

SISTEM MONITORING VIA *INTERNET OF THINGS* UNTUK *SMART GARDEN* BERDASARKAN INTENSITAS CAHAYA DAN KELEMBAPAN TANAH: STUDI PENERAPAN PADA PEMBIAKAN DAUN TANAMAN SUKULEN *CRASSULACEAE*

(Skripsi)

Oleh

Afifah Zahro



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

SISTEM MONITORING VIA *INTERNET OF THINGS* UNTUK *SMART GARDEN* BERDASARKAN INTENSITAS CAHAYA DAN KELEMBAPAN TANAH: STUDI PENERAPAN PADA PEMBIAKAN DAUN TANAMAN SUKULEN *CRASSULACEAE*

Oleh

Afifah Zahro

Penelitian ini telah merealisasikan sistem monitoring via *internet of things* untuk *smart garden* berdasarkan intensitas cahaya dan kelembapan tanah untuk pembiakkan daun tanaman sukulen *crassulaceae*. Penelitian ini bertujuan membuat alat pemantauan untuk intensitas cahaya, kelembapan tanah, dan ketinggian air. Pada sistem pemantauan, mikrokontroler yang digunakan yaitu NodeMCU ESP32, dengan masukan sensor *light dependant resistor* (LDR) untuk mengukur intensitas cahaya dengan akurasi 98,21%, sensor *capasitive soil moisture* untuk mengukur kelembapan tanah dengan akurasi 98,41%, dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air di penampungan dengan akurasi 99,01%. Keluaran sistem yang dihasilkan berupa pengontrolan pompa air, lampu tanaman LED, dan selenoid valve. Berdasarkan hasil penelitian, alat berjalan dengan baik ditunjukkan dengan *website* ayopantaukebunmu.000webhostapp.com dapat menerima hasil pemantauan data sensor menggunakan koneksi internet secara *real-time* dengan *delay* 3 detik. Alat akan melakukan proses penyiraman tanaman ketika nilai kelembapan tanah yang terbaca oleh sensor sebesar $\leq 20\%$ dan akan berhenti saat $\geq 75\%$, penyinaran akan menyala saat $\text{lux} \leq 2000$ lux dan akan mati saat ≥ 4000 lux, dan pengisian air akan dilakukan saat ketinggian air ≤ 5 cm dan akan berhenti saat ≥ 16 cm

Kata kunci: Kebun pintar, NodeMCU ESP32, Cahaya, kelembapan, ketinggian air.

ABSTRACT

MONITORING SYSTEM VIA INTERNET OF THINGS FOR SMART GARDEN BASED ON LIGHT INTENSITY AND SOIL MOISTURE: STUDY APPLICATION ON LEAF PROPAGATION OF SUCCULENT CRASSUACEAE

By

Afifah Zahro

This research has implemented an internet of things monitoring system for a smart garden based on light intensity and soil moisture for crassulaceae succulent leaves' cultivation. The aim of this study was to create a monitoring device for light intensity, soil moisture, and water level. In the monitoring system, the microcontroller used was the NodeMCU ESP32, with input from a light-dependent resistor (LDR) sensor to measure light intensity with 98.21% accuracy, a capacitive soil moisture sensor to measure soil moisture with 98.41% accuracy, and an HC-SR04 ultrasonic sensor to measure water level in the reservoir with 99.01% accuracy. The output of the system includes controlling a water pump, plant LED lights, and a solenoid valve. Based on the research results, the device operated well, as demonstrated by the website ayopantaukebunmu.000webhostapp.com, which can receive real-time sensor data monitoring results over the internet with a 3-second delay. The device will initiate the plant watering process when the soil moisture reading from the sensor is $\leq 20\%$ and stop when it reaches $\geq 75\%$. The lighting will turn on when lux levels are ≤ 2000 lux and turn off when they reach ≥ 4000 lux. Water replenishment will occur when the water level is ≤ 5 cm and stop when it reaches ≥ 16 cm.

Keyword: Smart garden, NodeMCU ESP32, Light, soil moisture, water level.

SISTEM MONITORING VIA *INTERNET OF THINGS* UNTUK *SMART GARDEN* BERDASARKAN INTENSITAS CAHAYA DAN KELEMBAPAN TANAH: STUDI PENERAPAN PADA PEMBIAKAN DAUN TANAMAN SUKULEN *CRASSULACEAE*

Oleh

Afifah Zahro

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : ” Sistem Monitoring Via *Internet of Things* untuk *Smart Garden* Berdasarkan Intensitas Cahaya dan Kelembapan Tanah: Studi Penerapan Pada Pembiakan Daun Tanaman Sukulen *Crassulaceae*”


Nama Mahasiswa : Afifah Zahro

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041087

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.
NIP. 197108291997032001


Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

2. Ketua Jurusan Fisika


Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

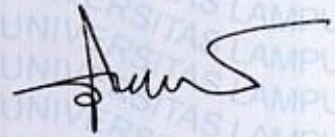
MENGESAHKAN

1. Tim penguji

Ketua : Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.



Sekretaris : Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.



Penguji
Bukan Pembimbing : Drs. Amir Supriyanto M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Januari 2024


PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 4 Januari 2024




Afifah Zahro
NPM.1917041087

RIWAYAT HIDUP



Afifah Zahro lahir di Bogor pada tanggal 23 Mei 2001. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Paryono dan Ibu Hartini. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Al-Mulya pada tahun 2007, SDN 4 Tlajung Udik pada tahun 2013, SMPN 1 Cileungsi pada tahun 2016, dan SMAN 1 Cibinong pada tahun 2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2019.

Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif tergabung Anggota Muda Rois FMIPA tahun 2019, Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota Komunikasi dan Informasi tahun 2020, Staf Ahli Media dan Informasi Badan Eksekutif Masyarakat (BEM) FMIPA Unila tahun 2020. Penulis juga sebagai asisten praktikum mata kuliah Fisika Komputasi pada tahun 2022 dan Sistem Akuisisi Data pada tahun 2023.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Riset Antariksa Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Bandung, Jawa Barat, dengan judul “**Simulasi Antena Cassegrain dengan Frekuensi 43 GHz untuk Teleskop Radio**”. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat penuh penulis ikuti dalam program Kuliah Kerja Nyata Universitas Lampung tahun 2022 di Pekon Sukarame, Kecamatan Talang Padang, Kabupaten Tanggamus. Penulis melaksanakan penelitian untuk menyusun skripsi dengan judul “**Sistem Monitoring Via Internet of Things untuk Smart Garden Berdasarkan Intensitas Cahaya dan Kelembapan Tanah: Studi Penerapan Pada Pemiakan Daun Tanaman Sukulen *Crassulaceae***” dibawah bimbingan Ibu Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si., dan Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.

MOTTO

“Hidup adalah serangkaian momen yang disebut "saat ini". Kita hanya bisa hidup disini pada saat ini.”

– Ichiro Kishimi dan Fumitake Koga

"Janganlah kamu seperti orang-orang yang melupakan Allah sehingga Dia menjadikan mereka lupa kepada diri mereka sendiri. Mereka itulah orang-orang fasik.”

- QS Al-Hasyr Ayat 19

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan skripsi ini kepada :

Bapak Paryono dan Ibu Hartini

Kedua orang tuaku yang telah melahirkan, membesarkan, dan mendidikku, serta menjadi penyemangatku dalam menjalani hidup selama ini

Bapak/Ibu Dosen FISIKA FMIPA UNILA

Terima kasih telah memberikan bekal ilmu pengetahuan, nasihat, dan saran yang membangun kepadaku

Atika Anis dan Habibi Akbar

Kakak dan adikku tersayang yang telah memberikan dukungan dan motivasi sehingga membuat aku mampu menyelesaikan pendidikan S1

Rekan-rekan seperjuangan Fisika Angkatan 2019

*Almamater Tercinta
UNIVERSITAS LAMPUNG*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Sistem Monitoring Via *Internet of Things* untuk *Smart Garden* Berdasarkan Intensitas Cahaya dan Kelembapan Tanah: Studi Penerapan Pada Pembiakan Daun Tanaman Sukulen *Crassulaceae*”**. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan untuk memperbaiki skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bukan hanya untuk penulis, tapi juga untuk para pembaca.

Bandar Lampung, 4 Januari 2024

Penulis,

Afifah Zahro

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Sistem Monitoring Via Internet of Things untuk Smart Garden Berdasarkan Intensitas Cahaya dan Kelembapan Tanah: Studi Penerapan Pada Pembiakan Daun Tanaman Sukulen *Crassulaceae***”. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang dihadapi, namun berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Orang tua Bapak Paryono dan Ibu Hartini yang senantiasa memberikan doa, semangat, motivasi, pengorbanan, nasihat serta kasih sayang kepada penulis.
2. Ibu Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi serta arahan dalam proses penyusunan skripsi.
3. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing II dan Ketua Jurusan Fisika FMPA Universitas Lampung yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi serta arahan dalam proses penyusunan skripsi.
4. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulisan skripsi ini menjadi lebih baik.
5. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.

6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Seluruh Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.
8. Para Tenaga Kependidikan Jurusan Fisika yang telah membantu memenuhi kebutuhan administrasi penulis.
9. Atika Anis sebagai kakak dan Habibi Akbar sebagai adik, yang selalu memberikan semangat dan dorongan kepada penulis.
10. Teman-teman di luar kampus, Via Nopa Triyandi, Dila Amalia Putri, Anisatul Latifah, Nilovar Zalsabilah, Alfi Nur Zulfa, Alia Susilawati, Mashirra Hazelita, Ditha Verenia Sanda, dan Suci fitria Azella, yang telah menemani, memberikan motivasi, dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan studi.
11. Teman-teman seperjuangan, Tresna Ananda, Prikesit Asya Billhaque, Khairunnisa, Frila Dwi Untari, Indriya Wati, Monica Calista, Hania Fahrani, Adhito Dwi Danendra, dan Rifki Mohamad Kurniawansyah yang telah memberikan motivasi, bantuan, dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan studi.
12. Teman-teman Fisika angkatan 2019, keluarga besar Himafi FMIPA Unila, yang telah bersama-sama menjalani perkuliahan dan telah memberikan doa serta motivasi pembelajaran kehidupan kepada penulis.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dengan yang lebih baik, mempermudah segala urusannya dan menjadi pemberat amal di akhirat nanti.

Bandar Lampung, 4 januari 2024

Penulis,

Afifah Zahro

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
COVER DALAM	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait.....	7
2.2 <i>Smart Garden</i>	9
2.3 <i>Internet of Things (IoT)</i>	10
2.4 Tanaman Sukulen	11
2.4.1 Tanaman Sukulen Famili <i>Crassulaceae</i>	12
2.4.2 Propagasi Daun Sukulen.....	14
2.5 Sensor <i>Capacitive Soil Moisture</i>	15
2.6 Sensor <i>Light Dependent Resistor (LDR)</i>	17

2.7	Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	19
2.8	LCD I2C	21
2.9	Lampu Tanaman LED	22
2.10	Solenoid Valve.....	23
2.11	Pompa Air Mini	24
2.12	Modul <i>Relay</i>	26
2.13	Mikrokontroler	28
	2.13.1 NodeMCU ESP-WROOM-32	30
2.14	Arduino <i>Software</i> (IDE)	32

III. METODE PENELITIAN

3.1	Tempat dan waktu penelitian.....	34
3.2	Alat dan Bahan	34
3.3	Pelaksanaan atau Tahapan Penelitian	35
3.4	Perancangan <i>Hardware</i>	36
	3.4.1 Desain Perancangan <i>Hardware</i>	39
3.5	Perancangan <i>Software</i>	41
3.6	Pengujian Alat <i>Monitoring</i>	42

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Monitoring Sistem <i>Smart Garden</i>	46
4.2	Pengujian dan Kalibrasi <i>Sensor Capacitive Soil Moisture</i>	50
	4.2.1 Pengujian <i>Sensor Capacitive Soil Moisture</i>	52
4.3	Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	54
4.4	Perancangan Sensor LDR.....	57
	4.4.1 Pengujian Sensor <i>Light Dependent Resistor</i>	59
4.5	Pengujian Sistem <i>Monitoring Website</i>	65
4.6	Sistem Kendali <i>Smart Garden</i>	67
4.7	Proses <i>Hosting Website Smart Garden</i>	69
	4.7.1 Mengunggah Data <i>Website Ke Hostinger</i>	69
	4.7.2 Pembuatan <i>Database Monitoring Via Internet Of Things</i>	71
4.8	Analisis Sistem Monitoring <i>Smart Garden</i>	74
	4.8.1 Hasil <i>Monitoring</i> menggunakan <i>PhpMyAdmin</i>	74
	4.8.2 Hasil <i>Monitoring</i> Menggunakan <i>Website</i>	75
	4.8.3 Pembiakan Daun Sukulen <i>Crassulaceae</i>	77

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1	Simpulan.....	78
5.2	Saran.....	78

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN.....

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Karakteristik Sukulen <i>Crassulaceae</i>	14
2.2 Spesifikasi Modul Sensor LDR.....	19
2.3 Spesifikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04	21
2.4 Spesifikasi ESP-WROOM-32.....	31
3.1 Pin-pin Arduino NodeMCU ESP32 yang digunakan	39
3.2 Pengujian Sensor <i>Capacitive Soil Moisture</i> terhadap <i>soil meter</i>	42
3.3 Pengujian Sensor Ultrasonik terhadap Alat Ukur Penggaris	43
3.4 Pengujian Sensor LDR terhadap Alat Ukur Lux Meter	44
4.1 Pengujian nilai ADC Sensor Capacitive Soil Moisture dengan Three Way Soil Meter	50
4.2 Hasil Pengujian Sensor <i>Capacitive Soil Moisture</i> dengan <i>Three Way Soil Meter</i>	53
4.3 Nilai Presisi Sensor <i>Capacitive Soil Moisture</i>	54
4.4 Hasil Pengujian Sensor HC-SR40 dengan Penggaris	56
4.5 Nilai Presisi Sensor Ultrasonik HC-SR04	57
4.6 Pengujian nilai ADC Sensor LDR (B- A) dengan Lux Meter	59
4.7 Hasil Pengujian Sensor LDR dengan Kompensator Panas (B - A) dengan Lux Meter	61
4.8 Nilai Presisi Sensor LDR dengan Kompensator Panas (B-A)	62
4.9 Pengujian Nilai ADC Sensor Tanpa Kompensator Panas (LDR A) dengan Alat Ukur Standar	62
4.10 Hasil Pengujian Sensor Tanpa Kompensator Panas (LDR A) dengan Lux Meter	64
4.11 Nilai Presisi Sensor LDR A	65
4.12 Data Pengamatan Transmisi Data Sensor Ke <i>Database MySQL</i>	66
4.13 <i>Delay</i> Transmisi Data Dari Sensor Ke <i>Database MySQL</i>	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Rangkaian Skematik Alat.....	7
2.2 Skema sensor <i>capasitive soil moisture</i>	15
2.3 Sensor <i>Capacitive Soil Moisture</i> Pada NodeMCU ESP32	16
2.4 Skema Sensor LDR.....	18
2.5 Sensor cahaya LDR pada NodeMCU ESP32	18
2.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04 Pada NodeMCU ESP32.....	20
2.7 Skema Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik HC-SR04	20
2.8 LCD I2C 2x16.....	21
2.9 Skema Prinsip Kerja Selenoid Valve	23
2.10 Pemasangan Selenoid Valve pada NodeMCU ESP32	24
2.11 Pompa Air pada NodeMCU ESP32	25
2.12 Skema Motor DC	26
2.13 Struktur Sederhana <i>Relay</i>	27
2.14 <i>Relay 2 Channel</i>	28
2.15 Susunan Pin ESP-WROOM-32.....	31
2.16 Tampilan <i>Software IDE</i> Arduino	32
3.1 Diagram Alir Penelitian	35
3.2 Diagram Blok Sistem Monitoring <i>Smart Garden</i>	36
3.3 Diagram Blok Pengendalian Sensor <i>Capacitive Soil Moisture</i>	37
3.4 Diagram Blok Pengendalian Sensor LDR.....	37
3.5 Diagram Blok Pengendalian Sensor Ultrasonik HCSR-04.....	38
3.6 Rangkaian Skematik Alat.....	38
3.7 Desain Penempatan Alat <i>Monitoring</i>	39
3.8 Design Penempatan Alat <i>Monitoring Smart Garden</i>	40
3.9 Diagram Alir <i>IoT SmartGarden</i>	41
3.10 Antarmuka Bagian Awal <i>Website</i>	45

