

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGAIRAN OTOMATIS  
BERBASIS *IOT* DAN TENAGA SURYA UNTUK SAWAH  
DENGAN METODE *FUZZY LOGIC***

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**WELDI MARBUN**

**218120031**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2025**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 13/4/26

Access From (repositori.uma.ac.id)13/4/26

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGAIRAN OTOMATIS  
BERBASIS IOT DAN TENAGA SURYA UNTUK SAWAH  
DENGAN METODE *FUZZY LOGIC***

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

Oleh :

**WELDI MARBUN**

**218120031**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Rancang Bangun Sistem Pengairan Otomatis Berbasis IoT  
Dan Tenaga Surya Untuk Sawah Dengan Metode *Fuzzy Logic*  
Nama Mahasiswa : Weldi Marbun  
NPM : 218120031  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing



Dr. Ir. Dina Maizana, M.T.

Pembimbing

  
  
Dr. Erni Suprianto, S.T., M.T.  
Dekan  
  
Dr. Hafid Satria, M.T., M.Kom., IPM, ASEAN Eng.  
Ka. Prodi

Tanggal Lulus : 20 Agustus 2025

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksisanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**  
**TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS/ UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area , saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Weldi Marbun

NPM : 218120031

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul Rancang Bangun Sistem Pengairan Otomatis Berbasis IoT dan Tenaga Surya Untuk Sawah Dengan Metode *Fuzzy Logic*.

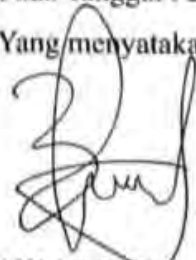
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada Tanggal : 21 Agustus 2025

Yang menyatakan



( Weldi Marbun )

## ABSTRAK

Ketersediaan air yang terbatas dan efisiensi penggunaan air menjadi isu strategis dalam pertanian *modern* di Indonesia, terutama pada lahan dengan kualitas air rendah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *prototipe* sistem pengairan otomatis berbasis *Internet Of Things (IoT)* dan tenaga surya yang dilengkapi dengan metode *Fuzzy Logic*. Sistem ini menggunakan *mikrokontroler* NodeMCU ESP32 sebagai pusat kendali, serta integrasi sensor kelembaban tanah, sensor *pH*, dan sensor ultrasonik untuk memantau parameter lingkungan secara *real-time*. Data yang diperoleh diolah melalui algoritma *Fuzzy Logic* metode Sugeno, sehingga keputusan penyiraman dapat dilakukan secara adaptif dan presisi. Seluruh perangkat memperoleh energi dari panel surya 50 WP dan baterai 12V, menjadikan sistem ini mandiri secara energi dan ramah lingkungan. Pengujian *prototipe* menunjukkan bahwa kelembaban tanah dapat dipertahankan secara konsisten pada tingkat optimal 61%, dengan sistem yang responsif dan efisien dalam pengendalian pompa air secara otomatis berdasarkan kondisi aktual lahan. Implementasi aplikasi *mobile Blynk* sebagai platform monitoring dan *kontrol real-time* semakin meningkatkan kemudahan pengguna dalam pemantauan dan pengoperasian sistem. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa integrasi *IoT*, panel surya, dan *kontrol Fuzzy Logic* dapat diadopsi sebagai solusi pengairan otomatis yang efektif, efisien, dan berkelanjutan untuk mendukung produktivitas serta *modernisasi* pertanian di Indonesia.

**Kata Kunci:** irigasi pertanian, efisiensi air, *Internet Of Things (IoT)*, tenaga surya, *Fuzzy logic*, sistem pengairan otomatis, pertanian *modern*, energi terbarukan

## ABSTRACT

**Weldi Marbun NPM 218120031, Design And Development Of An IT-Based And Solar-Powered Automatic Irrigation System For Rice Fields Using The Fuzzy Logic Method, Supervised by Dr. Ir. Dina Maizana, M.T.**

*Limited water availability and efficient water use have become strategic issues in modern agriculture in Indonesia, especially on land with low water quality. This study aims to design and develop a prototype of an automatic irrigation system based on the Internet Of Things (IoT) and solar power, equipped with a Fuzzy Logic method. The system utilizes a NodeMCU ESP32 microcontroller as the main controller, and integrates soil moisture, pH, and ultrasonic sensors to monitor environmental parameters in real time. The data obtained are processed using the Sugeno Fuzzy Logic algorithm, allowing irrigation decisions to be made adaptively and precisely. All devices draw energy from a 50 WP solar panel and a 12V battery, making the system energy-independent and environmentally friendly. Prototype testing shows that soil moisture can be consistently maintained at the optimal level of 61%, with a responsive and efficient system for automatic pump control based on actual field conditions. The implementation of the Blynk mobile application as a real-time monitoring and control platform further enhances user convenience in system supervision and operation. The results of this study demonstrate that the integration of IoT, solar panels, and Fuzzy Logic control can be adopted as an effective, efficient, and sustainable automatic irrigation solution to support productivity and agricultural modernization in Indonesia.*

**Keywords:** *agricultural irrigation, water efficiency, Internet Of Things (IoT), solar power, Fuzzy logic, automatic irrigation system, modern agriculture, renewable energy*

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan Pada Tanggal 21 Agustus 2000 dari ayah Jawaster Marbun dan ibu Resni Manullang, Penulis merupakan anak kelima dari lima bersaudara.

