

SKRIPSI

**MONITORING DAN KONTROL *MISTING NOZZLE*  
PENYIRAMAN PADA TANAMAN SIMBAR DAN  
ANGGREK BERBASIS PANEL SURYA DENGAN  
*INTERNET of THINGS (IoT)***



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh :

**I Gusti Ngurah Putra Isya Bija**

2115344007

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2025**

## LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI

### MONITORING DAN KONTROL *MISTING NOZZLE* PENYIRAMAN PADA TANAMAN SIMBAR DAN ANGGREK BERBASIS PANEL SURYA DENGAN *INTERNET OF THINGS* (IOT)

Oleh :

I Gusti Ngurah Putra Isya Bija

NIM. 2115344007

Skripsi ini telah Melalui Bimbingan dan Pengujian Hasil,  
disetujui untuk diujikan pada Ujian Skripsi  
di  
Program Studi D4 Teknik Otomasi  
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, *8 Agustus* .....2025

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1:



Ir. Ida Bagus Ketut Sugirianta, M.T.  
NIP. 196606161993031003

Dosen Pembimbing 2:



Dr. A.A. Ngurah Gde Saptaka, ST.,MT  
NIP. 197103021995121001

# LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

## MONITORING DAN KONTROL *MISTING NOZZLE* PENYIRAMAN PADA TANAMAN SIMBAR DAN ANGGREK BERBASIS PANEL SURYA DENGAN *INTERNET OF THINGS (IOT)*

Oleh :

I Gusti Ngurah Putra Isya Bija

NIM. 2115344007

Skripsi ini sudah Melalui Ujian Skripsi pada Tanggal 12 Agustus 2025, dan sudah  
Dilakukan Perbaikan untuk kemudian disahkan sebagai Skripsi.

di

Program Studi D4 Teknik Otomasi  
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, 22 Agustus 2025

Disetujui Oleh :

Tim Penguji :

1. Ir. Kadek Amerta Yasa, S.T., M.T.

NIP. 196809121995121001

2. Ir. I Made Budiada, M.Pd

NIP. 196506091992031002

Dosen Pembimbing :

1. Ida Bagus Ketut Sugirianta, M.T.

NIP. 196606161993031003

2. Dr. A.A. Ngurah Gde Saptaka, S.T., M.T

NIP. 197103021995121001

Disahkan Oleh:



Ir. Kadek Amerta Yasa, S.T., M.T.

NIP. 196809121995121001

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa Skripsi dengan judul:

**MONITORING DAN KONTROL *MISTING NOZZLE* PENYIRAMAN PADA TANAMAN SIMBAR DAN ANGGREK BERBASIS PANEL SURYA DENGAN *INTERNET OF THINGS (IOT)***

adalah asli hasil karya saya sendiri.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah Skripsi ini tidak terdapat karya orang lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar di suatu perguruan tinggi, dan atau sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah Skripsi ini, dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila saya melakukan hal tersebut di atas, dengan ini saya menyatakan menarik Skripsi yang saya ajukan sebagai hasil karya saya.

Bukit Jimbaran, 22 Agustus 2025



I Gusti Ngurah Putra Isya Bija

NIM. 2115344007

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyesuaikan Proposal Skripsi yang berjudul “Monitoring dan Kontrol *Misting Nozzle* Penyiraman pada Tanaman Simbar dan Anggrek Berbasis Panel Surya Dengan *Internet Of Things (IoT)*”. Proposal Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Diploma IV pada Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali. Dalam pembuatan Proposal Skripsi ini, penulis mengalami beberapa kendala. Namun, kendala yang ada dapat penulis atasi berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, S.E., M. eCom selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. Kadek Amerta Yasa, ST., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
3. Ibu Putri Alit Widyastuti Santiary, ST. MT., selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Otomasi Politeknik Negeri Bali.
4. Bapak Ir. Ida Bagus Ketut Sugirianta, M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Proposal Skripsi.
5. Bapak Dr. Anak Agung Ngurah Gde Saptaka, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Proposal Skripsi.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali yang telah mendidik dan membekali penulis dengan ilmu pengetahuan selama mengikuti kegiatan perkuliahan.
7. Keluarga, teman-teman kelas 8A Teknik Otomasi dan seluruh pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan Proposal Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih. Semoga Proposal Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Badung, Januari 2025

I Gusti Ngurah Putra Isya Bija

## ABSTRAK

Perawatan tanaman membutuhkan penyiraman yang tepat waktu dan sesuai kebutuhan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau kelembaban tanah dan konsumsi daya listrik secara real-time. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor kelembaban tanah untuk mendeteksi kadar air pada media tanam, serta modul PZEM-017 untuk mengukur tegangan, arus, dan daya listrik yang digunakan. Data yang diperoleh dikirimkan ke platform Firebase dan divisualisasikan melalui antarmuka dashboard yang memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan dan pengambilan keputusan. Terdapat dua mode operasi, yaitu otomatis dan manual. Pada mode otomatis, sistem akan menyiram tanaman jika kelembaban di bawah ambang batas yang ditentukan. Sementara pada mode manual, pengguna dapat mengendalikan penyiraman melalui tombol kontrol. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik dalam mengontrol penyiraman sesuai kondisi tanah serta mencatat penggunaan daya secara akurat. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penyiraman tanaman serta menjadi solusi dalam pengelolaan energi pada sistem pertanian pintar.

**Kata kunci:** Internet of Things, penyiraman otomatis, kelembaban tanah, pemantauan daya, ESP32, Firebase.

## **ABSTRACT**

*Plant care requires watering that is timely and based on actual needs. This research aims to design and develop an automatic plant watering system based on the Internet of Things (IoT) that can monitor soil moisture and electrical power consumption in real time. The system uses an ESP32 microcontroller as the main controller, a soil moisture sensor to detect water content in the planting medium, and a PZEM-017 module to measure voltage, current, and power consumption. The collected data is sent to the Firebase platform and visualized through a dashboard interface that makes it easier for users to monitor and make decisions. The system has two operating modes: automatic and manual. In automatic mode, the system waters the plants when soil moisture falls below a predetermined threshold. In manual mode, users can control watering through control buttons. Test results show that the system works properly in controlling watering according to soil conditions and recording power usage accurately. This system is expected to improve the efficiency of plant watering and serve as a solution for energy management in smart farming systems.*

*Keywords: Internet of Things, automatic watering, soil moisture, power monitoring, ESP32, Firebase.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 <i>Internet of Things</i> .....	6
2.2.2 NodeMCU ESP32.....	7
2.2.3 Beban Pemakaian.....	8
2.2.4 Baterai <i>Lithium Iron Phosphate</i> (LiFePO <sub>4</sub> ).....	8
2.2.5 <i>Solar Charger Controller</i> .....	9
2.2.6 Panel Surya.....	10
2.2.7 Modul <i>Relay</i> .....	12
2.2.8 MCB ( <i>Miniature Circuit Breaker</i> ).....	13
2.2.9 <i>Soil Moisture Sensor</i> .....	13
2.2.10 <i>Solenoid Valve</i> .....	14
2.2.11 LCD TFT.....	14
2.2.12 Sensor PZEM-017.....	15
2.2.13 Desain <i>Misting Nozzle</i> .....	16
2.2.14 Pompa DC 12v 100Psi.....	17
2.2.15 Step-Down dc 12V-5V.....	17
2.2.16 Simbar ( <i>Platycerium</i> ).....	18
2.2.17 Anggrek.....	19

2.2.18.	<i>Firestore</i> .....	20
2.2.19.	<i>Flutter</i> .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....		<b>22</b>
3.1.	Jenis Data yang Digunakan .....	22
3.2.	Metode Pengumpulan Data yang Digunakan.....	22
3.3.	Rancangan Sistem.....	23
3.3.1.	Rancangan <i>Hardware</i> .....	23
3.4.	Rancangan <i>Software</i> .....	34
3.4.1.	Rancangan Database.....	34
3.5.	Pembuatan Alat.....	35
3.5.1.	Langkah Pembuatan Alat .....	35
3.5.2.	Alat dan Bahan .....	36
3.6.	Analisa Hasil Penelitian .....	37
3.7.	Hasil Yang Diharapkan .....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		<b>40</b>
4.1	Hasil Implementasi Sistem .....	40
4.1.1	Implementasi <i>Hardware</i> .....	40
4.1.2	Implementasi <i>Software</i> .....	42
4.2	Hasil Pengujian Sistem.....	51
4.2.1	Pengujian Komponen dan Sensor .....	51
4.2.2.	Pengujian Alat .....	58
4.2.3.	Pengujian Aplikasi.....	59
4.2.4.	Hasil Pengujian Penyiraman Manual dan Otomatis.....	59
4.3.	Pembahasan Hasil Implementasi dan Pengujian.....	61
4.3.1	Analisa Implementasi Sistem.....	62
4.3.2	Analisa Pengujian Sistem .....	62
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....		<b>63</b>
5.1.	Kesimpulan.....	63
5.2.	Saran.....	63
<b>JADWAL KEGIATAN</b> .....		<b>65</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		<b>66</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....		<b>68</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> <i>Internet of Things</i> .....	7
<b>Gambar 2. 2</b> NodeMCU ESP32 .....	7
<b>Gambar 2. 3</b> Baterai lithium iron phosphate (LiFePO4) & BMS.....	9
<b>Gambar 2. 4</b> <i>Solar charger controller</i> .....	10
<b>Gambar 2. 5</b> Panel Surya .....	11
<b>Gambar 2. 6</b> <i>Relay</i> .....	12
<b>Gambar 2. 7</b> MCB.....	13
<b>Gambar 2. 8</b> <i>Soil moisture sensor</i> .....	14
<b>Gambar 2. 9</b> <i>Solenoid valve</i> .....	14
<b>Gambar 2. 10</b> LCD TFT .....	15
<b>Gambar 2. 11</b> Sensor PZEM-017 .....	16
<b>Gambar 2. 12</b> Desain <i>misting nozzle</i> & corong fokus .....	16
<b>Gambar 2. 13</b> Pompa DC 12V 100Psi .....	17
<b>Gambar 2. 14</b> Step-Down DC.....	17
<b>Gambar 2. 15</b> <i>Platycerium grande</i> .....	19
<b>Gambar 2. 16</b> Anggrek dendrobium .....	20
<b>Gambar 2. 17</b> Logo <i>firebase</i> .....	20
<b>Gambar 2. 18</b> Logo flutter .....	21
<b>Gambar 3. 2</b> Blok diagram sistem kelistrikan .....	25
<b>Gambar 3. 3</b> Wiring diagram perancangan perangkat.....	26
<b>Gambar 3. 4</b> <i>Flowchart</i> sistem.....	27
<b>Gambar 3. 5</b> Rancangan alat .....	29
<b>Gambar 3. 6</b> Posisi dan penataan tanaman simbar & anggrek .....	30
<b>Gambar 3. 7</b> Tampak depan .....	31
<b>Gambar 3. 8</b> <i>Misting nozzle</i> .....	31
<b>Gambar 3. 9</b> Tampak belakang .....	32
<b>Gambar 3. 10</b> Tampak samping kanan.....	32
<b>Gambar 3. 11</b> Tampak samping kiri.....	33
<b>Gambar 3. 12</b> Panel kontrol .....	33
<b>Gambar 3. 13</b> Rancangan database di firebase.....	34
<b>Gambar 3. 14</b> Rancangan tampilan pada aplikasi .....	35
<b>Gambar 4. 1</b> Tampak depan hasil rancangan .....	40

<b>Gambar 4. 2</b> Box panel alat IoT .....	41
<b>Gambar 4. 3</b> Corong fokus <i>misting nozzle</i> .....	42
<b>Gambar 4. 4</b> Program Inisialisasi Perangkat .....	43
<b>Gambar 4. 5</b> Program Konfigurasi Wifi, <i>Firebase</i> , dan <i>Spreadsheet</i> .....	44
<b>Gambar 4. 6</b> Program Konfigurasi Pin.....	44
<b>Gambar 4. 7</b> Keseluruhan Program Sistem dan Setup LCD TFT .....	47
<b>Gambar 4. 8</b> Program Inisialisasi Sensor PZEM 017.....	48
<b>Gambar 4. 9</b> Tampilan Data Pada <i>Spreadsheet</i> .....	49
<b>Gambar 4. 10</b> <i>Firebase Console</i> .....	50
<b>Gambar 4. 11</b> Dashboard Aplikasi <i>Growsync</i> Berbasis Flutter.....	50
<b>Gambar 4. 12</b> Tampilan di LCD TFT .....	55
<b>Gambar 4. 13</b> pengukuran arus .....	56
<b>Gambar 4. 14</b> Pengukuran tegangan baterai .....	56
<b>Gambar 4. 15</b> (A)Simbar disiram secara otomatis, (B) simbar disiram secara manual	60
<b>Gambar 4. 16</b> (A)Angrek disiram secara otomatis, (B) Angrek disiram secara manual .....	61

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Beban pemakaian.....	8
<b>Tabel 3. 1</b> Keterangan wiring diagram .....	26
<b>Tabel 3. 2</b> Alat-alat yang digunakan .....	36
<b>Tabel 3. 3</b> Komponen yang digunakan .....	36
<b>Tabel 3. 4</b> Bahan yang digunakan.....	37
<b>Tabel 3. 5</b> Pengambilan data hasil percobaan .....	38
<b>Tabel 4. 1</b> Perbandingan hasil pengujian .....	52
<b>Tabel 4. 2</b> Tabel Akurasi Sensor.....	53
<b>Tabel 4. 3</b> Tabel pengujian PZEM-017 dengan Tang ampere dc UT210E.....	55
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil Analisis Menggunakan Metode Statistik Deskriptif.....	58
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil Pengujian Sensor PZEM-017 Monitoring Listrik.....	59

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Hutan di Indonesia sangat beragam dan memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Keanekaragaman tumbuhan di hutan membantu proses daur ulang zat, menjaga aliran energi, serta mencegah erosi tanah dan mendukung fotosintesis. Selain itu, keberagaman tumbuhan juga berfungsi dalam menjaga daerah aliran sungai dan kestabilan iklim. Salah satu jenis hutan terbesar di Indonesia adalah hutan hujan tropis, yang memiliki kelembaban tinggi dan mendapatkan curah hujan hingga 2000 mm per tahun[1]. Hutan ini juga menjadi habitat bagi berbagai jenis tumbuhan epifit, salah satunya adalah *Platyserium*, atau yang lebih dikenal sebagai Simbar (Simbar Menjangan) serta berbagai spesies anggrek (*Orchidaceae*).

Simbar merupakan tanaman epifit yang tumbuh menempel di pohon atau dinding tanpa merusak inangnya. Pertumbuhan simbar tumbuh dengan rentang kelembaban sebesar 50% – 80% [1]. Tumbuhan ini memiliki daun unik berbentuk menyerupai tanduk rusa dan berperan penting dalam menjaga kelembaban udara serta mendukung keanekaragaman hayati. Selain berperan dalam ekosistem, simbar juga memiliki nilai estetika tinggi dan sering digunakan sebagai tanaman hias [2].

Selain simbar, anggrek juga merupakan tumbuhan epifit yang banyak ditemukan di hutan tropis Indonesia. Anggrek dikenal karena keindahan bunganya, beragam bentuk dan warna, serta kemampuannya beradaptasi di berbagai lingkungan. Sebagian besar anggrek menempel pada pohon tanpa menjadi parasit, sementara lainnya hidup di tanah atau bebatuan. Akar anggrek dilapisi velamen untuk menyerap kelembaban, dan bunganya memiliki *labellum* yang menarik penyerbuk. Salah satu genus populer adalah *Dendrobium*, dengan lebih dari 1.500 spesies yang memiliki *pseudobulb* sebagai cadangan air dan nutrisi. Selain memperindah ekosistem, anggrek berperan dalam menjaga keseimbangan habitat dan interaksi dengan penyerbuk.[3]

Hutan dan keanekaragaman tumbuhan, sektor pertanian juga memiliki peran penting dalam keberlanjutan lingkungan dan perekonomian Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021, sebanyak 37,02% penduduk Indonesia bekerja di sektor pertanian[4]. Sebagai negara agraris, Indonesia sangat bergantung pada sektor pertanian sebagai sumber penghasilan dan ketahanan pangan. Salah satu faktor utama dalam keberhasilan pertanian adalah ketersediaan air, yang berperan penting dalam menjaga

kesuburan tanaman dan keberlanjutan lahan pertanian. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya alam, termasuk ekosistem hutan dan keanekaragaman tumbuhan, menjadi hal yang sangat penting dalam mendukung sistem pertanian yang berkelanjutan. Dengan keseimbangan antara kelestarian hutan dan pertanian, ketahanan lingkungan di Indonesia dapat tetap terjaga dengan baik.[5].

Sistem yang otomatis sangat memungkinkan suatu kendali terhadap penyiraman yang tepat waktu demi mendukung pertumbuhan tanaman simbar dan anggrek. Sistem penyiraman konvensional yang masih banyak digunakan sering kali kurang efisien karena dilakukan secara manual tanpa mempertimbangkan kondisi lingkungan seperti kelembaban tanah dan cuaca akan memakan banyak waktu dan tenaga. Hal ini dapat menyebabkan pemborosan air dan tenaga yang tidak efektif [6]. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang dapat mengoptimalkan penggunaan air dengan teknologi otomatis yang efisien.

Pemanfaatan energi terbarukan seperti tenaga surya (PLTS) dalam sistem penyiraman menjadi solusi yang potensial untuk mengatasi keterbatasan listrik dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Selain itu, Prinsip kerjanya berfokus pada konversi energi matahari menjadi energi listrik melalui panel surya atau sel surya. Teknologi sel surya mengubah energi cahaya matahari menjadi listrik tanpa menghasilkan gas rumah kaca, menjadikan pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi yang ramah lingkungan[7]. Sistem Monitoring dan Kontrol *misting nozzle* dirancang untuk mengoptimalkan penggunaan air berdasarkan parameter kelembaban tanah dan kondisi lingkungan lainnya.

Teknologi *Internet of Things* (IoT) menyediakan solusi untuk meningkatkan efisiensi. Dengan integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT), pengguna dapat memantau dan mengontrol sistem penyiraman dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis internet memungkinkan pengaturan yang lebih fleksibel dan efisien [8]. Selain itu, penggunaan panel surya sebagai sumber energi utama membuat sistem ini lebih ramah lingkungan, karena energi yang digunakan berasal dari sumber terbarukan, serta berkelanjutan, mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi konvensional.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, penelitian ini berfokus pada perumusan masalah yang perlu diselesaikan untuk mencapai tujuan yang diharapkan yaitu:

1. Bagaimana perancangan sistem *misting nozzle* yang terintegrasi dengan PLTS untuk

- penyiraman tanaman simbar dan anggrek?
2. Bagaimana penerapan IoT untuk mengontrol dan memonitor sistem *misting nozzle*?
  3. Bagaimana efektivitas sistem *misting nozzle* berbasis PLTS dan IoT dalam meningkatkan efisiensi penyiraman untuk mendukung pertumbuhan tanaman?

### **1.3. Batasan Masalah**

Agar penelitian lebih terarah dan fokus, batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Sistem yang dirancang hanya menggunakan panel surya sebagai sumber energi utama untuk penyiraman tanaman simbar, anggrek dan pengoperasian sistem IoT.
2. Monitoring dan kontrol dilakukan melalui sistem berbasis IoT yang terhubung dengan perangkat *mobile*.
3. Penelitian ini hanya membahas aspek teknis terkait perancangan dan pengujian sistem *misting nozzle* berbasis panel surya, tidak mencakup analisis ekonomi atau aspek kebijakan energi.
4. Pengujian sistem dilakukan dalam kondisi lingkungan terbatas, khususnya pada skala penyiraman simbar dan anggrek dengan area kecil, untuk mengukur keandalannya

### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah diatas, adalah:

1. Dapat merancang dan mengembangkan sistem *misting nozzle* berbasis panel surya untuk taman yang ramah lingkungan.
2. Mengimplementasikan teknologi IoT untuk monitoring dan kontrol sistem *misting nozzle* penyiraman tanaman secara otomatis melalui perangkat *mobile*.
3. Menganalisa efektivitas sistem *misting nozzle* berbasis PLTS dan IoT dalam meningkatkan efisiensi penyiraman serta mendukung pertumbuhan optimal tanaman simbar dan anggrek.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan solusi alternatif dalam pemanfaatan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.
2. Membantu masyarakat dalam mendapatkan sumber energi listrik yang praktis

dan fleksibel untuk berbagai keperluan di luar ruangan.

3. Meningkatkan efisiensi penggunaan energi dengan adanya sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT.
4. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan sistem energi terbarukan berbasis teknologi IoT.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Sebelumnya**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nugroho, Feddy Setio Pribadi (2023) mengembangkan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT pada Kelompok Tani TEGER 02 yang memungkinkan kontrol dan pemantauan jarak jauh melalui aplikasi berbasis web. Sistem ini menggunakan sensor kelembaban tanah dan suhu untuk mengoptimalkan penggunaan air serta memanfaatkan panel surya sebagai sumber energi utama, sehingga lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem ini mampu mengatasi keterbatasan tenaga kerja dalam penyiraman serta meningkatkan efisiensi distribusi air, terutama di musim kemarau. Sistem mampu dalam mengintegrasikan energi terbarukan dengan teknologi otomatisasi pertanian, yang dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem serupa dalam skala yang lebih luas[9].

Berdasarkan penelitian Renata Eka Budiani, Joseph Dedy Irawan dan Deddy Rudhistiar (2024), sistem monitoring dan penyiraman otomatis pada tanaman cabai berbasis *Internet of Things* (IoT) dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi budidaya cabai dengan mengurangi pemantauan manual. Sistem ini memungkinkan pemantauan kelembaban tanah, pH tanah, dan suhu lingkungan secara *real-time* melalui website berbasis IoT serta otomatis mengaktifkan pompa air saat kelembaban tanah berada di bawah batas optimal. Menggunakan sensor kelembaban tanah, sensor pH, dan sensor suhu (DHT11) yang terhubung ke Arduino Uno dan ESP8266, sistem ini mampu memberikan data akurat dengan rata-rata error rendah (3,51% untuk DHT11, 5,14% untuk sensor kelembaban tanah, dan 2,95% untuk sensor pH). Dengan teknologi ini, petani dapat dengan mudah memantau kondisi tanaman dari jarak jauh, mengoptimalkan penggunaan air, dan meningkatkan efisiensi pertanian secara keseluruhan[10]

Penelitian oleh Nuraida Latif (2021) ini membahas sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor *soil moisture* dan sensor suhu DHT11. Sistem ini dirancang untuk membantu petani dalam menjaga kelembaban tanah tanpa penyiraman manual. Mikrokontroler Arduino Uno digunakan sebagai pusat kendali yang berkomunikasi dengan *sensor soil moisture* dan DHT11. Data dari sensor ditampilkan di LCD 16x2 dan digunakan untuk mengontrol pompa air melalui *driver*

L298N, sehingga penyiraman berlangsung otomatis saat tanah kering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi kelembaban tanah dan suhu udara dengan baik, serta mengaktifkan pompa air secara otomatis. Studi ini juga membandingkan dengan penelitian sebelumnya dan menambahkan sensor suhu serta tampilan LCD untuk meningkatkan akurasi pemantauan[11].

