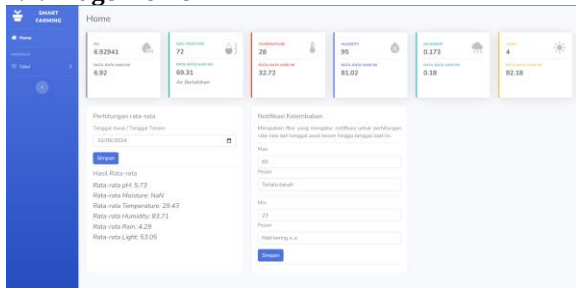
4.1. Page Login



Gambar 6. Tampilan page login

Pada Gambar 6 dapat dilihat sebuah halaman Login yang digunakan sebagai pintu masuk sebelum menuju sistem.

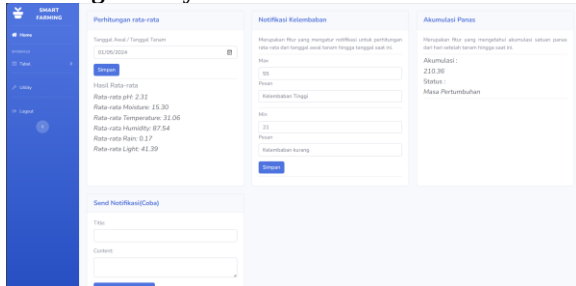
4.2. Page Home



Gambar 7. Halaman home

Pada Gambar 7 Dapat dilihat sebuah halaman home yang digunakan untuk menampilkan nilai dari sensor secara realtime, menampilkan rata-rata perhari.

4.3. Page Utility



Gambar 8. Halaman tabel periodik hari

Gambar 8 menunjukkan tampilan web yang menampilkan rata-rata per-periode dan pengaturan notifikasi kelembaban tanah. Periode rata-rata ditentukan melalui form tanggal tanam, yang menampilkan hasil rata-rata dari tanggal tanam hingga saat ini. Untuk notifikasi kelembaban, pengguna dapat mengatur batas min-max soil moisture dan pesan notifikasi yang akan dikirim.

4.4. Page Tabel Periodik Hari

Tanggal	pH	Kelembaban	Suhu	Temperatur	Red	Light
2024-09-11	5.00	51.00	80.00	28.00	6.00	80.00
2024-09-12	5.00	54.00	80.00	28.00	6.00	80.00
2024-09-13	6.92	69.21	80.00	32.72	6.00	82.18

Gambar 9. Halaman tabel periodik hari

Gambar 9 menjelaskan tentang tampilan dari tabel periodik hari, disini terdapat sebuah sort data dari tanggal, user akan menginputkan tanggal awal dan akhir terlebih dahulu dan klik refresh untuk memperbarui datanya.

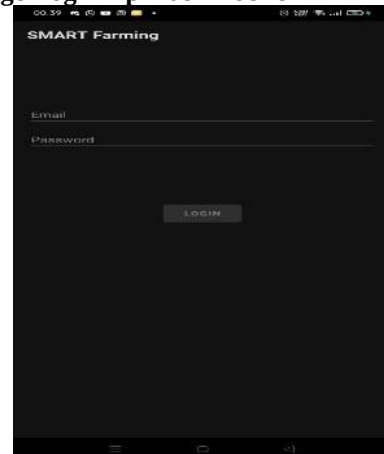
4.5. Page Tabel Periodik Waktu

Tanggal	pH	Kelembaban	Suhu	Temperatur	Red	Light
2024-09-10 00:00:00	4.997142174	6.022004429	40.08812296	41.01041429	0.070	65.00000007
2024-09-10 01:00:00	4.020000000	4	36.01174425	36.01000000	0.070	65.00000007
2024-09-10 02:00:00	4.001100000	5.887907000	36.141414	36.00100000	0.070	65.00000007
2024-09-10 03:00:00	4.020000000	5.440101176	31.00000000	29.00000000	0.070	67.00000008
2024-09-10 04:00:00	3.786010000	5.601000000	30	26.00000000	0.070	65.00000007
2024-09-10 05:00:00	3.710000000	5.601100000	30	25.00000000	0.070	66.00000008
2024-09-10 06:00:00	3.420014000	5.100000000	30	24.00000000	0.070	4
2024-09-10 07:00:00	3.240000000	5.752010000	30	27.00000000	0.070	4
2024-09-10 08:00:00	3.240000000	5.680100000	30	27.00100000	0.070	4
2024-09-10 09:00:00	3.120000000	5.680000000	30	28	0.070	4

Gambar 10. Tampilan tabel periodik waktu

Gambar 10 Merupakan sebuah gambar yang menampilkan tabel dari data periodik per waktu 6 jam. Halaman ini memiliki fitur sort data dari tanggal dan harus merefresh ketika akan memperbarui data.