Tahun 2018 Penulis lulus dari SMK Negeri 2 kemudian pada tahun 2021 Penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi S-1 Teknik Elektro Universitas Medan Area. Penulis melakukan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Perkebunan Nusantara IV Regional II Unit Usaha PKS Pabatu.



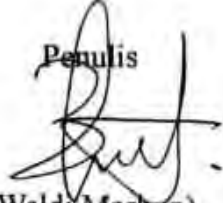
## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, serta tuntunan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengairan Otomatis Berbasis IoT Dan Tenaga Surya Untuk Sawah Dengan Metode *Fuzzy Logic*” dengan baik dan tepat waktu.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Universitas Medan Area. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua penulis, Ayah penulis Jawaster Marbun serta Ibu penulis Resni br. Manullang serta keluarga yang memberi motivasi, amanat, beserta sokongan mental maupun materi.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, sebagai Rektor Unviersitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Eng Supriatno, S.T.,M.T., sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Habib Satria, M.Kom., M.T., IPM. ASEAN Eng., sebagai Ketua Program Studi Teknik Elektro.
5. Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi.
6. Teman-teman seperjuangan dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi tambahan pengetahuan di bidang yang relevan.

Penulis  
  
(Weldi Marbun)



## DAFTAR ISI

RANCANG BANGUN SISTEM PENGAIRAN OTOMATIS BERBASIS IOT DAN TENAGA SURYA UNTUK SAWAH DENGAN METODE <i>FUZZY LOGIC</i> .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
RIWAYAT HIDUP .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB I.....	16
PENDAHULUAN .....	16
1.1 Latar Belakang.....	16
1.2 Pokok Permasalahan .....	18
1.3 Lingkup Permasalahan.....	19
1.4 Maksud Penelitian.....	20
1.5 Dampak Penelitian.....	20
BAB II.....	22
TINJAUAN PUSTAKA.....	22
2.1 Sistem Pengairan Sawah di Lahan Rawa.....	22
2.1.1 Pengertian Tata Cara Pengairan .....	22
2.2. Pemanfaatan Sistem Off-Grid Tenaga Surya untuk Pertanian .....	23
2.2.1 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	23
2.2.2 Pengertian Panel Surya .....	24
2.2.3 Manfaat Energi Surya untuk Sektor Pertanian.....	25
2.3 <i>Solar Charge Controller</i> .....	26
2.3.1 Pengertian Solar Charge Controller .....	26
2.4. Metode <i>Fuzzy Logic</i> .....	28
2.4.1 Pengertian metode <i>Fuzzy Logic</i> .....	28
2.4.2 Jenis Inferensi <i>Fuzzy</i> .....	28
2.4.3 Sistem <i>Fuzzy Logic</i> .....	30
2.4.4 Aplikasi Metode <i>Fuzzy Logic</i> .....	30

2.5 <i>Internet Of Things (IoT)</i> .....	31
2.5.1 Pengertian <i>Internet Of Things (IoT)</i> .....	31
2.6. NodeMCU ESP- 32.....	32
2.6.1 Pengertian NodeMCU.....	32
2.6.2 Komponen pada NodeMCU.....	34
2.7. Sensor <i>pH</i> - 4502C.....	36
2.7.1 Pengertian Sensor <i>pH</i> .....	36
2.7.2 Modul 4502 C .....	37
2.8. Sensor Kelembaban Tanah.....	38
2.8.1 Pengertian Sensor Kelembaban Tanah.....	38
2.8.2 Bagian – bagian pada Sensor kelembaban tanah kapasitif.....	39
2.9. Sensor Ultrasonik.....	40
2.9.1. Pengertian Sensor Ultrasonik.....	40
2.9.2. Prinsip kerja Sensor Ultrasonik.....	41
2.10 Pompa Air DC.....	43
2.10.1 Pengertian Pompa Air DC.....	43
BAB III .....	45
METODOLOGI PENELITIAN.....	45
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	45
3.1.1 Waktu Penelitian .....	45
3.1.2 Tempat Penelitian.....	46
3.2 Metode <i>Fuzzy</i> Sugeno .....	46
3.2.1 Pengertian Metode <i>Fuzzy</i> Sugeno .....	46
3.2.2 Batasan <i>Fuzzy</i> Sugeno pada Penelitian .....	49
3.3 Diagram Alur Penelitian .....	52
3.3.1 Penentuan Masalah .....	53
3.3.2. Kajian Literatur .....	54
3.3.3 Perancangan Alat.....	54
3.3.4 Pembuatan Alat .....	55
3.3.5 <i>Input</i> Program .....	55
3.3.6 Uji Coba Alat .....	55
3.3.7 Analisa Cara Kerja Alat.....	56
3.3.8 Pengambilan Data .....	56
3.3.9 Perlengkapan dan Material.....	57
3.4 Spesifikasi Alat dan Bahan .....	58
3.5 Anggaran Biaya.....	60