Dari ketiga penelitian tersebut, menjadikan landasan dalam pembuatan monitoring dan kontrol *misting nozzle* penyiraman pada tanaman simbar dan anggrek berbasis panel surya dengan *internet of things* (Iot) dikembangkan menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali, yang lebih handal dibandingkan Arduino Uno dalam hal komunikasi IoT. Sistem ini juga mengintegrasikan panel surya (PLTS) sebagai sumber energi, sehingga lebih hemat daya dan ramah lingkungan. Selain itu, saya menggunakan sensor *soil moisture* untuk mendeteksi kelembaban tanah, serta *solenoid valve* yang dikendalikan secara otomatis untuk mengatur aliran air melalui *misting nozzle*. Dengan menambahkan desain corong fokus pada *misting nozzle*, penyiraman dapat difokuskan secara lebih efisien, mengurangi pemborosan air, dan memastikan tanaman mendapatkan kelembaban optimal sesuai kebutuhan.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1. *Internet of Things***

*Internet of things* atau bisa disebut juga dengan IoT adalah sebuah teknologi yang memiliki konsep yang bertujuan untuk memperluas dan memperkembang manfaat dari konektivitas internet yang tersambung terus menerus[8]. *Internet of Things* (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan perangkat saling terhubung melalui jaringan internet untuk meningkatkan efisiensi dan kemudahan dalam berbagai aktivitas sehari-hari. Dalam monitoring dan kontrol *misting nozzle* penyiraman pada tanaman simbar dan anggrek berbasis panel surya dengan *internet of things* (iot), IoT berperan penting dalam mengelola proses penyiraman tanaman secara real-time melalui perangkat digital seperti smartphone atau laptop.

Dengan teknologi IoT, pengguna dapat mengontrol volume air yang dikeluarkan melalui *solenoid valve* dari pompa air, serta menghidupkan atau mematikan *misting nozzle* secara manual melalui aplikasi. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan PZEM-004T untuk memantau konsumsi daya dari panel surya dan baterai, serta *Soil Moisture Sensor* untuk mendeteksi kelembaban tanah dan menentukan waktu penyiraman yang optimal.



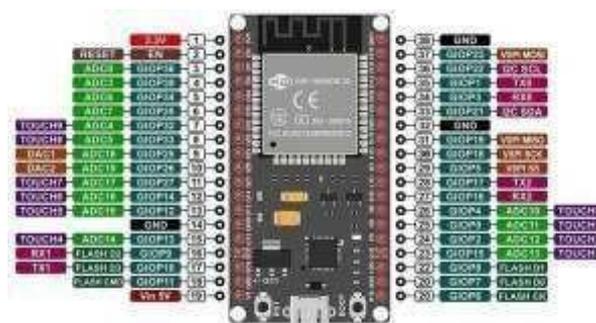
**Gambar 2. 1** *Internet of Things*

Sumber [12]

### 2.2.2. NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 adalah mikrokontroler yang mendukung komunikasi Wi-Fi dan *Bluetooth*, yang berfungsi sebagai otak dari sistem monitoring dan kontrol *misting nozzle* pada penyiraman simbar dan anggrek berbasis panel surya dengan IoT. ESP32 digunakan untuk menghubungkan sensor kelembaban tanah, *solenoid valve* atau pompa air, serta panel surya dan baterai dengan aplikasi monitoring, sehingga pengguna dapat memantau dan mengontrol sistem secara waktu nyata melalui perangkat digital seperti *smartphone*.

Keunggulan ESP32 antara lain kecepatan prosesor yang lebih tinggi, konsumsi daya lebih rendah, dan dukungan untuk berbagai fitur komunikasi, memungkinkan pengelolaan sistem penyiraman tanaman secara efisien dan *responsif*. Dengan dukungannya terhadap berbagai sensor dan perangkat, ESP32 menjadi pilihan ideal untuk sistem ini[13].



**Gambar 2. 2** *NodeMCU ESP32*

### 2.2.3. Beban Pemakaian

*Tabel 2. 1 Beban pemakaian*

No	Jenis Beban	Daya (Watt)	Durasi (Jam)	Energi yang Dihabiskan (Wh)	Keterangan
1	Pompa DC	60	1	60	Mengambil air dari sumber terdekat.
2	<i>Solenoid Valve</i>	15	1	15	Mengontrol aliran air untuk <i>misting nozzle</i> .
					Hasil perhitungan: Beban Pemakaian (Wh) = 75 Wh

Total Beban Pemakaian: Beban Pemakaian (Wh) = 60 + 15 = 75 wh

Menggunakan rumus (1) berikut [14]

$$E = P \times t$$

Keterangan:

- $E$  : Beban Pemakaian (Wh): Total energi listrik yang dibutuhkan.
- $P$  : Konsumsi daya (W)
- $t$  : Durasi (Jam) waktu penggunaan perangkat dalam satu hari.

### 2.2.4. Baterai *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO<sub>4</sub>)

Baterai merupakan komponen utama dalam sistem *misting nozzle* berbasis panel surya yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya untuk mendukung operasional sistem *misting nozzle* untuk penyiraman. Dalam sistem ini, digunakan baterai *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO<sub>4</sub>) dengan kapasitas 12V 25Ah, yang memiliki keunggulan dalam hal umur pakai lebih lama, efisiensi pengisian daya yang lebih tinggi, serta keamanan yang lebih baik dibandingkan baterai timbal-asam. Selain itu, baterai LiFePO<sub>4</sub> lebih stabil dalam kondisi lingkungan ekstrem dan memiliki tingkat *self-discharge* yang rendah, sehingga daya dapat disimpan lebih lama tanpa kehilangan kapasitas signifikan [15].

Sistem pengelolaan daya baterai pada sistem ini bertujuan untuk memastikan penyiraman tanaman tetap berjalan secara otomatis meskipun tanpa kehadiran sumber listrik *eksternal*. Dilengkapi dengan *Battery Management System* (BMS), yang berfungsi untuk melindungi baterai dari *overcharge*, *over-discharge*, dan arus berlebih.

Cara menentukan kapasitas baterai (2) dihitung dengan rumus[16]:

$$C = \frac{E}{\text{DoD} \times V}$$

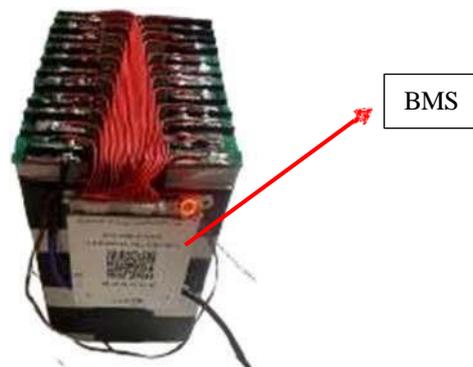
Keterangan:

1.  $C$  : Kapasitas Baterai (Ah) dalam *ampere*-jam yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi harian.
2.  $E$  : Beban Pemakaian (Wh) Total energi yang digunakan dalam satu hari.
3. DoD : *Depth of Discharge* (%) menunjukkan seberapa banyak baterai bisa digunakan tanpa merusak umur baterai (biasanya 80%).
4.  $V$  : Voltase (V) tegangan nominal baterai.

Dengan DoD baterai = 80% dan voltase = 12V

$$C = \frac{75}{0,8 \times 12} = 7,8 \text{ Ah.}$$

Dipilih baterai 12V 25Ah, kapasitas sudah mencukupi dan memiliki lebih banyak cadangan daya.



**Gambar 2. 3** Baterai lithium iron phosphate ( $\text{LiFePO}_4$ ) & BMS

### 2.2.5. Solar Charger Controller

*Solar Charge Controller* (SCC) merupakan alat yang digunakan pada plts untuk mengatur arus searah dari panel surya di isi ke baterai dan juga di ambil dari baterai ke beban dan untuk mengatur *overcharging* atau *over-discharging* yang dapat memperpendek umur baterai ketika pengisian baterai yang berlebihan. SCC juga melindungi sistem dari tegangan berlebih dan memastikan pengisian daya baterai yang optimal.[17]

Untuk menentukan kapasitas *solar charger controller* dihitung dengan rumus (3) sebagai berikut:

$$I_{SCC} = 1.25 \times I_{sc} \times N$$

Keterangan:

1.  $I_{SCC}$  (A) : Arus maksimal yang harus didukung oleh *charge controller*.
2.  $I_{sc}$  Panel (A) : Arus hubung singkat maksimum dari satu unit panel surya.

3.  $N$  : Banyaknya panel surya yang digunakan.
4. 125% : Faktor keamanan sebesar 25% untuk menghindari kelebihan arus. Dengan  $I_{sc}$  panel = 10A dan jumlah panel 1 unit:  $I_{SCC}$  (A) =  $1,25 \times 3A \times 1 = 3,75A$ . Dipilih SCC dengan kapasitas 10A untuk keamanan.



**Gambar 2. 4** Solar charger controller

### 2.2.6. Panel Surya

Panel surya digunakan sebagai sumber utama energi dalam sistem monitoring dan kontrol *misting nozzle*. Sel surya merupakan perangkat semikonduktor yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel surya merupakan semikonduktor yang memiliki permukaan luas. *Mono-crystalline* merupakan panel surya yang paling efisien, karena menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15% [18].

Untuk menentukan kapasitas panel surya dihitung dengan rumus (4) sebagai berikut:

$$= \frac{P_b \times t_h}{\eta \times H}$$

#### Keterangan:

- $P_p$  = Kapasitas panel surya yang dibutuhkan (Wp)
- $P_b$  = Total daya beban saat menyala (W)
- $t_h$  = Total waktu nyala beban per hari (jam/hari)
- $\eta$  = Efisiensi sistem (0,75 – 0,90, memperhitungkan rugi-rugi kabel, baterai, dan kontroler)
- $H$  = Lama penyinaran efektif (*Peak Sun Hours*) di lokasi (jam/hari)
- $K$  = Faktor cadangan/keandalan (1,5 – 3 tergantung kebutuhan).

Diketahui :

- $P_b = 60 \text{ W} + 15 \text{ W} = 75 \text{ W}$
- Waktu nyala beban  $t_h = 2 \text{ menit/jam} \times 24 \text{ jam} = 48 \text{ menit per hari (jam/hari)}$
- $\eta =$  Efisiensi sistem (0,75 – 0,90, memperhitungkan rugi-rugi kabel, baterai, dan kontroler)
- $H =$  Lama penyinaran efektif (*Peak Sun Hours*) di lokasi (jam/hari)
- $K =$  Faktor cadangan/keandalan (1,5 – 3 tergantung kebutuhan)

$$\begin{aligned}
 P_b &= 60 \text{ W} + 15 \text{ W} = 75 \text{ W} \\
 t_h &= 2 \text{ menit/jam} \times 24 \text{ jam} = 48 \text{ menit} = 0,8 \text{ jam/hari} \\
 \eta &= 0,87 \\
 H &= 5 \text{ jam/hari (wilayah Indonesia, konservatif)} \\
 K &= 2,5
 \end{aligned}$$

$$P_{ps} = \frac{75 \times 0,8}{0,87 \times 5} \times 2,5$$

$$P_{ps} = \frac{60}{4,35} \times 2,5$$

$$P_{ps} \approx 13,8 \times 2,5$$

$$P_{ps} \approx 34,5 \text{ Wp}$$

Kesimpulan:

Kapasitas panel surya teoritis yang dibutuhkan adalah  $\pm 34,5 \text{ Wp}$ .

Namun, untuk mempertahankan kinerja optimal pada cuaca mendung dan mengikuti ukuran panel yang tersedia di pasaran, dipilih panel 50 Wp.

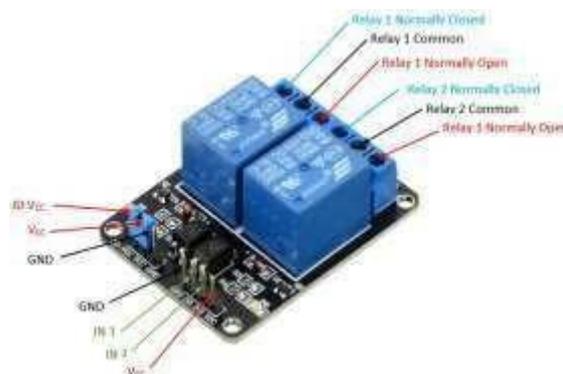


**Gambar 2. 5** Panel Surya

### 2.2.7. Modul *Relay*

*Relay* adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar listrik yang dikendalikan secara otomatis oleh sinyal listrik. Di dalamnya terdapat kumparan elektromagnetik yang, ketika diberi arus listrik, akan menarik atau melepaskan kontak saklar untuk menghubungkan atau memutus rangkaian listrik lainnya. *Relay* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk untuk mengendalikan beban listrik berdaya tinggi menggunakan sinyal berdaya rendah dari mikrokontroler seperti ESP32.

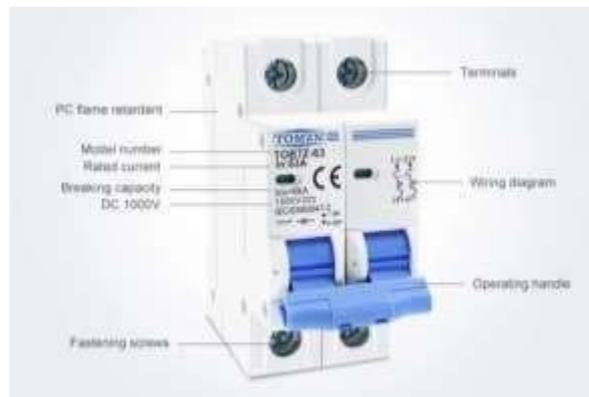
Pada sistem *misting nozzle* berbasis panel surya, *relay* digunakan untuk mengontrol pompa DC 12V dan *solenoid valve* berdasarkan data yang dikirimkan oleh sensor kelembaban tanah. Dengan mekanisme ini, *relay* memungkinkan sistem untuk mengaktifkan atau menonaktifkan penyiraman, menjaga agar tanaman subur dan anggrek mendapatkan jumlah air yang optimal sesuai dengan kebutuhan. Dengan penggunaan *relay*, sistem *misting nozzle* dapat beroperasi lebih efisien, menjaga daya tetap optimal, dan menghindari pemborosan energi, sehingga memastikan penyiraman tanaman yang efisien dan berkelanjutan.



**Gambar 2. 6** *Relay*

### 2.2.8. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

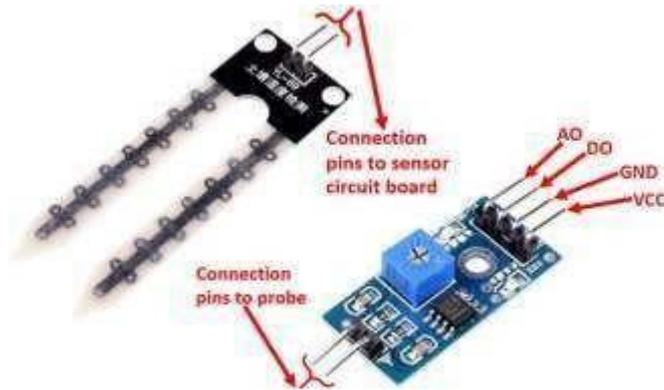
MCB berfungsi sebagai pengaman listrik untuk mencegah korsleting dan arus berlebih. Jika terjadi gangguan seperti lonjakan arus atau hubungan pendek, MCB akan memutus aliran listrik secara otomatis, melindungi baterai, dan komponen lainnya. MCB ini biasanya dipasang di jalur antara baterai dan beban sehingga sistem lebih aman dan dapat bekerja dengan stabil[19].



**Gambar 2. 7 MCB**

### 2.2.9. *Soil Moisture Sensor*

*Sensor Soil moisture* merupakan sensor yang mampu mendeteksi intensitas air di dalam tanah (*moisture*). Sensor ini terdiri dua probe untuk melewatkan arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar) [11]. Sensor kelembaban tanah adalah komponen yang sangat penting dalam sistem penyiraman simbar dan anggrek. Sensor ini berfungsi untuk mengukur tingkat kelembaban tanah di sekitar tanaman, yang memungkinkan sistem untuk memutuskan kapan penyiraman perlu dilakukan. Dengan menghubungkan sensor ini ke mikrokontroler seperti ESP32, sistem dapat memonitor kondisi tanah secara langsung dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk memastikan tanaman mendapatkan air yang cukup tanpa pemborosan

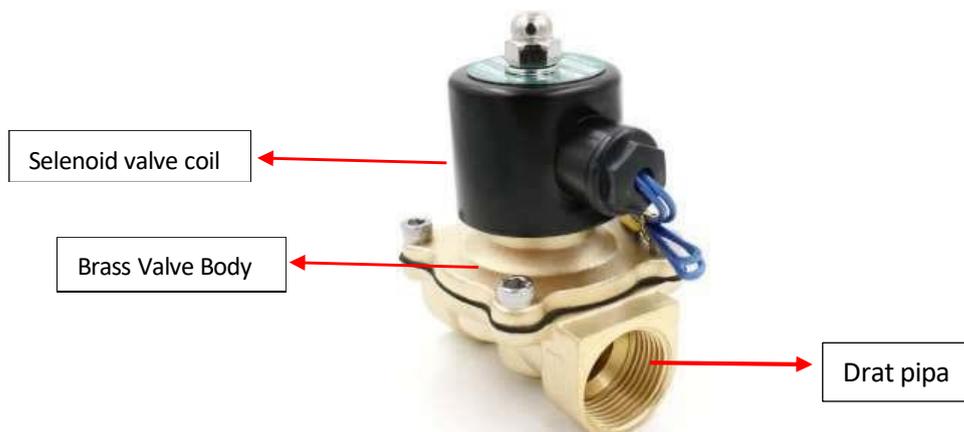


**Gambar 2. 8** Soil moisture sensor

Sumber: [20]

### 2.2.10. Solenoid Valve

*Solenoid valve* digunakan untuk mengendalikan aliran air ke *misting nozzle* dengan mengatur pembukaan dan penutupan katup secara otomatis. Katup solenoid ini bekerja menggunakan elektromagnet yang menggerakkan mekanisme internal untuk membuka atau menutup aliran air[21]. Dalam sistem ini, digunakan *solenoid valve* biasa yang beroperasi pada tegangan 12V DC, sehingga lebih hemat daya dan kompatibel dengan sumber energi PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). *Solenoid valve* dikendalikan oleh relay yang terhubung dengan ESP32, memungkinkan sistem untuk mengaktifkan atau menonaktifkan *misting nozzle* secara otomatis berdasarkan data sensor *soil moisture*. Dengan ini, penyiraman menjadi lebih efisien, mengurangi pemborosan air, dan memastikan tanaman mendapatkan kelembaban optimal sesuai kebutuhan.

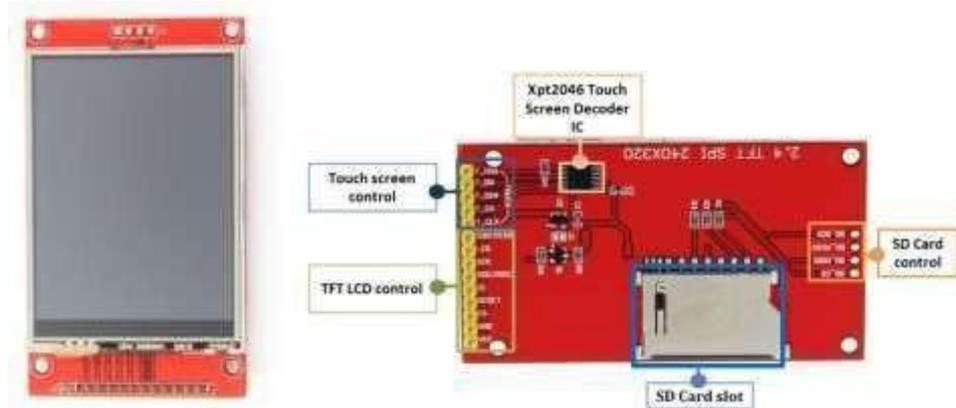


**Gambar 2. 9** Solenoid valve

### 2.2.11. LCD TFT

LCD TFT digunakan untuk menampilkan informasi terkait status sistem *misting nozzle*, seperti suhu dan kelembaban tanah, status pengisian daya baterai, dan status

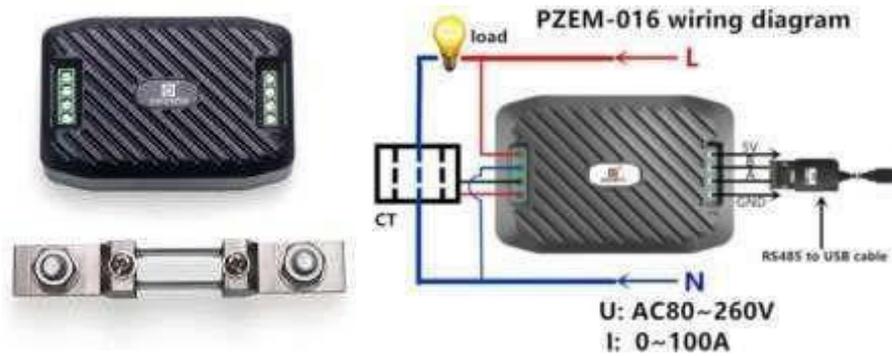
pengoperasian sistem *misting nozzle* secara langsung. Layar ini memberikan tampilan yang jelas dan mudah dibaca, bahkan dalam kondisi pencahayaan luar ruangan yang terang [22]. Dengan ukuran yang ringkas dan resolusi yang baik, LCD TFT memastikan pengguna dapat memantau kondisi lingkungan dan status sistem secara cepat dan praktis tanpa harus terhubung ke perangkat lain.



**Gambar 2. 10** LCD TFT

#### 2.2.12. Sensor PZEM-017

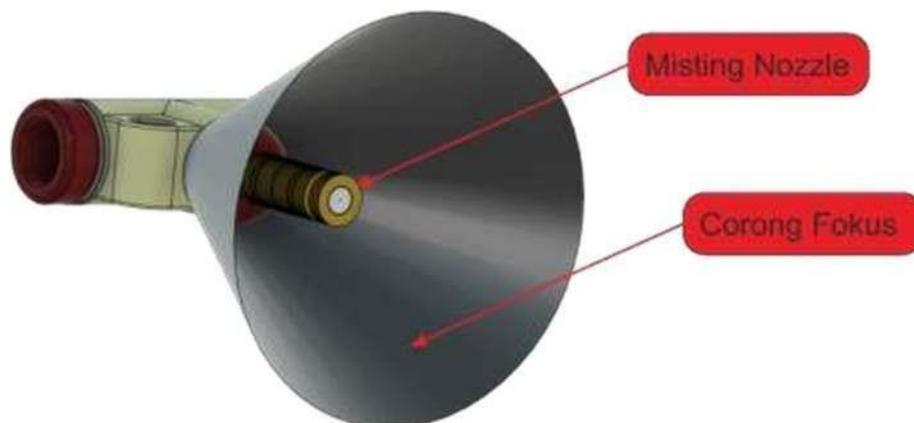
Sensor PZEM-017 merupakan modul sensor multifungsi yang digunakan untuk mengukur parameter kelistrikan DC, seperti tegangan (V), arus (A), daya (W), dan energi (Wh) pada sistem listrik. Sensor ini sudah dilengkapi dengan shunt resistor eksternal untuk mengukur arus dengan akurasi tinggi.[22]. PZEM-017 menggunakan antarmuka komunikasi serial (UART/RS485), sehingga dapat dengan mudah dihubungkan ke mikrokontroler seperti ESP32 untuk ditampilkan pada LCD TFT atau dikirim ke *platform* IoT guna pemantauan jarak jauh. Dalam sistem ini, sensor PZEM-017 digunakan memastikan efisiensi penggunaan energi dari baterai LiFePO4 12V 25Ah, serta mendukung pengelolaan daya yang lebih optimal. Selain itu, sensor ini juga berperan dalam sistem proteksi dan keamanan listrik, mencegah kelebihan beban, serta membantu dalam otomatisasi sistem berbasis energi terbarukan agar lebih efisien dan berkelanjutan.