3.11 Antarmuka Bagian Monitoring <i>Smart Garden</i>	45
4.1 Rangkaian Alat <i>Monitoring</i> Tampak Dalam.....	46
4.2 Rangkaian Alat <i>Monitoring</i> Tampak Luar	47
4.3 Penempatan Alat <i>Monitoring</i> pada <i>Smart Garden</i> (Tampak Luar)	48
4.4 Penempatan Alat <i>Monitoring</i> pada <i>Smart Garden</i> (Tampak Dalam)	49
4.5 Pengujian Nilai ADC Sensor <i>Capasitive Soil Moisture</i> Dengan Alat Ukur Standar.....	51
4.6 Hasil Pengujian Sensor <i>Capasitive Soil Moisture</i> dengan <i>Three Way Soil Meter</i>	53
4.7 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR40 dengan Penggaris	56
4.8 Keadaan Awal Sensor Pada Kondisi Gelap Pada Suhu 44,1°C	58
4.9 Keadaan Awal Sensor Pada Kondisi Terang Pada Suhu 42,7°C	58
4.10 Pengujian Nilai ADC sensor LDR (B – A) dengan Lux Meter	60
4.11 Hasil Pengujian Sensor LDR dengan Alat Ukur Standar.....	61
4.12 Pengujian nilai ADC sensor LDR A dengan alat ukur standar	63
4.13 Hasil Pengujian Sensor LDR dengan Alat Ukur Standar.....	64
4.14 Diagram Sistem Kendali <i>Smart Garden</i>	68
4.15 Pembuatan Nama <i>Website</i>	69
4.16 Mengatur <i>File Manager</i>	70
4.17 Mengunggah Data <i>Website</i> Ke <i>File Manager</i>	70
4.18 Memeriksa <i>Website Smart Garden</i>	71
4.19 Mengelola <i>Database Website Smart Garden</i>	72
4.20 Impor Tabel “tb_sensor” Pada <i>Database</i>	72
4.21 Tampilan Tabel <i>Database MySQL</i>	72
4.22 Koneksi <i>Database MySQL</i> dengan <i>Website</i>	73
4.23 <i>Database MySQL</i> pada <i>PhpMyAdmin</i>	75
4.24 Tampilan Awal <i>Website</i>	76
4.25 Tampilan kondisi <i>Smart Garden</i> (a) hasil pembacaan sensor; (b) status lampu tanaman LED; (c) status pompa air; dan (d) status solenoid valve.....	76
4.26 Pertumbuhan Tunas Pembiakan Sukulen.....	77

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sukulen merupakan tanaman yang memiliki karakteristik bagian tubuhnya sebagai tempat penyimpanan air (Mutimmah dan Prayekti, 2021). Sukulen secara strategis memiliki kemampuan untuk hidup di berbagai iklim dan tempat kecuali di antartika (Bagnasco dan Reidmuller, 2017). Tanaman ini berhubungan dengan 12.500 spesies dari 70 famili tanaman berbunga, dengan susunan variasi pada struktur batang dan daun, serta bunganya (Nam dkk., 2016). Sukulen juga sangat populer dikalangan tanaman hias. Hal ini dikarenakan bentuk geometrinya yang unik seperti mawar, ditambah kemampuannya untuk mempertahankan tingkat kelembapan yang tinggi. Fitur-fitur ini membuat sukulen hias cocok sebagai tanaman lanskap karena dapat menahan kondisi ekstrim dan sebagai tanaman pot *indoor* karena membutuhkan penyiraman minimal. Selain untuk keindahan, sukulen dapat bermanfaat untuk lingkungan untuk penghijauan dan penghasil material mentah untuk obat di bidang kesehatan. Hal ini menyebabkan sukulen dapat dipropagasi (dikembangbiakan) dengan cepat dalam jumlah yang banyak (Cabahug dkk., 2018).

Pemilihan teknik propagasi yang tepat penting untuk meningkatkan tingkat produktivitas dan kualitas tanaman dalam waktu singkat. Pada umumnya, teknik propagasi pada sukulen dibedakan menjadi dua kategori utama, propagasi seksual dan aseksual. Tanaman yang dibudidayakan secara aseksual tetap murni atau identik secara genetika dari satu generasi ke generasi berikutnya. Sebaliknya, proses seksual melibatkan meiosis, yang merupakan proses yang menciptakan perbedaan genetik alami. Salah satu teknik propagasi aseksual yaitu propagasi dengan daunnya. Propagasi dengan potongan daun khususnya yang berasal dari

famili *Crassulaceae* lebih populer digunakan daripada penyebaran benih. Metode propagasi potongan daun memiliki masa pertumbuhan yang lama. Walaupun pada umumnya potongan daun tidak dapat menghasilkan tunas baru. Namun, berbeda dengan tanaman sukulen, yang dapat menumbuhkan tunas baru hanya dengan menggunakan potongan daunnya saja (Cabahug dkk., 2018).

Perawatan baik untuk propagasi maupun tanaman sukulen akan mudah apabila dapat memperhatikan beberapa faktor utamanya. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan diantaranya penyiraman serta kelembapan tanaman, pemilihan lokasi penempatan tanaman, dan penyinaran tanaman. Pada dasarnya sukulen tidak membutuhkan banyak air. Namun, ketika waktu penyiraman lakukan sampai tanah basah dan merembes keluar, lalu dibiarkan atau diberikan waktu sampai benar-benar kering sebelum disiram Kembali. Sehubungan dengan penyiraman yang baik tidak lepas dengan pemilihan media tanam yang baik pula. Sedangkan untuk penyinaran dan pemilihan lokasi, sukulen sangat cocok dengan suhu ruangan dan penempatannya bisa di dekat jendela sehingga tidak terkena sinar matahari secara langsung. Sukulen merupakan tanaman yang membutuhkan sinar matahari yang cukup untuk menjaga kelembapan dan melakukan fotosintesis (Bagnasco dan Reidmuller, 2017).

Para pengembangbiak sukulen tentunya masih menjumpai kendala dalam perawatan tanaman sukulen ini. Walaupun perawatan sukulen terkesan mudah. Namun, ketika sukulen dipindah dari habitatnya, beberapa fitur morfologi yang membantunya untuk bertahan hidup dapat terganggu. Oleh karena itu, bagi mereka yang ingin memelihara dan merawat tanaman sukulen dan mengembangbiakannya harus memiliki pengetahuan dan wawasan mengenai budidaya tanaman sukulen. Kendala yang sering ditemui yaitu sulitnya cara menjaga kondisi lingkungan menanam tetap baik dan kondusif untuk pertumbuhan tanaman, seperti kebutuhan air intensitas cahaya untuk tanaman (Astriani dkk., 2020). Kemudian, akibat gaya hidup masa kini yang sibuk juga menyebabkan perawatan tanaman sukulen terasa sulit (Nam dkk., 2016). Untuk mengatasi hal tersebut Manusia sudah mengembangkan suatu sistem bernama *Smart Garden* atau kebun pintar (Darmawan dkk., 2021).

Salah satu solusi untuk menjaga produktivitas tanaman dapat diatasi dengan *smart garden*. Penanganan serta pengendalian yang tepat pada faktor-faktor seperti air, suhu, cahaya, nutrisi, hama, dan lain sebagainya sangat dibutuhkan. Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi yaitu penyiraman dan penyinaran. *Smart garden* dengan manajemen tata kelola lingkungannya, dari sisi efisiensi penggunaan energi, dapat mengatur penyiraman tanaman sehingga air yang digunakan dapat dimanfaatkan seefisien mungkin sesuai kebutuhan tanaman. *Smart garden* juga dapat menyediakan fungsi pemantauan suhu dan kelembapan udara di lingkungan sekitar (Darmawan dkk., 2021). *Smart garden* memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan tanaman dan berkebun secara otomatis. Sistem ini membantu kita untuk memantau kondisi lingkungan dan tanaman dari jarak jauh sekalipun. *Smart garden* memungkinkan kita untuk berkomunikasi dengan tanaman dalam jumlah tertentu. Informasi mengenai kondisi tanaman baik perubahan maupun kebutuhannya dengan bantuan sensor-sensor (Endah dkk., 2021).

Berkaitan dengan smart garden Mas dkk (2022) melakukan penelitian mengenai monitoring *smart garden* pada *greenhouse*. Pada penelitian ini dibuat monitoring pada tanaman anggrek meliputi suhu dan kelembapan udara, ketinggian air, serta kelembapan tanah berbasis *Internet of Things*. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler Wemos D1 R1, dengan sensor input diantaranya DHT11, Ultrasonik, dan *Soil Moisture* yang datanya akan dikirimkan pada *Thingspeak*. Penelitian lain IoT (Affandi, 2019) melakukan penelitian mengenai rancang bangun *smart garden* berbasis IoT dengan bot Telegram. Alat *smart garden* ini menggunakan NodeMCU ESP8266 dengan sensor *input soil moisture* untuk mengukur kelembapan tanah dan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Kemudian penelitian (Adetia, 2022) mengenai penyiraman otomatis dan pemantauan secara *real time* pada lahan papaya berbasis IoT dengan aplikasi *Blynk*. Sistem tersebut menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, dengan sensor *input soil moisture* FC-28 untuk mengukur kelembapan tanah. Pada ketiga penelitian tersebut pengguna dapat memonitor dan mengendalikan sistem dari jarak jauh. Namun, belum dapat melakukan penyinaran untuk tanaman. Penelitian lain (Ulihuna dan Riza, 2021) mengenai sistem *monitoring* dan

penyiram tanaman otomatis berbasis IoT dengan *Blynk*. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan sensor kelembapan tanah yang kemudian ditampilkan dalam LCD. Informasi yang didapatkan dari sistem ini meliputi persentase kelembapan tanah, kondisi tanah, nilai ADC pembacaan sensor, grafik nilai ADC serta tombol *virtual* yang dapat digunakan untuk menyalakan pompa secara manual. Kekurangan pada penelitian ini belum ada parameter intensitas cahaya yang akurat untuk menyinari tanaman sehingga waktu penyinarannya belum akurat.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, maka dilakukan penelitian membuat *Smart Garden* untuk memonitoring serta mengendalikan intensitas cahaya dan kelembapan tanah pada propagasi daun tanaman sukulen, berbasis *internet of things* (IoT). Pada penelitian ini menerapkan teknologi monitoring terhadap intensitas cahaya, kelembapan tanah, dan ketinggian air di dalam penampungan untuk menunjang metode *Smart Garden*. Proses pengontrolan kelembapan tanah dilakukan dengan memanfaatkan sensor *capacitive soil moisture* yang nantinya memengaruhi kerja pompa air untuk proses penyiraman tanaman. Kemudian untuk pengontrolan intensitas cahaya memanfaatkan sensor LDR. Informasi dari sensor LDR akan mengaktifkan lampu tanaman LED untuk memberikan intensitas cahaya yang cukup untuk tanaman. Sedangkan untuk pengontrolan ketinggian air di penampungan memanfaatkan sensor ultrasonik dengan solenoid valve sebagai katup otomatis. Hasil pembacaan sensor dapat dilihat secara *real-time* pada *Website*. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini yaitu memberikan informasi mengenai pemanfaatan teknologi *smart garden* sebagai solusi untuk menjaga kondisi lingkungan menanam tetap baik dan kondusif untuk pertumbuhan propagasi daun tanaman sukulen.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang alat *monitoring* intensitas cahaya, kelembapan tanah, dan ketinggian air pada *smart garden* berbasis *Internet of Things* (IoT).

2. Bagaimana mengetahui nilai intensitas cahaya sehingga dapat mengaktifkan lampu tanaman LED.
3. Bagaimana mengetahui nilai kelembapan tanah sehingga dapat mengaktifkan pompa air.
4. Bagaimana mengetahui nilai ketinggian air di penampungan sehingga dapat mengaktifkan solenoid valve.
5. Bagaimana mengintegrasikan keseluruhan sistem dan melakukan *monitoring smart garden* berbasis *Internet of Things* (IoT) melalui *Website*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut.

1. Dapat membuat sistem *smart garden* untuk *monitoring* intensitas cahaya, kelembapan tanah, dan ketinggian air berbasis *Internet of Things* (IoT).
2. Dapat diketahui nilai intensitas cahaya untuk mengaktifkan lampu tanaman LED.
3. Dapat diketahui nilai kelembapan tanah untuk mengaktifkan pompa air.
4. Dapat diketahui nilai ketinggian air di penampungan untuk mengaktifkan solenoid valve.
5. Dapat mengetahui nilai kelembapan tanah, intensitas cahaya, dan ketinggian air di penampungan pada *smart garden* melalui *Website*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Memperoleh kemudahan untuk memonitoring dan mengontrol aktivitas propagasi potongan daun tanaman sukulen.
2. Memperoleh informasi mengenai nilai intensitas cahaya untuk mengaktifkan lampu tanaman LED.
3. Memperoleh informasi nilai kelembapan tanah untuk mengaktifkan pompa.
4. Memperoleh informasi nilai kelembapan tanah untuk mengaktifkan pompa.

5. Memperoleh informasi nilai ketinggian air di penampungan untuk mengaktifkan solenoid valve.
6. Memperoleh antarmuka hasil monitoring *smart garden* melalui *Website*.

1.5 Batasan Masalah

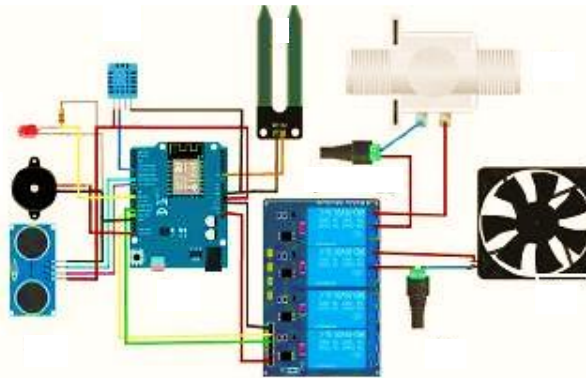
Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Proses monitoring menggunakan sensor LDR untuk mengukur intensitas cahaya, sensor *capacitive soil moisture* untuk mengukur kelembapan tanah, dan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air di penampungan.
2. Pengontrolan pada sistem ini yaitu pengontrolan intensitas cahaya dengan lampu tanaman LED dan pengontrolan air untuk penyiraman tanah dengan pompa air mini.
3. Pemantauan ketinggian air hanya peringatan saja, tidak melakukan pengisian otomatis.
4. Mikrokontroler yang digunakan yaitu NodeMCU ESP-WROOM-32.
5. Luas lahan propagasi sukulen yang dikur yaitu 1 m² berbentuk persegi.
6. Monitoring dan pengontrolan untuk propagasi daun tanaman sukulen khususnya famili *Crassulaceae*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian mengenai monitoring tanaman telah dilakukan oleh Mas dkk., (2022). Pada penelitian ini berjudul *Monitoring Smart Greenhouse dengan Kontrol Suhu dan Kelembapan Tanah Pada Tanaman Anggrek Berbasis Internet Of Things (IoT)*. Perancangan sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Rangkaian Skematik Alat (Mas dkk., 2022)

Parameter yang dipantau adalah kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, dan ketinggian air. Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa sistem menggunakan mikrokontroler Wemos D1R1 sebagai pengelola data *input*. Sensor *input* yang digunakan yaitu sensor DHT-11 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor *soil moisture capacitive* untuk mengukur kelembapan tanah, dan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air dalam wadah. Sistem ini menghasilkan *output* berupa pengontrolan pompa dan kipas. Berdasarkan hasil penelitian, alat dapat berjalan dengan baik ditunjukkan dengan platform *Thingspeak* dan *website smartgreenhouseangrek.weebly.com* dapat menerima hasil pemantauan data sensor menggunakan koneksi internet secara *real-time*. Alat akan melakukan proses penyiraman tanaman ketika nilai kelembapan tanah yang terbaca oleh

sensor sebesar $\leq 20\%$ dan akan berhenti melakukan penyiraman ketika sensor membaca nilai kelembapan tanah mencapai $\geq 50\%$, sedangkan untuk proses pengontrolan suhu udara dilakukan dengan menyalakan kipas jika suhu mencapai $\geq 30^\circ\text{C}$.

Penelitian oleh Adetia dkk., (2022) mengenai penyiraman otomatis dan pemantauan secara *real time* pada lahan papaya berbasis IoT dengan aplikasi *Blynk*. Sistem tersebut menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, dengan sensor *input* yaitu sensor *soil moisture* FC-28 untuk mengukur kelembapan tanah. Pengambilan data dilakukan pada 3 lahan pepaya. Berdasarkan aplikasi *blynk*, monitoring nilai kelembapan tanah dapat dilakukan secara *real time* tiap 1 detik.

Penelitian lain mengenai *monitoring* tanaman juga telah dilakukan oleh Affandi (2019). Pada penelitian ini dibuat rancang bangun smart garden berbasis IoT dengan bot telegram. Alat *smart garden* ini menggunakan NodeMCU ESP8266 dengan sensor *input soil moisture* untuk mengukur kelembapan tanah dan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. *Monitoring* sistem menggunakan bot telegram. Pengguna dapat memantau penyiraman dan penyinaran tanaman dari jarak jauh. Namun, pada penelitian ini belum ada parameter yang akurat untuk penyinaran tanaman sehingga waktu penyinarannya belum akurat.

Penelitian oleh Ulihuna dan Riza (2021) berjudul Sistem *Monitoring* dan Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Android dengan Aplikasi *Blynk*. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan sensor kelembapan tanah yang kemudia ditampilkan dalam LCD. Informasi yang didapatkan dari sistem ini meliputi presentase kelembapan tanah, kondisi tanah, nilai ADC pembacaan sensor, grafik nilai ADC serta tombol virtual yang dapat digunakan untuk menyalakan pompa secara manual. Penelitian ini berhasil menampilkan dan memonitor informasi-informasi tersebut melalui aplikasi pada android bernama *Blynk*.

Penelitian mengenai penyinaran tanaman sukulen menggunakan lampu LED oleh Nam dkk (2016). Penyinaran dilakukan pada tanaman sukulen untuk famili

Crassulaceae yang meliputi subfamili *Sedeveria*, *Sedum*, *Crassula*, *Echeveria*, dan *Graptopetalum*. Penyinaran menggunakan lampu tanaman LED dengan intensitas rendah (4.000 lux atau 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) dan intensitas tinggi (8.000 lux atau 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$). Sebagai perbandingan juga dilakukan penyinaran dengan sinar matahari alami. Durasi waktu selama 3 sampai 6 jam per hari. Hasil menunjukkan bahwa penyinaran menggunakan lampu LED dengan intensitas tinggi selama 6 jam tumbuh dengan baik.