3.6 Diagram Alir Cara Kerja Alat .....	60
3.7 Perancangan Alat .....	64
3.8 Sketsa Alat .....	66
BAB IV .....	67
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	67
4.1 Gambaran Umum Sistem.....	67
4.2 Pengujian dan Hasil Sensor.....	68
4.2.1 Pengujian Sensor Ketinggian Air (Ultrasonik) .....	68
4.2.2 Pengujian Sensor Kelembaban Tanah.....	72
4.2.3 Pengujian Sensor <i>pH</i> Air.....	75
4.3. Analisa Data Sensor .....	79
4.3.1. Analisis Data Kelembaban Tanah .....	79
4.3.2. Analisis Data Ketinggian Air .....	83
4.3.3. Analisa Data <i>pH</i> Air.....	87
4.4. Analisis Logika <i>Fuzzy</i> .....	91
4.4.1 Validasi <i>Output Fuzzy</i> .....	91
4.4.2 Uji Sensitivitas <i>Fuzzy Logic</i> .....	94
4.5. Analisis Efisiensi Sistem.....	95
4.5.1 Efisiensi Penggunaan Air .....	95
4.5.1 Efisiensi Energi Surya.....	97
4.6 Analisis Fungsionalitas <i>IoT</i> .....	98
4.7 Alternatif Pengganti Sensor Ultrasonik.....	100
BAB V .....	103
KESIMPULAN DAN SARAN.....	103
5.1 Kesimpulan .....	103
5.2 Saran .....	104
DAFTAR PUSTAKA.....	105
LAMPIRAN.....	109

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Lahan sawah di area tanah rawa.....	22
Gambar 2.2. Bentuk Panel Surya .....	24
Gambar 2.3.1 Bentuk Solar Charge Controller (SCC).....	26
Gambar 2.4.1. Posisi SCC pada system PLTS .....	27
Gambar 2.5. Bentuk NodeMCU ESP - 32 .....	32
Gambar 2.6. Pin pada NodeMCU ESP - 8266 .....	34
Gambar 2.7. Sensor pH dengan modul – 4502 C.....	36
Gambar 2.8. Bentuk Modul 4502C.....	37
Gambar 2.9. Sensor Kelembaban Tanah Kapasitif. ....	38
Gambar 2.10. Sensor Ultrasonik.....	40
Gambar 2.11. Cara Kerja Sensor Ultrasonik.....	41
Gambar 2.12. Bentuk Pompa Air DC 12V.....	43
Gambar 2.13. Bentuk Diagram Alur Penelitian .....	52
Gambar 2.14. Bentuk Diagram Alur Cara Kerja Alat .....	62
Gambar 2.15. Bentuk Diagram Alur Cara Kerja Alat .....	63
Gambar 2.16. Wiring pada alat .....	64
Gambar 2.17. Sketsa alat .....	66
Gambar 2.18. Tampilan pada LCD sebelum system di koneksi ke <i>Wi-Fi</i> .....	68
Gambar 2.19. Air 0 cm di <i>Blynk</i> , pompa masuk menyala .....	70
Gambar 2.20. Air 8 cm di <i>Blynk</i> , pompa keluar menyala .....	70
Gambar 2.21. Kondisi saluran irigasi pada lahan sawah .....	71
Gambar 2.22. Kondisi jalur pembuangan akhir di lahan sawah. ....	71
Gambar 2.23. Kondisi jalur masuk nya air dari saluran irigasi ke lahan sawah. ....	72
Gambar 2.24. Hasil pengujian kelembaban tanah.....	74
Gambar 2.25. Ujicoba sensor <i>pH</i> menggunakan cairan kalibrasi .....	75
Gambar 2.26. Tampilan LCD dan aplikasi <i>Blynk</i> hasil dari ujicoba sensor <i>pH</i> .....	75
Gambar 2.27. Ujicoba sensor <i>pH</i> menggunakan cairan kalibrasi .....	76
Gambar 2.28. Tampilan di LCD dan Aplikasi <i>Blynk</i> dari ujicoba sensor <i>pH</i> .....	76
Gambar 2.29. Proses pengambilan data nilai <i>pH</i> pada air irigasi .....	78
Gambar 2.30. Proses kalibrasi pada alat ukur <i>pH</i> meter .....	78
Gambar 2.31. Grafik Kelembaban Tanah pada waktu Siang dan Sore .....	80
Gambar 2.32. Grafik Harian Kelembaban Tanah.....	82
Gambar 2.33. Grafik Status Pompa Berdasarkan Ketinggian Air.....	84
Gambar 2.34. Sensor Kapasitif <i>Water Level</i> .....	101

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya Monocrystalline Silicon.....	25
Tabel 2. Spesifikasi Sensor Kelembaban Tanah Kapasitif.....	39
Tabel 3. Spesifikasi Sensor Ultrasonik. ....	41
Tabel 4. Spesifikasi Pompa Air DC 12 V.....	44
Tabel 5. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	45
Tabel 6. Spesifikasi alat dan bahan.....	58
Tabel 7. Anggaran Biaya.....	60
Tabel 8. Hasil Pengujian Ketinggian Air dan Status Pompa.....	69
Tabel 9. Data Lapangan Sensor Kelembaban Tanah.....	73
Tabel 10. Data Sensor <i>pH</i> Air.....	77
Tabel 11. Tabel Keputusan <i>Fuzzy</i> .....	93



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara *agraris*, di mana sebagian besar wilayahnya mengandalkan sektor pertanian sebagai sumber utama mata pencaharian. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik tahun 2023, luas lahan padi di Indonesia mencapai 10.213.705 *hektare*, menunjukkan betapa besarnya peranan pertanian di tanah air (Badan Pusat Statistik, 2023). Air memegang peran sangat penting dalam pertumbuhan tanaman, terutama pada lahan pertanian. Oleh karena itu, pengelolaan irigasi yang baik sangat berpengaruh terhadap hasil produksi baik di sektor pertanian maupun perkebunan.