4.6. Page Login Aplikasi Mobile



Gambar 11. Tampilan login

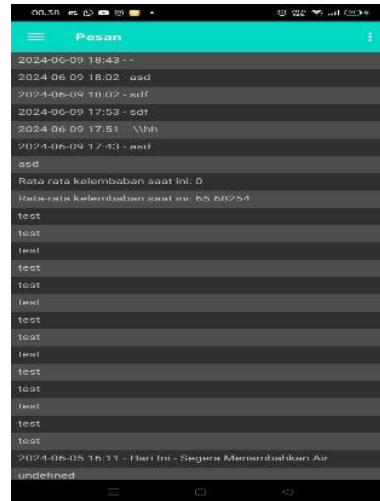
Gambar 11 merupakan sebuah page login yang pada aplikasi ini digunakan sebagai pintu masuk sebelum menuju ke menu aplikasi.

4.7. Page Home Aplikasi Mobile



Gambar 12. Tampilan Home

Pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa aplikasi menampilkan beberapa parameter secara realtime yang nilainya diambil dari firebase.



Gambar 14. Tampilan halaman pesan mobile

4.8. Page Tabel Aplikasi Mobile

Tanggal	pH	Moisture	Temperature	Humidity	Rain	Light
2024-09-27	2.20	16.88	23.73	77.53	0.17	59.13
2024-09-28	2.10	46.78	30.73	84.98	0.17	46.48
2024-09-29	1.68	31.12	31.05	85.66	0.17	38.53
2024-09-30	2.70	6.95	21.08	81.99	0.17	52.84
2024-09-31	3.23	7.85	30.42	92.22	0.17	42.00
2024-10-02	3.21	10.10	32.17	85.68	0.17	42.25
2024-10-03	2.22	17.26	31.84	86.38	0.17	43.03
2024-10-31	2.00	16.04	31.97	85.28	0.17	42.73
2024-10-30	0.42	27.70	28.86	94.90	0.17	27.23
2024-10-29	0.97	34.16	28.76	93.60	0.17	14.93

Gambar 13. Tampilan halaman tabel

Pada Gambar 13 dapat dilihat bahwa tabel tampil pada aplikasi. Tabel ini merupakan tabel periodik hari.

4.9. Halaman Pesan

Aplikasi menampilkan *history* dari notifikasi yang telah terkirim ke *device*. Gunanya adalah sebagai pengingat apabila push *notification* tidak sengaja tertutup sebelum membaca pesannya. Penjelasan tersebut dapat di gambarkan pada Gambar 14.

4.10. Implementasi Sistem



Gambar 15. Tampilan alat dan sensor

Pada Gambar 15 sebuah *selenoid valve*, yaitu kran otomatis yang terhubung ke *relay* arduino. *Relay* akan mengatur *switch on/off* dari selenoid valve-nya. Nantinya kran tersebut akan disambungkan ke tandon air untuk suplai air irigasinya.

4.11. Pengujian Blackbox

Tabel 2. Blackbox testing

Nama Pengujian		Hasil yang Diharapkan	Hasil
Nama	Yang Diuji		
Web Login	Email atau Password salah	Menampilkan peringatan	✓
	Email atau password Benar	Redirect ke halaman Home	✓
Web Navigation Bar	Klik menu yang dipilih	Redirect ke Halaman yang dipilih	✓
	Klik menu Tabel Dropdown	Menampilkan pilihan menu tabel	✓
Web Menu Home	Menampilkan data <i>real-time</i> dan akumulasi periodik	Menampilkan data sensor <i>real-time</i> dan akumulasi data	✓
Web Menu Utility	Mengatur tanggal tanam dan akumulasi data rata-rata dari awal tanam	Berhasil mengatur tanggal tanam dan mengakumulasi parameter	✓
	Fitur form Notifikasi	Mengatur parameter untuk notifikasi kelembaban	✓
	Fitur akumulasi panas	Menampilkan data panas yang telah diakumulasi	✓