Penelitian mengenai pemrosesan data menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 telah dilakukan oleh Babiuch dkk., (2019). Pada penelitian ini terinci aplikasi dan pengembangan dari penggunaan mikrokontroler ESP32 dan menyediakan kemampuan dari pengembangan aplikasi pada platform ini di area pengukuran data dan pemroses secara lengkap.

Penelitian lain mengenai ESP32 juga dilakukan Oleh Maier dkk (2017). Penulis membahas produk keluaran terbaru dari *Espressif System*, ESP32, diantaranya sistem daya rendah pada seris chip dari mikrokontroler dengan *Wi-Fi* dan kemampuan *Bluetooth* serta struktur yang sangat terintegrasi didukung oleh *Tensilica Xyensa LX6 microprocessor*. Pada penelitian ini juga diberikan analisis perbandingan dari ESP32 dengan beberapa pesaing pasar lainnya dan memperkenalkan spesifikasi mikrokontroler, fitur dan detail pemrograman. Berdasarkan perbandingan tersebut, diperoleh kesimpulan bahwa ESP32 merupakan solusi terbaik yang mana dapat diimplementasikan untuk proyek yang lebih kompleks.

2.2 Smart Garden

Manusia sudah mengembangkan suatu sistem yang dapat mengatasi permasalahan pertanian bernama *Smart Garden*. Keberhasilan untuk menjaga produktivitas tanaman dipengaruhi berbagai macam faktor seperti air, suhu, cahaya, nutrisi, hama, dan lain sebagainya. Penanganan serta pengendalian yang tepat pada faktor-faktor tersebut sangat dibutuhkan. Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi yaitu pada penyiraman dan penyinaran. *Smart garden* dengan

manajemen tata kelola lingkungannya, dari sisi efisiensi penggunaan energi, dapat mengatur penyiraman tanaman sehingga air yang digunakan dapat dimanfaatkan seefisien mungkin sesuai kebutuhan tanaman. *Smart garden* juga dapat menyediakan fungsi pemantauan suhu dan kelembapan udara di lingkungan sekitar (Darmawan dkk., 2021).

Smart garden adalah suatu sistem untuk pemantauan tanaman dan berkebun secara otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini membantu kita untuk memantau kondisi lingkungan dan tanaman dari jarak jauh sekalipun. *Smart garden* memungkinkan kita untuk berkomunikasi dengan tanaman dalam jumlah tertentu. Informasi mengenai kondisi tanaman baik perubahan maupun kebutuhannya dengan bantuan sensor-sensor (Endah dkk., 2021). Teknologi yang diterapkan oleh *smart garden* ini adalah *Machine to Machine* (M2M). Artinya, sama dengan IoT, tidak hanya bekerja dan dikontrol oleh manusia, terdapat pula mekanisme yang saling menghubungkan mesin satu dengan yang lain agar dapat berkomunikasi dan bertukar data (Romli dkk., 2021).

2.3 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah suatu arsitektur berbasis internet yang memungkinkan melakukan pertukaran layanan, informasi, dan data melalui jaringan. Benda-benda dapat dikoneksikan antar satu dengan yang lain dengan IoT. Hal ini tentunya membuat kehidupan manusia lebih nyaman dan efisien. Oleh ITU *Internet of Things* didefinisikan sebagai “*A global infrastructure for the information society enabling advanced services by interconnecting (physical and virtual) things based on, existing and evolving, interoperable information and communication technologies*” (Wagyana dan Rahmat, 2019). Artinya, *internet of Things* merupakan kesanggupan benda-benda atau objek dengan lingkungan maupun peralatan komputasi cerdas lainnya melakukan interaksi dan saling terhubung melalui raringan internet. (Kusumah dan Pradana, 2019).

Aplikasi dari IoT dapat dikembangkan ke berbagai aplikasi lainnya. Pengembangan IoT tentunya disesuaikan dengan ketersediaan I/O yang ada pada

modul atau dapat dikembangkan dengan menambah komponen lain yang dibutuhkan. Kemudian, aplikasi yang berjalan pada modul akan dapat diakses melalui komputer (*web browser*) maupun ponsel pintar (Aplikasi seperti *Blynk*). Kegunaan aplikasi IoT melalui jaringan internet dapat menampilkan atau memantau nilai hasil pengukuran oleh komponen *input* (sensor) pada modul, serta mengendalikan komponen *output* pada modul (Wagyana dan Rahmat, 2019).

Pasar *Internet of Things* sudah berkembang pesat selama beberapa tahun terakhir ini. Hal ini diiringi dengan meningkatnya permintaan dalam komunikasi dan kontrol untuk berbagai perangkat dan gawai. Persyaratan utama yang diterapkan untuk perangkat IoT modern adalah menyediakan konektivitas yang efektif untuk memastikan komunikasi jarak jauh yang andal dan transfer data dalam lingkungan nirkabel. Konsep untuk perangkat IoT ini disebut 6A (*Anything, Anytime, Anywhere, Anyplace, Any service, and Any network*). Akibatnya, teknologi IoT secara signifikan berdampak pada perilaku dan gaya hidup orang-orang baik di lingkungan kerja maupun rumah tangga. Kemampuan komunikasi tingkat lanjut membentuk kembali properti dan operasi otomasi industri dan manufaktur, manajemen bisnis dan proses, transportasi cerdas dan logistik, dll. Dalam hal aplikasi domestik, IoT meningkatkan otomasi rumah dan memperkenalkan teknologi berbasis komunikasi baru seperti *domotics, assisted living, e-health dan e-learning*, dan lain-lain. (Maier dkk., 2017).

2.4 Tanaman Sukulen

Sukulen merupakan tanaman yang memiliki karakteristik bagian tubuhnya sebagai tempat penyimpanan air (Mutimmah dan Prayekti, 2021). Sukulen secara strategis memiliki kemampuan untuk hidup di berbagai iklim dan tempat kecuali di antartika (Bagnasco dan Reidmuller, 2017). Tanaman ini berhubungan dengan 12.500 spesies dari 70 famili tanaman berbunga, dengan susunan variasi pada struktur batang dan daun, serta bunganya (Nam dkk., 2016). Sukulen juga sangat populer dikalangan tanaman hias. Hal ini dikarenakan bentuk geometrinya yang unik, membentuk seperti mawar, ditambah dengan kemampuannya untuk mempertahankan tingkat kelembapan yang tinggi. Fitur-fitur ini membuat sukulen

hias cocok sebagai tanaman lanskap karena dapat menahan kondisi ekstrim dan sebagai tanaman pot untuk ruang dalam ruangan karena membutuhkan penyiraman minimal. Teknik propagasi yang tepat penting untuk meningkatkan tingkat produksi dan kualitas tanaman dalam waktu sesingkat mungkin (Cabahug dkk., 2018).

Perawatan tanaman sukulen akan mudah apabila dapat memperhatikan beberapa faktor utamanya. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan diantaranya penyiraman serta kelembapan tanaman, pemilihan lokasi penempatan tanaman, dan penyinaran tanaman. Pada dasarnya sukulen tidak membutuhkan banyak air. Namun, ketika penyiraman lakukan sampai tanah basah dan merembes keluar, lalu dibiarkan atau diberikan waktu sampai benar-benar kering sebelum disiram kembali. Sehubungan dengan penyiraman yang baik tidak lepas dengan pemilihan media tanam yang baik pula. Sedangkan untuk penyinaran dan pemilihan lokasi, sukulen sangat cocok dengan suhu ruangan dan penempatannya bisa di dekat jendela sehingga tidak terkena sinar matahari secara langsung. Sukulen merupakan tanaman yang membutuhkan sinar matahari yang cukup untuk menjaga kelembapan dan melakukan fotosintesis (Bagnasco dan Reidmuller, 2017). Sukulen merupakan tanaman yang dapat beradaptasi dengan baik di habitat aslinya. Namun, ketika dipindah sukulen dari habitatnya, beberapa fitur morfologi yang membantunya untuk bertahan hidup dapat terganggu. Oleh karena itu, bagi manusia yang ingin memelihara dan merawat tanaman sukulen harus memiliki pengetahuan dan wawasan mengenai budidaya tanaman (Astriani dkk., 2020).

2.4.1 Tanaman Sukulen Famili *Crassulaceae*

Sukulen secara strategis memiliki kemampuan untuk hidup di lingkungan kering serta berbagai iklim. Tanaman ini berhubungan dengan 12.500 spesies dari 70 famili tanaman berbunga, dengan susunan variasi pada struktur batang dan daun, dan bunganya. Famili terbesar ketiga dari sukulen adalah *Crassulaceae* yang terdiri dari tanaman yang mempunyai adaptasi dan toleransi temperatur habitat yang luas dan bermacam-macam, lebih tepatnya pada musim *spring* dan *fall*.

Sukulen ini secara populer dikenal dengan famili ‘*stonecrop*’ dan ‘*houseleek*’ yang menarik bagi para penanam, penghobi, dan para kolektor. Famili besar ini memiliki subfamili yang secara populer dikenal meliputi *Sedeveria*, *Sedum*, *Crassula*, *Echeveria*, dan *Graptopetalum*. Mereka datang dalam berbagai struktur morfologi dan daun yang memiliki pola pertumbuhan yang unik. Akibat dari generasi dengan gaya hidup yang sibuk, permintaan tanaman yang dapat bertahan di dalam ruangan dengan perawatan dan penyiraman sedikit menjadi meningkat. Sukulen dipropagasi dan dibudidaya pada *greenhouse* untuk memenuhi permintaan yang meningkat untuk hiasan rumah, *landscaping*, dan sejenisnya. Produksi dimusim lain lebih sulit selama kondisi lebih dingin (Nam dkk., 2016).

Teknologi telah berinovasi dan menciptakan beberapa material yang mungkin mampu memecahkan masalah-masalah tertentu di rumah kaca atau budidaya terbuka tanaman pangan tertentu untuk produksi masal. Respon tanaman terhadap lingkungan juga dipengaruhi oleh berbagai faktor termasuk lingkungan hidup dan praktik kebudayaan yang dipadukan dengan karakteristik bawaan tanaman pangan. Di antara faktor-faktor lingkungan termasuk cahaya, suhu dan gizi yang juga dapat ditingkatkan melalui praktik budaya untuk menunjukkan kualitas pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Cahaya mungkin memiliki kedua kuantitas, yang dapat dibedakan dengan intensitas dan durasi, dan kualitas, yang berbeda dengan jenis cahaya dan atau panjang gelombang mana yang terpapar pada tanaman (Nam dkk., 2016).

Pencahayaan tambahan telah diakui sebagai strategi efisien untuk mempertahankan, mengoptimalkan dan menyediakan kebutuhan fotosintesis untuk tanaman sepanjang hari sehubungan dengan fotoperiodik. Hal ini menjamin kesempatan yang lebih baik untuk memenuhi permintaan pasar dan meningkatkan pertumbuhan dan kualitas tanaman. LED dipilih untuk digunakan sebagai sumber cahaya dengan kualitas pencahayaannya yang efisien dan terjangkau dibandingkan dengan pencahayaan sinar matahari konvensional. LED juga memiliki umur pemakaian panjang dengan kontrol distribusi spektra yang luar biasa. Cahaya yang diperlukan tanaman dalam rumah sering digolongkan untuk pertumbuhan tanaman itu diantaranya rendah (200 ft-c atau 2.000 lux), medium

(500 ft-c atau 5.000 lux), tinggi (750 ft-c atau 7,500 lux) dan sangat tinggi (1.000 ft-c atau 10.000 lux) (Nam dkk., 2016). Karakteristik dari tanaman sukulen *crassulaceae* dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Karakteristik Sukulen *Crassulaceae* (Cabahug dkk., 2018).

Karakteristik	Keterangan
Media tanam	50% pasir dan 50% tanah gambut atau kompos
Peletakan tanaman	Tidak terkena matahari secara langsung
Suhu	15 - 30°C
Kelembapan tanah	60 – 75 %
Propagasi	<i>Cuttings</i>
Intensitas cahaya	Rendah (2.000 lux), medium (5.000 lux), tinggi (7,500 lux) dan sangat tinggi (10.000 lux)

2.4.2 Propagasi Daun Sukulen

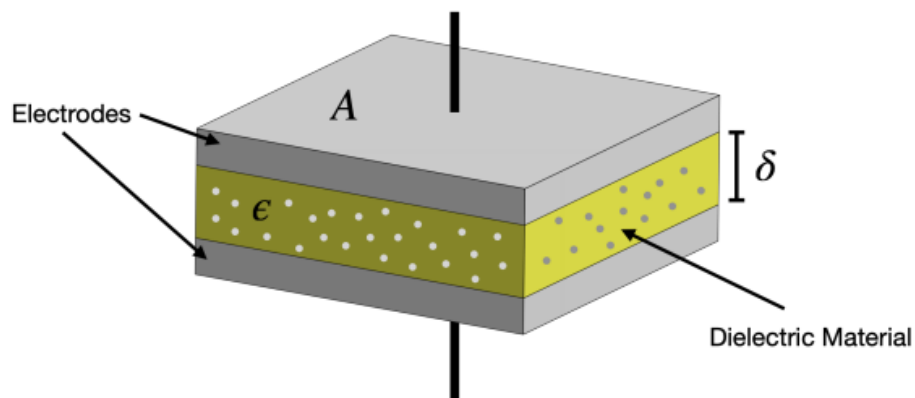
Permintaan pasar yang tinggi terhadap sukulen sehingga teknik propagasi yang tepat diperlukan. Pada umumnya, teknik propagasi pada sukulen dibedakan menjadi 2 kategori utama, propagasi seksual dan aseksual. Tanaman yang dibudidayakan secara aseksual tetap murni atau identik secara genetika dari satu generasi ke generasi berikutnya. Sebaliknya, proses seksual melibatkan meiosis, yang merupakan proses yang menciptakan perbedaan genetik alami. Salah satu teknik propagasi aseksual adalah propagasi dengan daunnya (Cabahug dkk., 2018).

Propagasi dengan potongan daun khususnya yang berasal dari famili *Crassulaceae* lebih populer digunakan daripada penyebaran benih. Metode ini memiliki masa pertumbuhan yang lama. Walaupun pada umumnya potongan daun tidak dapat menghasilkan tunas baru. Namun, berbeda dengan tanaman sukulen, yang dapat menumbuhkan tunas baru hanya dengan menggunakan potongan daunnya saja. Para peneliti melalui studinya menyatakan, untuk teknik ini, daun paling bawah atau paling dasar pada tanaman induk yang harus diambil. Daun harus dilepas dengan baik secara perlahan untuk menghasilkan tunas dengan akar.

Setelah menyingkirkan daun dari tanaman induk, potongan-potongan digunakan untuk membentuk kalus dan diletakkan di lokasi yang kering dengan cahaya matahari yang tidak langsung, sebaiknya pada suhu ruangan (20-25 derajat Celcius). Dibutuhkan sekitar 5-7 hari atau sampai bagian hijau dari titik berubah menjadi terang atau cokelat gelap. Penanam sukulen dengan potongan-potongan daun direkomendasikan untuk ditanam di tanah sewaktu potongan daun sudah berakar selama proses pembentukan kalus (Cabahug dkk., 2018).

2.5 Sensor *Capacitive Soil Moisture*

Sensor kelembapan tanah berfungsi untuk mengukur kadar air di dalam tanah dengan cara menancapkannya ke dalam tanah. Salah satu sensor kelembapan tanah adalah *capacitive soil sensor*. Berbeda dengan kebanyakan sensor resistif di pasaran, *Capacitive Soil Sensor* Menggunakan penginderaan kapasitif untuk mendeteksi kelembapan tanah. Dengan demikian, permasalahan sensor resistansi mudah korosi dapat teratasi dan masa kerjanya lebih Panjang. Pengindraan kapasitif yaitu mendeteksi perubahan nilai kapasitansi, pada sensor ini nilai kapasitansi berubah akibat perubahan dielektrik. Skema sensor *capacitive soil moisture* seperti pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Skema sensor *capacitive soil moisture*

Prinsip kerja sensor capacitive soil moisture seperti pada gambar yaitu, terdiri atas plat sejajar yang diantaranya disisipkan oleh bahan dielektrik. Plat sejajar ini salah satu contoh kapasitor sederhana. Kapasitor berfungsi untuk menyimpan muatan

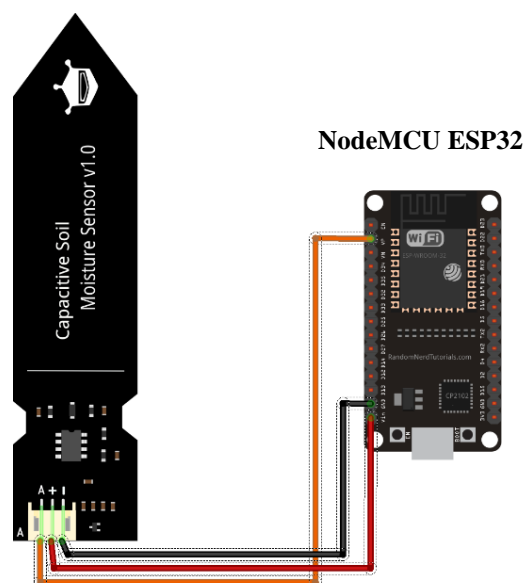
dan energi listrik dan kemampuan dalam hal tersebut disebut kapasitansi. Salah satu cara mengubah nilai kapasitansi dengan menambahkan bahan dielektrik. Bahan dielektrik merupakan bahan semikonduktor yang disisipkan diantara plat sejajar untuk meningkatkan nilai kapasitif, pada kasus ini adalah air. Lihat **Persamaan 2.1** di bawah

$$C = \frac{Q}{V} \quad (2.1)$$

Dari **Persamaan 2.1**, maka semakin besar nilai kapasitif maka semakin kecil nilai tegangan yang dihasilkan. Hal ini lah yang akan diukur oleh sensor, semakin tinggi kelembapan tanah maka semakin kecil nilai tegangan yang dihasilkan, begitu juga sebaliknya. Sehingga hubungan tegangan yang dihasilkan dengan Tingkat kelembapan tanah berbanding terbalik (Hrisiko, 2020).