Permasalahan kegagalan panen di lahan rawa cukup sering terjadi, dan salah satu penyebab utamanya adalah kualitas air yang digunakan untuk mengairi lahan tersebut. Air irigasi yang bersifat asam dapat berdampak buruk pada tanaman, sehingga menjadi faktor utama penyebab kegagalan panen. Dari hasil wawancara dengan petani di lapangan, diketahui bahwa intensitas tanam rata-rata hanya satu kali dalam setahun (IP 100%), dan tingkat produktivitasnya pun masih tergolong rendah. Keberhasilan dalam mengelola lahan rawa sangat bergantung pada kondisi air, baik dari sisi jumlah maupun kualitasnya. Di beberapa lokasi, air dengan *pH* sangat rendah (2,14) dan konduktivitas listrik hingga 1.006 *microsiemens/cm* pada musim kemarau terbukti menjadi hambatan utama bagi produktivitas lahan (Ansari *et al.*, 2023).

Pada praktiknya, pasokan air rawa ke sawah secara umum, pelaksanaan kegiatan ini menggunakan metode irigasi atau mengambil secara langsung dari aliran air sungai. Namun, banyak petani yang masih mengandalkan cara manual dalam membuka dan menutup saluran irigasi di sawah mereka. Cara konvensional seperti ini membutuhkan tenaga lebih, kurang efisien, dan menyita banyak waktu. Karena itu, dibutuhkan penerapan teknologi modern untuk memudahkan pengelolaan irigasi, salah satunya dengan sistem kontrol otomatis (Iqsyahiro *et al.*, 2022).

Menyadari hal tersebut, berbagai sistem telah dikembangkan agar petani dapat memantau kualitas air rawa yang digunakan untuk irigasi, sehingga air yang masuk ke lahan sawah tetap aman dan produktif. Beberapa peneliti telah mengembangkan sistem monitoring air irigasi berbasis *Internet Of Things (IoT)* menggunakan pompa air tenaga surya, seperti yang dilakukan oleh Bagus Prastyo tahun 2021. Ia menjelaskan bahwa penggunaan sistem monitoring berbasis *IoT* memungkinkan petani memantau ketersediaan air secara real-time. Sistem ini dilengkapi sensor kelembaban tanah, sensor suhu dan kelembaban udara, serta sensor kelembaban tanah. Namun, kelemahan penelitian ini adalah hanya difokuskan pada lahan dengan *pH* normal, sehingga penerapannya kurang tepat untuk lahan rawa yang memiliki karakteristik air berbeda (Habibi *et al.*, 2021).

Penelitian lain yang dilakukan oleh Abdul Jalil pada tahun 2023 juga menyoroti pemanfaatan energi terbarukan, khususnya tenaga surya, untuk mengoperasikan pompa air dalam sistem irigasi pertanian. Penelitian ini menggunakan pendekatan literatur, desain, dan penerapan, namun lebih terfokus

pada penggunaan energi surya sebagai sumber daya utama tanpa membahas aspek kualitas air secara detail (Abdul Jalil *et al.*, 2023).

Merujuk pada penelitian-penelitian sebelumnya, peneliti kini berupaya menghadirkan inovasi yang lebih komprehensif dengan merancang sistem kontrol otomatis pompa air dan monitoring kualitas air rawa berbasis *Internet Of Things* serta tenaga surya untuk mendukung irigasi pertanian, dengan penerapan metode *Fuzzy Logic*. Sistem ini memanfaatkan NodeMCU sebagai *mikrokontroler* utama, serta sensor *pH*, kekeruhan, dan ketinggian air sebagai indikator kualitas air rawa. Pompa akan bekerja otomatis jika indikator menunjukkan air dalam kondisi baik, dan semua data dapat dipantau langsung oleh petani melalui aplikasi *Blynk* di *smartPhone* mereka (Cahyani *et al.*, 2023; Akbar *et al.*, 2024).

## 1.2 Pokok Permasalahan

Merujuk pada uraian latar belakang yang telah dipaparkan, permasalahan utama yang hendak diatasi dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara mengembangkan Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Pompa Air Dan Monitoring Kualitas Air Rawa Berbasis *Internet Of Things* dengan Tenaga Surya Untuk Irigasi Pertanian Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* dalam lingkungan lahan rawa yang di fungsi kan menjadi lahan pertanian ?
2. Bagaimana kemampuan dari Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Pompa Air Dan Monitoring Kualitas Air Rawa Berbasis *Internet Of Things* dengan Tenaga Surya Untuk Irigasi Pertanian Menggunakan Metode *Fuzzy*

*Logic* dalam lingkungan lahan rawa yang di fungsi kan menjadi lahan pertanian ?