**Gambar 2. 11** Sensor PZEM-017

### 2.2.13. Desain *Misting Nozzle*

Desain *misting nozzle* pada sistem ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu *misting nozzle* dan corong Fokus, yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi penyiraman. *Misting nozzle* bekerja dengan prinsip atomisasi, di mana air yang mengalir melewati lubang kecil mengalami peningkatan tekanan dan pecah menjadi partikel-partikel kecil berbentuk kabut halus. Untuk mengoptimalkan penyebaran kabut, desain ini dilengkapi dengan corong fokus yang berfungsi mengontrol arah dan distribusi semprotan air. Tanpa corong fokus, kabut air akan menyebar secara luas dan tidak terarah, mengurangi efisiensi penyiraman dan menyebabkan pemborosan air. Dengan adanya corong fokus, semprotan kabut lebih terkonsentrasi pada area target, meningkatkan efektivitas dalam menjaga kelembaban tanah secara optimal. Penambahan corong ini juga membantu memastikan bahwa air tidak menyebar ke area yang tidak diperlukan, menjadikannya lebih efisien untuk sistem penyiraman simbar dan anggrek.



**Gambar 2. 12** Desain *misting nozzle* & corong fokus

#### 2.2.14. Pompa DC 12v 100Psi

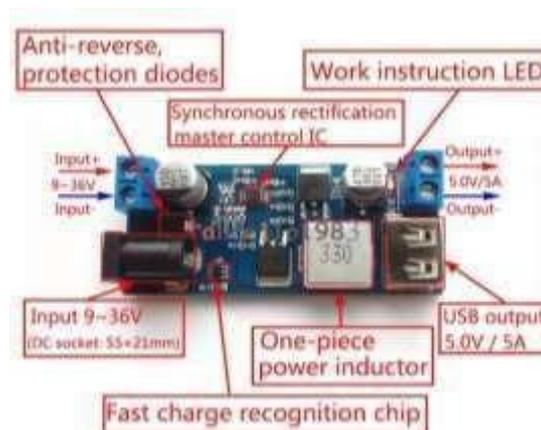
Pompa DC 12V berfungsi sebagai komponen utama dalam sistem penyiraman pintar berbasis tenaga surya, mengalirkan air secara otomatis berdasarkan data sensor kelembaban atau jadwal yang ditentukan melalui aplikasi. Beroperasi pada tegangan 12V DC, pompa ini efisien dalam penggunaan energi dari baterai dan memiliki kapasitas yang cukup untuk penyiraman skala kecil hingga menengah[23]. Dengan kontrol otomatis menggunakan ESP32, pompa hanya aktif saat dibutuhkan, memastikan efisiensi energi dan optimalisasi penggunaan air dalam sistem.



*Gambar 2. 13 Pompa DC 12V 100Psi*

#### 2.2.15. Step-Down dc 12V-5V

*Step-down* berperan penting dalam menyesuaikan tegangan listrik yang dihasilkan oleh panel surya agar sesuai dengan kebutuhan komponen elektronik di dalam sistem[24]. Panel surya yang digunakan dalam alat ini menghasilkan tegangan 12V, sedangkan modul ESP32 agar dapat beroperasi dengan aman. *Step-down converter* bertugas menurunkan tegangan dari 12V menjadi 5V, sehingga komponen yang lebih sensitif terhadap tegangan tinggi tidak mengalami kerusakan. Selain itu, penggunaan *step-down converter* juga membantu meningkatkan efisiensi daya, karena energi yang dihasilkan panel surya dapat didistribusikan secara optimal ke berbagai komponen tanpa pemborosan daya yang berlebihan.



*Gambar 2. 14 Step-Down DC*

### 2.2.16. Simbar (*Platyserium*)

Simbar merupakan genus tumbuhan paku epifit yang tergolong dalam *family Polypodiaceae*. Tumbuhan ini dikenal dengan bentuk daunnya yang unik menyerupai tanduk rusa, sehingga sering disebut sebagai "paku tanduk rusa" atau "simbar menjangan". Simbar memiliki dua jenis daun, yaitu daun steril (daun sarang) yang berfungsi untuk menangkap air dan sisa-sisa organik sebagai sumber nutrisi, serta daun fertil yang menggantung dan menghasilkan spora untuk reproduksi. Simbar umumnya hidup menempel pada batang pohon di daerah tropis dan subtropis dengan tingkat kelembaban yang bervariasi, tergantung spesiesnya. Pertumbuhan simbar tumbuh dengan rentang kelembaban sebesar 50% – 80%

Salah satu contoh adalah *platyserium bifurcatum*, yang banyak ditemukan di Australia dan Asia Tenggara. Spesies ini memiliki ukuran sedang, dengan daun fertil yang bercabang seperti tanduk rusa dan panjangnya sekitar 40–100 cm, Daun di setiap tumbuhan 7-11 helai, bertangkai 2-5 cm, menggantung[1]. Daun sterilnya berbentuk bulat dan menutupi rimpang, membantu mengumpulkan air dan sisa organik. Tulang daun pada daun penyangga tersusun menjari, dengan tulang cabang tingkat 1 dan tingkat 2 masih terlihat jelas, sedangkan tulang cabang tingkat seterusnya tidak terlihat dengan jelas lagi. Contoh lainnya adalah *platyserium grande*, yang umumnya ditemukan di Filipina. Spesies ini memiliki daun fertil yang jauh lebih besar, bisa mencapai 2 meter, dengan percabangan yang lebih lebar menyerupai sayap kelelawar. *Platyserium grande* memerlukan kelembaban tinggi untuk tumbuh optimal dan lebih sering ditemukan di hutan tropis yang lembap dibandingkan spesies lainnya.

Penyiraman simbar harus dilakukan dengan memperhatikan beberapa bagian penting agar pertumbuhannya optimal. Bagian daun steril (daun sarang) perlu disiram secara merata karena berfungsi menampung air dan sisa organik sebagai sumber nutrisi. Selain itu, penyiraman pada rimpang juga penting karena merupakan tempat tumbuhnya akar yang menyerap air dan nutrisi, namun perlu diperhatikan agar tidak berlebihan untuk menghindari pembusukan. Sementara itu, daun fertil (daun tanduk rusa) tidak memerlukan banyak air, tetapi tetap dapat diberikan semprotan halus untuk menjaga kelembaban lingkungan. Metode penyiraman yang digunakan adalah menggunakan *misting nozzle* atau semprotan halus agar air tersebar merata tanpa menyebabkan genangan. Penyiraman sebaiknya dilakukan dengan menggunakan air yang tidak mengandung kapur agar tidak meninggalkan residu pada daun. Dengan teknik penyiraman yang tepat, simbar dapat tumbuh dengan sehat dan optimal.



*Gambar 2. 15 Platycerium grande*

### 2.2.17. Anggrek

Anggrek (*Orchidaceae*) adalah salah satu keluarga tanaman berbunga terbesar di dunia memiliki morfologi unik dan memiliki penyebaran di daerah tropis, pertumbuhan anggrek dipengaruhi oleh kelembaban, pencahayaan, suhu, dan media tanam[25]. Sebagian besar spesies tumbuh optimal pada kelembaban 35–70% dengan pencahayaan sedang hingga tinggi. Salah satu genus populer adalah *Dendrobium*, yang mencakup lebih dari 1.500 spesies dan banyak ditemukan di Asia Tenggara, Australia, serta Pasifik. Anggrek *Dendrobium* memiliki *pseudobulb* sebagai cadangan air dan nutrisi serta bunga dengan variasi warna yang indah. Beberapa spesies terkenal termasuk *Dendrobium phalaenopsis*, *Dendrobium nobile*, dan *Dendrobium anosmum*. Karena daya tahannya yang tinggi dan keindahannya, *Dendrobium* sering dibudidayakan sebagai tanaman hias dengan perawatan yang meliputi pencahayaan cukup, penyiraman teratur, dan media tanam dengan drainase baik.

Penyiraman pada anggrek epifit seperti *Dendrobium*, penyiraman sebaiknya dilakukan pada akar udara dan media tanam (serbuk kayu, pakis, atau moss), dengan memastikan air tidak menggenang untuk mencegah pembusukan akar. Penyiraman menggunakan *misting nozzle* agar air tersebar merata dalam bentuk kabut, menjaga kelembaban tanpa membuat akar terlalu basah. Dengan teknik penyiraman yang tepat, anggrek dapat tumbuh subur, berbunga dengan baik, dan terhindar dari penyakit akibat kelembaban berlebih.



**Gambar 2. 16** Anggrek dendrobium

#### **2.2.18. Firebase**

*Firestore* adalah *platform* pengembangan aplikasi yang disediakan oleh Google, yang menawarkan berbagai layanan *backend* seperti *database real-time*, otentikasi pengguna, *cloud storage*, dan *hosting*. Dalam penelitian ini, *Firestore* dapat digunakan untuk menyimpan dan mengelola data dari sensor yang dikirim oleh ESP32 secara waktu nyata, memungkinkan pemantauan sistem secara jarak jauh melalui aplikasi berbasis IoT. Dengan integrasi ini, pengguna dapat mengakses data melalui aplikasi IoT, baik melalui web maupun perangkat mobile, untuk memantau status sistem kapan saja dan di mana saja.



**Gambar 2. 17** Logo firebase

#### **2.2.19. Flutter**

Flutter adalah *framework open-source* dari Google yang digunakan untuk membangun aplikasi *mobile*, web, dan *desktop* dengan satu basis kode. Dengan menggunakan Flutter, aplikasi *mobile* dapat dibuat untuk menampilkan data dari sistem secara interaktif dan responsif. Flutter mendukung integrasi dengan *Firestore*, sehingga memungkinkan pengolahan dan visualisasi data yang diterima dari ESP32 dengan lebih mudah. Flutter mendukung integrasi dengan *Firestore*, sehingga data dari sensor yang dikirim oleh ESP32, seperti *sensor soil moisture*, dan PZEM, dapat diolah dan divisualisasikan dengan lebih mudah. Selain itu, pengguna dapat mengontrol *solenoid*

*valve* dan *misting nozzle* secara langsung melalui aplikasi ini, memastikan penyiraman berlangsung sesuai kebutuhan tanaman.



***Gambar 2. 18 Logo flutter***

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengembangkan sistem monitoring dan kontrol *misting nozzle* penyiraman tanaman simbar dan anggrek berbasis panel surya dengan teknologi *Internet of Things* (IoT). Penelitian dilakukan secara eksperimental melalui proses perancangan, pembuatan, pengujian, serta analisis sistem yang telah dibuat. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu melakukan penyiraman secara otomatis sesuai tingkat kelembaban tanah serta dapat dikontrol dan dipantau dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis mobile. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan sistem penyiraman otomatis yang hemat energi, ramah lingkungan, dan efisien dalam pengelolaan air.

Penelitian ini dilaksanakan di halaman rumah peneliti yang berlokasi di Banjar Tegal Narungan, Desa Sobangan, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung. Alasan pemilihan lokasi penelitian di halaman rumah peneliti di Banjar Tegal Narungan, Desa Sobangan, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung adalah karena lokasi tersebut memiliki kondisi lingkungan luar ruangan yang sesuai untuk menguji kinerja sistem secara langsung. Selain itu, lokasi ini memudahkan pengawasan dan pemeliharaan peralatan selama proses penelitian, sehingga memungkinkan pengambilan data secara kontinu dan responsif terhadap perubahan cuaca. Pemilihan lokasi yang dekat dengan peneliti juga menghemat waktu, biaya transportasi, dan meminimalkan risiko kerusakan peralatan akibat keterlambatan penanganan jika terjadi gangguan. Waktu penelitian berlangsung mulai bulan Januari 2025 hingga Juli 2025, meliputi proses perancangan, pembuatan, pengujian sistem, pengambilan data, serta analisis hasil.

#### **3.1. Jenis Data yang Digunakan**

- **Data Primer**, yaitu data yang diperoleh secara langsung dari hasil pengujian sistem seperti kelembaban tanah, tegangan, arus, daya, dan frekuensi penyiraman.
- **Data Sekunder**, yaitu data yang diperoleh dari literatur, jurnal, artikel ilmiah, serta sumber terpercaya lain yang berhubungan dengan sistem penyiraman otomatis, teknologi IoT, panel surya, serta karakteristik tanaman simbar dan anggrek.

#### **3.2. Metode Pengumpulan Data yang Digunakan**

- **Observasi**, dilakukan dengan cara mengamati secara langsung kinerja sistem yang telah dirancang dan diimplementasikan, mulai dari proses penyiraman, tingkat

kelembaban tanah, hingga efisiensi energi selama pengujian.

- **Studi Literatur**, dilakukan dengan membaca dan mengkaji referensi seperti jurnal ilmiah, artikel, buku, dan sumber lainnya yang berkaitan dengan teknologi IoT, sistem penyiraman otomatis, penggunaan panel surya, serta karakteristik tanaman simbar dan anggrek untuk memperkuat landasan teori penelitian.
- **Wawancara**, dilakukan dengan narasumber yang memiliki pengetahuan atau pengalaman terkait sistem penyiraman tanaman, seperti petani, ahli hortikultura, atau teknisi sistem IoT. Tujuan wawancara adalah untuk mendapatkan wawasan praktis, validasi sistem, serta masukan terhadap keefektifan dan efisiensi dari sistem yang dibangun.

### 3.3. Rancangan Sistem

#### 3.3.1. Rancangan *Hardware*

Dalam perancangan *hardware* terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Rancangan Perangkat
2. Rancangan Alat

##### 3.3.1.1. Rancangan Perangkat

Sistem monitoring dan kontrol *misting nozzle* penyiraman pada tanaman simbar dan anggrek berbasis panel surya dengan *internet of things* (IoT) ini terdiri dari tiga proses utama, yaitu *input*, proses, dan *output*, yang bekerja secara terintegrasi untuk memastikan penyiraman tanaman yang efisien dan berkelanjutan.

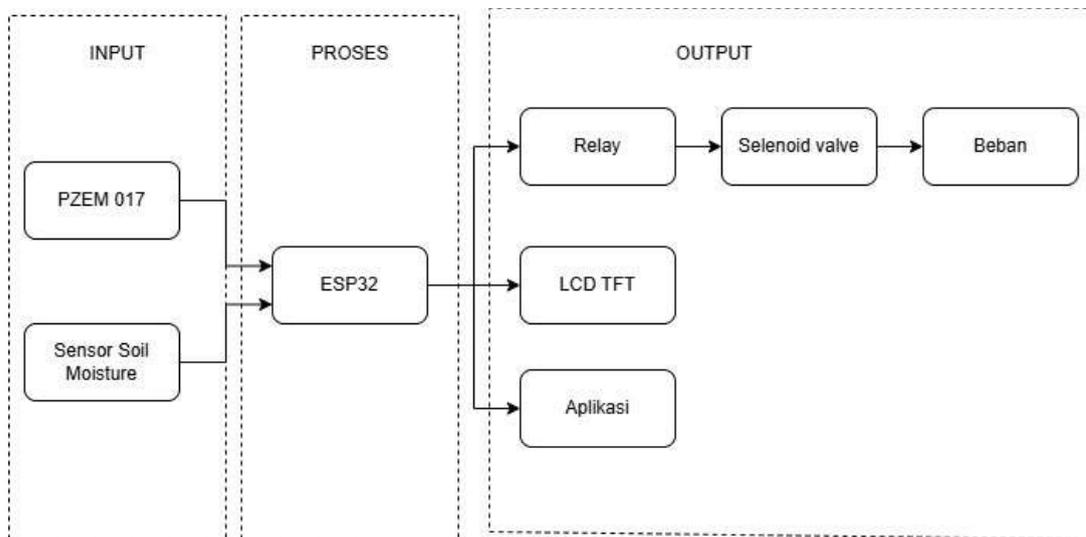
Pada tahap *input*, panel surya berfungsi sebagai sumber utama energi, menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik DC. Energi ini kemudian disalurkan ke *solar charge controller* (SCC), yang mengatur pengisian daya ke baterai LiFePO<sub>4</sub> 12V 25Ah secara stabil dan aman. SCC memastikan baterai tidak mengalami *overcharge* atau *over-discharge*, sehingga menjaga umur baterai dan kinerja sistem secara keseluruhan. Selain itu, *Sensor soil moisture* mendeteksi kelembaban tanah untuk menentukan apakah penyiraman diperlukan, lalu mengirimkan data ke ESP32 sebagai pusat kontrol sistem.

Pada tahap proses, ESP32 memproses data dari dua sensor *soil moisture* untuk menentukan apakah penyiraman harus dilakukan. Jika sensor simbar mendeteksi kelembaban tanah di bawah 55%, maka ESP32 akan mengaktifkan *relay*, menyalakan pompa 1, serta membuka *solenoid valve* 1 untuk menyuplai air ke *misting nozzle* pada tanaman simbar. Sementara itu, jika sensor 2 yaitu anggrek mendeteksi kelembaban di bawah 40%, maka ESP32 akan mengaktifkan pompa 2 dan membuka *solenoid valve* 2

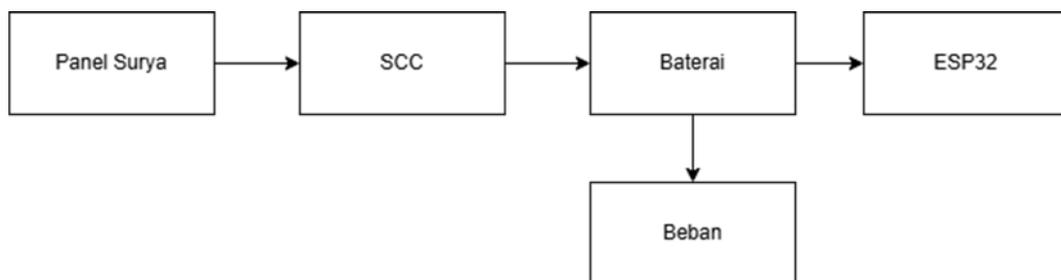
untuk menyiram tanaman anggrek. Jika kedua sensor mendeteksi kelembaban di bawah ambang batasnya masing-masing, kedua *solenoid valve* akan aktif bersamaan, memungkinkan air mengalir ke dua *misting nozzle* sekaligus. Sebaliknya, jika kelembaban tanah telah mencapai 75% untuk simbar dan 60% untuk anggrek, sistem akan mematikan pompa dan *solenoid valve* untuk menghemat air dan energi. Selain itu, *solar charge controller* terus memantau serta mengontrol aliran daya dari panel surya ke baterai, memastikan sistem tetap berjalan efisien. Data sistem dikirim ke *firebase*,

memungkinkan pengguna memantau dan mengontrol penyiraman secara langsung melalui aplikasi berbasis Flutter.

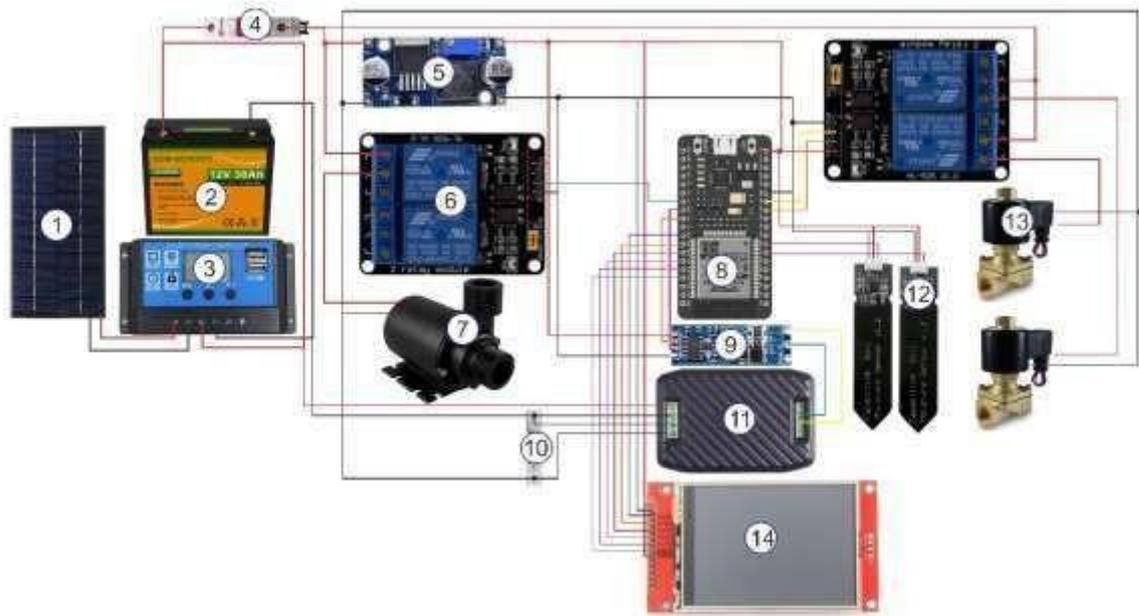
Pada tahap *output*, sistem akan mengaktifkan penyiraman otomatis saat kelembaban tanah berada di bawah batas minimum, dengan dua *misting nozzle* menyemprotkan kabut air secara efisien untuk meningkatkan kelembaban tanah. Seluruh status penyiraman dan kondisi lingkungan dapat dipantau secara *real-time* melalui aplikasi *mobile* berbasis Flutter dan *Firestore*. Dengan sistem ini, efisiensi penggunaan air dan energi meningkat, karena penyiraman hanya terjadi saat diperlukan, sementara panel surya menjadi sumber daya utama yang mendukung keberlanjutan sistem.