Nama Pengujian		Hasil yang Diharapkan	Hasil
Nama	Yang Diuji		
	Fitur coba send notifikasi	Berhasil mengirimkan notifikasi	✓
Web Menu tabel	Filter data	Menampilkan data tabel disesuaikan dengan Filter data	✓
	Download Pdf	Mendownload tabel yang ditampilkan saat ini	
Sensor	Keterbacaan Sensor -sensor	Nilainya terbaca dan nilainya akurat	✓
Aplikasi Mobile	Login – <i>success or failed</i>	<i>Success</i> , Masuk ke aplikasi, <i>Failed</i> , ada peringatan <i>failed</i>	✓
	Menu Home	Menampilkan data secara <i>real-time</i> dari <i>firebase</i>	✓
	Menu tabel	Menampilkan data tabel periodik	✓
	Menu pesan	Menampilkan history notifikasi	✓
	Terima Notifikasi	Berhasil menerima notifikasi yang dikirimkan dari website	✓
Koneksi internet alat	Koneksi internet ada atau tidak ada	Masih menjalankan otomatisasi irigasi, ketika ada mengirimkan parameter sensor ke web	✓

Tabel 2 adalah tabel pengujian untuk memastikan web, aplikasi mobile, dan alat berfungsi dengan baik serta sensor terbaca dengan benar. Pengujian menunjukkan bahwa semua fitur web dan aplikasi mobile berjalan sesuai dengan yang

diharapkan. Sensor terbaca dengan akurat, dan otomatisasi tetap berfungsi meskipun koneksi internet terputus. Saat koneksi internet kembali, alat akan mengirimkan data akumulasi dan data real-time.

4.12. Pengujian Browser

Tabel 3. Pengujian browser

Pengujian		Browser		
Menu	Fitur	Chrome	Mozilla Firefox	Microsoft Edge
Menu Home	Klik menu Home	✓	✓	✓
	tampilan data <i>realtime</i>	✓	✓	✓
	Tampilan data periodik	✓	✓	✓
Menu Tabel	Menu Tabel Dropdown	✓	✓	✓
Tabel rata-rata per-hari	Klik Menu Tabel Rata-rata per-Hari	✓	✓	✓
	Fitur filter tanggal	✓	✓	✓
	Tampil data tabel berdasarkan filter	✓	✓	✓
	Fitur Download pdf	✓	✓	✓
Tabel rata-rata per-Bulan	Klik Menu Tabel Rata-rata per-Bulan	✓	✓	✓
	Fitur filter tanggal	✓	✓	✓
	Tampil data tabel berdasarkan filter	✓	✓	✓
	Fitur Download pdf	✓	✓	✓
Menu Utility	Klik Menu Utility	✓	✓	✓
	Pilih tanggal tanam	✓	✓	✓
	Tampil rata-rata periodik	✓	✓	✓
	Form Notifikasi Kelembaban	✓	✓	✓
	Tampil Akumulasi panas	✓	✓	✓
	Form send Notifikasi	✓	✓	✓
	Kirim Notifikasi	✓	✓	✓

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian halaman-halaman website pada tiga *browser*. Pengujian mencakup menu *home* (data *real-time* dan periodik), menu tabel (*dropdown* navigasi), tabel rata-rata per hari dan per bulan (filter tanggal, tampil data,

download PDF), dan menu *Utility* (pilih tanggal tanam, rata-rata periodik, form notifikasi kelembaban, form send notifikasi, tampil akumulasi data). Hasilnya, program berjalan lancar pada ketiga browser.

4.13. Pengujian Aplikasi

Tabel 4. Pengujian aplikasi

Fitur yang diuji	Versi Android	
	Android 11	Android 10
Login	✓	✓
Halaman Home	✓	✓
Halaman Tabel	✓	✓
Halaman Pesan	✓	✓

Pada tabel 4, telah dilakukan pengujian terhadap halaman-halaman pada aplikasi mobile diantaranya adalah halaman login, home, tabel, pesan dan fitur penerimaan notifikasi, pengujian tersebut dilakukan pada 2 versi Android yaitu 11 dan 10. Setelah dilakukan pengujian pada kedua versi android tersebut didapatkan sebuah hasil yaitu semua fitur yang diujikan berjalan lancar pada keduanya.