Sensor capacitive soil moisture memiliki spesifikasi yang baik. Sensor memiliki *chip* yang mendukung lingkup kerja 3,3 volt sebagai pengatur tegangan *built-in*. Artinya, ia bekerja bahkan pada papan *control* Arduino 3,3V. Sensor ini menghasilkan sinyal analog, yang berarti untuk miniatur PC seperti Raspberry Pi membutuhkan modul *converter* ADC (sinyal *analog to digital*) eksternal (Sahrul dkk., 2019). Pemasangan sensor ini pada NodeMCU ESP32 seperti pada **Gambar 2.3**

Sensor Capacitive Soil Moisture



Gambar 2.3 Sensor *Capacitive Soil Moisture* Pada NodeMCU ESP32

Spesifikasi dari sensor ini sebagai berikut:

- a. Tegangan operasi: 3,3 VDC;
- b. Tegangan keluaran: 0 ~ 3.0 VDC;
- c. Antarmuka: PH2.54-3P;
- d. Ukuran: 98x23mm (PxL) (Sahrul dkk., 2019).

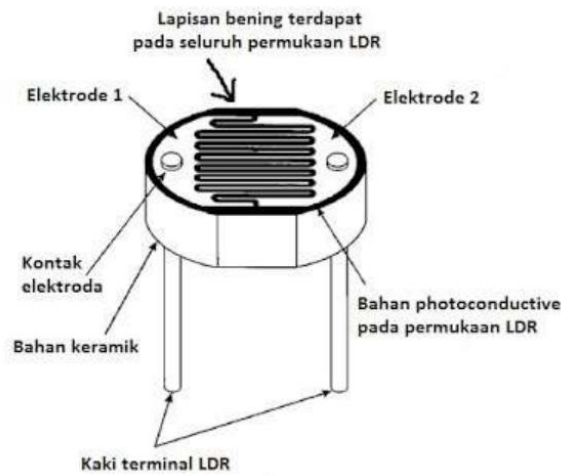
2.6 Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR)

Sensor adalah suatu alat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan suatu besaran fisis. Sensor dapat digolongkan sebagai transduser *input*, karena dapat mendeteksi perubahan suatu besaran fisis. Sensor mengubahnya menjadi sinyal listrik atau resistansi yang nantinya dikonversi lagi ke tegangan ataupun sinyal listrik. Tentunya peran sensor dalam mengendalikan pabrikasi modern sangat penting. Oleh karena itu, sensor sering digunakan dalam rangkaian elektronika. Salah satu sensor yang sering digunakan yaitu sensor cahaya. Seperti namanya, sensor cahaya mendeteksi dan merubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Terdapat dua jenis sensor cahaya, berdasarkan perubahan elektrik yang dihasilkan, yaitu:

1. *Photovoltaic*, yaitu perubahan besaran cahaya menjadi besaran tegangan. Contohnya, *solar cell*.
2. *Photoconductive*, yaitu perubahan besaran cahaya menjadi suatu nilai konduktansi (dalam hal ini resistansi). Contohnya, LDR, *Photo Diode*, dan *Photo Transistor*.

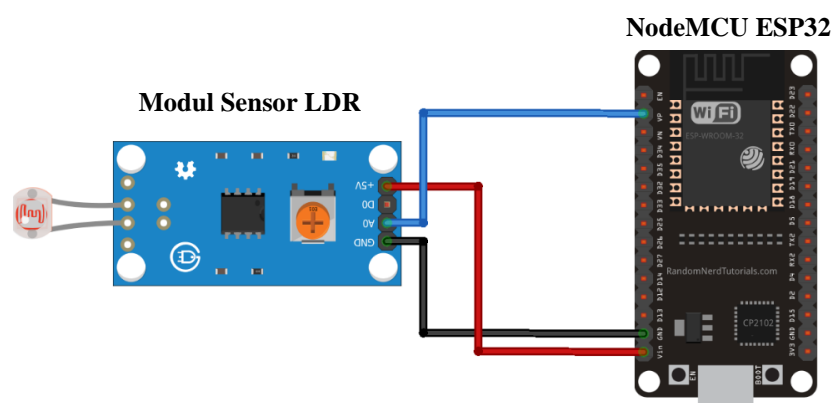
Light Dependent Resistor (LDR), sensor cahaya yang juga merupakan salah satu jenis resistor dengan nilai hambatannya bergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Cahaya membawa energi foton, energi ini yang diserap oleh bahan semikonduktor agar dapat melakukan eksitasi elektron untuk meningkatkan konduktivitas bahan. Meningkatnya konduktivitas akan menurunkan hambatan, sehingga pada kondisi gelap nilai hambatannya akan tinggi dan pada kondisi terang nilai hambatannya akan menurun. Maka dari itu, naik turunnya nilai hambatan akan berbanding terbalik dengan jumlah cahaya yang diterimanya. Umumnya, nilai hambatan LDR pada kondisi gelap mencapai 200 kilo ohm ($k\Omega$)

dan menurun menjadi 500 ohm (Ω) pada kondisi terang. Skema sensor LDR dapat dilihat pada **Gambar 2.4** (Nurhayati dan Maisura, 2021).



Gambar 2.4 Skema Sensor LDR

Sensor cahaya LDR dapat diaplikasikan dalam berbagai macam rangkaian elektronika. Aplikasi dari sensor ini yaitu sebagai sensor pada lampu *outdoor*, lampu kamar tidur, lampu taman, lampu jalan, rangkaian anti maling, *shutter* kamera, alarm, dan lain-lain. Sensor LDR terbuat dari bahan semikonduktor yaitu Kadmium Sulfida (Cds) dan Kadmium Selenida (CdSe) (Nurhayati dan Maisura, 2021). Pemasangan sensor cahaya LDR pada NodeMCU ESP32 dapat dilihat seperti pada **Gambar 2.5**



Gambar 2.5 Sensor Cahaya LDR Pada NodeMCU ESP32

Sensor cahaya LDR memiliki dua macam karakteristik, yaitu laju *recovery* dan respon spektral. Apabila sensor cahaya LDR dibawa dari ruangan dengan level cahaya tertentu ke ruangan yang gelap, nilai resistansinya tidak akan segera

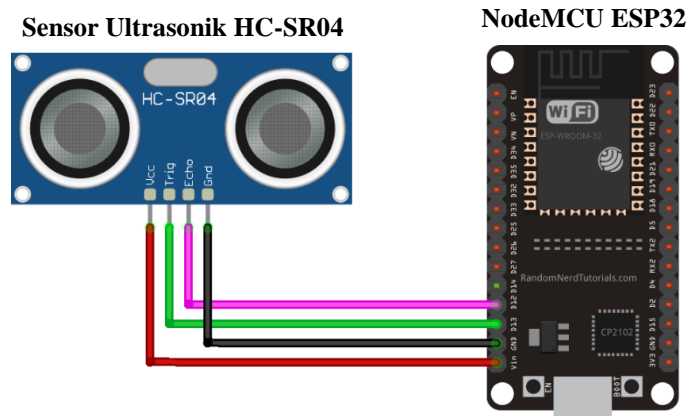
berubah. Nilai LDR akan mencapai nilai harga dikegelapan dengan selang waktu tertentu. Laju *Recovery* Sensor Cahaya LDR merupakan suatu ukuran praktis dan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga ditulis dalam K/dtk. Sedangkan untuk Respon Spektral, Sensor Cahaya LDR Sensor cahaya memiliki sensitivitas berbeda untuk setiap panjang gelombang cahaya (warna) yang mengenainya. Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus diantaranya tembaga, aluminium, baja, emas, dan perak. Bahan yang paling sering digunakan diantara kelimanya yaitu tembaga. Konduktivitas listrik tembaga yang bajm membuatnya menjadi konduktor yang paling banyak digunakan (Nurhayati dan Maisura, 2021). Spesifikasi sensor ultrasonik HC-SR04 in dapat dilihat pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Spesifikasi Modul Sensor LDR (Suryana, 2021)

Spesifikasi	Keterangan
Tengangan Kerja	3-5 V
Output Digital	1 dan 0
Comparator Chip	LM393
Module Pin	4 Pin
Dimensi	3.2 x 1.4 cm

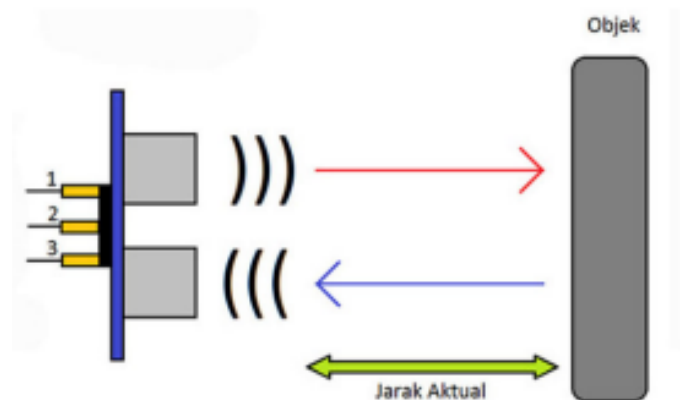
2.7 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengetahui jarak suatu objek. Prinsip kerja dari sensor ini memanfaatkan pantulan gelombang suara. Sensor ini mendeteksi keberadaan suatu objek atau benda yang berada di depan frekuensi kerja pada daerah di atas gelombang suara dari 20 kHz – 2 MHz. Pada modul terdapat sepasang transduser dan 4 pin, yaitu pin suplai tegangan (*Vcc*), pin *Trigger*, pin *Echo*, dan pin *Ground*. Cara kerja modul ini adalah Ketika diberikan pulsa *trigger* sepanjang 10 μ s maka akan mentransmisikan gelombang ultrasonik dan mengenai benda yang didepannya, gelombang akan dipantulkan Kembali oleh benda dan diterima oleh *receiver* pada sensor. Salah satu jenis sensor ultrasonik adalah sensor ultrasonik HC-SR04 (Rachmat, 2018). Pemasangan sensor ini pada NodeMCU ESP32 seperti pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04 Pada NodeMCU ESP32

Prinsip pengukuran jarak sensor ultrasonik HC-SR04 yaitu, Ketika *transmitter* memancarkan gelombang sensor akan menghasilkan *output* TTL transisi naik, dimana sensor memulai waktu pengukuran, dan akan dihentikan ketika *receiver* menerima gelombang pantulan dari benda dengan menghasilkan *output* TTL turun. Skema prinsip kerja sensor dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Skema Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik HC-SR04

Nilai jarak akan diperoleh melalui **persamaan 2.2** berikut:

$$S = \frac{vt}{2} \quad (2.2)$$

Dimana v adalah kecepatan suara yang bernilai 340 m/s, t adalah waktu (s), dan S adalah jarak (m). Gelombang suara yang merupakan hasil dari pemantulan menandakan bahwa gelombang melalui lintasan sebanyak 2 kali, untuk itu nilai perlu dibagi 2 (Rachmat, 2018). Spesifikasi sensor ultrasonik HC-SR04 in dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 (Elecfreaks, 2013)

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan operasional	DC 5 V
Arus operasional	15 Ma
Frekuensi operasional	40 Hz
Jarak maksimal	4 m
Jarak minimal	2 cm
Sudut pengukuran	15°
Dimensi	45*20*15 mm

2.8 LCD I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai *display* elektronik adalah salah satu komponen elektronika dengan fungsi menampilkan suatu data baik huruf, karakter ataupun grafik. LCD dibuat dengan teknologi *CMOS logic*, ia bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya. Namun, memantulkan cahaya yang berada disekelilingnya terhadap *front-lit* atau memancarkan cahaya dari *back-lit* (Risanty dan Arianto, 2017). Penampil utama dari LCD adalah kristal cair. Pada LCD terdapat banyak sekali titik cahaya atau piksel yang terdiri atas satu buah kristal cair sebagai titik cahaya. Titik cahaya inilah yang membuat LCD dapat menampilkan suatu gambar atau karakter (Danang dkk., 2022). **Gambar 2.8** merupakan contoh LCD I2C 2x16

**Gambar 2.8** LCD I2C 2x16 (Sahrul dkk., 2019).

LCD (*Liquid Crystal Display*) yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama sudah digunakan dalam berbagai bidang. LCD digunakan pada alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, layar komputer, dan lain-lain. LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2x16 adalah yang digunakan pada postingan

aplikasi LCD. Dengan demikian, LCD berperan sebagai penampil status kerja alat yang dibuat. **Gambar 2.8** adalah bentuk LCD dengan ukuran 2x16 (Sahrul dkk., 2019).

2.9 Lampu Tanaman LED

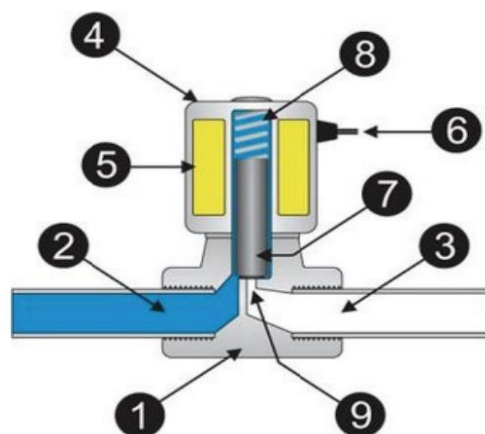
Cahaya adalah sebuah faktor penting yang mempengaruhi perkembangan dan morfologi tanaman. Bagaimanapun, di alam, karena pengaruh awan, hujan, dan faktor cuaca lainnya, cahaya alami sering tidak tercukupi untuk pertumbuhan tanaman yang optimal. Sebuah sumber cahaya buatan adalah pelengkap dalam mengontrol fasilitas penanaman untuk menaikkan hasil dan kualitas yang tinggi. Sampai relatif baru-baru ini, lampu neon dan lampu pijar digunakan sebagai sumber cahaya, tetapi, cahaya ini memiliki beberapa kekurangan, termasuk rendahnya efisiensi cahaya, konsumsi daya tinggi, dan distribusi spektral yang tidak lengkap. Kemudian, lampu *Lighting Emitting Diodes* (LEDs) dikenalkan ke dunia produksi agrikultur dan lebih ramah lingkungan karena mereka konsumsi daya yang rendah, efisiensi cahaya tinggi, dan memiliki panas *output* yang rendah. LEDs mengandung banyak sumber cahaya monokromatik dan panjang gelombang yang sesuai dengan rentang spektral yang membuat tumbuhan morfogenesis. Cahaya dari LEDs adalah *cold light*, yang dapat menyinari tanaman direntang yang lebih dekat tanpa membakar tanaman, maka, dengan sangat baik meningkatkan efisiensi penggunaan ruang. Berdasarkan sifat ini, lampu LED telah digunakan secara luas dalam fasilitas penanaman, pabrik tanaman, dan kultur jaringan tanaman (Ma dkk., 2021).

Perbedaan warna dari lampu LED dapat memberikan efek yang berbeda pada pertumbuhan dan perkembangan dari bermacam-macam tanaman, dan kebanyakan penelitian utamanya fokus pada cahaya merah dan biru. Sebagai tambahan, beberapa studi menyarankan bahwa efek dari lampu LED bergantung pada siklus hidup dari tanaman ketika lampu LED digunakan (Ma dkk., 2021). Peran cahaya merah dan biru LED pada proses foto morfogenetik dan menstimulasi akumulasi biomassa, metabolit sekunder, dan merangsang proses pembungaan sangat penting. Selain memang lampu LED lebih aman digunakan,

kelebihan lainnya yaitu efisiensi energi, masa pakai yang lama, keefektifan fluks foton, dan fleksibilitas dalam aplikasi. Kelebihan-kelebihan tersebut yang membuat lampu LED lebih cocok untuk sistem pencahayaan pertanian masa depan. Pada beberapa penelitian, menyebutkan bahwa lampu LED dapat meningkatkan efisiensi pertumbuhan dan penggunaan cahaya karena tidak memerlukan energi yang banyak (Arizona dkk., 2022).

2.10 Solenoid Valve

Katup Listrik atau Solenoid valve (SV) yaitu katup yang digerakkan oleh energi listrik, mempunyai koil sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakkan oleh arus AC maupun DC (Joi dan Anggraini, 2013). Skema prinsip kerja solenoid valve seperti pada **Gambar 2.9**.