### 1.3 Lingkup Permasalahan

Lingkup permasalahan dalam penelitian ini dibatasi pada beberapa tahapan kinerja perangkat, meliputi :

1. Rancang Bangun ini berbentuk *prototype*.
2. Sensor yang di gunakan dalam penelitian ini adalah sensor *pH* sebagai sensor yang mendeteksi tingkat keasaman pada air rawa, dan sensor kelembaban tanah kapasitif sebagai sensor yang mendeteksi tingkat kelembaban pada tanah di lahan sawah serta sensor ultrasonic sebagai sensor yang mendeteksi ketinggian air tertentu pada lahan pertanian yang akan di alirir air.
3. Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*
4. Pompa Air yang digunakan adalah Pompa Air DC.
5. Menggunakan NodeMCU digunakan untuk memproses serta mengendalikan data masukan dan keluaran pada sistem yang berjalan secara otomatis.
6. Aplikasi yang di gunakan adalah aplikasi *Blynk* pada system *Internet Of Things*

## 1.4 Maksud Penelitian

Adapun maksud dari pelaksanaan penelitian dan perancangan alat ini yaitu :

1. Menciptakan Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Pompa Air Dan Monitoring Kualitas Air Rawa Berbasis *Internet Of Things* dengan Tenaga Surya Untuk Irigasi Pertanian Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* untuk penggunaan di Lingkungan Lahan Rawa yang di fungsi kan menjadi lahan pertanian.
2. Merancang perangkat lunak yang dapat menghasilkan keluaran melalui Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Pompa Air Dan Monitoring Kualitas Air Rawa Berbasis *Internet Of Things* dengan Tenaga Surya Untuk Irigasi Pertanian Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*.
3. Mengukur tingkat kinerja Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Pompa Air Dan Monitoring Kualitas Air Rawa Berbasis *Internet Of Things* dengan Tenaga Surya Untuk Irigasi Pertanian Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* yang menggunakan Teknologi *Internet Of Things*.

## 1.5 Dampak Penelitian

Penelitian ini diharapkan menghasilkan manfaat yang meliputi::

1. Keuntungan dari sisi teori, yang menjadikan penelitian ini sebagai acuan untuk mendukung mahasiswa dalam pelaksanaan penelitian dengan tujuan pengembangan alat atau ide yang lain nya.
2. Implikasi praktis dari studi ini yakni dapat menyumbangkan manfaat besar untuk Petani dengan menyediakan Rancang Bangun Sistem Kontrol

Otomatis Pompa Air Dan Monitoring Kualitas Air Rawa Berbasis *Internet Of Things* dengan Tenaga Surya Untuk Irigasi Pertanian Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* di Lingkungan Lahan Rawa yang di fungsi kan menjadi lahan pertanian. Tindakan ini akan memperlancar petani sebagai upaya memonitor tingkat kualitas air rawa pada irigasi dimana akan digunakan petani untuk mengairi lahan sawah, sehingga dapat mencegah terjadi nya kegagalan panen yang di akibat kan oleh air rawa yang mengandung zat asam yang rendah.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem Pengairan Sawah di Lahan Rawa

##### 2.1.1 Pengertian Tata Cara Pengairan



Gambar 2.1. Lahan sawah di area tanah rawa

(sumber gambar : medcom.id )

Tata Cara merupakan suatu rangkaian aturan, prosedur, atau langkah-langkah yang telah ditetapkan dan disusun secara sistematis untuk digunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan suatu kegiatan tertentu. Penyaluran Air adalah memberikan Air yang diberikan kepada tanaman berfungsi untuk mencukupi kebutuhan hidrasi tanaman, sehingga proses fisiologis dan pertumbuhan tanaman dapat berlangsung secara optimal bertumbuh dan berkembang. Sementara itu menurut Karismawati *et al.*, (2019) sawah merupakan suatu lahan pertanian yang berblok - blok serta terdapat batas berupa pematang sehingga area tersebut dapat dimanfaatkan untuk budidaya padi sawah tanpa memandang dari mana didapat status lahan tersebut.

Menurut Iqsyahiro Kresna A & Ipam Fuaddina Adam (2022) Sistem pengairan atau irigasi merupakan proses pengairan yang dilakukan secara rutin agar

ketersediaan air pada lahan sawaha dapat terpenuhi dari waktu ke waktu dan sangat mempengaruhi hasil produksi yang sedang dijalankan. Kebutuhan air setiap tanaman memiliki kadar yang berbeda-beda dan kandungan air rawa pada irigasi memiliki perbedaan dengan air pada umumnya, sehingga petani tidak bisa secara langsung melakukan pengairan pada lahan sawah mereka.

Pada praktiknya, petani yang masih menggunakan sistem irigasi konvensional biasanya membuka pintu air secara manual tanpa mengetahui kualitas atau kandungan air yang dialirkan ke sawah. Akibatnya, aliran air berlangsung terus-menerus tanpa pengaturan yang jelas terkait kedalaman air maupun kondisi lingkungan sekitar lahan. Sistem monitoring atau pengendalian irigasi pun umumnya masih dilakukan secara manual. Kondisi ini membuat petani harus rutin memantau keadaan lahan agar sawah tetap lembap hingga masa panen tiba, meski hal tersebut cukup merepotkan dan kurang efisien.