**Gambar 3. 1** Blok diagram kontrol mikrokontroler



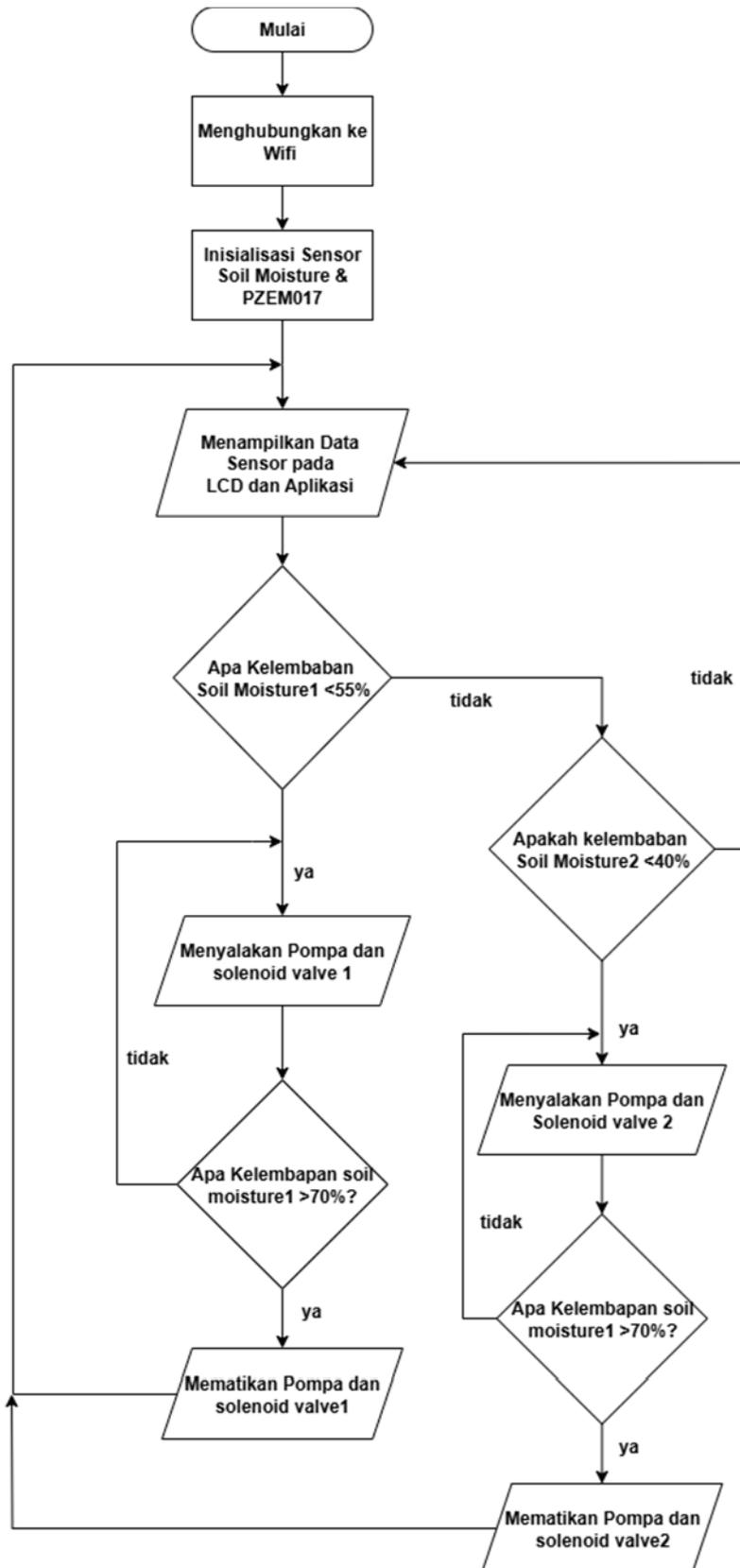
**Gambar 3. 2** Blok diagram sistem kelistrikan



**Gambar 3. 3** Wiring diagram perancangan perangkat

**Tabel 3. 1** Keterangan wiring diagram

NO	Komponen
1	Panel Surya
2	Baterai
3	<i>Solar Charge Controller</i>
4	MCB DC
5	<i>Step-down 12-5 v</i>
6	Modul Relay 2 chanel
7	Pompa DC 12V
8	ESP 32
9	UART/RS485
10	MCB DC
11	PZEM DC
12	<i>Sensor Soil Moisture</i>
13	<i>Selenoid Valve</i>
14	LCD Tft



**Gambar 3. 4** Flowchart sistem

Pada gambar 3.4, sistem ini dimulai dengan ESP32 terhubung ke jaringan WiFi, memungkinkan komunikasi dengan perangkat. Setelah koneksi berhasil, sistem

melakukan inisialisasi sensor PZEM-017 dan sensor *soil moisture*, yang bertugas mengukur parameter listrik serta kelembaban tanah. Data dari sensor kemudian ditampilkan pada LCD dan aplikasi (APK) sebagai antarmuka pengguna untuk pemantauan.

Proses utama penyiraman tanaman bergantung pada kondisi kelembaban tanah di dua area berbeda, yaitu area tanaman simbar dan area tanaman anggrek. Jika kelembaban sensor *soil moisture* 1 (tanaman simbar) terdeteksi kurang dari 55%, maka sistem akan mengaktifkan *solenoid valve* dan pompa 1 untuk menyiram tanaman simbar. Jika kelembaban masih di atas ambang batas, sistem tidak melakukan tindakan. Hal serupa berlaku untuk sensor *soil moisture* 2 yang mengontrol penyiraman tanaman Anggrek. Jika kelembaban *soil moisture* 2 turun di bawah 40%, maka *solenoid valve* dan pompa 2 akan diaktifkan untuk menyiram tanaman Anggrek.

Setelah penyiraman berlangsung, sistem terus memantau kelembaban tanah. Jika kelembaban pada area tanaman Simbar naik hingga lebih dari 70%, maka sistem akan mematikan *solenoid valve* dan pompa 1. Begitu juga dengan tanaman Anggrek, jika kelembaban tanah telah mencapai 70%, sistem akan mematikan *solenoid valve* dan pompa 2 untuk mencegah kelebihan air. Proses ini berlangsung secara otomatis dan terus berulang, memastikan tanaman mendapatkan air sesuai kebutuhan tanpa pemborosan sumber daya.

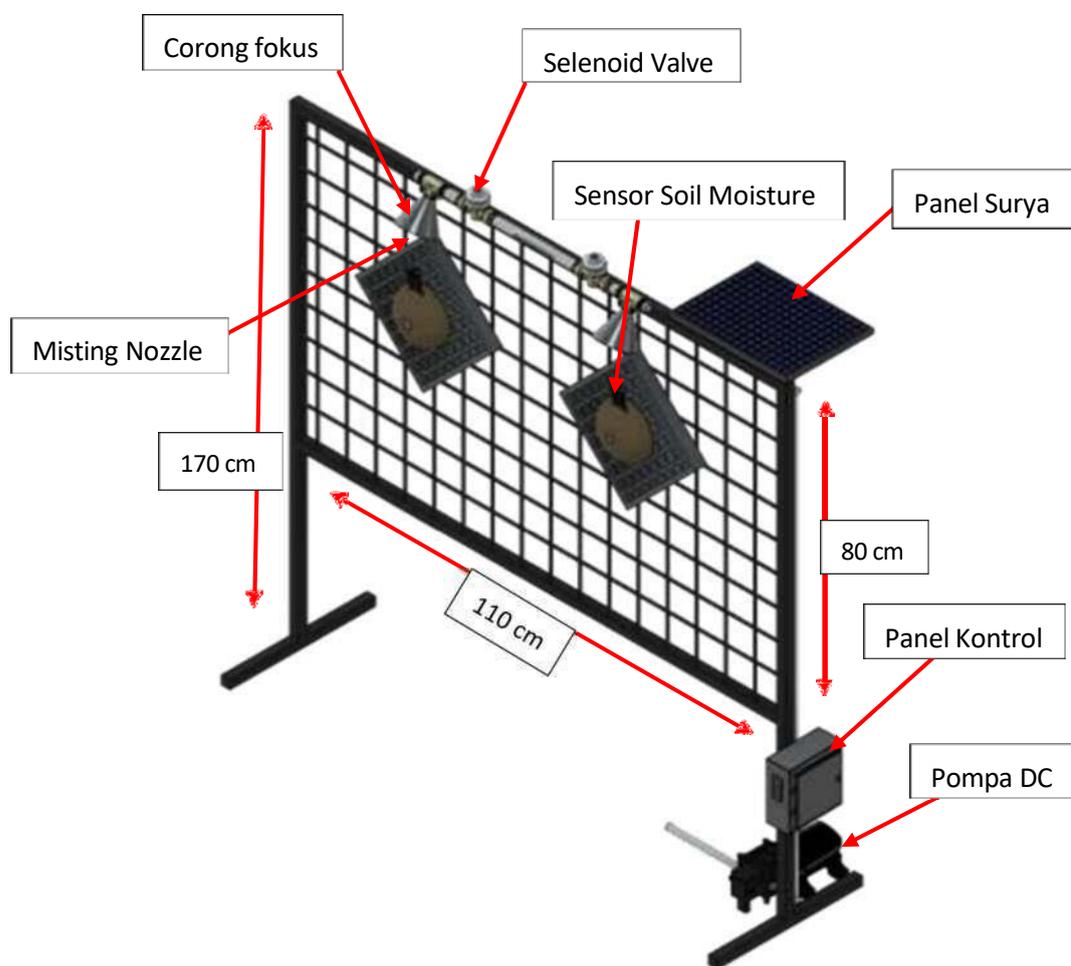
#### **3.3.1.2. Rancangan Alat**

Pada gambar 3.5, pembuatan rangka dirancang dengan dimensi tinggi 170 cm dan lebar 110 cm untuk mengoptimalkan proses penyiraman tanaman secara otomatis dan efisien. Sistem ini cocok untuk digunakan di luar ruangan atau semi (*outdoor*), seperti kebun, pekarangan, atau area budidaya tanaman lainnya, karena menggunakan panel surya sebagai sumber energi utama. Panel surya berfungsi mengubah sinar matahari menjadi listrik untuk menyuplai daya ke seluruh sistem, termasuk pompa, sensor, dan kontroler, sehingga alat ini dapat beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada jaringan listrik.

Sistem ini dilengkapi dengan sensor *soil moisture* yang ditempatkan pada media tanam untuk mendeteksi kadar kelembaban dalam tanah. Jika kelembaban turun di bawah ambang batas yang telah ditentukan, ESP32 akan mengaktifkan pompa dan membuka *solenoid valve*, sehingga air dapat mengalir menuju *misting nozzle*. *Misting nozzle*, yang

dipasang pada ketinggian 170 cm, menghasilkan semprotan air berbentuk kabut untuk memastikan distribusi air yang lebih merata dan efisien, sehingga tanaman mendapatkan kelembaban optimal tanpa pemborosan air.

Selain itu, sistem ini dirancang *portable* dan dapat dipindah-pindahkan sesuai kebutuhan. Struktur rangkanya memungkinkan alat ini ditempatkan di berbagai lokasi tanpa instalasi permanen, sehingga fleksibel untuk berbagai kondisi lahan dan penggunaan. Dengan desain yang dapat dipindahkan, alat ini sangat cocok untuk diterapkan di lingkungan luar ruangan yang membutuhkan solusi penyiraman otomatis yang efisien dan hemat energi.



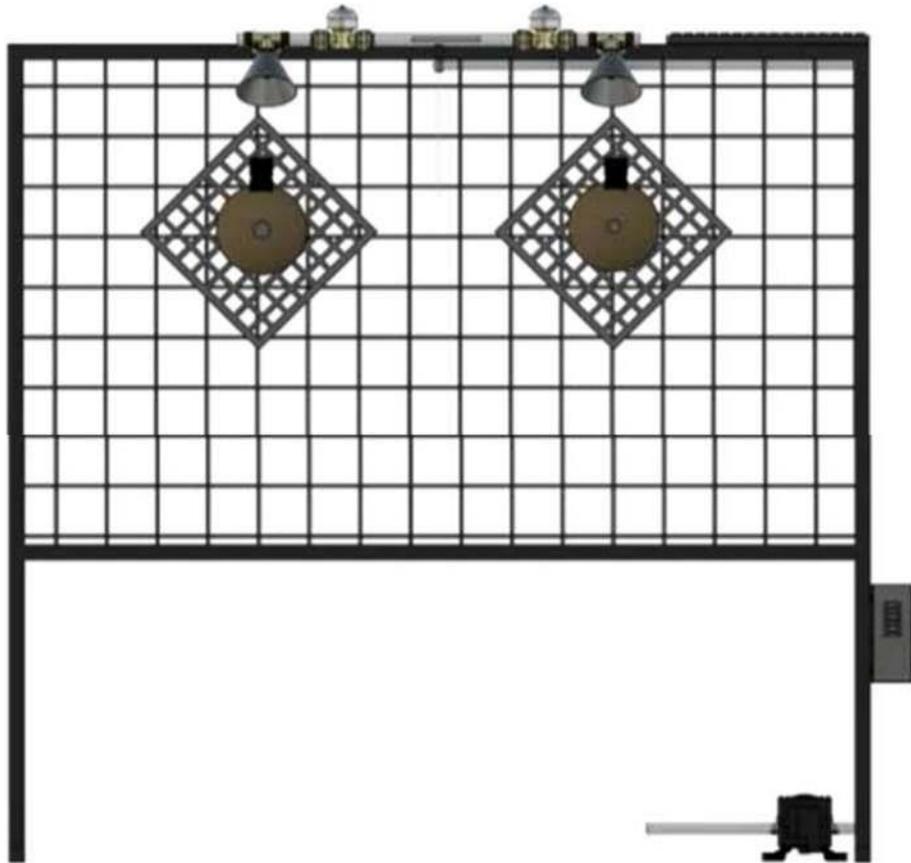
**Gambar 3.5** Rancangan alat

Pada gambar ini, *misting nozzle* tidak terlihat karena posisinya sengaja ditutupi oleh tanaman untuk mengutamakan estetika dan menjaga tampilan yang lebih alami. Penyemprotan kabut air tetap dapat berfungsi secara optimal karena *misting nozzle* diposisikan di atas tanaman, memungkinkan distribusi air yang merata ke seluruh permukaan daun dan media tanam. Desain ini juga membantu menjaga kelembaban di sekitar tanaman tanpa mengganggu komponen penyiraman.



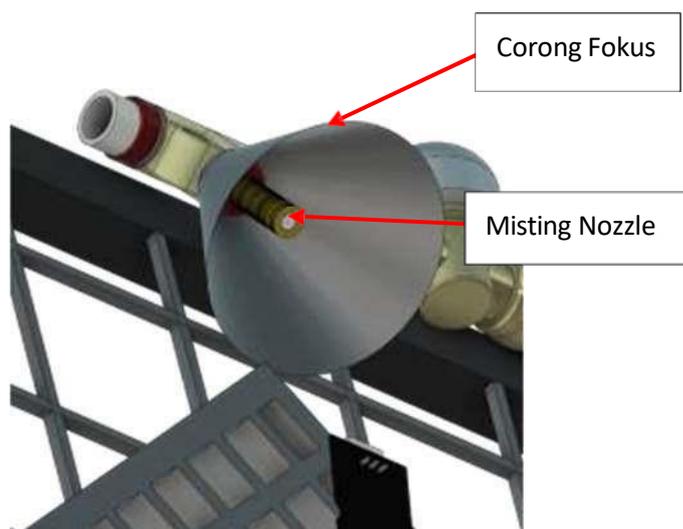
**Gambar 3. 6** Posisi dan penataan tanaman simbar & angrek

Gambar 3.6 ini menunjukkan tampak depan sistem penyiraman untuk tanaman Simbar dan Angrek. Struktur utama terdiri dari rangka besi dengan desain grid untuk menopang tanaman. Dua tanaman ditempatkan dalam wadah *drainase cell* di bagian tengah. Di bagian atas, terdapat dua *misting nozzle* yang berfungsi menyemprotkan air dalam bentuk kabut, didukung oleh sistem perpipaan. Pada bagian kanan bawah, terdapat pompa air yang bertugas mengalirkan air ke *misting nozzle*. Sebuah panel kontrol juga terpasang di sisi kanan untuk mengatur sistem secara otomatis.

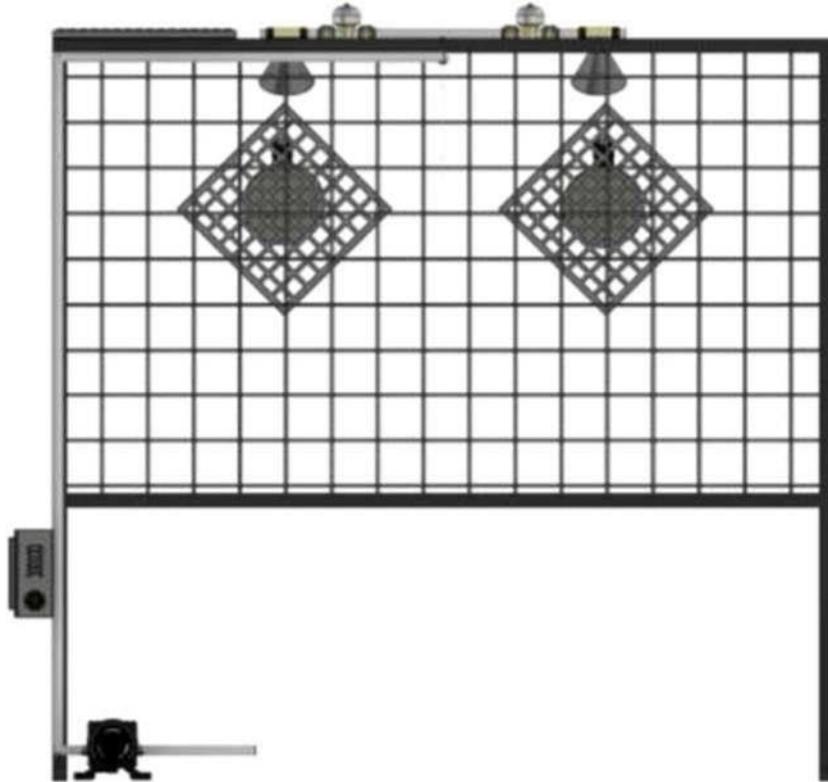


**Gambar 3. 7** Tampak depan

Pada gambar 3.7 terdapat desain *misting nozzle* ini didukung oleh corong fokus, yang dirancang untuk mengarahkan semprotan kabut air agar lebih merata dan efisien, sehingga meningkatkan efektivitas penyiraman tanpa pemborosan air.



**Gambar 3. 8** Misting nozzle



*Gambar 3. 9 Tampak belakang*



*Gambar 3. 10 Tampak samping kanan*



*Gambar 3. 11 Tampak samping kiri*



*Gambar 3. 12 Panel kontrol*

Pada gambar 3.12 terdapat sistem ini dilengkapi dengan panel kontrol anti air, yang berfungsi untuk melindungi komponen elektronik dari paparan air, debu, dan kondisi lingkungan luar yang ekstrem. Panel ini dirancang menggunakan bahan tahan air untuk memastikan keamanan serta keandalan sistem saat digunakan di luar ruangan (*outdoor*). Bagian depan panel kontrol menggunakan akrilik transparan, sehingga memungkinkan pengguna untuk melihat komponen di dalamnya secara langsung tanpa

harus membuka panel.

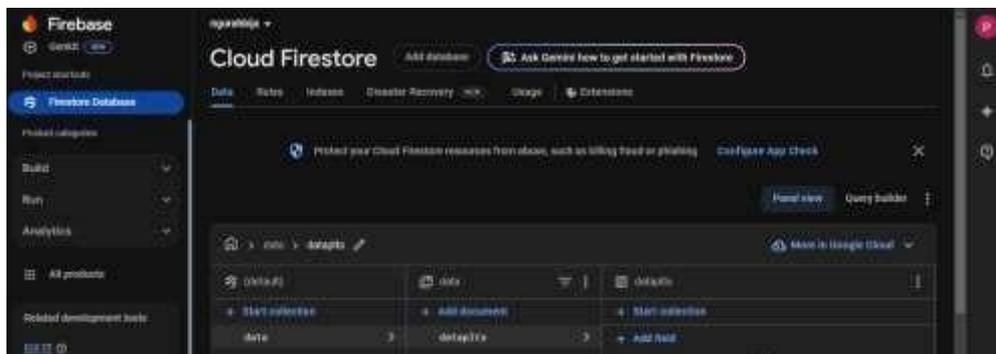
### 3.4. Rancangan Software

Rancangan *software* pada alat terdiri dari 2 rancangan yaitu:

1. Rancangan database
2. Rancangan aplikasi smartphone

#### 3.4.1. Rancangan Database

*Database* untuk sistem ini dibuat menggunakan *Firebase*, sebuah *platform* pengembangan aplikasi yang menyediakan berbagai layanan basis data *real-time*. Dengan menggunakan *Firebase* setiap perubahan data akan langsung disinkronkan dan dapat diakses oleh pengguna secara waktu nyata melalui aplikasi berbasis Flutter. *Firebase* terintegrasi antara perangkat keras (ESP32) dan aplikasi *mobile*, sehingga pengguna dapat memantau dan mengontrol sistem penyiraman mereka dari jarak jauh dengan mudah.



*Gambar 3.13 Rancangan database di firebase*

#### 3.4.1.1. Rancangan Aplikasi di Smartphone

Aplikasi ini dibuat menggunakan Flutter untuk tampilan pengguna dan *Firebase* sebagai tempat penyimpanan data yang diperbarui secara *real-time*. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol sistem penyiraman otomatis melalui ponsel, sehingga lebih praktis dan fleksibel digunakan di luar ruangan.

Di dalam aplikasi, terdapat tombol *ON/OFF* untuk menghidupkan atau mematikan *solenoid valve* 1 dan 2, yang masing-masing berfungsi mengatur aliran air ke tanaman simbar dan angrek. Selain itu, aplikasi juga menampilkan informasi penting seperti tegangan (V), arus (A), daya (W), dan kelembaban tanah (%), dengan sensor 1 untuk simbar dan 2 untuk angrek. Semua data ini tersimpan di *firebase*, memungkinkan pengguna untuk mengakses dan memantau sistem kapan saja dan dari mana saja. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9 di bawah ini.



*Gambar 3. 14 Rancangan tampilan pada aplikasi*

### 3.5. Pembuatan Alat

#### 3.5.1. Langkah Pembuatan Alat

Pembuatan alat Sistem Monitoring dan Kontrol *Misting Nozzle* Penyiraman pada Tanaman Simbar dan Anggrek Berbasis Panel Surya dengan IoT dimulai dengan membeli komponen dan alat yang diperlukan. Pembuatan rangka utama menggunakan besi hollow yang dipotong dan dirakit sesuai ukuran yang telah ditentukan, yaitu 180 cm tinggi dan 100 cm lebar. Rangka ini berfungsi sebagai penopang utama untuk berbagai komponen, termasuk media tanam, panel surya, dan sistem penyiraman. Setelah rangka selesai dirakit, *wiremesh* atau kawat ram dipasang sebagai tempat untuk menggantung pot media tanam, yang nantinya akan ditempati oleh tanaman simbar.

Langkah berikutnya adalah pemasangan sistem penyiraman, yang terdiri dari *misting nozzle*, *solenoid valve*, dan pipa kecil (PE atau selang kabut). *Nozzle* dipasang pada bagian atas rangka dengan posisi yang strategis agar penyiraman dapat dilakukan secara merata. Pompa air dan tandon air disiapkan sebagai sumber utama air, dengan pipa yang menghubungkan pompa ke *solenoid valve* dan *misting nozzle*. Untuk memastikan penyiraman hanya terjadi ketika dibutuhkan, sensor soil moisture dipasang di media tanam untuk mengukur kelembaban tanah secara langsung. Selanjutnya, sistem IoT dan kelistrikan mulai dirangkai. Panel surya dipasang di

bagian atas rangka untuk menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik, yang kemudian disimpan dalam baterai sebagai sumber daya utama. ESP32 sebagai mikrokontroler dikonfigurasi untuk mengontrol pompa dan katup *solenoid* berdasarkan data dari sensor *soil moisture*. Semua komponen elektronik, termasuk panel kontrol, diletakkan dalam box listrik untuk melindungi dari debu dan air. Setelah semua komponen terpasang, dilakukan pengujian dan kalibrasi sistem untuk memastikan bahwa penyiraman berjalan otomatis sesuai dengan kondisi kelembaban tanah yang telah ditentukan.