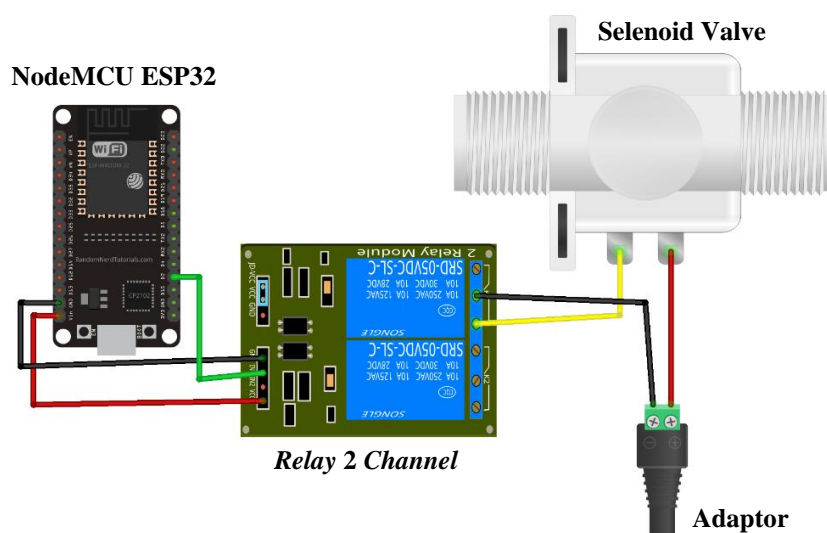
Gambar 2.9 Skema Prinsip Kerja Solenoid Valve

Keterangan:

- | | |
|------------------|-------------------------|
| 1. Body | 6. Terminal Coil |
| 2. Inlet | 7. Jarum Nozle / Piston |
| 3. Outlet | 8. Pegas |
| 4. Body Solenoid | 9. Celah Air |
| 5. Coil Solenoid | |

Sebuah katup solenoid beroperasi dengan menggunakan aliran arus listrik yang melalui solenoid. Kawat yang dililit pada solenoid menjadi terstimulasi, menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini mempengaruhi pelatuk, yang tertarik ke arah kumparan, bergerak melawan resistensi pegas. Pada katup yang secara normal tertutup, tindakan ini mengangkat pelatuk, menyebabkan segel

membuka celah air. Hal ini memungkinkan fluida mengalir karena gaya magnetik solenoid mengatasi resistensi pegas. Pada katup yang secara normal terbuka, menstimulasi solenoid membuat pelatuk turun, menyebabkan segel menghalangi pembukaan, secara efektif menghentikan aliran fluida dengan melawan gaya pegas (Erlina dan Borromeus, 2015). Pemasangan Solenoid Valve pada NodeMCU ESP32 seperti pada **Gambar 2.10**.



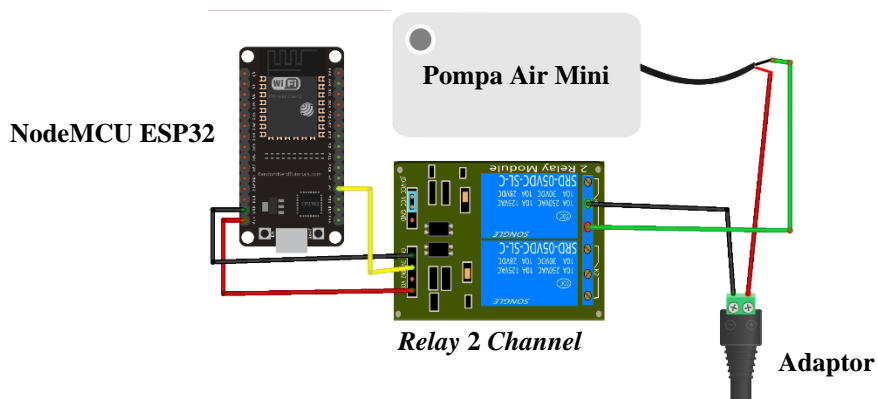
Gambar 2.10 Pemasangan Solenoid Valve pada NodeMCU ESP32

Solenoid valve sebagai salah satu alat atau komponen kontrol memiliki kegunaan yaitu untuk menggerakkan tabung *cylinder*, sv adalah katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerak yang mana ketika koil mendapat *supply* tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya ketika piston berpindah posisi maka pada lubang keluaran A atau B dari sv akan keluar udara yang berasal dari P atau *supply*, pada umumnya sv mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC (Joi dan Anggraini, 2013).

2.11 Pompa Air Mini

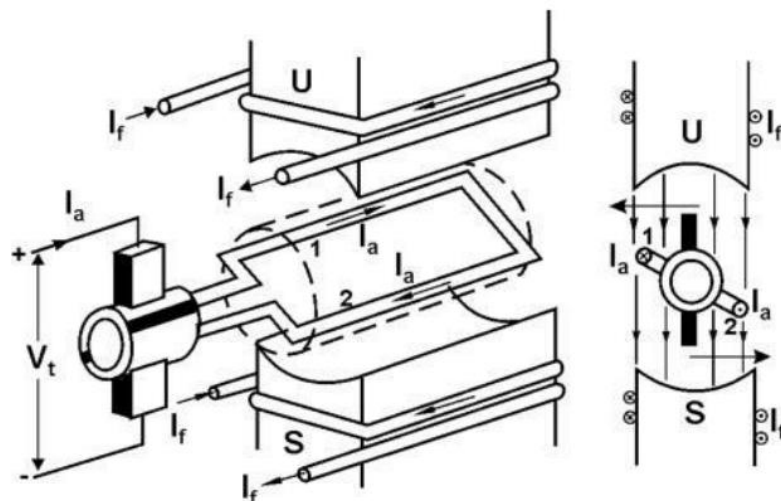
Pompa air merupakan suatu alat yang berfungsi untuk menyalurkan cairan dari satu tempat ke tempat lain melalui media seperti pipa. Cairan yang dipindahkan akan diberikan tambahan energi dan berlangsung secara terus menerus. Prinsip

kerja pompa air yaitu beroperasi dengan membuat perbedaan tekanan diantara bagian masuk (*suction*) dan bagian keluar (*discharge*). Berdasarkan hal tersebut, pada pompa terjadi konversi tenaga yaitu dari tenaga mekanis suatu sumber tenaga (penggerak) ke tenaga kinetis (kecepatan). Hasil dari konversi tenaga ini berfungsi untuk mengalirkan serta mengatasi hambatan yang ada pada pengaloran (Sahrul dkk., 2019). Pompa air pada NodeMCU ESP32 dapat dilihat pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11 Pompa air pada NodeMCU ESP32

Pompa air ini memiliki ukuran yang lebih kecil dibanding dengan pompa air pada umumnya. Pompa air ini dapat mengeluarkan air bertekanan. Salah satu penggunaannya yaitu pada akuarium untuk membuat gelembung udara atau sirkulasi air. Secara lebih rinci, prinsip kerjanya yaitu unit mesin pompa air, dengan gerakan rotasi baling-baling kipas akan menghirup dan mendesak air. Air masuk akan diambil dari sumber air. Setelah mendorong air dari sumbernya, kemudian akan dipindahkan secara terus menerus dengan memanfaatkan impeller. Impeller atau pipa pembuangan akan mendesak air agar mengalir ke penampungan atau penyala air langsung. Artinya, impeller berguna untuk menciptakan tekanan fluida, lalu ditarik melalui dasar sumber air ke tempat tujuan (Santoso dan Wijayanto, 2022). Pompa air ini menggunakan prinsip kerja motor DC dengan skema seperti pada **Gambar 2.12**.



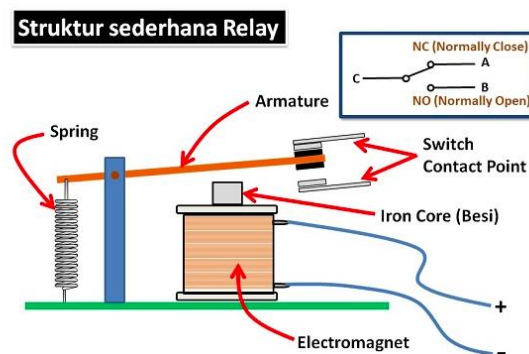
Gambar 2.12 Skema Motor DC

Motor DC mengubah arus searah (DC) menjadi energi gerak atau energi mekanik. Sehingga pada penerapannya terdapat torsi atau putaran dari suatu gaya terhadap suatu poros. Motor DC membutuhkan tegangan DC pada kumparan jangkar dan kumparan medannya untuk dikonversi menjadi energi mekanik. Maka dari itu, Interaksi dua medan magnet tersebut menyebabkan perputaran motor DC. Interaksi ini terjadi akibat arus listrik yang dialirkan pada kumparan I_a dan pada jangkar I_f . Bagian dari motor DC ini terdiri atas bagian diam (stator) dan bagian bergerak (rotor). Stator motor arus searah merupakan bandan motor atau kutub magnet (sikat-sikat), sedangkan rotor merupakan jangkar lilitannya (Hartanto, 2022).

2.12 Modul Relay

Relay merupakan komponen elektromekanikal berupa saklar yang dioperasikan secara listrik. Bagian utama dari *relay* yaitu *electromagnet (coil)* dan mekanikal (seperangkat kotak saklar). Pada *relay* menggunakan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontak saklar sehingga dapat menghantarkan listrik bertegangan lebih tinggi dengan arus listrik yang kecil (*low power*). *Relay* memiliki 2 jenis kontak poin (*contact point*), diantaranya *Normally Close (NC)*, yaitu keadaan awal sebelum diaktifkan akan selalu berada posisi *CLOSE* atau tertutup, dan *Normally Open (NO)*, yaitu keadaan awal sebelum diaktifkan akan

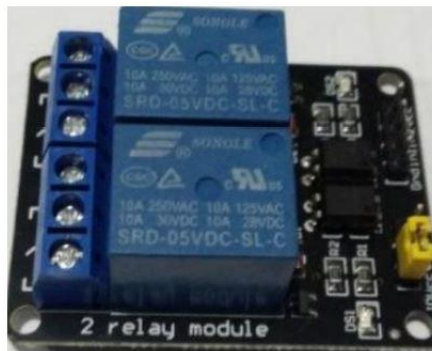
selalu berada pada posisi *OPEN* atau terbuka. Pada **Gambar 2.13** adalah bagian-bagian dari *relay* dan (Saleh Haryanti, 2017).



Gambar 2.13 Struktur Sederhana *Relay* (Saleh dan Haryanti, 2017).

Berdasarkan gambar *Relay* terdiri dari 4 komponen dasar yaitu, *Electromagnet (Coil)*, *Armature*, *Switch Contact Point (Saklar)*, dan *Spring* (Saleh dan Haryanti, 2017). *Electromagnet (coil)* adalah kabel lilitan yang membelit logam ferromagnetik, fungsinya sebagai magnet buatan yang bersifat sementara. Logam akan menjadi magnet ketika lilitan dialiri arus listrik dan menjadi logam biasa Ketika lilitan tidak dialiri arus listrik, *Armature* adalah tuas logam yang dapat naik turun. Magnet *ferromagnetic* akan menarik tuas turun, dan tuas akan Kembali naik Ketika sudah tidak ada sifat kemagnetan ferromagnetik. *Switch Contact Point (Saklar)*, terdiri atas *Normally Close* dan *Normally Open*. *Spring* adalah pegas (per) untuk menarik tuas ke atas Ketika sifat kemagnetan ferromagnetik menghilang. Kemudian terdapat aplikasi pemicu rangkaian *relay*, yaitu rangkaian atau alat yang memicu *relay* untuk aktif pada saat kondisi tertentu. Rangkaian pemicu ini biasanya memiliki sensor atau rangkaian *timer* (Satriadi dan Yuli Christiyono, 2019).

Terdapat beberapa jenis *relay*, salah satunya *Relay* dengan 2 *channel*. *Relay 2 channel* merupakan saklar yang dioperasikan secara elektik untuk menghidupkan atau mematikan rangkaian. Tegangan dan atau arus yang digunakan jauh lebih tinggi dari kendali mikrokontroler. *Relay 2 channel* memiliki spesifikasi yaitu *coupler* fotolistrik EL817 on-board, relay 5V 10A / 250VAC 10A / 30VDC, modul dengan perlindungan arus dioda dan waktu respon singkat. **Gambar 2.14** merupakan bentuk *relay 2 channel* (Salsabila dkk., 2021).



Gambar 2.14 *Relay 2 Channel* (Salsabila dkk., 2021)

Keutamaan *relay* ini yaitu dapat arus yang lebih besar dengan bentuknya yang minimal. Mengalirnya arus listrik melalui koil membuat medan magnet sekitarnya merubah posisi saklar dan menghasilkan arus listrik yang lebih besar. Komponen *relay* ini digunakan dalam berbagai komponen dasar perangkat elektronika, lampu kendaraan, jaringan elektronik, televisi, radio, bahkan pada tahun 1930an sempat digunakan sebagai perangkat dasar komputer, yang sekarang digantikan oleh mikroprosesor seperti *intel corp*. Hal ini disebabkan oleh kelebihan *relay* yaitu, dapat mengotrol arus serta tegangan listrik yang diinginkan, dapat maksimalkan besarnya tegangan listrik mencapai batasnya, dan dapat menggunakan lebih dari satu saklar ataupun koil sesuai kebutuhan (Tjandi, 2022).

2.13 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah *chip* berupa IC (*Integrated Circuit*). Mikrokontroler dapat menerima sinyal *input* yang kemudian mengolahnya dan menghasilkan sinyal *output* sesuai dengan program yang dibuat. Sinyal *input* yang diterima oleh mikrokontroler berasal dari sensor yang mengandung informasi dari lingkungan. Kemudian, Sinyal *output* yang dihasilkan akan ditunjukkan ke aktuator dan nantinya dapat memberikan efek ke lingkungan. Maka dari itu, secara ringkas mikrokontroler dapat diartikan sebagai otak dari suatu produk atau perangkat yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Pada dasarnya mikrokontroler merupakan komputer dalam satu *chip*, yang terdiri dari mikroprosesor, memori, jalur *Input/Output* (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Namun, kecepatan pengolahan data mikrokontroler lebih rendah dari pada PC. Kecepatan

mikroprosesor pada PC mencapai orde GHz, sedangkan pada mikrokontroler umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Kapasitas RAM dan ROM pada PC juga mencapai orde Gbyte, sedangkan mikrokontroler hanya berkisar di orde byte/Kbyte (Destiarini dan Kumara, 2019).

Meskipun jika dibandingkan dengan PC, kecepatan pengolahan data dan kapasitas memori dari mikrokontroler lebih rendah, tetapi, kemampuannya sudah cukup untuk dapat digunakan dalam banyak aplikasi. Mikrokontroler banyak digunakan untuk sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak membutuhkan kemampuan komputasi yang tinggi. *Embedded system* atau *dedicated system* merupakan sebutan untuk sistem yang menggunakan mikrokontroler. *Embedded system* diartikan sebagai sistem pengendali yang tertanam pada suatu produk, sedangkan *dedicated system* diartikan sebagai sistem pengendali yang ditujukan hanya untuk suatu fungsi tertentu. Sebagai contoh yaitu printer karena di dalamnya terdapat mikrokontroler sebagai pengendali dengan fungsinya hanya untuk menerima data dan mencetaknya. Berbeda dengan PC yang dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan. Mikroprosesor PC disebut dengan *general purpose microprocessor* (mikroprosesor serba guna). Pada PC dapat menyimpan dan menjalankan software yang disimpan pada media penyimpanan, berbeda dengan mikrokontroler yang hanya terdapat satu *software* aplikasi (Destiarini dan Kumara, 2019).

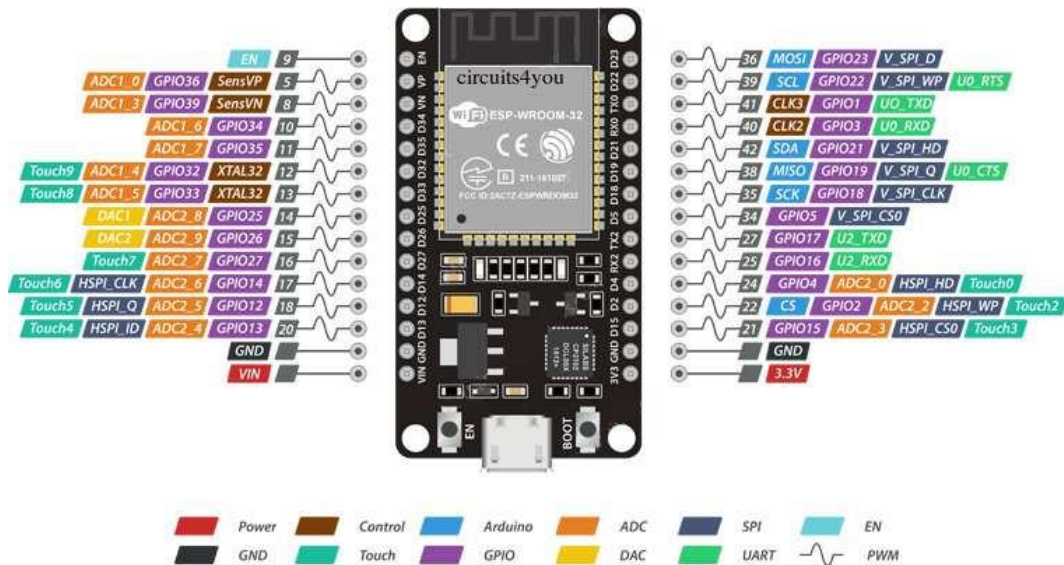
Pengaplikasian mikrokontroler banyak terdapat di berbagai bidang. Pada bidang otomotif, pengaplikasiannya yaitu sebagai *Engine Control Unit*, *Air Bag*, *fuel control*, *Antilock Braking System*, sistem pengaman alarm, transmisi otomatis, hiburan, pengkondisi udara, speedometer dan odometer, navigasi, suspensi aktif, dan lain-lain. Pada bidang perlengkapan rumah tangga dan perkantoran yaitu sebagai sistem pengaman alarm, remote kontrol, mesin cuci, *microwave*, pengkondisi udara, timbangan digital, mesin foto kopi, *printer*, *mouse*, dan lain-lain. Pada bidang pertanian dapat sebagai pengendali penyiraman atau pengairan, penyiraman, mengusir hama dan sejenisnya. Lalu terdapat pula sebagai pengendali peralatan di bidang industri dan pada pembuatan robot atau robotika (Destiarini dan Kumara, 2019).