## **2.2. Pemanfaatan Sistem Off-Grid Tenaga Surya untuk Pertanian**

### **2.2.1 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

Cadangan energi dari bahan bakar fosil di dunia diperkirakan hanya akan mencukupi kebutuhan selama 40 tahun lagi untuk minyak bumi, 60 tahun untuk gas alam, dan sekitar 200 tahun untuk batu bara. Sementara itu, kebutuhan energi global terus meningkat setiap tahunnya, bahkan pada tahun 2014 pertumbuhan konsumsi energi mencapai 4,3 persen. Di sisi lain, perlindungan lingkungan dari pemanasan global dan polusi semakin menjadi perhatian. Kondisi ini mendorong kebutuhan mendesak akan pengembangan teknologi baru yang dapat menghasilkan energi

terbarukan yang lebih ramah lingkungan (Rejekiningrum *et al.*, 2020). Oleh sebab itu, penting untuk mencari sumber energi alternatif guna mengurangi ketergantungan pada energi konvensional dan memanfaatkan sumber energi yang tersedia serta lebih ramah lingkungan.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi salah satu contoh pemanfaatan energi matahari sebagai sumber listrik, di mana proses konversinya dilakukan menggunakan teknologi sel surya atau *fotovoltaik* (Muzni Sahar *et al.*, 2024).

### 2.2.2 Pengertian Panel Surya



Gambar 2.2. Bentuk Panel Surya

(Sumber Gambar : <https://atonergi.com/spesifikasi-panel-solarl-50-wp/>)

Panel Surya adalah piranti yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik, sedangkan menurut Pratama, D., dan Asnil, A. (2021) Panel surya adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan energi terbarukan dari sinar matahari menjadi energi Listrik. Pada umumnya, panel surya ditempatkan di luar ruangan untuk memperoleh cahaya matahari secara bebas. Jumlah energi yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh sejumlah variabel, salah satunya adalah lamanya penyerapan energi matahari. (Akbar, D. F., *et al.*, 2024).

### 2.2.2.1 Penggunaan Panel Surya Monocrystalline Silicon

Spesifikasi	Keterangan
Daya Maksimum ( $P_{MAX}$ )	50 W
Tegangan Daya Maksimum ( $V_{mp}$ )	18 V
Arus Daya Maksimum ( $I_{mp}$ )	2.8 A
Tegangan Sirkuit Terbuka ( $V_{oc}$ )	21 V
Arus Hubung Singkat ( $I_{sc}$ )	3.2 A
Suhu sel operasi normal (NOCT)	$45 \pm 2^\circ\text{C}$
Tegangan Sistem Maksimum	1000 V
Sekring Seri Maksimal	16 A
Berat	4 Kg
Dimensi	$\pm 670 \times 540 \times 30 \text{ mm}$

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya *Monocrystalline Silicon*

(Sumber Tabel : <https://ciptakaryaenergi.co.id/product/panel-surya-50wp-monocrystalline/> )

Panel Surya 50 WP *Monocrystalline Silicon* merupakan modul sel surya dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Panel ini memanfaatkan sel surya berlapis *SiN*, sehingga mampu menjadi solusi penyediaan listrik baik di pedesaan maupun perkotaan sebagai upaya penghematan energi listrik.

### 2.2.3 Manfaat Energi Surya untuk Sektor Pertanian

Energi surya merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang ramah lingkungan dan dapat dimanfaatkan di berbagai bidang kehidupan manusia, termasuk sektor pertanian. Pertanian sendiri menjadi tulang punggung perekonomian di banyak negara berkembang. Di negara-negara industri, penerapan mekanisasi secara intensif, penggunaan benih unggul, pemupukan, dan penggunaan

alat mesin pertanian secara luas telah berkontribusi besar pada peningkatan hasil panen. Efisiensi suplai energi untuk operasional pertanian, seperti penggilingan padi, pompa air, dan proses pengeringan hasil panen, juga dapat dicapai melalui pemanfaatan energi matahari (Mandala *et al.*, 2022).

Dengan demikian, penggunaan energi surya dan pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat membantu meningkatkan hasil pertanian di negara-negara berkembang, khususnya di wilayah tropis yang memiliki intensitas cahaya matahari tinggi sepanjang tahun. Salah satu aplikasi energi surya dalam bidang pertanian adalah sistem irigasi dengan memanfaatkan pompa bertenaga matahari. Secara umum, pompa air yang menggunakan tenaga surya akan bekerja optimal ketika mendapat paparan sinar matahari yang cukup (Trinugroho *et al.*, 2024).