4.14. Pengujian Sensor Soil Moisture

Tabel 5. Pengujian sensor soil moisture

Soil Moisture arduino	Moisture meter	Error
68	73	6,84%
74	75	1,33%
55	58	5,17%
53	57	7,01%
45	49	8,16%
56	60	6,66%
84	78	7,69%
12	11	9,09%
25	26	3,84%
83,00	80,00	3,75%

Tabel 5 membandingkan pembacaan sensor kelembaban tanah (*Soil Moisture*) dari Arduino dengan sensor *Moisture Meter* asli, serta menghitung persentase kesalahannya. Hasil menunjukkan kesalahan berkisar antara 1,33% hingga 9,09%, dengan kesalahan terendah pada pengukuran ke-2 (1,33%) dan tertinggi pada pengukuran ke-8 (9,09%). Dapat disimpulkan bahwa sensor kelembaban tanah Arduino menunjukkan hasil yang cukup baik.

4.15. Pengujian Sensor pH Tanah

Tabel 6. Pengujian Sensor pH Tanah

Sensor pH arduino	sensor pH meter	Error
6,4	6	6,66%
4,5	4,5	0%
6,3	6	5%
6,8	7	2,85%
6,8	6,5	4,61%
5,5	6	8,33%
4,3	4	7,5%
7,39	8	7,62%
7,32	7	4,57%
6,83	7	2,42%

Tabel 6. Merupakan tabel yang membandingkan pembacaan sensor pH dari Arduino dengan sensor pH Meter dan menghitung persentase kesalahan antara keduanya. Nilai pH dari kedua sensor menunjukkan

hasil mirip, dengan kesalahan persentase berkisar dari 0% hingga 8,33%. Kesalahan terendah tercatat pada pengukuran ke-2 (0%) dan tertinggi pada pengukuran ke-6 (8,33%). Hasilnya sensor pH Arduino secara keseluruhan menunjukkan akurasi yang cukup baik.

4.16. Pengujian Sensor Suhu (DHT11)

Tabel 7. Pengujian sensor suhu

Dht11 temperatur	Aplikasi ukur suhu	Error
28,90	30,00	3,67%
28,50	29,00	1,72%
28,60	28,00	2,14%
28,00	29,00	3,45%
28,50	30,00	5,00%
27,60	27,00	2,22%
28,00	27,00	3,70%
28,40	28,00	1,43%
26,00	25,00	4,00%
31,00	32,00	3,13%

Tabel 7. Merupakan tabel yang membandingkan pembacaan suhu dari sensor DHT11 dengan aplikasi pengukur suhu. Hasil menunjukkan bahwa nilai suhu dari kedua sumber cukup serupa, dengan kesalahan persentase berkisar antara 1,43% hingga 5,00%. Kesalahan terendah tercatat pada pengukuran ke-8 (1,43%) dan tertinggi pada pengukuran ke-5 (5,00%). Sensor DHT11 secara keseluruhan menunjukkan hasil yang cukup akurat.

4.17. Pengujian Sensor Kelembaban (DHT11)

Tabel 8. Pengujian sensor kelembaban

No	Dht11 Humidity	Aplikasi ukur kelembaban	Error
1	95,00	90,00	5,56%
2	94,00	90,00	4,44%
3	95,00	91,00	4,40%
4	96,00	93,00	3,23%
5	97,00	93,00	4,30%
6	95,00	93,00	2,15%
7	80,00	79,00	1,27%
8	77,00	79,00	2,53%
9	78,00	81,00	3,70%
10	83,00	85,00	2,35%

Tabel 8 menunjukkan perbandingan hasil kelembaban antara sensor DHT11 dan aplikasi pengukur kelembaban. Data menunjukkan nilai kelembaban dari kedua alat cukup mendekati, dengan persentase selisih antara 1,27% hingga 5,56%. Selisih terkecil tercatat pada pengukuran ke-7 (1,27%) dan terbesar pada pengukuran pertama (5,56%). Meskipun terdapat beberapa perbedaan, sensor DHT11 memberikan hasil yang cukup akurat, menunjukkan kemampuan yang baik dalam mengukur kelembaban.