2.13.1 NodeMCU ESP-WROOM-32

NodeMCU adalah *open source platform* IoT dan pengembangan kit. Bahasa pemrograman yang digunakan bisa dengan Lua dalam membantu membuat *prototype* produk IoT, bisa juga dengan menggunakan *sketch* serta arduino IDE. Arduino merupakan sistem interaktif yang mampu berinteraksi dengan lingkungannya dengan penggunaan perangkat lunak dan perangkat keras. Oleh karena itu, arduino dikenal dengan platform computing fisik atau *embedded*. Salah satu jenis dari NodeMCU ini yaitu NodeMCU ESP32 (Danang dkk., 2022).

Espressif System memperkenalkan mikrokontroler ESP32 sebagai penerus atau pengembangan dari mikrokontroler ESP8266. Pada ESP32 sudah dilengkapi dengan modul *Wifi* dalam *chip*, yang tentunya mendukung program IoT (Muliadi dkk., 2020). ESP32 sudah dibuktikan penggunaannya yang secara luas pada berbagai area, oleh para peneliti dalam artikelnya. Secara umum kemungkinan dari penggunaan mikrokontroler dengan rekomendasi untuk proyek elektronik. Kebisaannya yang berkerja secara real time sangat efektif untuk memonitoring suatu system seperti system kecil solar energi. Kegunaan dari mikrokontroler sangat luas jangkauannya dari lingkup memonitor sensor-sensor, baik itu memperhatikan polusi udara atau implementasi secara langsung untuk memonitor kebocoran LPG. Pada bidang lain seperti Kesehatan, dapat digunakan sebagai monitor yang berbasis IoT. ESP32 juga dapat digunakan untuk memonitor alarm dari pelaratan teknologi untuk tempat kerja operator, monitor getaran, dan saat ini hampir di semua area di mana sistem tertanam monitor diperlukan (Babiuch dkk., 2019). Beberapa board yang menggunakan ESP32 diantaranya adalah NodeMCU-32S, Wemos LoLin32, DOIT ESP32, Sparkfun ESP32, dan AdafruitESP32 (Wagyana dan Rahmat, 2019).

Seiring dengan perilisasi ESP32, *Espressif Systems* juga menawarkan modul yang sesuai yaitu ESP-WROOM-32. Susunan pinnya seperti pada **Gambar 2.15** (Wagyana dan Rahmat, 2019).



ESP32 Dev. Board Pinout

Gambar 2.15 Susunan Pin ESP-WROOM-32 (Rao dkk., 2020)

Meskipun ukurannya kecil (25.5 x 18.0 x 2.8mm) modul ini sangat mudah digunakan karena komponen terintegrasi seperti antena, osilator dan *flash*. Modul serupa untuk mikrokontroler lain sering digunakan untuk pengujian dan prototipe atau oleh penghobi. Spesifikasi ESP32 dapat dilihat pada **Tabel 2.4**

Tabel 2.4 Spesifikasi ESP-WROOM-32 (Maier dkk., 2017).

Chip (Module)	ESP32 (ESP-WROOM-32)
CPU	Tensilica Xtensa LX6 32 bit Dual-Core at 160/240 MHz
SRAM	520 KB
FLASH	2MB (max. 64MB)
Voltage	2.2V to 3.6V
Operating Current	80 mA average
Programmable	Free (C, C++, Lua, etc.)
Open source	Yes
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Bluetooth	4.2 BR/EDR + BLE
UART	3
GPIO	32
SPI	4
I2C	2
PWM	8
ADC	18 (12-bit)
DAC	2 (8-bit)
Size	25.5 x 18.0 x 2.8 mm

ESP32 adalah sistem *dual-core* dengan dua CPU *Harvard Architecture Xtensa LX6*. Semua memori tertanam, memori eksternal dan periferal terletak di bus data dan atau bus instruksi dari CPU ini (Maier dkk., 2017).

2.14 Arduino Software (IDE)

Situs Arduino.cc telah menyediakan perangkat lunak bernama Arduino IDE. Tujuan dari perangkat lunak ini sebagai pengembang *sketch* untuk program yang digunakan untuk papan Arduino (Risanty dan Arianto, 2017). *Integrated Development Environment (IDE)* adalah sebuah perangkat lunak yang memiliki peran penting dalam dunia mikrokontroler. Peran perangkat lunak ini yaitu melakukan pemrograman, kompilasi biner, dan unduhan memori mikrokontroler. Pada IDE terdapat banyak modul pendukung seperti sensor, monitor, pembaca, dan lain-lain. Sementara itu, Arduino adalah sebuah mikrokontroler yang telah digunakan oleh banyak profesional. Arduino dipilih karena sifatnya yang *open source* baik *hardware* maupun *software*. Skema Arduino gratis untuk semua orang sehingga tidak perlu membayar kepada pembuat Arduino. Kota dapat mengunduh gambar, membeli komponen, membuat PCB, dan merakit sendiri dengan bebas. Begitu pula dengan Arduino IDE yang dapat diinstal secara gratis di komputer (Santoso dan Wijayanto, 2022).

Arduino IDE menggunakan Bahasa pemrograman C++ dan dapat diinstal untuk berbagai *operating system (OS)* seperti LINUX, Mac OS, Windows. Tampilan Arduino IDE dapat dilihat pada **Gambar 2.16**



Gambar 2.16 Tampilan *Software IDE* Arduino (Arifin dkk., 2016)

Software IDE Arduino terdiri dari tiga bagian. Pertama, *editor* program yang berfungsi untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*, *listing* program ini disebut *sketch*. Kedua, *compiler* yang merupakan suatu modul untuk mengubah bahasa *processing* ke dalam kode *biner* yang dapat dipahami oleh mikrokontroler. Ketiga, *Uploader* yang merupakan suatu modul untuk memasukkan kode biner ke memori mikrokontroler (Arifin dkk., 2016).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2023 sampai dengan selesai. Perancangan alat yang meliputi, perancangan *hardware* dan *software*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

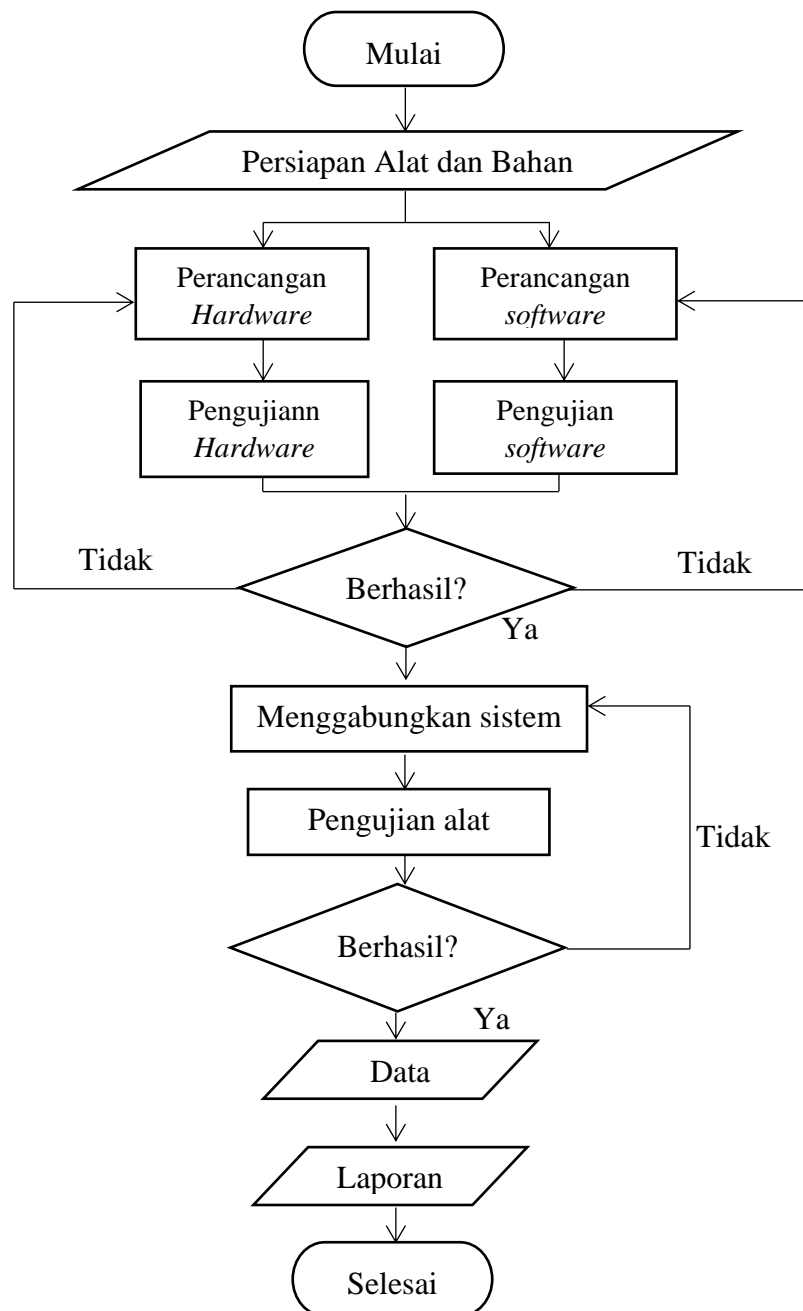
3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Laptop dan *software* untuk membuat dan *upload* program ke NodeMCU ESP32.
2. NodeMCU ESP32 untuk memprogram dan sebagai prosesor utama pada rangkaian.
3. Sensor LDR untuk mendeteksi cahaya yang dibutuhkan tanaman.
4. Sensor *capacitive soil moisture* untuk mendeteksi kelembapan tanah pada tanaman.
5. Sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian air pada penampungan.
6. Pompa air untuk memompa air dari penampungan ke tanaman.
7. Selang untuk mengalirkan air dari penampungan ke tanaman.
8. Lampu tanaman LED untuk menyinari tanaman saat intensitas cahaya kurang.
9. Selenoid Valve untuk mengisi air dipenampungan jika hamper habis.
10. *Jumper* untuk menghubungkan rangkaian.
11. Kabel USB untuk menghubungkan NodeMCU ESP32 dengan Laptop.
12. *Relay 5V* untuk mengatur *supply* tegangan ke output.

3.3 Pelaksanaan atau Tahapan Penelitian

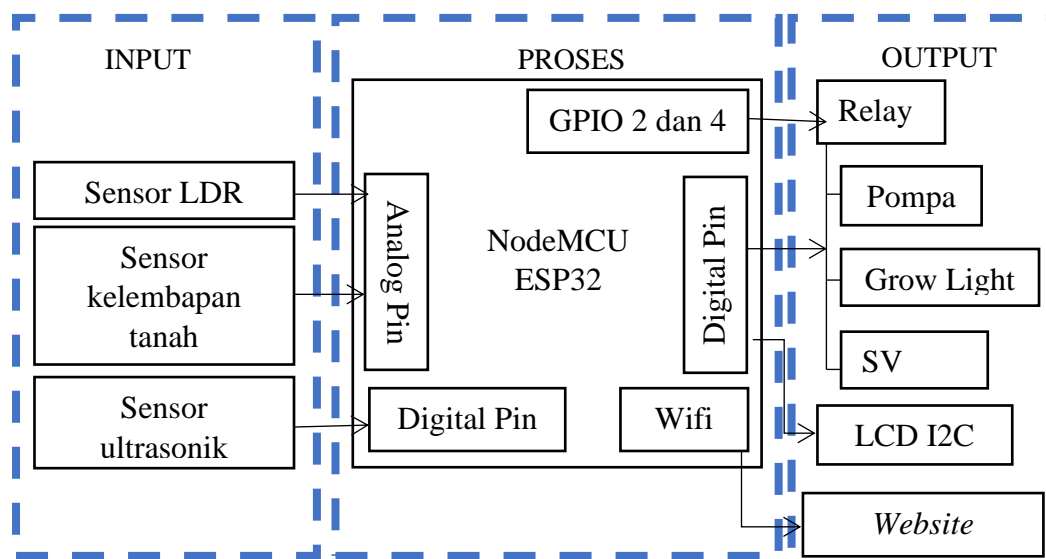
Tahapan pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi tiga tahapan. Pertama, kajian literatur mengenai *smart garden*, *hardware* dan *software* yang digunakan, serta mengenal karakteristik dari tanaman sukulen. Kedua, membuat *prototype*, yaitu melakukan perancangan sistem yang meliputi perancangan *hardware* dan *software*. Ketiga, menguji *prototype* dan menganalisis keberhasilan dari *prototype* yang dibuat. Tahapan tersebut dapat dilihat pada digram alir di **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Perancangan *Hardware*

Pada perancangan sistem *monitoring* ini menggunakan NodeMCU ESP32, yang meliputi tiga proses utama, yaitu *input*, proses, dan *output*. Proses tersebut, secara umum digambarkan pada diagram seperti **Gambar 3.2**.

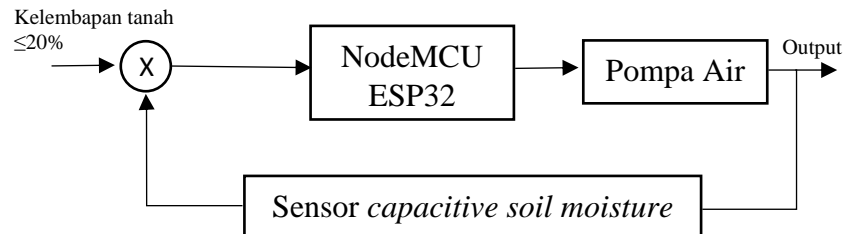


Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem *Monitoring Smart Garden*

Pada penelitian ini membuat sistem *monitoring* dan pengendalian cahaya dan air secara otomatis pada pembiakan sukulen. Parameter *monitoring* dan pengendalian yang diukur yaitu kelembapan tanah, cahaya, dan ketinggian air pada penampungan air. Proses pengendalian diantaranya yaitu pada penyiraman tanaman dan penyinaran otomatis untuk tanaman penempatan yang telah ditentukan. Secara keseluruhan, rangkaian sistem yang dibangun meliputi pembacaan parameter, pemroses, pengiriman nilai sensor pada database *MySQL* yang nantinya akan ditampilkan pada *website* berbasis *Internet of Things*.

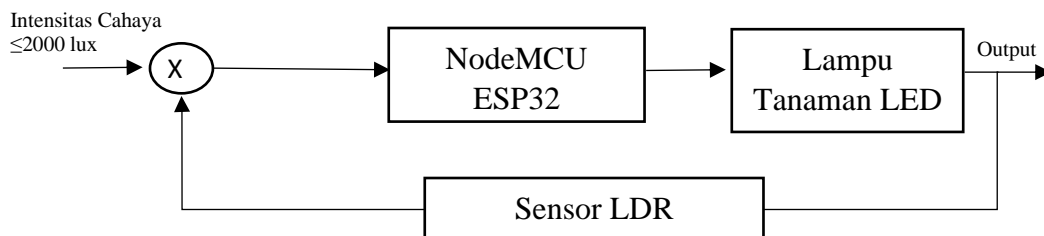
Pengukuran parameter yang meliputi kelembapan tanah, cahaya, dan jarak air menggunakan sensor. Pada tahap pengukuran parameter kelembapan tanah, menggunakan sensor *capasitive soil moisture*. Pada tahap pengukuran parameter cahaya, menggunakan sensor *Light Dependent Resistor (LDR)*. Output dari kedua sensor tersebut merupakan sinyal analog yang kemudian akan dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan pemroses Arduino NodeMCU ESP32. Selanjutnya,

pada tahap pengukuran parameter jarak air, menggunakan sensor ultrasonik, yang nantinya juga akan dikirimkan kepada pemroses Arduino NodeMCU ESP32. Nilai digital hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada LCD I2C. Diagram blok sistem pengendalian sensor *capacitive soil moisture* pada **Gambar 3.3**.