### 3.5.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada peneliti dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 3. 2** *Alat-alat yang digunakan*

No	Alat	Jumlah
1	Tang Kombinasi	1 buah
2	Cutter	1 buah
3	Obeng (+ -)	2 buah
4	Solder	1 buah
5	Bor listrik	1 buah
6	Gerinda	1 buah
7	Meteran	1 buah
8	Multimeter Digital	1 buah

**Tabel 3. 3** *Komponen yang digunakan*

No	Bahan	Jumlah
1	ESP32	1 Unit
2	Sensor PZEM	1 Unit
3	LCD TFT	1 Unit
4	Relay	1 Unit
5	<i>Step-down</i> (12V-5V)	1 Unit
6	Baterai LiFePO4 12V 25Ah	1 Unit
7	Panel Surya	1 Unit

8	<i>Solar Charge Controller (SCC)</i>	1 Unit
9	Kabel & Konektor	Sesuai kebutuhan
10	PCB	1 lembar
11	Komponen pendukung (resistor, kapasitor, dll.)	Sesuai kebutuhan

**Tabel 3. 4** Bahan yang digunakan

No	Bahan	Jumlah
1	Besi hollow	12 meter
2	Pipa pvc 1/2	5 meter
3	Kawat ram	3meter
4	Selang kabut	2 meter
5	Mata Bor	1 set
6	Timah	1 roll
7	Resibon	5 buah
8	Baut	10 buah
9	Mur	10 buah
10	Kabel	10 meter

### 3.6. Analisa Hasil Penelitian

Pengambilan data hasil percobaan dilakukan untuk menganalisis kinerja sistem *Misting Nozzle* Penyiraman pada Tanaman Simbar & Anggrek Berbasis Panel Surya dengan IoT. Data yang dicatat mencakup tegangan, arus, daya, dan kelembaban tanah. Tegangan dan arus diukur untuk mengetahui konsumsi listrik dalam sistem baterai, sedangkan daya dihitung berdasarkan perkalian keduanya dalam satuan watt. Kelembaban tanah diukur menggunakan sensor *soil moisture*, yang menentukan kapan sistem perlu mengaktifkan atau menghentikan penyiraman. Penyiraman pada tanaman simbar aktif jika kelembaban <55% dan berhenti saat >75%, sedangkan pada anggrek aktif di <40% dan berhenti di >60%. Dengan pencatatan data ini, efisiensi energi serta efektivitas sistem dalam menjaga kelembaban tanaman dapat dianalisis lebih akurat, memastikan penggunaan sumber daya yang optimal.

Hasil penelitian akan membandingkan pertumbuhan tanaman yang menggunakan sistem penyiraman otomatis dengan yang disiram secara manual.

Perbandingan ini dilakukan berdasarkan parameter kelembaban tanah, efisiensi penggunaan air, dan kondisi pertumbuhan tanaman. Sebaliknya, pada penyiraman manual, kelembaban tanah lebih bervariasi karena bergantung pada frekuensi dan jumlah air yang diberikan oleh

pengguna. Tanaman bisa mengalami kekeringan jika penyiraman terlambat atau kelebihan air jika dilakukan berlebihan.

**Tabel 3. 5** Pengambilan data hasil percobaan

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Kelembaban Media Simbar (%)	Kelembaban Media Anggrek (%)
1					
2					
3					
4					
5					

### 3.7. Hasil Yang Diharapkan

Hasil yang diharapkan dari pengembangan sistem *Misting Nozzle* Penyiraman pada Tanaman Simbar Dan Anggrek Berbasis Panel Surya dengan IoT adalah terciptanya sistem penyiraman otomatis yang efisien dan ramah lingkungan. Dengan adanya panel surya sebagai sumber energi utama, sistem ini dapat beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada listrik PLN, sehingga lebih hemat energi dan cocok digunakan di berbagai lokasi luar ruangan atau *outdoor*, termasuk area yang minim akses listrik.

Sistem ini juga diharapkan mampu mengoptimalkan penyiraman tanaman dengan mendeteksi tingkat kelembaban tanah secara *real-time* menggunakan *sensor soil moisture*. Jika kelembaban turun di bawah batas yang telah ditentukan, sistem akan secara otomatis mengaktifkan pompa dan *solenoid valve* untuk menyemprotkan air melalui *misting nozzle*, sehingga tanaman tetap mendapatkan kelembaban yang cukup tanpa pemborosan air.

Selain itu, integrasi dengan *Internet of Things (IoT)* memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem secara jarak jauh melalui aplikasi. Pengguna dapat melihat data kelembaban, konsumsi daya, serta status sistem secara langsung melalui LCD dan aplikasi *mobile*, sehingga perawatan tanaman menjadi lebih praktis dan efisien. Dengan adanya fitur otomatisasi ini, diharapkan sistem dapat

meningkatkan produktivitas dan efektivitas dalam budidaya tanaman simbar, khususnya bagi pengguna yang memiliki keterbatasan waktu dalam melakukan penyiraman manual.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Implementasi Sistem

Implementasi alat sistem penyiraman otomatis menggunakan *misting nozzle* yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 menggunakan panel surya sudah berhasil diimplementasikan. Alat ini memanfaatkan sensor *soil moisture* untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah tanaman simbar dan angrek, dan mengontrol pompa air serta *solenoid valve* yang mengatur aliran air ke *misting nozzle*. Komponen-komponen utama seperti panel surya, baterai LiFePO4 12V 25Ah, *solar charge controller*, pompa DC 12V, dan LCD TFT ditempatkan dalam rangka besi yang kokoh, memastikan alat dapat bekerja dengan optimal

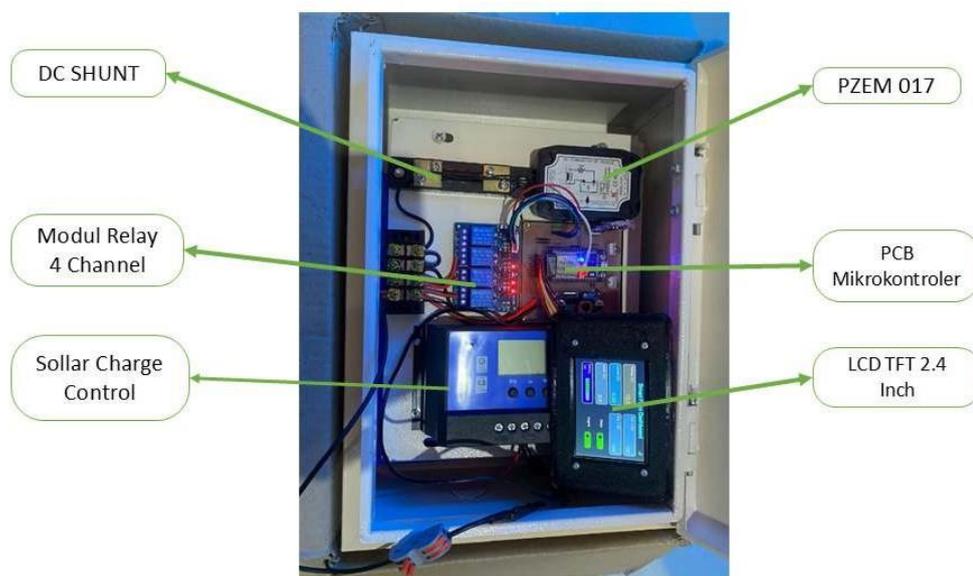
#### 4.1.1 Implementasi *Hardware*

Hasil perancangan alat penyiraman otomatis ini merupakan bentuk nyata dari rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Pada Gambar 4.1 ini merupakan hasil bentuk fisik dari rancangan yang sudah di buat.



**Gambar 4. 1** Tampak depan hasil rancangan

1. Panel Box: Berisi rangkaian kontrol dan rangkaian daya yang berperan dalam mengatur sistem kerja keseluruhan perangkat.
2. Katup Solenoid: Berfungsi sebagai kran otomatis yang mengatur aliran air ke *misting nozzle* dengan membuka dan menutup secara elektronik..
3. Panel Surya 50 WP: Digunakan sebagai sumber energi untuk mengisi ulang daya pada baterai.
4. Pompa Air DC: Bertugas mengalirkan air dari wadah penampungan menuju katup solenoid.



**Gambar 4. 2** Box panel alat IoT



**Gambar 4. 3** Corong fokus misting nozzle

Penggunaan corong pada *misting nozzle* pada gambar 4.3 sangat bermanfaat pada penyiraman otomatis yang mengutamakan efisiensi air dan presisi, untuk tanaman simbar dan anggrek. Tanpa corong, semprotan kabut bisa menjadi terlalu menyebar dan tidak efektif.

#### 4.1.2 Implementasi *Software*

Implementasi *software* akan berisikan tentang *software* yang digunakan dalam pembuatan sistem monitoring penyiraman simbar dan anggrek secara otomatis berdasarkan rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Adapun *software* yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Arduino IDE
2. Spreadsheet
3. Firebase
4. Flutter

Implementasi *software* pada penelitian ini terdiri dari 4 tahap yaitu, koding program menggunakan Arduino IDE, kemudian database dihubungkan ke Spreadsheet dan firebase. Lalu sistem monitoring menggunakan aplikasi.

##### 4.1.2.1. Implementasi Program Arduino IDE

###### 1. Library yang digunakan

```
// ===== LIBRARY & DEFINISI
=====
```

```

#include <WiFiManager.h>
#include
<ModbusMasterPzem017.h>
#include <TFT_eSPI.h>
#include <SPI.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <WiFi.h>

#include
<Firebase_ESP_Client.h>
#include <addons/TokenHelper.h>
#include <NTPClient.h>

```

**Gambar 4. 4** Program Inisialisasi Perangkat

WiFiManager Menghubungkan ESP32 ke WiFi secara otomatis tanpa perlu mengatur kode SSID/password setiap kali. ModbusMasterPzem017 Berfungsi membaca data dari sensor listrik PZEM-017 (tegangan, arus, daya). TFT\_eSPI & SPI Untuk mengatur dan menampilkan data ke layar TFT LCD. HTTPClient & WiFi Mengirim data melalui internet menggunakan protokol HTTP. Firebase\_ESP\_Client & TokenHelper Mengirim data ke database Firebase *Realtime* Database. NTPClient → Mengambil jam dan tanggal otomatis dari internet.

## 2. Pengaturan Koneksi WiFi dan *Firebase*

Bagian program ini merupakan bagian awal dari konfigurasi sistem konektivitas Wi-Fi, Firebase, dan waktu *real-time* (RTC) menggunakan NTP. Pertama, didefinisikan SSID dan password jaringan Wi-Fi (WIFI\_SSID dan WIFI\_PASSWORD) yang digunakan untuk menghubungkan ESP32 ke internet. Kemudian, terdapat konfigurasi kredensial Firebase, seperti API\_KEY, FIREBASE\_PROJECT\_ID, USER\_EMAIL, dan USER\_PASSWORD, yang digunakan untuk otentikasi perangkat terhadap layanan Firebase Realtime Database atau Firestore. Objek FirebaseData, FirebaseAuth, dan FirebaseConfig diinisialisasi untuk keperluan komunikasi dengan Firebase.

```

// ===== WIFI & FIREBASE =====
#define WIFI_SSID "AMD"
#define WIFI_PASSWORD "ahli manipulasi
data"

#define API_KEY
"AIzaSyA75kh9qRP5PaCEZuAqS4fGO3G9TFLjpfM"
#define FIREBASE_PROJECT_ID "growsync-
d5bea"
#define USER_EMAIL "wahputra41@gmail.com"
#define USER_PASSWORD "bija880088"
String serverName =
"https://script.google.com/
FirebaseData fbdo;
FirebaseAuth auth;
FirebaseConfig config;

WiFiUDP ntpUDP;
NTPClient timeClient(ntpUDP,
"pool.ntp.org", 3600 * 7);

unsigned long dataMillis = 0;
unsigned long previousMillis = 0;

```

**Gambar 4.5** Program Konfigurasi Wifi, Firebase, dan Spreadsheet

Selain itu, program juga menggunakan library NTPClient untuk sinkronisasi waktu menggunakan server NTP global pool.ntp.org, dengan pengaturan zona waktu Indonesia (GMT+7) menggunakan *timeClient*. Dua variabel waktu *dataMillis* dan *previousMillis* dideklarasikan sebagai dasar logika waktu non-blocking untuk penjadwalan pengiriman data secara periodik. Secara keseluruhan, konfigurasi awal ini bertujuan untuk memastikan perangkat terhubung dengan internet, tersinkronisasi waktunya, dan dapat mengirimkan data ke Firebase maupun layanan eksternal seperti *Google Spreadsheet*.

### 3. Deklarasi Pin Sensor dan Relay

```

// ===== PIN & SENSOR =====
#define SOIL_PIN_1 39
#define SOIL_PIN_2 36
// #define RELAY1_PIN 26
#define RELAY2_PIN 27
#define pinAngrek 13
#define pinSimbar 14

```

**Gambar 4.6** Program Konfigurasi Pin

Pada bagian ini, program mendefinisikan pin-pin yang digunakan untuk membaca sensor dan mengendalikan aktuator pada perangkat. Pin SOIL\_PIN\_1 dan SOIL\_PIN\_2 (GPIO 39 dan GPIO 36) digunakan untuk menghubungkan sensor kelembaban tanah (*soil moisture sensor*) yang berfungsi mendeteksi kadar air pada media tanam. Pin RELAY2\_PIN (GPIO 27) diatur untuk mengendalikan *relay*, kemungkinan besar untuk mengaktifkan atau mematikan pompa air secara otomatis. Selain itu, terdapat dua pin tambahan, pinAngrek (GPIO 13) dan pinSimbar (GPIO 14), yang tampaknya digunakan untuk membedakan kontrol atau indikasi terhadap dua jenis tanaman berbeda, yaitu angrek dan simbar. Adanya pin-pin ini menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk memantau dan mengatur kelembaban tanah secara spesifik pada dua zona atau dua jenis tanaman berbeda, dengan kemungkinan aksi otomatisasi penyiraman berbasis kondisi kelembaban masing-masing. Sementara itu, definisi RELAY1\_PIN masih dikomentari, menandakan bahwa fitur tersebut belum diaktifkan atau masih dalam tahap pengembangan.

#### **4. Inisialisasi Sistem**

Program ini merupakan sistem monitoring dan pengendalian berbasis ESP32 yang dirancang untuk aplikasi pertanian pintar. Pada fungsi `setup()`, perangkat akan menginisialisasi komunikasi serial, mengatur pin output untuk relay dan pompa, serta menyiapkan tampilan layar TFT dan koneksi WiFi menggunakan *WiFiManager*. Setelah koneksi internet berhasil, perangkat menyinkronkan waktu melalui NTP dan menghubungkan diri ke Firebase menggunakan email dan password yang telah ditentukan. Firebase digunakan untuk menyimpan dan membaca data seperti nilai sensor maupun status kontrol. Program ini juga menginisialisasi komunikasi dengan sensor PZEM-017 melalui protokol Modbus untuk mendapatkan data tegangan, arus, dan daya listrik, serta memperkirakan status baterai.

```

// ===== SETUP TFT, WIFI, FIREBASE =====
void setupTFT();
void updateTFT();
void setupWiFi();

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  // delay(1000);
  Serial.println("Memulai sistem...");

  // pinMode(RELAY1_PIN, OUTPUT);
  pinMode(RELAY2_PIN, OUTPUT);
  pinMode(pinAngrek, OUTPUT);
  pinMode(pinSimbar, OUTPUT);

  setupTFT();
  setupWiFi();

  timeClient.begin();
  timeClient.update();

  config.api_key = API_KEY;
  auth.user.email = USER_EMAIL;
  auth.user.password = USER_PASSWORD;
  config.token_status_callback = tokenStatusCallback;
  Firebase.begin(&config, &auth);
  Firebase.reconnectWiFi(true);

  while (auth.token.uid == "") {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("\nFirebase terhubung!");

  PzemSerial.begin(9600, SERIAL_8N2, 16, 17);
  nodepz.begin(0x01, PzemSerial);

  xTaskCreatePinnedToCore(taskPZEM, "PZEM", 4096, NULL, 1, NULL, 1);
  xTaskCreatePinnedToCore(taskSoil, "Soil", 2048, NULL, 1, NULL, 1);
  xTaskCreatePinnedToCore(taskTFT, "TFT", 4096, NULL, 1, NULL, 0);
  xTaskCreatePinnedToCore(taskFirebase, "Firebase", 8192, NULL, 1, NULL, 1);
  xTaskCreatePinnedToCore(taskUpload, "Upload", 8192, NULL, 1, NULL, 1);
}

```

```

void loop() {
  // Semua ditangani oleh RTOS task
}

void taskUpload(void *pvParameters) {
  char url[500];
  for (;;) {
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
      Serial.print("Mengirim data ke server... ");
      snprintf(url, sizeof(url),

"%s?voltage=%.1f&current=%.2f&power=%.1f&soil1=%d&soil2=%d&batterySOC=%.1f&relay1=%
d&relay2=%d",
      serverName.c_str(), PZEMVoltage, PZEMCurrent, PZEMPower,
      moisture1, moisture2, batterySOC,
      digitalRead(pinAngrek) == HIGH ? 1 : 0,
      digitalRead(pinSimbar) == HIGH ? 1 : 0);

      Serial.print("URL: ");
      Serial.println(url);

      HTTPClient http;

      http.begin(url);
      int httpResponseCode = http.GET();

      if (httpResponseCode > 0) {
        Serial.print("Response server: ");
        Serial.println(http.getString());
      } else {
        Serial.print("Gagal Mengirim!");
        Serial.print(" (kode ");
        Serial.print(httpResponseCode);
        Serial.println(")");
      }
      http.end();
    } else {
      Serial.println("WiFi tidak terhubung!");
    }

    // Tunggu 1 menit sebelum upload lagi
    vTaskDelay(60000 / portTICK_PERIOD_MS);
  }
}

```

#### ***Gambar 4. 7 Keseluruhan Program Sistem dan Setup LCD TFT***

Sistem ini menggunakan multitasking (RTOS) untuk menjalankan beberapa proses secara paralel. Terdapat lima *task* utama: *taskPZEM* untuk membaca data dari sensor daya, *taskSoil* untuk membaca kelembaban tanah dari dua sensor, *taskTFT* untuk memperbarui tampilan data ke layar, *taskFirebase* untuk mengirim dan menerima data ke/dari Firebase, dan *taskUpload* yang secara berkala mengirimkan data sensor ke *Google Spreadsheet* menggunakan HTTP GET request. Task *taskUpload()* akan membentuk sebuah URL yang berisi parameter data sensor, kemudian mengirimkannya ke endpoint *Google Script* yang terhubung dengan *spreadsheet*. Proses ini dilakukan setiap satu menit, dengan pengecekan status WiFi sebelum pengiriman. Seluruh logika sistem dijalankan dalam task RTOS sehingga fungsi *loop()* tidak digunakan, menunjukkan bahwa sistem ini mengandalkan multitasking untuk efisiensi dan pembagian beban kerja. Program ini cocok digunakan untuk otomatisasi irigasi dan pemantauan energi secara real-time.

## 5. Membaca Data Sensor PZEM (Tegangan, Arus, Daya)

```
TASK PZEM:
  LOOP forever:
    IF berhasil membaca 6 register dari sensor PZEM:
      voltage = register[0] / 100.0
      current = register[1] / 100.0
      IF current < 0.8 THEN
        current = 0.0
      ENDIF
      power = voltage * current
      battery_percentage = batasi antara 0 - 100 hasil dari ((voltage - 11.2)
* 100) / (14.4 - 11.2)
      TAMPILKAN: Tegangan, Arus, Daya, dan Persentase Baterai ke Serial
Monitor
    ELSE
      TAMPILKAN: Gagal membaca data dari sensor
    ENDIF
    TUNGGU 1 detik
  ENDLOOP

TASK SOIL:
  LOOP forever:
    soil_value_1 = baca analog dari sensor tanah 1
    soil_value_2 = baca analog dari sensor tanah 2
    kelembaban_1 = batasi antara 0 - 100 hasil dari pemetaan nilai
soil_value_1 (4095 - 1500 ke 0 - 100)
    kelembaban_2 = batasi antara 0 - 100 hasil dari pemetaan nilai
soil_value_2 (4095 - 1500 ke 0 - 100)
    TAMPILKAN: Kelembaban Simbar dan Anggrek ke Serial Monitor
    TUNGGU 1 detik
  ENDLOOP

TASK TFT:
  LOOP forever:
    panggil fungsi update tampilan TFT
    TUNGGU 2 detik
  ENDLOOP
```

**Gambar 4. 8** Program Inisialisasi Sensor PZEM 017

Terdapat tiga bagian utama (task) yang berjalan bersamaan. Pertama, taskPZEM membaca data dari sensor listrik (PZEM) seperti tegangan, arus, daya, dan menghitung persentase baterai. Data ini ditampilkan ke Serial Monitor setiap 1 detik. Kedua, taskSoil membaca kelembaban tanah dari dua sensor—satu untuk simbar dan satu lagi untuk anggrek. Nilainya diubah ke persen dan juga ditampilkan setiap 1 detik. Ketiga, taskTFT menampilkan semua data ke layar TFT agar pengguna bisa memantau langsung. Layar diperbarui setiap 2 detik. Dengan kode ini, sistem bisa memantau kondisi listrik dan kelembaban tanah secara otomatis dan real-time tanpa mengganggu satu sama lain.

### 4.1.2.2. Implementasi Spreadsheet

*Spreadsheet* digunakan sebagai media pencatatan dan visualisasi data sensor secara online. Pada sistem ini, data seperti tegangan, arus, daya, kelembaban tanah simbar dan anggrek, serta status pompa dikirim secara otomatis oleh ESP32 ke *Google Spreadsheet* melalui *Google Apps Script*.