4.18. Pengujian Sensor Ombrometer

Tabel 9 Merupakan tabel yang membandingkan hasil pembacaan curah hujan dari sensor Rain dengan pengukuran menggunakan gelas ukur. Data menunjukkan bahwa jumlah curah hujan yang diukur

oleh sensor Rain dan gelas ukur cukup dekat, dengan kesalahan persentase berkisar antara 0,35% hingga 3,50%. Kesalahan terendah terjadi pada pengukuran ke-4 (0,35%) dan tertinggi pada pengukuran ke-5 (3,50%). Meskipun ada variasi kecil, kedua metode menunjukkan hasil yang cukup konsisten dalam mengukur curah hujan.

Tabel 9. Pengujian sensor hujan(*ombrometer*)

No	Sensor		Gelas Ukur	Error
	mm	ml		
1	4,84	193,76	200,00	3,12%
2	3,46	138,40	140,00	1,14%
3	4,33	173,00	175,00	1,14%
4	3,11	124,56	125,00	0,35%
5	6,65	266,00	257,00	3,50%
6	12,95	522,00	524,00	0,38%
7	7,00	279,00	272,00	2,57%
8	6,65	260,00	261,00	0,38%
9	6,65	259,00	261,00	0,77%
10	7,00	280,00	271,00	3,32%

4.19. Pengujian Sensor LDR

Tabel 10. Pengujian sensor hujan (*ombrometer*)

No	Sensor Cahaya	Aplikasi lux	Error
1	96,00	100,00	4,00%
2	11,00	12,00	8,33%
3	45,00	46,00	2,17%
4	30,00	29,00	3,45%
5	74,00	78,00	5,13%
6	89,00	86,00	3,49%
7	53,00	54,00	1,85%
8	61,00	58,00	5,17%
9	26,00	28,00	7,14%
10	33,00	31,00	6,45%

Tabel 10 Merupakan tabel yang membandingkan hasil pembacaan sensor cahaya dengan aplikasi pengukur *lux*. Data menunjukkan bahwa nilai intensitas cahaya yang diukur oleh sensor dan aplikasi cukup berdekatan, dengan kesalahan persentase berkisar antara 1,85% hingga 8,33%. Kesalahan terendah terjadi pada pengukuran ke-3 (1,85%) dan kesalahan tertinggi pada pengukuran ke-2 (8,33%). Boleh dibilang bahwa keakuratan dari sensor tersebut masih cukup baik dan mungkin masih bisa ditingkatkan lagi.

4.20. Pengujian Notifikasi

Tabel 11. Pengujian notifikasi

No	Waktu Pengujian	Response-time
1	19:05	4,83 detik
2	21:50	4,79 detik
3	22:00	5,03 detik
4	22:30	4,65 detik
5	02:02	4,85 detik

Tabel 11 Merupakan tabel pengujian terhadap notifikasi dari *web* ke *android*. Notifikasi tersebut didapat dari hasil akumulasi data yang ada. Dapat dilihat respon waktu tercepat adalah di angka 4,65

detik dan yang paling lambat adalah 5,03 detik dengan rata-rata dari keseluruhan *response-time* adalah 4,83 detik.

4.21. Pengujian Respon Alat

Tabel 12. Pengujian respon alat

Alat	Waktu	Response-time
DHT11	23:00	1740 ms
DHT11	12:00	1880 ms
Soil Moisture	23:10	1710 ms
Soil Moisture	12:00	1750 ms
Sensor pH	23:30	1610 ms
Sensor pH	12:20	1829 ms
Sensor Ombrometer	23:50	1690 ms
Sensor Ombrometer	12:20	1770 ms
Sensor LDR	23:40	1640 ms
Sensor LDR	12:30	1750 ms

Tabel 11 Digunakan untuk menguji respon alat dari mikrokontroler ke web. Pada tabel diatas dapat dilihat respon tercepat dari beberapa sensor pada jam 23:40 dengan *response-time* 1640 ms dan respon terlambat adalah pada jam 12.00 yaitu 1880 ms. Dari keseluruhan sensor bisa dikatakan memiliki *response-time*-nya stabil dan lebih cepat di jam malam karena kemungkinan hambatan berkurang daripada siang hari di waktu sibuk.