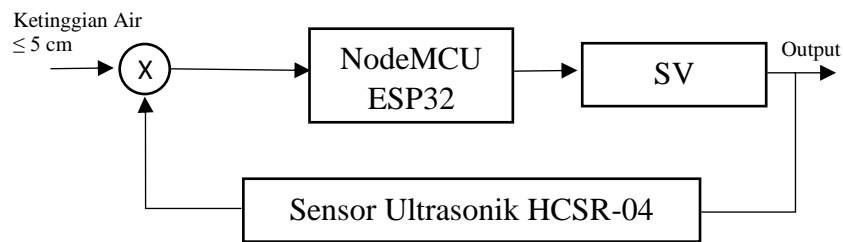
Gambar 3.3 Diagram Blok Pengendalian Sensor *Capacitive Soil Moisture*

Pada **Gambar 3.3** dapat dijelaskan bahwa sensor *capacitive soil moisture* digunakan untuk mengukur kelembapan tanah pada tanaman. Ketika sensor mendeteksi nilai kelembapan tanah $\leq 20\%$ maka akan menyalakan pompa untuk menyiram tanaman sebagai outputnya. Diagram blok pengendalian sensor LDR dapat dilihat pada **Gambar 3.4**



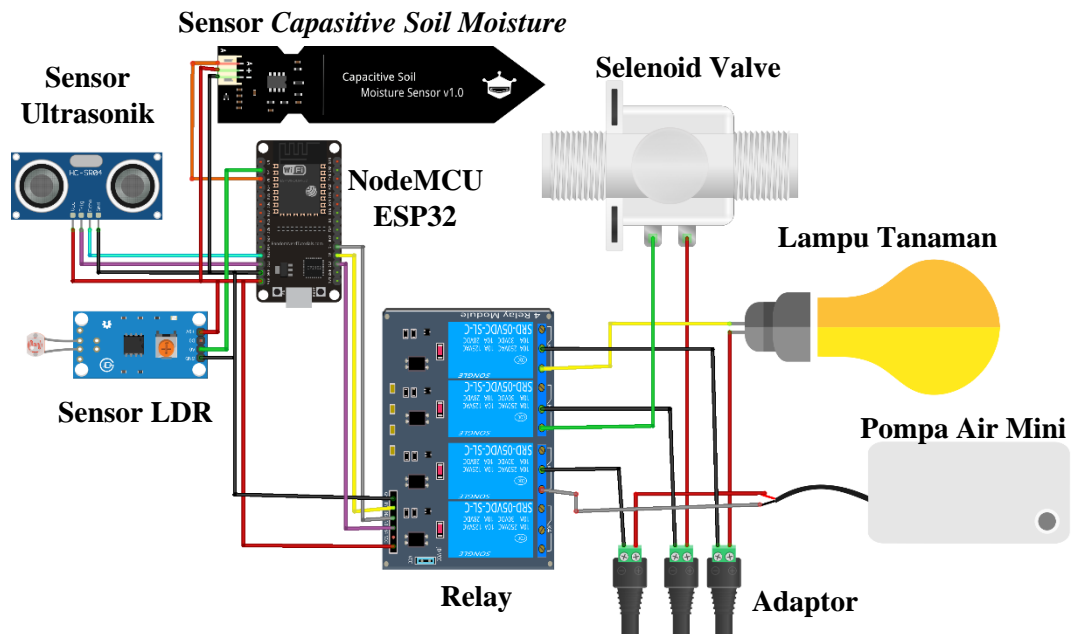
Gambar 3.4 Diagram Blok Pengendalian Sensor LDR

Pada **Gambar 3.4** dapat dijelaskan bahwa sensor LDR digunakan untuk mengukur Intensitas cahaya pada *smart garden*. Pembacaan sensor LDR akan menjalankan perintah mengaktifkan lampu tanaman saat intensitas cahaya rendah (200 ft-c atau 2.000 lux). Diagram blok untuk sensor ultrasonik dapat dilihat pada **Gambar 3.5**



Gambar 3.5 Diagram Blok Pengendalian Sensor Ultrasonik HCSR-04

Pada **Gambar 3.5** dapat dijelaskan bahwa Sensor Ultrasonik HCSR-04 digunakan untuk mengukur ketinggian air pada penampungan. Pembacaan sensor ultrasonik akan menjalankan perintah menyalakan Selenoid Valve untuk mengisi air saat jarak ketinggian air kurang dari 5 cm. Skematik rangkaian sistem tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3.6**



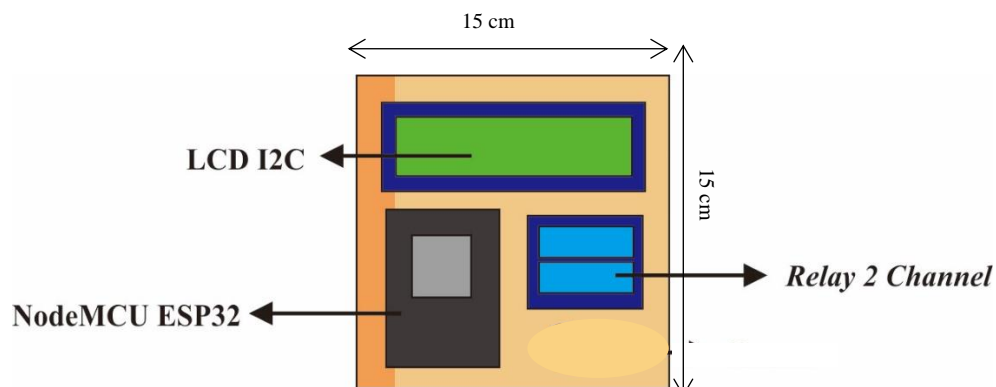
Gambar 3.6 Rangkaian Skematik Alat

Tabel 3.1. Pin-pin Arduino NodeMCU ESP32 yang digunakan

Pin	Koneksi	Fungsi
GPIO 2	Relay input 1	ON/OFF Grow Light
GPIO 4	Relay input 2	ON/OFF Selenoid Valve
GPIO 15	Relay input 3	ON/OFF Pompa Air Mini
GPIO 12	ECHO Ultrasonik	Menerima sinyal pantul dari benda
GPIO 13	TRIGGER Ultrasonik	Memancarkan sinyal dari sensor
GPIO 36	Input LDR	Mengirimkan hasil pembacaan intensitas cahaya
GPIO 39	<i>Input capacitive soil moisture</i>	Mengirimkan hasil pembacaan kelembapan tanah
VIN	Catu daya DC (+)	Input VCC (5V)
GND	Catu daya DC (-)	Input GROUND

3.4.1 Desain Perancangan *Hardware*

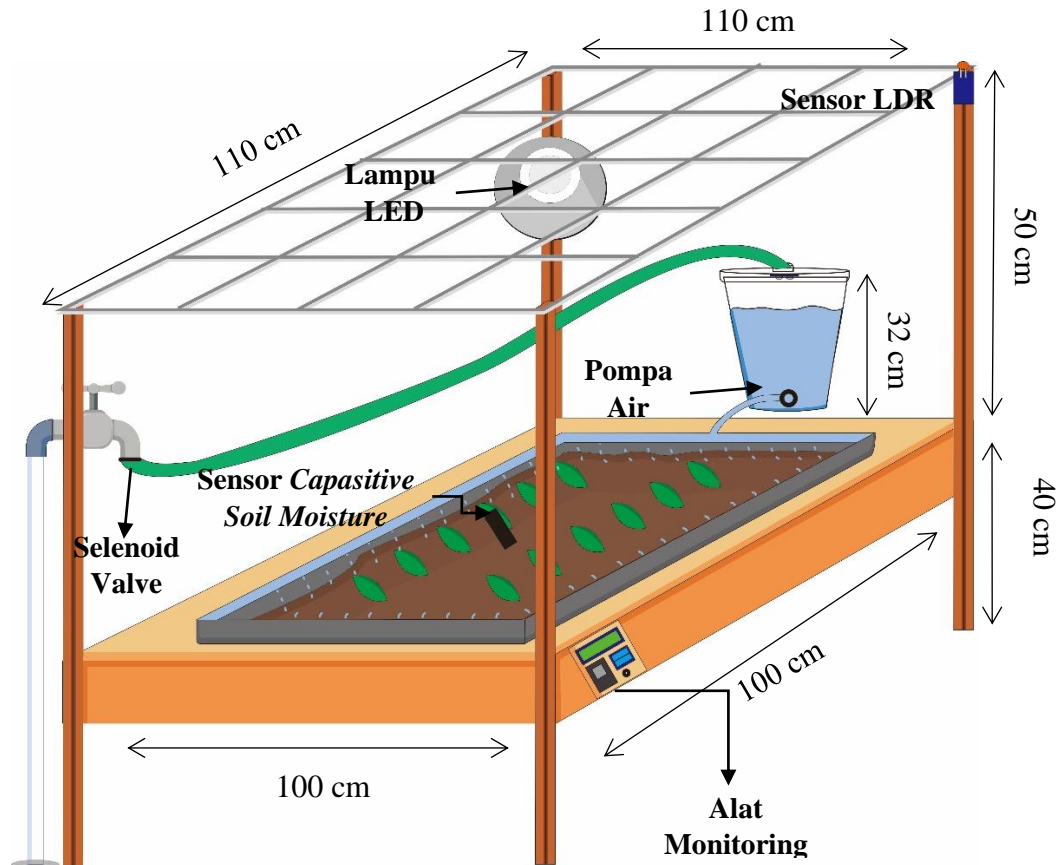
Perancangan ini merupakan design alat yang akan dibuat dan nantinya akan menjadi acuan untuk pembuatan alat yang sebenarnya. Alat *monitoring* dapat dilihat pada **Gambar 3.7**



Gambar 3.7 Desain Penempatan Alat *Monitoring*

Berdasarkan **Gambar 3.7** kotak persegi yang terbuat dari papan kayu berukuran 15 cm x 15 cm. pada bagian depan terdapat LC I2C sebagai penampil hasil pembacaan sensor, mikrokontroler ESP32 yang sudah terdapat modul WiFi dan dihubungkan dengan sensor-sensor, *Relay 4 Channel* yang dihubungkan ke lampu tanaman LED, pompa air mini, dan Selenoid valve sebagai pengisian otomatis apabila air di penampungan habis. Sedangkan sensor-sensor yang terhubung pada

bagian luar kotak yaitu sensor *capasitive soil moisture*, sensor LDR, dan sensor Ultrasonik. Penempatan alat *monitoring* pada *smart garden* dapat dilihat pada **Gambar 3.8**

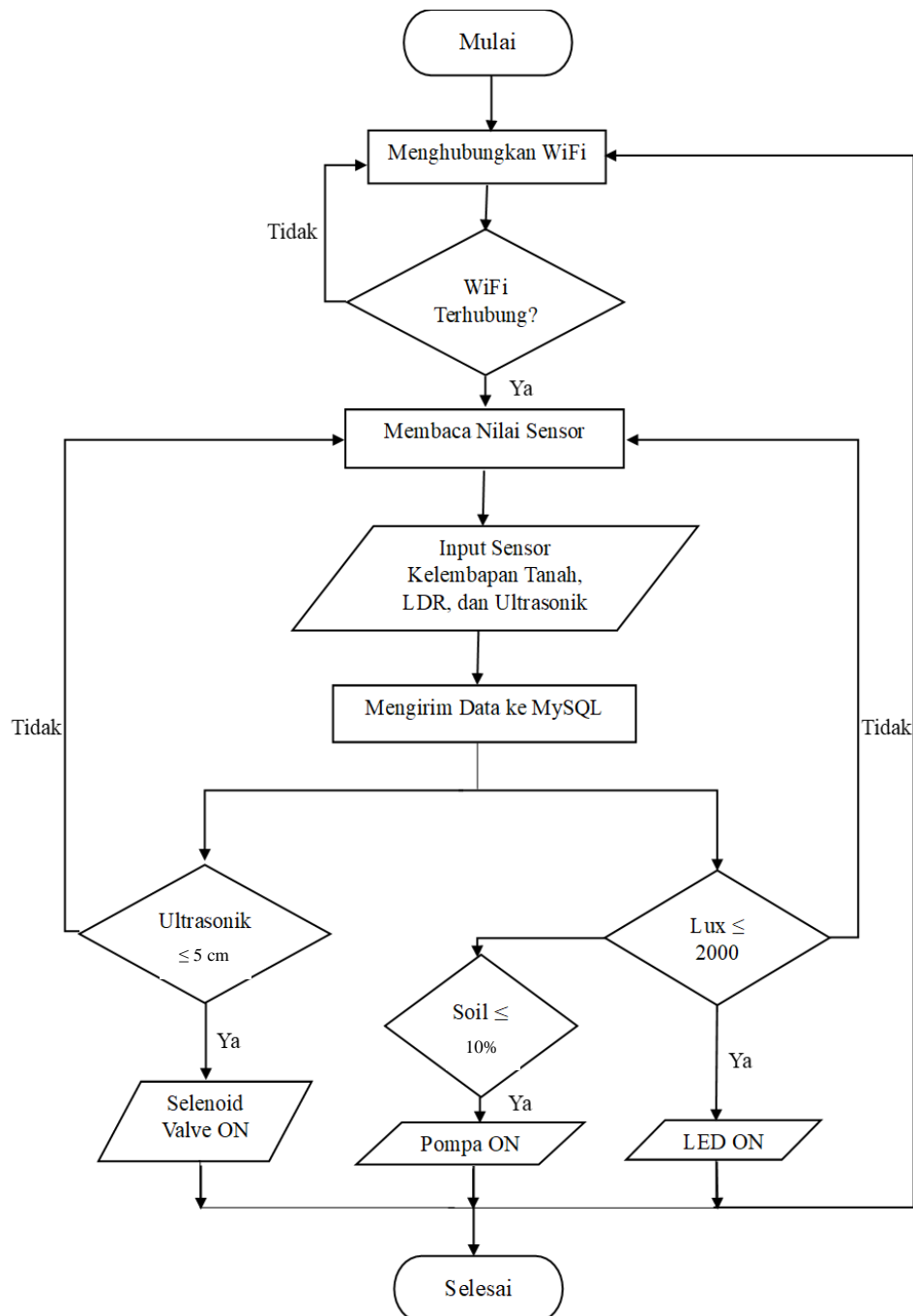


Gambar 3.8 Design Penempatan Alat *Monitoring Smart Garden*

Dapat dilihat dari **Gambar 3.8** peletakan tanaman pada wadah persegi, memiliki panjang sisi 100 cm dengan kedalaman 5 cm. Wadah diletakan pada sebuah meja persegi dengan panjang sisi 110 cm. Pada wadah diberikan selang mengitari sisi bagian dalamnya sebagai penyiraman untuk tanaman. Lalu diletakan lampu tanaman LED berbentuk lingkaran ditaruh dengan jarak 50 cm diatas tanaman. Kemudian ditancapkan sensor *capasitive soil moisture* ke tanah sedalam 3 cm. Sensor LDR diletakkan dibagian atas menghindari paparan lampu tanaman LED untuk mendeteksi cahaya. Pada penampungan air menggunakan ember berdiameter atas 30 cm dan bawah 26 cm dengan tinggi 32 cm, yang diletakkan sensor ultrasonik pada tutup ember dan ditaruh pompa yang dihubungkan dengan selang untuk penyiraman di dalamnya. Kemudian terdapat peletakan alat *monitoring* dibagian depan.

3.5 Perancangan Software

Program pengendalian pada NodeMCU ESP32 dibuat menggunakan Arduino IDE. Program yang dibuat merupakan perintah untuk menjalankan fungsi sensor dan sistem pengendalian kelembapan tanah dan intensitas cahaya. Secara umum, diagram alir sistem *smart garden* dan proses pengiriman terhadap database *MySQL* seperti pada **Gambar 3.9**



Gambar 3.9 Diagram Alir IoT SmartGarden

3.6 Pengujian Alat *Monitoring*

Alat yang sudah dirancang perlu di uji terlebih dahulu untuk memastikan sistem sesuai perencanaan. Metode pengujian yang dilakukan adalah menguji sistem untuk setiap blok rangkaian dan secara menyeluruh. Pengujian meliputi:

1. Pengujian perangkat keras (*Hardware*)

Pengujian perangkat keras ini meliputi pengujian sensor, memastikan bahwa sensor bekerja dengan baik dan kontroler bekerja secara otomatis sesuai hasil dari output sensor.

2. Pengujian perangkat lunak (*Software*)

Pengujian perangkat lunak ini dengan meng-*upload* program yang dibuat ke NodeMCU ESP32 dengan Arduino IDE.

Setelah program dan perangkat keras diintegrasikan, akan dilakukan pengujian secara keseluruhan untuk mengetahui kerja alat sebagai berikut.