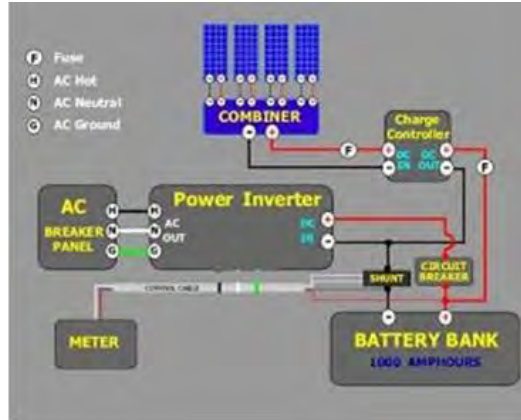
## 2.3 Solar Charge Controller

### 2.3.1 Pengertian Solar Charge Controller



Gambar 2.3.1 Bentuk *Solar Charge Controller* (SCC)

(sumber gambar : <https://shopee.co.id/SCC-PWM-10A-20A-30A-40A-50A-60A-solar-charge-controller-MPPT-PowMR-PLTS-i.313627187.8683728321> )

Gambar 2.4.1. Posisi SCC pada *system* PLTS

(sumber gambar : Bakhtiar &amp; Tadjuddin, 2020 )

SCC atau *Solar Charge Controller* merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengatur aliran arus searah baik saat proses pengisian ke baterai maupun saat baterai digunakan untuk memberi daya ke beban. *Solar Charge Controller* berperan penting dalam mencegah terjadinya pengisian berlebih (*overcharging*) pada baterai serta melindungi dari kelebihan tegangan yang berasal dari panel surya. Pada umumnya, SCC memiliki satu *input* yang terhubung ke *output* panel surya, satu *output* untuk baterai atau aki, serta satu *output* lagi yang terhubung ke beban.

Pada malam hari, panel surya tidak lagi menghasilkan arus karena tidak ada cahaya matahari sebagai sumber energi. Hal ini membuat aliran listrik berhenti, tetapi arus dari baterai bisa saja mengalir kembali ke panel surya, yang berpotensi merusak sistem. *Solar Charge Controller (SCC)* berperan untuk mencegah terjadinya arus balik ke panel surya. Selain itu, SCC juga mengatur aliran arus ke beban saat perangkat tersebut terhubung. Terminal beban pada SCC memungkinkan beban dihubungkan langsung, namun SCC tetap dapat berfungsi dengan normal meskipun tidak ada beban yang tersambung secara langsung (Bakhtiar *et al.*, 2020).

## 2.4. Metode *Fuzzy Logic*.

### 2.4.1 Pengertian metode *Fuzzy Logic*.

Logika *Fuzzy* merupakan sebuah pendekatan logika yang memungkinkan adanya nilai di antara benar dan salah, tidak seperti logika klasik yang hanya mengenal dua nilai, yaitu 0 dan 1. Dengan logika *Fuzzy*, suatu kondisi dapat memiliki derajat keanggotaan mulai dari 0 hingga 1, sehingga cocok digunakan untuk situasi yang tidak memiliki batasan tegas, misalnya untuk kategori seperti "sedikit", "cukup", atau "sangat". Secara sederhana, logika *Fuzzy* dapat diartikan sebagai pengembangan dari logika Boolean, di mana konsep kebenaran sebagian diperkenalkan. Jika logika klasik menyatakan segala sesuatu dalam bentuk biner (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika *Fuzzy* memberikan tingkat kebenaran dalam rentang tertentu. Pendekatan ini berangkat dari kenyataan bahwa manusia kerap mengambil keputusan berdasarkan informasi yang samar atau tidak pasti, serta tidak selalu bersifat numerik (Kharisma *et al.*, 2023, hal. 11).

### 2.4.2 Jenis Inferensi *Fuzzy*.

Dalam sistem inferensi *Fuzzy*, terdapat tiga metode utama yang dapat digunakan untuk menentukan jumlah produksi, yaitu metode Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno. Berikut penjelasan mengenai salah satu metode tersebut.

#### 1. Metode Tsukamoto

Pada metode Tsukamoto, setiap aturan dalam sistem *Fuzzy* diekspresikan kembali menggunakan himpunan *Fuzzy* yang relevan. Ciri khas dari metode ini adalah penggunaan fungsi keanggotaan yang bersifat monoton untuk merepresentasikan aturan *Fuzzy* (Eka Widastra *et al.*, 2021).

Secara umum, tahapan pada metode Tsukamoto meliputi proses fuzzifikasi, pembentukan basis pengetahuan berupa aturan *IF* dan *THEN*, penentuan nilai a-predikat untuk setiap aturan dengan mesin inferensi menggunakan fungsi implikasi MIN, serta tahap defuzzifikasi yang dilakukan dengan cara mengambil nilai rata-rata.

## 2. Metode Mamdani

Metode Mamdani pertama kali diperkenalkan oleh Ibrahim Mamdani pada tahun 1975. Pendekatan ini dikenal juga dengan istilah MIN-MAX, karena dalam proses inferensinya menggunakan fungsi implikasi minimum (MIN) dan agregasi maksimum (MAX). Proses dalam metode Mamdani terdiri dari beberapa tahapan, yaitu fuzzifikasi, pembentukan basis pengetahuan dengan aturan *IF-THEN*, serta penggunaan mesin inferensi dengan fungsi MIN untuk menentukan nilai a-predikat pada setiap aturan dan fungsi MAX untuk menggabungkan hasil dari berbagai aturan. Tahap akhir dari metode ini adalah defuzzifikasi yang dilakukan menggunakan metode centroid.