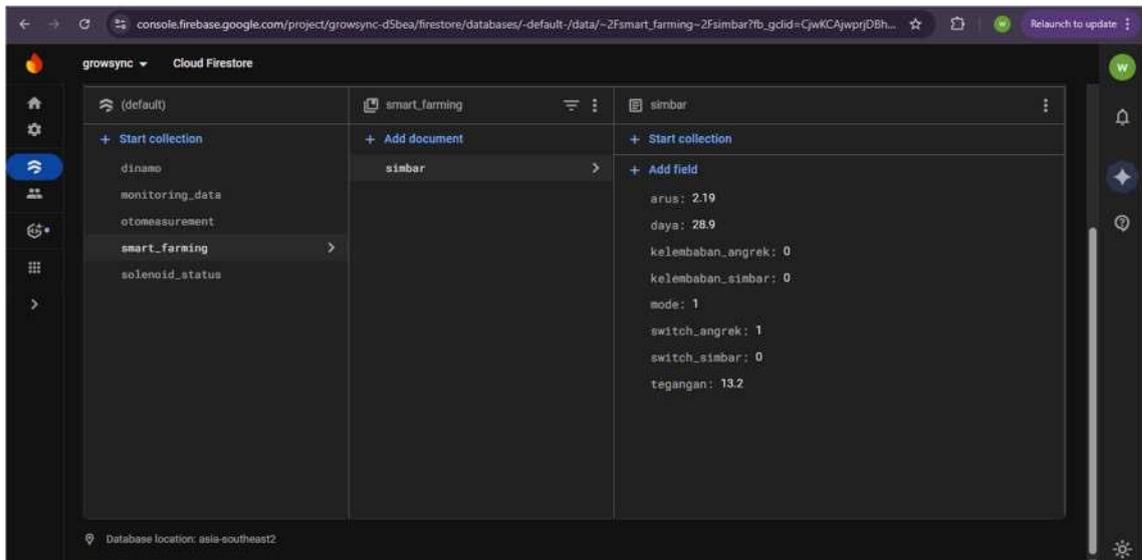
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	DateTime	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Kelembaban Simbar (%)	Kelembaban Anggrek (%)	Pompa	Solenoid Aktif	
2	06/07/2025 0:00	13	0.1	1.3	65	52	OFF	-	
3	06/07/2025 1:00	13	0.1	1.3	62	50	OFF	-	
4	06/07/2025 2:00	13	0.1	1.3	60	47	OFF	-	
5	06/07/2025 3:00	13	0.1	1.3	58	43	OFF	-	
6	06/07/2025 4:00	13	0.1	1.3	56	39	OFF	-	
7	06/07/2025 5:00	13	1.43	18.59	54	33	ON	Anggrek	
8	06/07/2025 6:00	13	0.1	1.3	54	70	OFF	-	
9	06/07/2025 7:00	13	0.1	1.3	53	68	OFF	-	
10	06/07/2025 8:00	13	0.1	1.3	51	66	OFF	-	
11	06/07/2025 9:00	13	1.34	17.42	48	64	ON	Simbar	
12	06/07/2025 10:00	13	0.1	1.3	75	62	OFF	-	
13	06/07/2025 11:00	13	0.1	1.3	72	59	OFF	-	
14	06/07/2025 12:00	13	0.1	1.3	70	55	OFF	-	
15	06/07/2025 13:00	13	0.1	1.3	68	51	OFF	-	
16	06/07/2025 14:00	13	0.1	1.3	65	48	OFF	-	
17	06/07/2025 15:00	13	0.1	1.3	63	44	OFF	-	
18	06/07/2025 16:00	13	0.1	1.3	61	40	OFF	-	
19	06/07/2025 17:00	12	1.53	18.36	59	34	ON	Anggrek	
20	06/07/2025 18:00	13	0.1	1.3	58	68	OFF	-	

**Gambar 4. 9** Tampilan Data Pada Spreadsheet

Data yang tercatat di *Spreadsheet* ini ditampilkan dalam bentuk tabel sesuai waktu pengiriman, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau perkembangan kondisi tanaman secara historis. Pengiriman dilakukan secara periodik (setiap 1 jam).

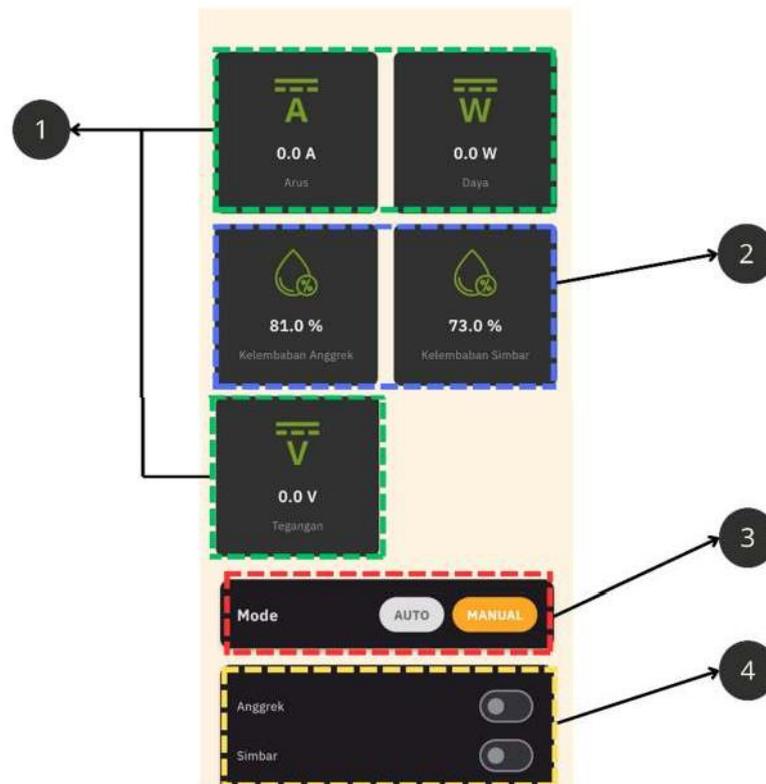
#### 4.1.2.3. Implementasi Firebase

Firestore digunakan sebagai media penyimpanan berbasis cloud yang memungkinkan pengiriman dan pembacaan data sensor seperti tegangan, arus, daya, kelembaban tanah, dan status pompa secara real-time. Pada sistem ini, Firestore secara otomatis menyimpan dan memperbarui data terbaru melalui struktur database Firestore. Data disimpan dalam sebuah koleksi bernama smart farming dengan dokumen simbar yang berisi informasi hasil pembacaan sensor dan status kontrol terbaru. Selain menyimpan data, Firestore juga digunakan untuk membaca mode operasi (manual atau otomatis) dan mengatur status pompa berdasarkan perintah pengguna atau logika otomatis yang telah ditentukan dalam sistem.



*Gambar 4. 10* Firebase Console

#### 4.1.2.4. Implementasi Flutter



*Gambar 4. 11* Dashboard Aplikasi Growsync Berbasis Flutter

##### 1. Tampilan Data Daya.

Bagian ini menyediakan informasi terkait parameter kelistrikan, seperti tegangan (*Volt*), arus (*Ampere*), dan daya (*Watt*). Penyajian data dilakukan dengan konsistensi satuan, sehingga mempermudah interpretasi nilai teknis.

Untuk meningkatkan keterbacaan dan estetika, dapat ditambahkan elemen visual pendukung seperti ikon listrik atau grafik mini untuk masing-masing parameter.

## 2. **Tampilan Kelembaban Tanah**

Widget ini digunakan untuk menampilkan tingkat kelembaban tanah dari dua jenis tanaman, yaitu Simbar dan Anggrek. Nilai yang ditampilkan diperoleh secara langsung dari sensor kelembaban yang terhubung ke mikrokontroler, kemudian dikirimkan ke Firebase sebagai basis data.

## 3. **Mode Operasi (Auto/Manual)**

Fitur ini memungkinkan pengguna untuk memilih antara mode otomatis dan manual. Pada mode otomatis, sistem akan menjalankan penyiraman secara mandiri berdasarkan tingkat kelembaban tanah. Pompa akan aktif saat tanah kering dan nonaktif saat tanah sudah cukup lembap. Sementara itu, mode manual mengandalkan kendali pengguna, di mana pompa hanya akan menyala saat tombol pengaktif ditekan.

## 4. **Switch Anggrek dan Simbar**

Tombol kontrol ini digunakan untuk mengaktifkan pompa air secara manual, khusus untuk masing-masing jenis tanaman. Fungsi ini hanya berlaku saat sistem berada dalam mode manual, memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk melakukan penyiraman sesuai kebutuhan.

## **4.2 Hasil Pengujian Sistem**

### **4.2.1 Pengujian Komponen dan Sensor**

Pengujian dilakukan terhadap komponen-komponen utama untuk memastikan semua berfungsi dengan baik. Komponen yang diuji meliputi:

- Panel Surya 50Wp
- *Solar Charge Controller*
- LiFePO4 12V 25Ah
- Sensor *Soil Moisture*
- Sensor PZEM-017
- Pompa DC 12V 100 Psi
- *Solenoid Valve* 12V DC 1/2inch

# 1. Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Tabel 4. 1 Perbandingan hasil pengujian

No	Tanaman	Kondisi Tanah	Pembacaan Tester Analog	Pembacaan Sensor Digital
1	Simbar	Kering		
			Keterangan	25%
2	Simbar	Lembab		
			Keterangan	55%
3	Anggrek	Kering		
			Keterangan	8%
4	Anggrek	Lembab		
			Keterangan	75%

Pengujian dilakukan untuk membandingkan hasil pembacaan kelembaban tanah antara alat ukur analog (*Soil Moisture Tester*) dan sensor digital yang ditampilkan melalui layar pada perangkat berbasis mikrokontroler. Pengujian dilakukan pada dua jenis tanaman, yaitu Simbar dan Anggrek, dalam dua kondisi tanah yang berbeda, yaitu kering dan lembab.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada tanaman Simbar dalam kondisi kering, baik alat analog maupun digital menunjukkan hasil pembacaan sebesar 25%, sedangkan pada kondisi lembab keduanya juga konsisten menunjukkan angka 55%. Untuk tanaman Anggrek dalam kondisi kering, alat analog menunjukkan nilai kelembaban sebesar 8%, sementara sensor digital menunjukkan nilai 10%. Meskipun terdapat sedikit perbedaan sebesar 2%, kedua alat masih menunjukkan kategori yang sama, yaitu kondisi tanah kering. Pada kondisi lembab, pembacaan kembali konsisten dengan hasil 75% pada kedua alat. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sensor digital memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan konsisten terhadap kondisi aktual kelembaban tanah, sehingga layak digunakan sebagai sensor utama dalam sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT).

**Tabel 4. 2** Tabel Akurasi Sensor

No	Tanaman	Kondisi Tanah	Soil Tester Analog (%)	Sensor Soil Moisture (%)	Selisih (error) (%)	Keterangan
1	Simbar	Kering	25	25	0	Sangat Akurat
2	Simbar	Lembab	55	55	0	Sangat Akurat
3	Anggrek	Kering	8	10	2	Akurat
4	Anggrek	Lembab	75	75	0	Sangat Akurat

$$\text{Rata - rata error} = \frac{0 + 0 + 2 + 0}{4} = 0.5\%$$

Tabel 4.2 menyajikan hasil pengujian akurasi sensor soil moisture dengan membandingkan hasil pembacaan kelembaban tanah menggunakan dua alat, yaitu Soil Tester Analog dan *Sensor Soil Moisture* digital, pada dua jenis tanaman: Simbar dan Anggrek, dalam kondisi tanah kering dan lembab.

Dari hasil yang ditampilkan:

- Untuk tanaman Simbar, baik pada kondisi tanah kering maupun lembab, nilai yang terbaca oleh kedua alat adalah sama, yaitu masing-masing 25% dan 55%. Hal ini menunjukkan selisih (error) sebesar 0%, sehingga sensor dinilai sangat akurat.
- Pada tanaman Anggrek dengan kondisi kering, terdapat sedikit perbedaan antara hasil Soil Tester Analog (8%) dan *Sensor Soil Moisture* (10%), dengan selisih 2%, sehingga tingkat akurasi dikategorikan sebagai akurat.
- Sedangkan pada tanaman Anggrek dalam kondisi lembab, kedua alat menunjukkan nilai yang identik, yaitu 75%, dengan selisih 0%, sehingga sensor kembali dinilai sangat akurat.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa *Sensor Soil Moisture* digital memiliki tingkat akurasi yang sangat baik, dengan rata-rata error yang sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sensor dapat digunakan secara andal untuk memantau tingkat kelembaban tanah pada berbagai kondisi dan jenis tanaman.

## 2. Pengujian Sensor PZEM-017

Sensor PZEM digunakan untuk memantau kondisi listrik dari panel surya ke beban. Pengujian dilakukan dengan mengaktifkan dan menonaktifkan beban (pompa dan *solenoid valve*), menunjukkan pembacaan sensor bekerja normal dan sesuai spesifikasi. Untuk pengujian hasil pembacaan sensor PZEM-017, pembanding yang digunakan adalah tang ampere UNI-T UT210E. Tang ampere UNI-T UT210E merupakan clamp meter digital berjenis True RMS yang mampu mengukur arus dan tegangan baik AC maupun DC. Alat ini dilengkapi dengan layar LCD 2000 counts, *fitur auto-range*, serta dapat mengukur arus DC hingga 100 A dan tegangan DC hingga 600 V. Tingkat akurasi pengukurannya mencapai  $\pm(2.0\%+3)$  untuk arus DC dan  $\pm(0.8\%+3)$  untuk tegangan DC. Selain itu, UT210E juga mendukung pengukuran resistansi, kapasitansi, dan frekuensi, serta dilengkapi dengan fitur-fitur tambahan seperti data hold, pengujian kontinuitas, dan *auto power off*. Dengan fitur lengkap dan tingkat presisi yang baik, UT210E sesuai digunakan sebagai alat pembanding performa sensor arus dan tegangan dalam sistem kelistrikan DC seperti panel surya atau sistem baterai. Hasil pengujian pembacaan ditampilkan pada tabel 4.2

*Tabel 4. 3 Tabel pengujian PZEM-017 dengan Tang ampere dc UT210E*

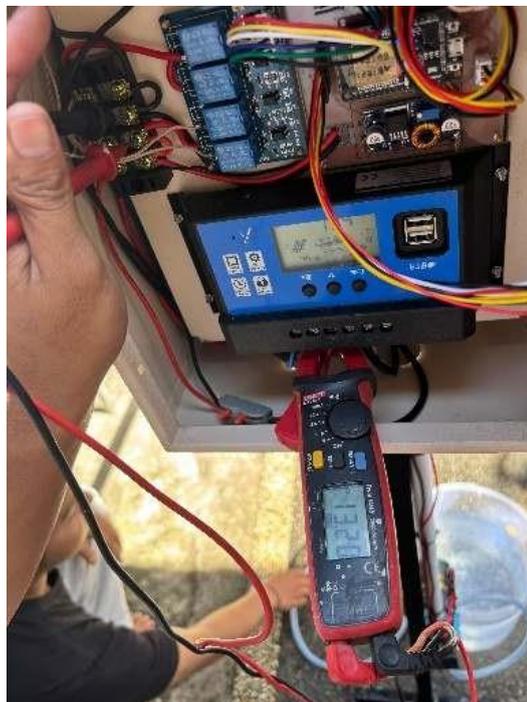
NO	Kondisi Tanah	PZEM-017			Tang Ampere		
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	Beban Tidak Aktif	13.2	0.00	0.0	13.2	0.00	0.0
2	Semua Beban Aktif	13.2	1.21	15.9	13.2	1.20	15.8



*Gambar 4. 12 Tampilan di LCD TFT*



*Gambar 4. 13 pengukuran arus*



*Gambar 4. 14 Pengukuran tegangan baterai*

Diperoleh data error :

### 1. Tegangan

- Sensor (PZEM) = 13.2 V
- Manual (Tang Ampere) = 13.2 V

$$Error = \frac{13.2 - 13.2}{13.2} \times 100\% = 0\%$$

### 2. Arus

- Sensor (PZEM) = 1.21 A
- Manual (Tang Ampere) = 1.20 A

$$Error = \frac{1.21 - 1.20}{1.20} \times 100\% = \frac{0,01}{1.20} \times 100\% \approx 0.83\%$$

### 3. Daya

- Sensor (PZEM) = 15.9 W
- Manual (Tang Ampere) = 15.84 W

$$Error = \frac{15.9 - 15.84}{15.84} \times 100\% = \frac{0,06}{15.84} \times 100\% \approx 0.38\%$$

ata-rata dari semua error persentase dari hasil sebelumnya:

- Tegangan = 0.00 %
- Arus = 0.83 %
- Daya = 0.38 %

$$Error = \frac{0.00 + 0.83 + 0.38}{3} = \frac{1,21}{3} \approx 0.40\%$$

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan sensor PZEM-017 dan pembanding Tang Ampere, diperoleh error pengukuran untuk tegangan sebesar 0,00%, arus sebesar 0,83%, dan daya sebesar 0,38%, dengan rata-rata error total sebesar 0,40%. Nilai error yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa sensor PZEM-017 memiliki tingkat akurasi yang baik sehingga layak digunakan sebagai alat ukur pada sistem monitoring daya listrik. kondisi listrik karena hasilnya masih tergolong normal dan stabil untuk penggunaan

sehari-hari.

#### 4.2.2. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan selama satu minggu penuh dengan pencatatan data setiap satu jam sekali. Data yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk memperoleh gambaran umum dari hasil pengukuran selama periode tersebut.

**Tabel 4. 4 Hasil Analisis Menggunakan Metode Statistik Deskriptif**

07/07/2025 – 12/07/2025					
	Kelembaban		Power	Tegangan	Arus
	Simbar	Anggrek			
Max	83.0	73.0	18.59 W	13 V	1.53 A
Min	29.0	29.0	1.30 W	11 V	0.10 A
Mean	63.1	52.0	3.41 W	12.65 V	0.14 A
Range	54.0	44.0	17.29 W	2 V	1.43 A
St.D	11.55	12.60	5.60 W	0.50 V	0.22 A
Total	10605.0	8733.00	570.26 W	2125 V	20.33 A

Pada tabel 4.4 berdasarkan data yang diperoleh, kelembaban tanah pada tanaman simbar menunjukkan nilai maksimum sebesar 83%, sedangkan pada tanaman anggrek sebesar 73%. Nilai minimum kelembaban pada kedua tanaman sama, yaitu 29%, dengan rata-rata kelembaban tanah pada simbar 63,1% dan anggrek 52,0%. Rentang kelembaban (*range*) menunjukkan perbedaan sebesar 54% pada simbar dan 44% pada anggrek, dengan standar deviasi masing-masing sebesar 11,55 dan 12,60, yang menandakan selisih pembacaan kelembaban pada anggrek sedikit lebih tinggi.

Untuk aspek kelistrikan, tercatat bahwa daya (*power*) yang digunakan mencapai maksimum 18,59 watt dan minimum 1,30 watt, dengan rata-rata sebesar 3,41 watt dan standar deviasi 5,60 watt, menunjukkan adanya variasi signifikan dalam konsumsi daya selama proses penyiraman. Tegangan berkisar antara 11 hingga 13 volt, dengan rata-rata 12,65 volt dan standar deviasi 0,50 volt, yang relatif stabil. Arus yang mengalir selama penyiraman berkisar dari 0,10 ampere hingga 1,53 ampere, dengan rata-rata 0,14 ampere dan standar deviasi 0,22 ampere.

Secara keseluruhan, total kelembaban yang tercatat sepanjang pengamatan mencapai 10.605% untuk simbar dan 8.733% untuk anggrek. Total konsumsi daya tercatat sebesar 570,26 watt, dengan tegangan kumulatif 2.125 volt dan total arus 20,33 ampere. Data ini memberikan gambaran tentang kebutuhan air dan konsumsi daya dari masing-masing tanaman, serta menunjukkan adanya variasi yang cukup signifikan selama proses penyiraman berlangsung.

Berdasarkan hasil pencatatan pada tabel data, pompa penyiraman tidak beroperasi secara terus menerus, melainkan hanya aktif pada jam-jam tertentu dalam sehari. Dari pengamatan, pompa tercatat dalam kondisi *ON* rata-rata sebanyak empat kali dalam sehari, misalnya pada pukul 05.00, 09.00–10.00, 17.00, dan 21.00. Meskipun dalam tabel terlihat status *ON* tercatat pada interval 1 jam, hal ini tidak berarti pompa hidup selama 1 jam penuh. Berdasarkan analisis arus ( $\pm 1,3$ – $1,5$  A) dan daya listrik yang digunakan ( $\pm 17$ – $18$  W), pompa diperkirakan hanya aktif selama kurang lebih 2 menit untuk satu kali siklus penyiraman. Dengan demikian, total durasi hidup pompa dalam satu hari adalah sekitar 4 kali  $\times$  2 menit = 8 menit per hari. Sisanya, yaitu sekitar 23 jam 52 menit, pompa berada dalam kondisi *OFF*. Pola kerja ini menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis berjalan dengan efisien, karena pompa hanya menyala dalam waktu singkat sesuai kebutuhan kelembaban tanaman, sehingga mampu menghemat energi sekaligus penggunaan air.

**Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Sensor PZEM-017 Monitoring Listrik**

No	Kondisi	Tegangan V (PZEM)	Arus A (PZEM)	Daya W (PZEM)	Keterangan
1	Beban Kosong	13.7	0.01	0.12	Sensor Stabil
2	Pompa Aktif	13.3	1.23	16,236	Monitoring Berjalan Baik
3	Solenoid 1 Aktif	13.2	0.1	1,32	Monitoring Berjalan Baik
4	Solenoid 2 Aktif	13.2	0.1	1,32	Monitoring Berjalan Baik
5	Semua Beban Aktif (Pompa+Solenoid)	13,2	1,43	18,876	Sistem Berfungsi Stabil

#### 4.2.3. Pengujian Aplikasi

Aplikasi Flutter diuji untuk menampilkan data secara langsung dari Firebase. Pengujian dilakukan dengan:

- Mengaktifkan *solenoid valve* dari aplikasi, berhasil mengaktifkan pompa.
- Monitoring kelembaban berjalan normal dengan jeda waktu  $\pm 3$  detik.
- Data PZEM-017 dapat ditampilkan dengan akurasi sesuai spesifikasi.

#### 4.2.4. Hasil Pengujian Penyiraman Manual dan Otomatis

Pada penyiraman otomatis, sistem akan mengaktifkan penyiraman hanya jika

kelembaban tanah berada di bawah 55%, dan akan menghentikan penyiraman saat kelembaban mencapai lebih dari 80% pengujian selama 15 hari. Dengan rentang ini, air disiram hanya saat tanaman benar-benar membutuhkan. Sementara itu, pada penyiraman manual, air disiram tanpa mempertimbangkan kondisi kelembaban tanah secara langsung.



(a)

(b)

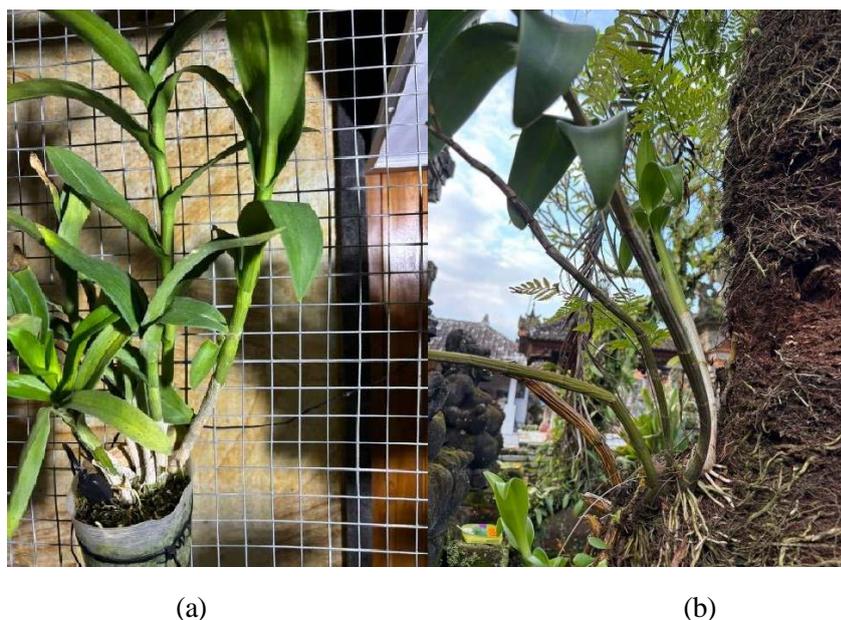
**Gambar 4. 15** (A) Simbar disiram secara otomatis, (B) simbar disiram secara manual

Hasil pengamatan pada gambar 4.15 A metode otomatis menunjukkan hasil yang lebih stabil dalam menjaga kelembaban tanah pada rentang ideal (sekitar 50–80%). Tanaman simbar yang disiram otomatis terlihat lebih segar, daun lebih hijau, dan tidak mengalami stres akibat kekurangan atau kelebihan air.