1. Pengujian sensor *capacitive soil moisture*

Pengujian sensor untuk menguji kelembapan tanah yang diukur menggunakan sensor *capacitive soil moisture*. Nilai sensor yang diperoleh menjelaskan kadar kelembapan. Semakin tinggi nilai sensor maka semakin tinggi pula kelembapan begitu juga sebaliknya. Sensor diuji terhadap alat ukur standar *soil meter*

Tabel 3.2 Pengujian sensor *capacitive soil moisture* terhadap *soil meter*

No	Alat ukur <i>Soil Meter</i> (%)	Nilai ADC Sensor <i>capacitive soil moisture</i> (V)
1	0	DRY
2	10	DRY
3	20	DRY
4	30	DRY
5	40	NOR
6	50	NOR
7	60	NOR
8	70	WET
9	80	WET
10	90	WET
11	100	WET

Dari data kemudian menghitung nilai presentasi kesalahan atau error, akurasi, presisi menggunakan **Persamaan (3.1)** sampai **(3.3)**.

$$E = \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \times 100\% \quad (3.1)$$

$$A = \left[1 - \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \right] \times 100\% \quad (3.2)$$

$$P = \left[1 - \left| \frac{X - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \right] \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan:

E = Nilai error sensor

Y = Nilai parameter referensi

A = Nilai akurasi sensor

X_n = Nilai parameter terukur ke-n

P = Nilai presisi sensor

\bar{X}_n = Rata-rata nilai parameter terukur ke-n

2. Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik HC-SR04 didiuji untuk mengukur level air di dalam penampungan. Pengujian ini untuk mendapatkan parameter keakuratan jarak yang dideteksi sensor. Hasil pengukuran yaitu output bunyi buzzer jika terukur lebih dari 25 cm. secara sistematis jarak dapat diukur dengan persamaan (2.1). Alat ukur standar yang digunakan yaitu penggaris. Pengukuran jarak dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan seperti pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Pengujian Sensor Ultrasonik terhadap Alat Ukur Penggaris

No	Penggaris (cm)	Sensor Ultrasonik (s)					Rata-rata	Buzzer
		1	2	3	4	5		
1	5							
2	10							
3	15							
4	20							
5	25							
6	30							

Dari data kemudian menghitung nilai presentasi kesalahan atau error, akurasi, presisi menggunakan persamaan (3.1) sampai (3.3)

3. Pengujian Sensor LDR

Pengujian sensor LDR dilakukan untuk mengukur intensitas cahaya. Pengujian ini untuk mendapatkan parameter tentang keakuratan intensitas cahaya yang diukur sensor LDR. Hasil pengukuran sensor akan mengontrol lampu tanaman LED nyala atau mati. Pengujian dilakukan terhadap alat ukur standar lux meter dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Dapat dilihat pada **Tabel 3.4**

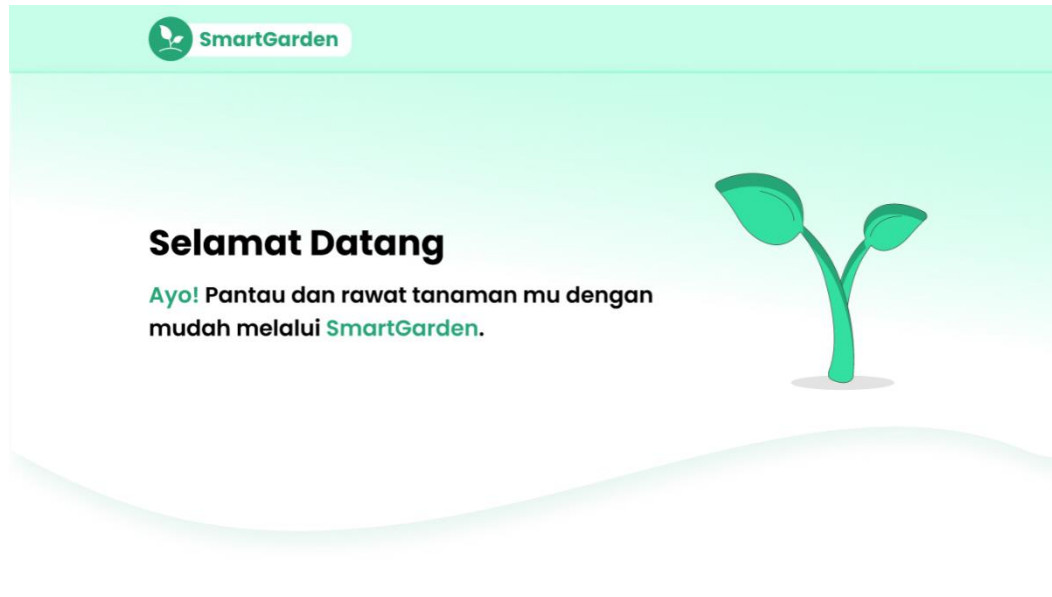
Tabel 3.4 Pengujian Sensor LDR terhadap Alat Ukur Lux Meter

No	Lux meter (lux)	Sensor LDR (V)					Rata-rata	LED
		1	2	3	4	5		
1	500							
2	1000							
3	2000							
4	2500							
5	3000							
6	3500							
7	4000							

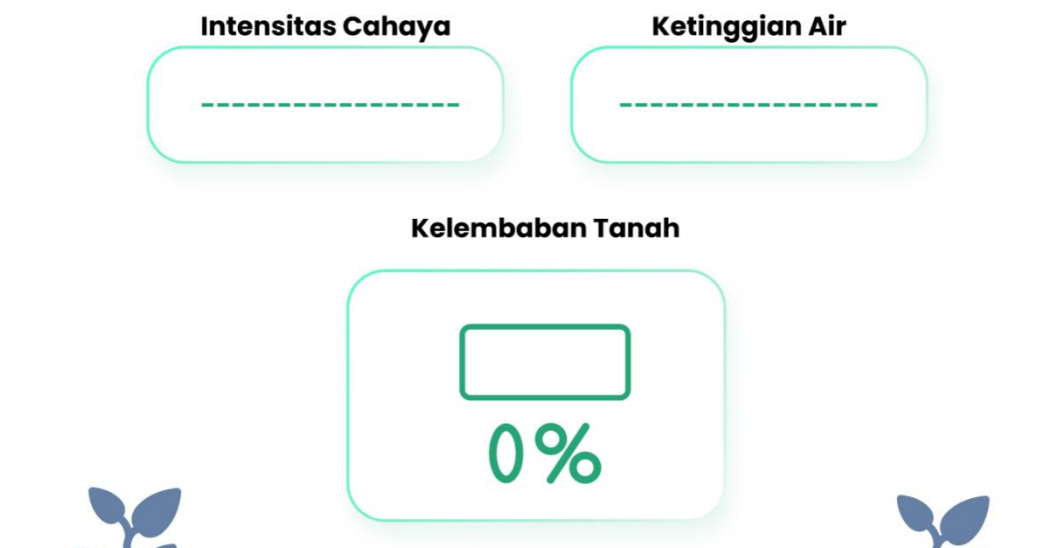
Dari data kemudian menghitung nilai presentasi kesalahan atau error, akurasi, presisi menggunakan **Persamaan (3.1)** sampai **(3.3)**.

4. Pengujian *Software*

Pengujian *software* untuk *monitoring* berbasis IoT ini dilakukan melali *website*. Pada *website* akan ditampilkan nilai intensitas cahaya, kelembapan tanah, dan ketinggian air pada penampungan. Data hasil pembacaan sensor akan dikirimkan oleh NodeMCU ESP32 ke *MySQL* lalu akan dikoneksikan ke program agar nilai ditampilkan pada *website*. Data akan dikirmkan secara *realtime* oleh NodeMCU ESP32. Antarmuka untuk *website* seperti pada **Gambar 3.10** sampai **Gambar 3.11**



Gambar 3.10 Antarmuka Bagian Awal *Website*



Gambar 3.11 Antarmuka Bagian *Monitoring Smart Garden*

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sistem *Smart Garden* untuk *monitoring* intensitas cahaya, kelembapan tanah, dan ketinggian air berbasis *Internet of Things* dapat terealisasi dan bekerja dengan baik dengan nilai hasil pengukuran alat *monitoring* pada *smart garden* dapat dilihat melalui *website*.
2. Nilai parameter intensitas cahaya yang terukur pada rentang 0 – 5258,70 lux. Lampu tanaman LED *ON* saat lux ≤ 2000 lux dan *OFF* saat lux ≥ 4000 lux.
3. Nilai parameter kelembapan tanah yang terukur pada rentang 20% – 86%. Pompa air *ON* saat $\leq 20\%$ dan *OFF* saat $\geq 75\%$.
4. Nilai parameter ketinggian air yang terukur pada rentang 5 cm – 17 cm. *Solenoid Valve ON* saat ≤ 5 cm dan *OFF* saat ≥ 16 cm.

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya yaitu melakukan pengembangan pada *website*, yaitu saat melakukan *hosting website* agar stabil dan dapat digunakan selama 24 jam, karena *web hosting* gratis yang dipilih pada penelitian ini memiliki limit dalam penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adetia, L., Suciwati, S. W., Supriyanto, A., dan Pauzi, G. A. 2022. Soil Moisture Monitoring System Applied to the Internet of Things (IoT) Based Automatic Watering Equipment in Papaya Fields. *Jurnal JEMIT*. Vol. 3. No. 2. Hal. 63-73.
- Affandi, K. 2019. Rancang Bangun *Smart Garden* Berbasis *Internet Of Thing* (IoT) dengan *Bot* Telegram. *Seminar Nasional Teknologi Informasidan Komunikasi 2019*. Hal. 165-169.
- Alfarisi, M., dan Syafitri, N. 2022. Analisis Akurasi dan Presisi Sensor Ultrasonik HC-SR04 pada Robot KRPAI. *Prosiding Diseminasi*. Hal. 1-7.
- Arifin, J., Zulita, L. N., dan Hermawansyah. 2016. Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroller Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama* Vol. 12. No. 1. Hal. 89–93.
- Arifin, S., dan Krisnadita, Y. 2017. Aplikasi *Plugin Transfer Domain* Di PT Beon Intermedia. *Jurnal Teknologi Informasi*. Vol. 8. No. 1. Hal. 75-83.
- Arizona, R., Rahman, J., Farradina, S., Zaim, Z., dan Titisari, P. 2022. Rekayasa Growth Light LED Berbasis Solar Cell untuk Percepatan Pertumbuhan Tanaman Hidroponik Pada Usaha “Sidomulyo Hidroponik”. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. Vol. 6. No. 3. Hal. 596–602.
- Astriani, L., Bahren, M., Mulyanto, T. Y., dan Istikomah. 2020. Pemberdayaan Masyarakat melalui Budidaya Tanaman Hias Sukulen dalam Pot. *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*. Hal. 1–10.
- Babiuch, M., Foltynnek, P., dan Smutny, P. 2019. Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing. *Proceedings of the 2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)*. Hal. 1-6.
- Bagnasco, J., dan Reidmuller, B. 2017. *Success with Succulents*. USA: USA Inc.
- Cabahug, R. A. M., Nam, S. Y., Lim, K. B., Jeon, J. K., dan Hwang, Y. J. 2018. Propagation Techniques for Ornamental Succulents. *Flower Research Journal*. Vol. 26. No. 3. Hal. 90–101.

- Danang, D., Fredyan, E., dan Suasana, I. S. 2022. Prototype Alat Keamanan Rumah Internet Of Things (Iot) Berbasis NodeMCU ESP8266 Dengan ESP32 Cam Dan Kombinasi Sensor Menggunakan Telegram. *Universal Technic*. Vol. 1. No. 1. Hal. 1–9.
- Darmawan, I., Kumara, I., dan Khrisne, D. 2021. Smart Garden Sebagai Implementasi Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Berbasis Teknologi Cerdas. *Jurnal SPEKTRUM*. Vol. 8. No. 4. Hal. 161–170.
- Destiarini, dan Kumara, P. W. 2019. Robot Line Follower Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno ATmega328. *Jurnal Informanika*. Vol. 5. No. 1. Hal. 18–22.
- Elecfreaks. 2013. Ultrasonic Ranging Module HC-SR04. *Datasheet*. Hal. 1-3.
- Endah, D., Santoso, H., Bogi, N., dan Karna, A. 2021. Perancangan dan Implementasi Smart Garden For Watering Berbasis IoT Menggunakan Telegram dan Blynk Design And Implementation Smart Garden For Watering Based On Iot Using Telegram And Blynk. *e-Proceeding of Engineering*. Vol. 8. No. 5. Hal. 1-10.
- Erlina, dan Borromeus, C. 2015. Sistem Pengontrolan Motor DC dan Katup Otomatis. *Jurnal Energi & Kelistrikan*. Vol. 7. No. 1. Hal. 64-70.
- Hartanto, S. 2022. Tegangan Motor DC Terhadap Berat Barang pada Ban Berjalan. *Jurnal Elektro*. Vol. 10. No. 2. Hal. 174-181.
- Hrisko, J. 2020. Capacitive Soil Moisture Sensor Theory, Calibration, and Testing. *Technical Report*. Hal. 1-13.
- Joi, I., dan Anggraini, T. 2013. Aplikasi Pengisian Bak Air dan Kran Otomatis dengan Mikrokontroler. *Jurnal Elektron*. Vol. 5. No. 1. Hal. 43-52.
- Khotimah, O., Darmawan, D., dan Rosdiana, E. 2022. Perangkat dan Metode Kalibrasi Universal. *E-Proceeding of Engineering*. Vol. 9. No. 3. Hal. 866-874.
- Kusumah, H., dan Pradana, R. A. 2019. Penerapan Trainer Interfacing Mikrokontroler Dan Internet Of Things Berbasis Esp32 Pada Mata Kuliah Interfacing. *Jurnal CERITA*. Vol. 5. No. 2. Hal. 120–134.
- Ma, Y., Xu, A., dan Cheng, Z. M. 2021. Effects of light emitting diode lights on plant growth, development and traits a meta-analysis. *Horticultural Plant Journal*. Vol. 7. No. 6. Hal. 552–564.
- Maier, A., Sharp, A., dan Vagapov, Y. 2017. Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. *Proceedings of the 7th International Conference ITA*. Hal. 143–148.
- Mas, F. A. R., Suciwati, S. W., Pauzi, G. A., dan Junaidi. 2022. Smart Greenhouse Monitoring With Soil Temperature and Humidity Control on Internet of Things (IoT) Based Orchid Plants. *Jurnal JEMIT*. Vol. 3. No. 3. Hal. 79–88.

- Muliadi, Imran, A., dan Rasul, M. 2020. Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32. *Jurnal Media Elektrik*. Vol. 17. No. 2. Hal. 73–79.
- Mutimmah, D., dan Prayekti, N. 2021. Pemodelan Pot Tanaman Sukulen Melalui Penggabungan Benda Geometri Bidang dan Kurva Bezier. *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*. Vol. 10. No. 2. Hal. 1252–1260.
- Nam, S. Y., Lee, H. S., Soh, S. Y., dan Cabahug, R. A. M. 2016. Effects of Supplementary Lighting Intensity and Duration on Hydroponically Grown Crassulaceae Species. *Flower Research Journal*. Vol. 24. No. 1. Hal. 1–9.
- Nurhayati, N., dan Maisura, B. 2021. Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Nyala Lampu dengan Menggunakan Sensor Cahaya Light Dependent Resistor. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*. Vol. 5. No. 2. Hal. 103-122.
- Puspasari, F., Fahrurrozi, I., Satya, T. P., Setyawan, G., Fauzan, M. R. A., dan Admoko, E. M. D. 2019. Sensor Ultrasonik HC-SR04 Berbasis Arduino Due untuk Sistem Monitoring Ketinggian. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. Vol. 15. No. 2. Hal. 38-39.
- Rachmat, I. F. M. 2018. Rancang Bangun Aplikasi Pengukur Jarak Posisi Android Menggunakan Mikrokontroler ATmega28p dan Sensor Ultrasonic. *Jurnal IPSIKOM*. Vol. 6. No. 1. Hal. 1–3.
- Rao, P. R., Ravi, V., Kumar, S. S., Prasad, C. R., dan Merugu, S. 2020. Automated Grain Repository Using IoT. *Journal Of Mechanics Of Continua And Mathematical Sciences*. Vol. 15. Hal. 6. Hal. 304–312.
- Rao, P. R., Ravi, V., Kumar, S. S., Prasad, C. R., dan Merugu, S. 2020. Automated Grain Repository Using IoT. *Journal Of Mechanics Of Continua And Mathematical Sciences*. Vol. 15. Hal. 6. Hal. 304–312.
- Risanty, R. D., dan Arianto, L. 2017. Rancang Bangun Sistem Pengendalian Listrik Ruangan dengan Menggunakan ATmega 328 dan SMS Gateway Sebagai Media Informasi. *Jurnal Sistem Informasi*. Vol. 7. No. 2. Hal. 1–4.
- Romli, I., Nong Hugo, K. L., dan Afriantoro, I. 2021. Perancangan Dan Implementasi Smart Garden Berbasis Internet Of Things (Iot) Pada Perumahan Central Park Cikarang. *Indonesian Journal of Business Intelligence (IJUBI)*. Vol. 4. No. 2. Hal. 42-52.
- Sahrul, M., Endang, dan Saragih, Y. 2019. Alat Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Capacitive Soil Moisture Sensor V2.0 Berbasis Arduino Uno. *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*. Vol. 4. No. 1. Hal. 1–8.
- Saleh, M., dan Haryanti, M. 2017. Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay. *Jurnal Teknologi Elektro*. Vol. 8. No. 3. Hal. 181–183.

- Salsabila, A., Parastiwi, A., dan Safitri, H. K. 2021. Sistem Monitoring dan Controlling Emisi Gas Amonia di Kandang Pembesaran Ayam Pedaging Dengan Metode PID Berbasis Internet of Things. *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*. Vol. 8. No. 1. Hal. 127-136.
- Santoso, S. P., dan Wijayanto, F. 2022. Rancang Bangun Akses Pintu Dengan Sensor Suhu dan Handsanitizer Otomatis Berbasis Arduino. *Jurnal Elektro*. Vol. 10. No. 1. Hal. 20–31.
- Satriadi, A., dan Yuli Christiyono, dan. 2019. Perancangan Home Automation Berbasis NodeMCU. *Jurnal TRANSIENT*. Vol. 8. No. 1. Hal. 64-71.
- Sitinjak, D. D. J. T., Maman, dan Suwita, J. 2020. Analisa dan Perancangan Sistem Informasi Administrasi Kursus Bahasa Inggris pada *Intensive English Course* Di Ciledug Tangerang. *Jurnal IPSIKOM*. Vol. 8. No. 1. Hal. 1-19.
- Suryana, T. (2021). Implementasi Sensor PhotoSensitive pada NODEMCU ESP8266 Untuk Menyalakan Lampu. *Jurnal Komputa Unikom*. Hal. 1–14.
- Tjandi, Y. 2022. Prototype Alat Kendali Listrik Berbasis Relay Arduino. *INTEC Journal: Information Technology Education Journal*. Vol. 1. No. 2. Hal. 37–41.
- Ulinuha, A., dan Riza, A. G. 2021. Sistem monitoring dan Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Arduino dengan Aplikasi *Blynk*. *Jurnal pengabdian Masyarakat teknoyasa*. Vol. 2. No. 1. Hal. 26-31.
- Wagyana, A., dan Rahmat. 2019. Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT). *Jurnal Ilmiah Setrum*. Vol. 8. No. 2. Hal. 238–247.