4.22. Pengujian User

Tabel 13. Pengujian user

Pernyataan	Jawaban			Jml
	Tidak	Netral	Setuju	
Web berjalan dengan baik pada web <i>browser</i> yang digunakan.	-	2	6	8
Aplikasi Berjalan Baik pada <i>smartphone</i> yang digunakan	-	3	5	8
Aplikasi/ <i>website</i> yang dibuat dapat digunakan dengan mudah	-	2	6	8
Tampilan desain aplikasi/ <i>website</i> ini sangat baik	-	3	5	8
Navigasi di aplikasi/ <i>website</i> sangat mudah digunakan	-	3	5	8
Nilai realtime dan nilai hasil akumulasi pada <i>home</i> , <i>tabel</i> , dan <i>utility</i> sudah tampil dengan benar pada platform yang digunakan	-	3	5	8
Saya puas dengan aplikasi/ <i>website</i> ini.	-		8	8

Pada Tabel 13 Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa mayoritas pengguna merasa puas dengan aplikasi/*website* yang dibuat. Sebagian besar pengguna setuju bahwa aplikasi/*website* ini mudah digunakan, memiliki desain tampilan yang baik. Namun, ada beberapa pengguna yang netral terhadap beberapa aspek

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian, alat dan sensor beroperasi lancar untuk mengumpulkan data kondisi sekitar tanaman. Data realtime berhasil dikirim ke Firebase dan data akumulasi ke spreadsheet. Pengujian Blackbox dan browser menunjukkan fitur-fitur web dan aplikasi mobile berjalan sesuai, bahkan saat koneksi internet hilang. Pengujian sensor menunjukkan keakuratan yang bervariasi: sensor Soil Moisture memiliki error tertinggi 9,09%, pH sensor 8,33%, sementara sensor suhu (DHT11), kelembaban (DHT11), hujan, dan cahaya menunjukkan keakuratan yang baik dengan error di bawah 6%. Notifikasi memiliki rata-rata respon waktu 4,83 detik, dan respons alat stabil dengan waktu tercepat 1640 ms dan terlambat 1880 ms. Mayoritas pengguna merasa puas dengan aplikasi/*website* ini karena kemudahan penggunaan, desain yang baik, dan navigasi intuitif, meskipun beberapa pengguna menunjukkan netralitas terhadap beberapa aspek. Sistem ini memerlukan tambahan fitur dan perbaikan untuk meningkatkan kemampuan monitoring. Selain itu, pemilihan alat dan sensor harus dikaji ulang karena beberapa di antaranya tidak akurat. Untuk pengembangan selanjutnya, rancangan sistem perlu ditingkatkan agar tetap efektif di lokasi dengan koneksi internet yang terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andrianto, Miko. 2019. Penerapan Iot Pada Perawatan Tanaman Di Dalam Rumah. *Jurnal Mahasiswa Informatika*. 3(1), 173-180.
- [2] Sinambela, Lazro eko Putra Daniel. 2020. Penerapan IoT (Internet of Thing) Terhadap Sistem Pendeteksi Kesuburan Tanah Pada Lahan Perkebunan. *Jurnal Mahasiswa Informatika*. 3(2), 207-213.
- [3] Asis. 2022. Peningkatan Pertumbuhan Dan Produktivitas Kacang Tanah Di Lahan Kering Melalui Pemberian Dolomit Dan Pupuk Npk. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 24(2), 88-94.
- [4] Pertapa. 2022. Budidaya Kacang Tanah Di Pekarangan. <https://pertanian.kulonprogokab.go.id/detil/904/budidaya-kacang-tanah-di-pekarangan#:~:text=Memanen%20kacang%20tanah,putih%20atau%20kuning%20menjadi%20cokelat>.
- [5] Bauroziq. 2023. Caraguna.com. Arduino: Pengertian, Komponen, Fungsi dan Jenisnya, <https://caraguna.com/pengertian-arduino/>
- [6] Purnama, Reza. 2021. Perancangan Sistem Otomasi Rumah Tinggal Berbasis Node MCU ESP32. Seminar Nasional TEKNOKA. Vol. 6, ISSN No. 2502-8782.
- [7] Nurdyanto, Ignatius Arias. 2020. Monitoring Data Curah Hujan Berbasis Internet of Things (IoT). *Teknik Elektro Universitas Sanata Dharma*. Volume 4, Nomor 1.
- [8] Rangan, Andi Yusika. 2020. Sistem Monitoring berbasis Internet of things pada Suhu dan Kelembaban Udara di Laboratorium Kimia XYZ. *Jurnal E-KOMTEK (Elektro-Komputer-Teknik)*. Vol. 4, No. 2, 168-183.
- [9] Khuriati, Ainie. 2022. Sistem Pemantau Intensitas Cahaya Ambien Dengan Sensor Bh1750 Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano. *Jurnal Pendidikan Dan Sains*. 25(13), 105-110.
- [10] Saka.co.id. 2023. pH Meter: Pengertian, Jenis, dan Cara Menggunakannya. <https://www.saka.co.id/news-detail/ph-meter>
- [11] Mardika, Ardeana Galih. 2019. Mengatur Kelembaban Tanah Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah YL-69 Berbasis Arduino Pada Media Tanam Pohon Gaharu. *JOEICT (Jurnal of Education and Information Communication Technology)*. 03(02), 130 - 140.
- [12] Prasetyo, Franciscus Bryan. 2022. Perancangan Dan Implementasi Aplikasi Android Untuk Layanan Informasi Pariwisata. *Jurnal Penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi*. Volume 01 Nomor 02.
- [13] Yuniarti, Rima. 2022. Perancangan Aplikasi Point of Sale Untuk Manajemen Pemesanan Bahan Pangan Berbasis Framework Laravel. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*. Volume 6 Nomor 1.
- [14] Sulfani, Ari. 2023. Memahami tentang Android Studio, beserta keunggulan dan kekurangannya. <https://blog.unmaha.ac.id/memahami-tentang-android-studio-beserta-keunggulan-dan-kekurangannya>
- [15] Intern, Dicoding. 2020. Apa itu Firebase? Pengertian, Jenis-Jenis, dan Fungsi Kegunaannya. <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-firebase-pengertian-jenis-jenis-dan-fungsi-kegunaannya/>
- [16] Yasin, Lev. 2019. Apa itu OneSignal?. <https://www.matawebsite.com/blog/apa-itu-onesignal#:~:text=OneSignal%20adalah%20layanan%20yang%20memungkinkan,dapat%20mengirim%20dan%20menerima%20pemberitahuan>
- [17] Hendra, Acep. 2022. Apa Itu Javascript? Pengertian, Sejarah, Dan Bagaimana Cara Kerjanya. <https://if.unpas.ac.id/berita/apa-itu-javascript-pengertian-sejarah-dan-bagaimana-cara-kerjanya/>
- [18] Farokha dan Ariffin. 2019. Studi Satuan Panas (Heat Unit) Beberapa Famili Solanaceae dan Fabaceae Heat Unit Study of Some Solanaceae