Sementara itu pada gambar 4.15 B, pada metode manual tanaman menunjukkan gejala ketidakstabilan seperti daun menguning, mengering, atau terlalu basah karena *overwatering*. Selain itu, penyiraman otomatis juga jauh lebih efisien dalam penggunaan air dan waktu, serta tidak memerlukan kehadiran operator secara terus-menerus.

## **2. Perbandingan Penyiraman Otomatis dan Manual pada Tanaman Anggrek**

Pada penyiraman otomatis, sistem bekerja berdasarkan tingkat kelembaban media tanam. Untuk tanaman anggrek, sistem akan mengaktifkan penyiraman saat kelembaban turun di bawah 40%, dan akan berhenti menyiram ketika kelembaban mencapai lebih dari 70%. pengujian selama 15 hari.



**Gambar 4. 16** (A) Angrek disiram secara otomatis, (B) Angrek disiram secara manual

Hasil pengamatan pada gambar 4.16 A menunjukkan bahwa angrek yang disiram secara otomatis tumbuh lebih sehat, daunnya segar dan akar tetap kering di antara penyiraman. Sebaliknya, pada gambar 4.16 B menunjukkan bahwa penyiraman manual menggunakan selang air sering disiram tanpa melihat kondisi media tanam. Hal ini menyebabkan kelembaban terlalu tinggi karena tidak ada batas kontrol, sehingga media menjadi terlalu basah. Angrek yang disiram manual menunjukkan tanda-tanda stres air, seperti akar lemas dan daun menguning atau layu.

#### **4.3. Pembahasan Hasil Implementasi dan Pengujian**

Bagian ini membahas hasil implementasi dan pengujian sistem IoT penyiraman otomatis yang telah dirancang, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Pada tahap ini, sistem diuji untuk memastikan bahwa seluruh komponen seperti sensor *soil moisture*, sensor PZEM, ESP32, relay, LCD TFT, serta Firebase dan *Spreadsheet* berfungsi secara optimal dan saling terintegrasi. Pengujian dilakukan untuk memverifikasi akurasi data sensor, respons kendali dari aplikasi Flutter, serta kestabilan sistem saat dijalankan secara terus-menerus di lingkungan luar ruangan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring dan kontrol penyiraman secara otomatis dan real-time sesuai fungsinya, sehingga implementasi dapat dinyatakan berhasil dan berjalan sesuai tujuan.

#### 4.3.1 Analisa Implementasi Sistem

Sistem monitoring dan kontrol penyiraman otomatis berhasil diimplementasikan dengan baik. Seluruh sensor seperti kelembaban tanah dan PZEM-004T mampu membaca data secara akurat dan stabil. ESP32 menjalankan fungsi multitasking untuk membaca sensor, mengontrol pompa dan solenoid, serta mengirim data ke Firebase dan Google *Spreadsheet* tanpa kendala berarti. Pompa dan solenoid juga merespons perintah otomatis dan manual dengan baik sesuai logika kelembaban yang ditentukan. Tampilan di LCD cukup jelas untuk menampilkan status sistem, sementara aplikasi Flutter berfungsi optimal dalam menampilkan data real-time serta memungkinkan pengguna melakukan kontrol jarak jauh.

Namun, masih terdapat beberapa catatan untuk penyempurnaan. Sensor kelembaban perlu kalibrasi lebih lanjut agar pembacaan kelembaban lebih konsisten, terutama pada media tanam berbeda. Selain itu, kestabilan koneksi internet berpengaruh langsung terhadap keterlambatan pengiriman data ke Firebase dan keterbacaan grafik. Meski demikian, secara umum sistem telah berjalan dengan efektif sesuai tujuan awal, yakni menyederhanakan pemantauan dan penyiraman tanaman secara otomatis dan efisien.

#### 4.3.2 Analisa Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi fungsi alat secara menyeluruh, termasuk keakuratan pembacaan sensor, respons aktuator, dan performa aplikasi monitoring. Sensor kelembaban berhasil membedakan kondisi tanah (kering, lembab, basah) dengan cukup baik, sementara sensor PZEM-017 memberikan data tegangan, arus, dan daya secara stabil dalam berbagai kondisi beban. Sistem mampu mengontrol pompa dan solenoid secara otomatis dan manual sesuai nilai kelembaban, serta menampilkan semua data secara *real-time* melalui aplikasi dan layar LCD.

Secara keseluruhan, sistem penyiraman otomatis berjalan stabil dan responsif. Rata-rata tegangan berkisar antara 12.3–12.9 V dan arus 0.24–0.33 A, dengan daya rata-rata 2.21–2.83 W. Pompa aktif 3–4 kali per hari, menandakan sistem cukup sensitif terhadap perubahan kelembaban. Pengujian aplikasi menunjukkan bahwa kontrol dan pemantauan melalui Flutter berjalan baik, dengan waktu respon sekitar 3 detik. Pengujian juga menunjukkan bahwa penyiraman otomatis lebih efisien dan menjaga kelembaban tanaman (Simbar dan Anggrek) tetap stabil dibanding metode manual.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem Monitoring dan Kontrol *Misting Nozzle* Penyiraman pada Tanaman Simbar dan Anggrek Berbasis Panel Surya dengan *Internet of Things* (IoT), maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem *misting nozzle* berhasil dirancang dan terintegrasi dengan PLTS (panel surya) sebagai sumber energi utama, sehingga mampu menyuplai kebutuhan daya sebesar 75 Wh per hari. Panel surya 50 Wp dan baterai LiFePO<sub>4</sub> 12V 25Ah dapat mendukung operasional pompa DC (12 V) dan *solenoid valve* (15 W) secara efisien, dengan pemantauan konsumsi daya menggunakan sensor PZEM-017 yang mencatat arus maksimal sebesar 1.21 A dan daya sebesar 15.9 W saat semua beban aktif.
2. Penerapan *Internet of Things* (IoT) melalui mikrokontroler ESP32 memungkinkan monitoring dan kontrol penyiraman secara otomatis dan manual berbasis aplikasi mobile menggunakan Firebase dan Flutter. Sensor soil moisture mendeteksi kondisi media tanam secara real-time, dan sistem otomatis menyiram jika kelembaban turun di bawah ambang batas. Untuk tanaman Simbar, sistem aktif pada kelembaban <55% dan berhenti di >70%, sedangkan untuk Anggrek aktif di <40% dan berhenti saat >70%.
3. Sistem menunjukkan efektivitas dalam penggunaan dan pengendalian air penyiraman otomatis. Hasil pengujian kelembaban menunjukkan nilai konsisten antara alat analog dan digital, misalnya pada tanaman Simbar kondisi kering terbaca 25% (sama untuk kedua alat), dan lembab 55%. Untuk tanaman Anggrek, kondisi kering tercatat 8% (analog) dan 10% (digital), sementara kondisi lembab 75% pada keduanya, dengan rata-rata selisih hanya 0.5%, sehingga sensor digital terbukti layak digunakan dalam sistem penyiraman berbasis IoT.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian agar sistem dapat dikembangkan lebih baik di masa mendatang, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan:

1. Disarankan untuk menggunakan sensor kelembaban tanah tipe kapasitif untuk mendapatkan akurasi yang lebih tinggi dan tahan terhadap korosi.
2. Penambahan fitur notifikasi melalui Telegram atau *WhatsApp* dapat memberikan

informasi lebih cepat kepada pengguna jika terjadi kondisi darurat, seperti air habis atau pompa tidak menyala.

3. Sistem dapat dikembangkan menjadi multi-zona, sehingga bisa digunakan untuk beberapa jenis tanaman sekaligus dengan pengaturan ambang batas kelembaban yang berbeda.
4. Penggunaan pelindung tambahan pada komponen elektronik sangat disarankan untuk melindungi sistem dari air hujan atau panas matahari secara langsung.
5. Penambahan lampu LED otomatis dapat diterapkan sebagai penerangan tambahan di malam hari atau sebagai indikator status alat (aktif/nonaktif), terutama jika digunakan di area yang minim cahaya.
6. Pemasangan sensor hujan yang terhubung ke penutup otomatis di bagian atas tanaman dapat mencegah air hujan berlebih saat kondisi hujan deras dan menjaga kelembaban tanah tetap optimal.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Majid, A. Ajizah, dan S. Amintarti, “Keragaman Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di Taman Biodiversitas Hutan Hujan Tropis Mandiangin,” *SST*, vol. 7, no. 2, hlm. 102, Jun 2022, doi: 10.36722/sst.v7i2.1117.
- [2] I. D. P. Darma dan I. N. Peneng, “Fern inventorization in Laiwangi-Wanggameti National Park, East Sumba, Waingapu, NTT,” *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, vol. 8, no. 3, Art. no. 3, Apr 2007, doi: 10.13057/biodiv/d080316.
- [3] Z. Ulinuha dan N. Farid, “Pengaruh kelembaban media terhadap pertumbuhan dan evapotranspirasi lima varietas anggrek dendrobium,” *AGX*, vol. 14, no. 1, hlm. 96–103, Mar 2023, doi: 10.35891/agx.v14i1.3014.
- [4] I. W. B. Darmawan, I. N. S. Kumara, dan D. C. Khrisne, “Smart Garden Sebagai Implementasi Sistem Kontrol Dan Monitoring Tanaman Berbasis Teknologi Cerdas,” *spektrum*, vol. 8, no. 4, hlm. 161, Jan 2022, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2021.v08.i04.p19.
- [5] K. Affandi, “Rancang Bangun Smart Garden Berbasis Internet Of Thing (IoT) dengan Bot Telegram,” 2019.
- [6] Y. H. P. , Suhardi Dedi Triyanto, “Sistem Pemantauan Dan Pengendalian Nutrisi, Suhu, Dan Tinggi Air Pada Pertanian Hidroponik Berbasis Website,” *Coding j. komp'ût. dan aplikasi*, vol. 6, no. 3, Sep 2018, doi: 10.26418/coding.v6i3.29041.
- [7] L. A. Gunawan, A. I. Agung, M. Widyartono, dan S. I. Haryudo, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable,” *Jurnal teknik elektro*, vol. 10, no. 1, hlm. 65–71, 2021, doi: 10.26740/jte.v10n1.p65-71.
- [8] A. Selay dkk., “Internet Of Things,” *Karimah Tauhid*, vol. 1, no. 6, Art. no. 6, Des 2022, doi: 10.30997/karimahtauhid.v1i6.7633.
- [9] A. Nugroho dkk., “Implementasi Pertanian Cerdas Berbasis Iot Pada Kelompok Tani Teger 02 Desa Mangunsari,” *Jurnal Abdi Insani*, vol. 10, no. 4, hlm. 2801–2810, Des 2023, doi: 10.29303/abdiinsani.v10i4.1267.
- [10] R. E. Budiani, J. D. Irawan, dan D. Rudhistiar, “Sistem Monitoring Dan Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Cabai Berbasis Internet Of Things (Iot),” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 2, Art. no. 2, Apr 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.9149.
- [11] N. Latif, “Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Sensor Suhu,” *JIKOM*, vol. 7, no. 1, hlm. 16–20, Apr 2021, doi: 10.35329/jiik.v7i1.180.
- [12] “Internet of Things (IoT): Pengertian, Cara Kerja dan Contohnya.” Diakses: 6 Februari 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.cloudcomputing.id/pengetahuan-dasar/iot-pengertian-contohnya>
- [13] A. Sanaris dan I. Suharjo, “Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 Dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things (IOT),” *Journal Of Information System And Artificial Intelligence*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Nov 2020.
- [14] B. Anto, E. Hamdani, dan R. Abdullah, “Portable Battery Charger Berbasis Sel Surya,” *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 11, no. 1, Art. no. 1, Apr 2014, doi: 10.17529/jre.v11i1.1991.
- [15] P. W. Nugroho, “Studi Implementasi Small Plts Off Grid Berbasis Baterai Lifepo4 Pada Rumah Tinggal Daya Tenaga Surya 200 W,” 2019.
- [16] L. A. Salam, H. Widarto, dan R. Soebiantoro, “Rancang Bangun Catudaya Tenaga Surya Portable Untuk Penerangan Perahu Nelayan Tradisional Kapasitas 1000 Watt

- Hour,” *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*, vol. 7, no. 3, hlm. 10795–10803, Jul 2024, doi: 10.31004/jrpp.v7i3.32023.
- [17] B. Pamuji dan N. Utami, “Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable Untuk Penerangan Kolam Budidaya Ikan (Studi Kasus : Kolam Warga Desa Jembrana, Kecamatan Waway Karya, Lampung Timur),” *Electrician : Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 3, Art. no. 3, Sep 2023, doi: 10.23960/elc.v17n3.2512.
- [18] P. K. Tiyas dan M. Widyartono, “Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya,” *Jurnal teknik elektro*, vol. 9, no. 1, 2020, doi: 10.26740/jte.v9n1.p%p.
- [19] D. Ramschie, L. Wenas, R. Katuuk, dan A. Ramschie, “Implementasi Sistem Proteksi Dan Automatic Transfer Switch (ATS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS),” 2023.
- [20] I. L. Laksono, D. P. Kynta, M. Fadli, dan V. Wijaya, “Pemantauan Kelembaban tanah Berbasis IoT Menggunakan Sensor Soil Moisture,” vol. 5, no. 1, 2024.
- [21] M. I. Hasani dan S. Wulandari, “Implementasi Internet of Things (IoT) Pada Sistem Otomatisasi Penyiraman Tanaman Berbasis Mobile,” *ILKOMNIKA*, vol. 5, no. 3, Art. no. 3, Des 2023, doi: 10.28926/ilkomnika.v5i3.573.
- [22] A. M. A. Farizi dan M. Widyartono, “Monitoring Energi Listrik Generator Tenaga Surya Portabel Berbasis IoT Untuk Kebutuhan Listrik Didaerah Bencana,” *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 12, no. 2, hlm. 92–97, Jul 2023, doi: 10.26740/jte.v12n2.p92-97.
- [23] A. Swandi, S. Rahmadhanningsih, dan S. Viridi, “Menganalisis Hubungan Debit Pompa Listrik Submersible Dc 12 Volt Terhadap Ketinggian Penampungan Air Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek,” *JPF*, vol. 9, no. 2, hlm. 83, Sep 2021, doi: 10.24252/jpf.v9i2.20710.
- [24] A. Makruf, R. Rahmadhani, P. S. Ningsih, W. Jayaditama, dan N. R. Alham, “Pengukuran Tegangan, Arus, Daya pada Prototype PLTS Berbasis Mikrokontroler Arduin Uno,” *SainETIn : Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, vol. 5, no. 1, hlm. 8–16, Des 2020, doi: 10.31849/sainetin.v5i1.4370.
- [25] A. Alfani, A. Nurlaila, dan N. Herlina, “Keanekaragaman Jenis Dan Karakteristik Habitat Anggrek (Orchidaceae) Di Kawasan Bukit Mayana Kabupaten Kuningan,” *JFE*, vol. 6, no. 2, hlm. 62–78, Jan 2024, doi: 10.25134/jfe.v6i2.9051.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel data

DateTime	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Kelembaban Simbar (%)	Kelembaban Anggrek (%)	Pompa	Solenoid Aktif
06/07/2025 00:00	13.0	0.1	1.3	65	52	OFF	-
06/07/2025 01:00	13.0	0.1	1.3	62	50	OFF	-
06/07/2025 02:00	13.0	0.1	1.3	60	47	OFF	-
06/07/2025 03:00	13.0	0.1	1.3	58	43	OFF	-
06/07/2025 04:00	13.0	0.1	1.3	56	39	OFF	-
06/07/2025 05:00	13.0	1,43	18,59	54	33	ON	Anggrek
06/07/2025 06:00	13.0	0.1	1.3	54	70	OFF	-
06/07/2025 07:00	13.0	0.1	1.3	53	68	OFF	-
06/07/2025 08:00	13.0	0.1	1.3	51	66	OFF	-
06/07/2025 09:00	13	1,34	17,42	48	64	ON	Simbar
06/07/2025 10:00	13.0	0.1	1.3	75	62	OFF	-
06/07/2025 11:00	13.0	0.1	1.3	72	59	OFF	-
06/07/2025 12:00	13.0	0.1	1.3	70	55	OFF	-
06/07/2025 13:00	13.0	0.1	1.3	68	51	OFF	-
06/07/2025 14:00	13.0	0.1	1.3	65	48	OFF	-
06/07/2025 15:00	13.0	0.1	1.3	63	44	OFF	-
06/07/2025 16:00	13.0	0.1	1.3	61	40	OFF	-
06/07/2025 17:00	12	1,53	18,36	59	34	ON	Anggrek
06/07/2025 18:00	13.0	0.1	1.3	58	68	OFF	-
06/07/2025 19:00	13.0	0.1	1.3	55	65	OFF	-
06/07/2025 20:00	13.0	0.1	1.3	52	62	OFF	-
06/07/2025 21:00	13.0	1,43	18,59	49	60	ON	Simbar
06/07/2025 22:00	13.0	0.1	1.3	74	58	OFF	-
06/07/2025 23:00	13.0	0.1	1.3	71	55	OFF	-
07/07/2025 00:00	12	0.1	1.3	70	53	OFF	-
07/07/2025 01:00	13	0.1	1.3	69	51	OFF	-
07/07/2025 02:00	12	0.1	1.3	68	48	OFF	-
07/07/2025 03:00	12	0.1	1.3	67	44	OFF	-
07/07/2025 04:00	12	0.1	1.3	66	42	OFF	-
07/07/2025 05:00	12	0.1	1.3	63	39	OFF	-
07/07/2025 06:00	13.0	0.1	1.3	60	36	OFF	-
07/07/2025 07:00	13.0	0.1	1.3	58	32	OFF	-
07/07/2025 08:00	13	1,34	17,42	56	29	ON	Anggrek
07/07/2025 09:00	13.0	0.1	1.3	53	72	OFF	-
07/07/2025 10:00	13.0	1,43	18,59	49	69	ON	Simbar
07/07/2025 11:00	13.0	0.1	1.3	81	65	OFF	-
07/07/2025 12:00	13.0	0.1	1.3	79	59	OFF	-

07/07/2025 13:00	13.0	0.1	1.3	76	54	OFF	-
07/07/2025 14:00	13.0	0.1	1.3	72	49	OFF	-
07/07/2025 15:00	13.0	0.1	1.3	69	43	OFF	-
07/07/2025 16:00	13.0	0.1	1.3	66	38	OFF	-
07/07/2025 17:00	13.0	0.1	1.3	63	35	OFF	
07/07/2025 18:00	13.0	0.1	1.3	59	34	ON	Anggrek
07/07/2025 19:00	13.0	0.1	1.3	56	73	OFF	-
07/07/2025 20:00	13.0	0.1	1.3	51	70	OFF	-
07/07/2025 21:00	13.0	1,43	18,59	48	68	ON	Simbar
07/07/2025 22:00	13.0	0.1	1.3	81	64	OFF	-
07/07/2025 23:00	13.0	0.1	1.3	78	62	OFF	-
08/07/2025 00:00	12	0.1	1.3	76	60	OFF	-
08/07/2025 01:00	13	0.1	1.3	74	58	OFF	-
08/07/2025 02:00	12	0.1	1.3	71	57	OFF	-
08/07/2025 03:00	12	0.1	1.3	68	55	OFF	-
08/07/2025 04:00	12	0.1	1.3	64	53	OFF	-
08/07/2025 05:00	12	0.1	1.3	61	51	OFF	
08/07/2025 06:00	12	0.1	1.3	59	48	OFF	-
08/07/2025 07:00	12	0.1	1.3	57	46	OFF	-
08/07/2025 08:00	12	0.1	1.3	54	44	OFF	
08/07/2025 09:00	12	0.1	1.3	51	41	OFF	
08/07/2025 10:00	12	1,34	16,08	48	38	ON	Simbar
08/07/2025 11:00	11	0.1	1.3	45	36	OFF	-
08/07/2025 12:00	12	0.1	1.3	41	35	OFF	-
08/07/2025 13:00	12	1,43	18,59	38	33	ON	Anggrek
08/07/2025 14:00	12	0.1	1.3	34	72	OFF	-
08/07/2025 15:00	12	0.1	1.3	29	68	OFF	-
08/07/2025 16:00	12	0.1	1.3	73	66	OFF	-
08/07/2025 17:00	12	0.1	1.3	70	64	OFF	
08/07/2025 18:00	12	0.1	1.3	68	62	OFF	-
08/07/2025 19:00	13.0	0.1	1.3	66	59	OFF	-
08/07/2025 20:00	13.0	0.1	1.3	64	56	OFF	-
08/07/2025 21:00	13.0	1,43	18,59	62	52	ON	Simbar
08/07/2025 22:00	13.0	0.1	1.3	83	51	OFF	-
08/07/2025 23:00	13.0	0.1	1.3	80	50	OFF	-
09/07/2025 00:00	12	0.1	1.3	78	50	OFF	-
09/07/2025 01:00	13	0.1	1.3	74	49	OFF	-
09/07/2025 02:00	12	0.1	1.3	67	48	OFF	-
09/07/2025 03:00	12	0.1	1.3	66	45	OFF	-
09/07/2025 04:00	12	0.1	1.3	64	42	OFF	-
09/07/2025 05:00	12	0.1	1.3	63	39	OFF	
09/07/2025 06:00	13.0	0.1	1.3	60	36	OFF	-
09/07/2025 07:00	13.0	0.1	1.3	58	33	OFF	-
09/07/2025 08:00	13	1,34	17,42	56	29	ON	Anggrek

09/07/2025 09:00	13.0	0.1	1.3	53	72	OFF	
09/07/2025 10:00	13.0	1,43	18,59	49	69	ON	Simbar
09/07/2025 11:00	13.0	0.1	1.3	81	65	OFF	-
09/07/2025 12:00	13.0	0.1	1.3	79	59	OFF	-
09/07/2025 13:00	13.0	0.1	1.3	76	54	OFF	-
09/07/2025 14:00	13.0	0.1	1.3	72	49	OFF	-
09/07/2025 15:00	13.0	0.1	1.3	69	43	OFF	-
09/07/2025 16:00	13.0	0.1	1.3	66	38	OFF	-
09/07/2025 17:00	13.0	0.1	1.3	63	36	OFF	
09/07/2025 18:00	13.0	0.1	1.3	59	34	ON	Anggrek
09/07/2025 19:00	13.0	0.1	1.3	57	73	OFF	-
09/07/2025 20:00	13.0	0.1	1.3	53	70	OFF	-
09/07/2025 21:00	13.0	1,43	18,59	48	68	ON	Simbar
09/07/2025 22:00	13.0	0.1	1.3	81	64	OFF	-
09/07/2025 23:00	13.0	0.1	1.3	79	60	OFF	-
10/07/2025 00:00	12	0.1	1.3	76	54	OFF	-
10/07/2025 01:00	13	0.1	1.3	73	52	OFF	-
10/07/2025 02:00	12	0.1	1.3	69	49	OFF	-
10/07/2025 03:00	12	0.1	1.3	67	46	OFF	-
10/07/2025 04:00	12	0.1	1.3	66	42	OFF	-
10/07/2025 05:00	12	0.1	1.3	63	39	OFF	
10/07/2025 06:00	13.0	0.1	1.3	60	36	OFF	-
10/07/2025 07:00	13.0	0.1	1.3	58	32	OFF	-
10/07/2025 08:00	13	1,34	17,42	56	29	ON	Anggrek
10/07/2025 09:00	13.0	0.1	1.3	53	72	OFF	
10/07/2025 10:00	13.0	1,43	18,59	49	69	ON	Simbar
10/07/2025 11:00	13.0	0.1	1.3	81	65	OFF	-
10/07/2025 12:00	13.0	0.1	1.3	79	59	OFF	-
10/07/2025 13:00	13.0	0.1	1.3	76	54	OFF	-
10/07/2025 14:00	13.0	0.1	1.3	72	49	OFF	-
10/07/2025 15:00	13.0	0.1	1.3	69	43	OFF	-
10/07/2025 16:00	13.0	0.1	1.3	66	38	OFF	-
10/07/2025 17:00	13.0	0.1	1.3	63	36	OFF	
10/07/2025 18:00	13.0	0.1	1.3	60	34	ON	Anggrek
10/07/2025 19:00	13.0	0.1	1.3	58	73	OFF	-
10/07/2025 20:00	13.0	0.1	1.3	52	70	OFF	-
10/07/2025 21:00	13.0	1,43	18,59	49	68	ON	Simbar
10/07/2025 22:00	13.0	0.1	1.3	81	64	OFF	-
10/07/2025 23:00	13.0	0.1	1.3	79	63	OFF	-
11/07/2025 00:00	12	0.1	1.3	77	61	OFF	-
11/07/2025 01:00	13	0.1	1.3	75	58	OFF	-
11/07/2025 02:00	12	0.1	1.3	71	57	OFF	-
11/07/2025 03:00	12	0.1	1.3	68	55	OFF	-
11/07/2025 04:00	12	0.1	1.3	64	53	OFF	-

11/07/2025 05:00	12	0.1	1.3	61	51	OFF	
11/07/2025 06:00	12	0.1	1.3	59	48	OFF	-
11/07/2025 07:00	12	0.1	1.3	57	46	OFF	-
11/07/2025 08:00	12	0.1	1.3	54	44	OFF	
11/07/2025 09:00	12	0.1	1.3	51	41	OFF	
11/07/2025 10:00	12	1,34	16,08	48	38	ON	Simbar
11/07/2025 11:00	11	0.1	1.3	45	36	OFF	-
11/07/2025 12:00	12	0.1	1.3	41	35	OFF	-
11/07/2025 13:00	12	1,43	18,59	38	33	ON	Anggrek
11/07/2025 14:00	12	0.1	1.3	34	72	OFF	-
11/07/2025 15:00	12	0.1	1.3	29	68	OFF	-
11/07/2025 16:00	12	0.1	1.3	73	66	OFF	-
11/07/2025 17:00	12	0.1	1.3	70	64	OFF	
11/07/2025 18:00	12	0.1	1.3	68	62	OFF	-
11/07/2025 19:00	13.0	0.1	1.3	66	59	OFF	-
11/07/2025 20:00	13.0	0.1	1.3	64	58	OFF	-
11/07/2025 21:00	13.0	1,43	18,59	62	56	ON	Simbar
11/07/2025 22:00	13.0	0.1	1.3	83	54	OFF	-
11/07/2025 23:00	13.0	0.1	1.3	81	52	OFF	-
12/07/2025 00:00	12	0.1	1.3	79	52	OFF	-
12/07/2025 01:00	13	0.1	1.3	73	51	OFF	-
12/07/2025 02:00	12	0.1	1.3	68	48	OFF	-
12/07/2025 03:00	12	0.1	1.3	67	44	OFF	-
12/07/2025 04:00	12	0.1	1.3	66	42	OFF	-
12/07/2025 05:00	12	0.1	1.3	63	39	OFF	
12/07/2025 06:00	13.0	0.1	1.3	60	36	OFF	-
12/07/2025 07:00	13.0	0.1	1.3	58	32	OFF	-
12/07/2025 08:00	13	1,34	17,42	56	29	ON	Anggrek
12/07/2025 09:00	13.0	0.1	1.3	53	72	OFF	
12/07/2025 10:00	13.0	1,43	18,59	49	69	ON	Simbar
12/07/2025 11:00	13.0	0.1	1.3	83	65	OFF	-
12/07/2025 12:00	13.0	0.1	1.3	79	59	OFF	-
12/07/2025 13:00	13.0	0.1	1.3	76	54	OFF	-
12/07/2025 14:00	13.0	0.1	1.3	72	49	OFF	-
12/07/2025 15:00	13.0	0.1	1.3	69	43	OFF	-
12/07/2025 16:00	13.0	0.1	1.3	66	38	OFF	-
12/07/2025 17:00	13.0	0.1	1.3	63	35	OFF	
12/07/2025 18:00	13.0	0.1	1.3	59	34	ON	Anggrek
12/07/2025 19:00	13.0	0.1	1.3	56	73	OFF	-
12/07/2025 20:00	13.0	0.1	1.3	51	70	OFF	-
12/07/2025 21:00	13.0	1,43	18,59	48	68	ON	Simbar
12/07/2025 22:00	13.0	0.1	1.3	81	64	OFF	-
12/07/2025 23:00	13.0	0.1	1.3	78	62	OFF	-

Untuk menghitung nilai statistik dasar seperti maksimum, minimum, rata-rata (mean), rentang (range), total, dan standar deviasi di Microsoft Excel, dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi bawaan Excel. Nilai maksimum dapat dicari menggunakan fungsi =MAX(range), yang akan menampilkan nilai tertinggi dari kumpulan data. Sementara itu, nilai minimum dapat dihitung dengan =MIN(range), yang akan menunjukkan nilai terendah. Untuk mengetahui nilai rata-rata, digunakan fungsi =AVERAGE(range), yang secara otomatis menghitung nilai tengah dari seluruh data yang ada. Selanjutnya, nilai range atau rentang dapat diperoleh dengan mengurangkan nilai maksimum dan minimum, yaitu menggunakan rumus =MAX(range)-MIN(range). Jika ingin mengetahui jumlah keseluruhan data, dapat digunakan fungsi =SUM(range) yang menjumlahkan semua nilai dalam rentang tersebut. Terakhir, untuk menghitung standar deviasi, digunakan fungsi =STDEV.S(range) jika data merupakan sampel, atau =STDEV.P(range) jika seluruh data dianggap sebagai populasi. Semua fungsi ini dapat digunakan secara langsung dengan mengganti range sesuai lokasi data di lembar kerja Excel.

DateTime	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Kelembaban Simbar (%)	Kelembaban Anggrek (%)	Pompa	Solenoid Aktif
06/07/2025 00:00	13	0.1	1.30	65.0	52.0	OFF	-
06/07/2025 01:00	13	0.1	1.30	62.0	50.0	OFF	-
06/07/2025 02:00	13	0.1	1.30	60.0	47.0	OFF	-
06/07/2025 03:00	13	0.1	1.30	58.0	43.0	OFF	-
06/07/2025 04:00	13	0.1	1.30	56.0	39.0	OFF	-
06/07/2025 05:00	13	1.43	18.59	54.0	33.0	ON	Anggrek
06/07/2025 06:00	13	0.1	1.30	54.0	70.0	OFF	-
06/07/2025 07:00	13	0.1	1.30	53.0	68.0	OFF	-
06/07/2025 08:00	13	0.1	1.30	51.0	66.0	OFF	-
06/07/2025 09:00	13	1.34	17.42	48.0	64.0	ON	Simbar
06/07/2025 10:00	13	0.1	1.30	75.0	62.0	OFF	-
06/07/2025 11:00	13	0.1	1.30	72.0	59.0	OFF	-
06/07/2025 12:00	13	0.1	1.30	70.0	55.0	OFF	-
06/07/2025 13:00	13	0.1	1.30	68.0	51.0	OFF	-
06/07/2025 14:00	13	0.1	1.30	65.0	48.0	OFF	-
06/07/2025 15:00	13	0.1	1.30	63.0	44.0	OFF	-
06/07/2025 16:00	13	0.1	1.30	61.0	40.0	OFF	-
06/07/2025 17:00	12	1.53	18.36	59.0	34.0	ON	Anggrek
06/07/2025 18:00	13	0.1	1.30	58.0	68.0	OFF	-
06/07/2025 19:00	13	0.1	1.30	55.0	65.0	OFF	-
06/07/2025 20:00	13	0.1	1.30	52.0	62.0	OFF	-
06/07/2025 21:00	13	1.43	18.59	49.0	60.0	ON	Simbar
06/07/2025 22:00	13	0.1	1.30	74.0	58.0	OFF	-
06/07/2025 23:00	13	0.1	1.30	71.0	55.0	OFF	-

07/07/2025			
kelembaban			
day1	simbar	anggrek	power
Max	75	70	18.59
min	48	33	1.30
mean	60.5	53.9	3.55
range	27	37	17.29
St.D	8.04	11.07	5.93
total	1453	1293.00	81.54

jumlah penyiraman	
simbar	anggrek
2	2

DateTime	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Kelembaban Simbar (%)	Kelembaban Anggrek (%)	Pompa	Solenoid Aktif
07/07/2025 00:00	12	0.1	1.30	70	53	OFF	-
07/07/2025 01:00	13	0.1	1.30	69	51	OFF	-
07/07/2025 02:00	12	0.1	1.30	68	48	OFF	-
07/07/2025 03:00	12	0.1	1.30	67	44	OFF	-
07/07/2025 04:00	12	0.1	1.30	66	42	OFF	-
07/07/2025 05:00	12	0.1	1.30	63	39	OFF	-
07/07/2025 06:00	13	0.1	1.30	60	36	OFF	-
07/07/2025 07:00	13	0.1	1.30	58	32	OFF	-
07/07/2025 08:00	13	1.34	17.42	56	29	ON	Anggrek
07/07/2025 09:00	13	0.1	1.30	53	27	OFF	-
07/07/2025 10:00	13	1.43	18.59	49	26	ON	Simbar
07/07/2025 11:00	13	0.1	1.30	81	65	OFF	-
07/07/2025 12:00	13	0.1	1.30	79	59	OFF	-
07/07/2025 13:00	13	0.1	1.30	76	54	OFF	-
07/07/2025 14:00	13	0.1	1.30	72	49	OFF	-
07/07/2025 15:00	13	0.1	1.30	69	43	OFF	-
07/07/2025 16:00	13	0.1	1.30	66	38	OFF	-
07/07/2025 17:00	13	0.1	1.30	63	35	OFF	-
07/07/2025 18:00	13	0.1	1.30	59	34	ON	Anggrek
07/07/2025 19:00	13	0.1	1.30	56	33	OFF	-
07/07/2025 20:00	13	0.1	1.30	51	30	OFF	-
07/07/2025 21:00	13	1.43	18.59	48	28	ON	Simbar
07/07/2025 22:00	13	0.1	1.30	81	64	OFF	-
07/07/2025 23:00	13	0.1	1.30	78	62	OFF	-

07/07/2025			
kelembapan			
day2	simbar	anggrek	power
Max	81	73	18.59
min	48	29	1.30
mean	64.9	51.2	3.41
range	33	44	17.29
St.D	9.96	14.14	5.71
total	1558	1229.00	81.90

DateTime	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Kelembaban Simbar (%)	Kelembaban Anggrek (%)	Pompa	Solenoid Aktif
08/07/2025 00:00	12	0.1	1.30	76	60	OFF	-
08/07/2025 01:00	13	0.1	1.30	74	58	OFF	-
08/07/2025 02:00	12	0.1	1.30	71	57	OFF	-
08/07/2025 03:00	12	0.1	1.30	68	55	OFF	-
08/07/2025 04:00	12	0.1	1.30	64	53	OFF	-
08/07/2025 05:00	12	0.1	1.30	61	51	OFF	-
08/07/2025 06:00	12	0.1	1.30	59	48	OFF	-
08/07/2025 07:00	12	0.1	1.30	57	46	OFF	-
08/07/2025 08:00	12	0.1	1.30	54	44	OFF	-
08/07/2025 09:00	12	0.1	1.30	51	41	OFF	-
08/07/2025 10:00	12	1.34	16.08	48	38	ON	Simbar
08/07/2025 11:00	11	0.1	1.30	45	36	OFF	-
08/07/2025 12:00	12	0.1	1.30	41	35	OFF	-
08/07/2025 13:00	12	1.43	18.59	38	33	ON	Anggrek
08/07/2025 14:00	12	0.1	1.30	34	32	OFF	-
08/07/2025 15:00	12	0.1	1.30	29	28	OFF	-
08/07/2025 16:00	12	0.1	1.30	73	66	OFF	-
08/07/2025 17:00	12	0.1	1.30	70	64	OFF	-
08/07/2025 18:00	12	0.1	1.30	68	62	OFF	-
08/07/2025 19:00	13	0.1	1.30	66	59	OFF	-
08/07/2025 20:00	13	0.1	1.30	64	56	OFF	-
08/07/2025 21:00	13	1.43	18.59	62	52	ON	Simbar
08/07/2025 22:00	13	0.1	1.30	83	51	OFF	-
08/07/2025 23:00	13	0.1	1.30	80	50	OFF	-

07/07/2025			
kelembapan			
day3	simbar	anggrek	power
Max	83	72	18.59
min	29	33	1.30
mean	59.8	52.3	3.36
range	54	39	17.29
St.D	14.67	10.71	5.57
total	1436	1255.00	80.56

DateTime	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Kelembaban Simbar (%)	Kelembaban Anggrek (%)	Pompa	Solenoid Aktif
09/07/2025 00:00	12	0.1	1.30	78	50	OFF	-
09/07/2025 01:00	13	0.1	1.30	74	49	OFF	-
09/07/2025 02:00	12	0.1	1.30	67	48	OFF	-
09/07/2025 03:00	12	0.1	1.30	66	45	OFF	-
09/07/2025 04:00	12	0.1	1.30	64	42	OFF	-
09/07/2025 05:00	12	0.1	1.30	63	39	OFF	-
09/07/2025 06:00	13	0.1	1.30	60	36	OFF	-
09/07/2025 07:00	13	0.1	1.30	58	33	OFF	-
09/07/2025 08:00	13	1.34	17.42	56	29	ON	Anggrek
09/07/2025 09:00	13	0.1	1.30	53	72	OFF	-
09/07/2025 10:00	13	1.43	18.59	49	69	ON	Simbar
09/07/2025 11:00	13	0.1	1.30	81	65	OFF	-
09/07/2025 12:00	13	0.1	1.30	79	59	OFF	-
09/07/2025 13:00	13	0.1	1.30	76	54	OFF	-
09/07/2025 14:00	13	0.1	1.30	72	49	OFF	-
09/07/2025 15:00	13	0.1	1.30	69	43	OFF	-
09/07/2025 16:00	13	0.1	1.30	66	38	OFF	-
09/07/2025 17:00	13	0.1	1.30	63	36	OFF	-
09/07/2025 18:00	13	0.1	1.30	59	34	ON	Anggrek
09/07/2025 19:00	13	0.1	1.30	57	73	OFF	-
09/07/2025 20:00	13	0.1	1.30	53	70	OFF	-
09/07/2025 21:00	13	1.43	18.59	48	68	ON	Simbar
09/07/2025 22:00	13	0.1	1.30	81	64	OFF	-
09/07/2025 23:00	13	0.1	1.30	79	60	OFF	-

07/07/2025			
kelembapan			
day4	simbar	anggrek	power
Max	81	73	18.59
min	48	29	1.30
mean	65.5	51.0	3.41
range	33	44	17.29
St.D	10.30	13.95	5.71
total	1571	1225.00	81.90

DateTime	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Kelembaban Simbar (%)	Kelembaban Anggrek (%)	Pompa	Solenoid Aktif
10/07/2025 00:00	12	0.1	1.30	76	54	OFF	-
10/07/2025 01:00	13	0.1	1.30	73	52	OFF	-
10/07/2025 02:00	12	0.1	1.30	69	49	OFF	-
10/07/2025 03:00	12	0.1	1.30	67	46	OFF	-
10/07/2025 04:00	12	0.1	1.30	66	42	OFF	-
10/07/2025 05:00	12	0.1	1.30	63	39	OFF	-
10/07/2025 06:00	13	0.1	1.30	60	36	OFF	-
10/07/2025 07:00	13	0.1	1.30	58	32	OFF	-
10/07/2025 08:00	13	1.34	17.42	56	29	ON	Anggrek
10/07/2025 09:00	13	0.1	1.30	53	72	OFF	-
10/07/2025 10:00	13	1.43	18.59	49	69	ON	Simbar
10/07/2025 11:00	13	0.1	1.30	81	65	OFF	-
10/07/2025 12:00	13	0.1	1.30	79	59	OFF	-
10/07/2025 13:00	13	0.1	1.30	76	54	OFF	-
10/07/2025 14:00	13	0.1	1.30	72	49	OFF	-
10/07/2025 15:00	13	0.1	1.30	69	43	OFF	-
10/07/2025 16:00	13	0.1	1.30	66	38	OFF	-
10/07/2025 17:00	13	0.1	1.30	63	36	OFF	-
10/07/2025 18:00	13	0.1	1.30	60	34	ON	Anggrek
10/07/2025 19:00	13	0.1	1.30	58	73	OFF	-
10/07/2025 20:00	13	0.1	1.30	52	70	OFF	-
10/07/2025 21:00	13	1.43	18.59	49	68	ON	Simbar
10/07/2025 22:00	13	0.1	1.30	81	64	OFF	-
10/07/2025 23:00	13	0.1	1.30	79	63	OFF	-

07/07/2025			
kelembapan			
day5	simbar	anggrek	power
Max	81	73	18.59
min	49	29	1.30
mean	65.6	51.5	3.41
range	32	44	17.29
St.D	10.11	14.08	5.71
total	1575	1236.00	81.90

DateTime	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Kelembaban Simbar (%)	Kelembaban Anggrek (%)	Pompa	Solenoid Aktif
11/07/2025 00:00	12	0.1	1.30	77	61	OFF	-
11/07/2025 01:00	13	0.1	1.30	75	58	OFF	-
11/07/2025 02:00	12	0.1	1.30	71	57	OFF	-
11/07/2025 03:00	12	0.1	1.30	68	55	OFF	-
11/07/2025 04:00	12	0.1	1.30	64	53	OFF	-
11/07/2025 05:00	12	0.1	1.30	61	51	OFF	-
11/07/2025 06:00	12	0.1	1.30	59	48	OFF	-
11/07/2025 07:00	12	0.1	1.30	57	46	OFF	-
11/07/2025 08:00	12	0.1	1.30	54	44	OFF	-
11/07/2025 09:00	12	0.1	1.30	51	41	OFF	-
11/07/2025 10:00	12	1.34	16.08	48	38	ON	Simbar
11/07/2025 11:00	11	0.1	1.30	45	36	OFF	-
11/07/2025 12:00	12	0.1	1.30	41	35	OFF	-
11/07/2025 13:00	12	1.43	18.59	38	33	ON	Anggrek
11/07/2025 14:00	12	0.1	1.30	34	72	OFF	-
11/07/2025 15:00	12	0.1	1.30	29	68	OFF	-
11/07/2025 16:00	12	0.1	1.30	73	66	OFF	-
11/07/2025 17:00	12	0.1	1.30	70	64	OFF	-
11/07/2025 18:00	12	0.1	1.30	68	62	OFF	-
11/07/2025 19:00	13	0.1	1.30	66	59	OFF	-
11/07/2025 20:00	13	0.1	1.30	64	58	OFF	-
11/07/2025 21:00	13	1.43	18.59	62	56	ON	Simbar
11/07/2025 22:00	13	0.1	1.30	83	54	OFF	-
11/07/2025 23:00	13	0.1	1.30	81	52	OFF	-

07/07/2025			
kelembapan			
day6	simbar	anggrek	power
Max	83	72	18.59
min	29	33	1.30
mean	60.0	52.8	3.36
range	54	39	17.29
St.D	14.82	10.79	5.57
total	1439	1267.00	80.56

DateTime	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Kelembaban Simbar (%)	Kelembaban Anggrek (%)	Pompa	Solenoid Aktif
12/07/2025 00:00	12	0.1	1.30	79	52	OFF	-
12/07/2025 01:00	13	0.1	1.30	73	51	OFF	-
12/07/2025 02:00	12	0.1	1.30	68	48	OFF	-
12/07/2025 03:00	12	0.1	1.30	67	44	OFF	-
12/07/2025 04:00	12	0.1	1.30	66	42	OFF	-
12/07/2025 05:00	12	0.1	1.30	63	39	OFF	-
12/07/2025 06:00	13	0.1	1.30	60	36	OFF	-
12/07/2025 07:00	13	0.1	1.30	58	32	OFF	-
12/07/2025 08:00	13	1.34	17.42	56	29	ON	Anggrek
12/07/2025 09:00	13	0.1	1.30	53	72	OFF	-
12/07/2025 10:00	13	1.43	18.59	49	69	ON	Simbar
12/07/2025 11:00	13	0.1	1.30	83	65	OFF	-
12/07/2025 12:00	13	0.1	1.30	79	59	OFF	-
12/07/2025 13:00	13	0.1	1.30	76	54	OFF	-
12/07/2025 14:00	13	0.1	1.30	72	49	OFF	-
12/07/2025 15:00	13	0.1	1.30	69	43	OFF	-
12/07/2025 16:00	13	0.1	1.30	66	38	OFF	-
12/07/2025 17:00	13	0.1	1.30	63	35	OFF	-
12/07/2025 18:00	13	0.1	1.30	59	34	ON	Anggrek
12/07/2025 19:00	13	0.1	1.30	56	73	OFF	-
12/07/2025 20:00	13	0.1	1.30	51	70	OFF	-
12/07/2025 21:00	13	1.43	18.59	48	68	ON	Simbar
12/07/2025 22:00	13	0.1	1.30	81	64	OFF	-
12/07/2025 23:00	13	0.1	1.30	78	62	OFF	-

07/07/2025			
kelembapan			
day7	simbar	anggrek	power
Max	83	73	18.59
min	48	29	1.30
mean	65.5	51.2	3.41
range	35	44	17.29
St.D	10.56	14.13	5.71
total	1573	1228.00	81.90