- and Fabaceae Family. Jurnal Produksi Tanaman, 7(5), 808–816
- [19] Kumparan, 2023. Pengertian Pertanian dan Peran Pentingnya untuk Kehidupan. <https://kumparan.com/pengertian-dan-istilah/pengertian-pertanian-dan-peran-pentingnya-untuk-kehidupan-21LqmszBPcP>.
- [20] Malihah, Lola. 2022. Tantangan Dalam Upaya Mengatasi Dampak Perubahan Iklim Dan Mendukung Pembangunan Ekonomi Berkelanjutan: Sebuah Tinjauan. JURNAL Kebijakan Pembangunan. 17(2), 219-232.
- [21] Ade. 2024. Perubahan Iklim: Pengertian, Penyebab, Dampak, Serta Solusinya. <https://nationalgeographic.grid.id/read/134101014/perubahan-iklim-pengertian-penyebab-dampak-serta-solusinya>
- [22] Susmawati. 2023. Irigasi Tetes, Solusi Efisien Penggunaan Air Untuk Tanaman. <https://bbppbinuang.bppsdp.pertanian.go.id/artikel/irigasi-tetes,-solusi-efisien-penggunaan-air-untuk-tanaman#:~:text=Irigasi%20tetes%20lebih%20efisien%20dibandingkan%20sistem%20irigasi%20lainnya.,utama%20penggunaan%20irigasi%20tetes%20adalah%20efisiensi%20penggunaan%20air>.
- [23] Alecia, Essy. 2024. Mengetahui Implementasi dan Tantangan Internet of Things (IoT) di era Teknologi Digital dalam Berbisnis. <https://medium.com/@essy.alecia/mengetahui-implementasi-dan-tantangan-internet-of-things-iot-di-era-teknologi-digital-dalam-67848c593229>