## 3. Metode Sugeno

Metode Sugeno, yang diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985, memanfaatkan fungsi keanggotaan singleton. Artinya, fungsi keanggotaan ini bernilai satu pada satu nilai crisp tertentu dan nol pada nilai-nilai crisp lainnya. Meskipun tahapan inferensi dalam metode Sugeno mirip dengan metode Mamdani, perbedaannya terletak pada bagian *output*, di mana metode Sugeno menggunakan konstanta atau persamaan linier sebagai hasil akhirnya (Eka Widastra *et al.*, 2021).

### 2.4.3 Sistem *Fuzzy Logic*

Sistem *Fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Prof. L. A. Zadeh dari University of California, Berkeley pada tahun 1965. Sistem ini merupakan sebuah pendekatan numerik yang bersifat terstruktur dan dinamis, didasarkan pada aturan-aturan *IF-THEN*. Contohnya, jika tingkat *pH* air terlalu tinggi maka diperlukan penambahan zat asam agar seimbang, atau jika kelembaban tanah di bawah 30%, maka pompa irigasi akan dinyalakan.

Ada beberapa alasan mengapa sistem *Fuzzy* banyak digunakan, di antaranya karena konsep logika *Fuzzy* yang sederhana dan mudah dipahami, serta sifatnya yang adaptif terhadap berbagai kondisi. Sistem ini juga mampu menangani data yang bermasalah dan dapat memodelkan fungsi non-linier secara luas. Selain itu, pemikiran dan pengetahuan manusia tetap diperlukan untuk merumuskan permasalahan ke dalam bentuk matematis, sehingga sistem *Fuzzy* memungkinkan perubahan pola pikir manusia ke dalam representasi matematika yang terstruktur.

### 2.4.4 Aplikasi Metode *Fuzzy Logic*

Logika *Fuzzy* banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, mulai dari sistem pakar, pengambilan keputusan, pengolahan bahasa alami, hingga robotika dan pengolahan data sensor. Keunggulan logika *Fuzzy* terletak pada kemampuannya menyesuaikan diri dengan data yang kurang presisi, sehingga memungkinkan perancangan fungsi non-linear yang kompleks (Bayu Setia *et al.*, 2019).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Saskia Eka Cahyani *et al.* (2023), penerapan *Fuzzy logic* digunakan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air pada sistem irigasi sawah berbasis *IoT*. Sistem tersebut mengolah data dari dua sensor utama, yakni sensor kelembaban tanah dan sensor ultrasonik. Data dari kedua sensor ini dikelompokkan dalam tiga kategori, misalnya kelembaban tanah dibagi menjadi kering, normal, dan basah, sementara ketinggian air dikategorikan sebagai rendah, sedang, dan tinggi. Setiap kategori ini diproses menggunakan aturan *Fuzzy*, di mana sistem menggunakan rule base untuk menentukan kapan pintu irigasi perlu dibuka atau ditutup berdasarkan hasil pembacaan sensor, sehingga irigasi hanya dilakukan saat dibutuhkan dan kelembaban tanah tetap terjaga dalam kondisi optimal.

## **2.5 Internet Of Things (IoT)**

### **2.5.1 Pengertian Internet Of Things (IoT)**

*Internet Of Things (IoT)* adalah istilah yang berasal dari gabungan kata “*Internet*” dan “*Things*”. “*Internet*” merujuk pada jaringan komputer yang memanfaatkan protokol internet seperti TCP/IP untuk saling terhubung dan bertukar informasi, sedangkan “*Things*” mengacu pada objek fisik yang dilengkapi sensor sehingga mampu mengirimkan data melalui internet. Konsep *IoT* pertama kali dikenalkan oleh Kevin Ashton di *Auto-ID Lab*, MIT, yang terinspirasi dari teknologi *Radio Frequency Identification (RFID)*. *RFID* berfungsi sebagai objek yang memiliki identitas unik dan dapat bertukar data tanpa campur tangan manusia. Seiring perkembangan teknologi, penggunaan *Internet Protocol (IP)* sejak tahun 2008 semakin memudahkan perangkat untuk saling terhubung dan bertukar data

secara efektif, mendorong lahirnya berbagai perangkat pintar yang dapat diakses jarak jauh melalui internet (Wilianto *et al.*, 2018).

Selay *et al.* (2022) mendefinisikan *IoT* sebagai teknologi canggih yang memungkinkan berbagai perangkat dan sistem di seluruh dunia terhubung satu sama lain melalui jaringan internet dan saling berbagi data. Perangkat-perangkat ini umumnya dilengkapi sensor dan perangkat lunak yang memungkinkan komunikasi, pengendalian, dan pertukaran data secara nirkabel atau berbasis *wireless*. *IoT* juga sangat berkaitan dengan konsep *machine-to-machine (M2M)*, yang semakin menegaskan peran internet dalam aktivitas digital sehari-hari. Dengan *IoT*, proses transfer data maupun komunikasi menjadi lebih mudah asalkan tetap terhubung dengan jaringan internet (Indah Purnama Sari *et al.*, 2022).

## 2.6. NodeMCU ESP- 32

### 2.6.1 Pengertian NodeMCU



Gambar 2.5. Bentuk NodeMCU ESP - 32

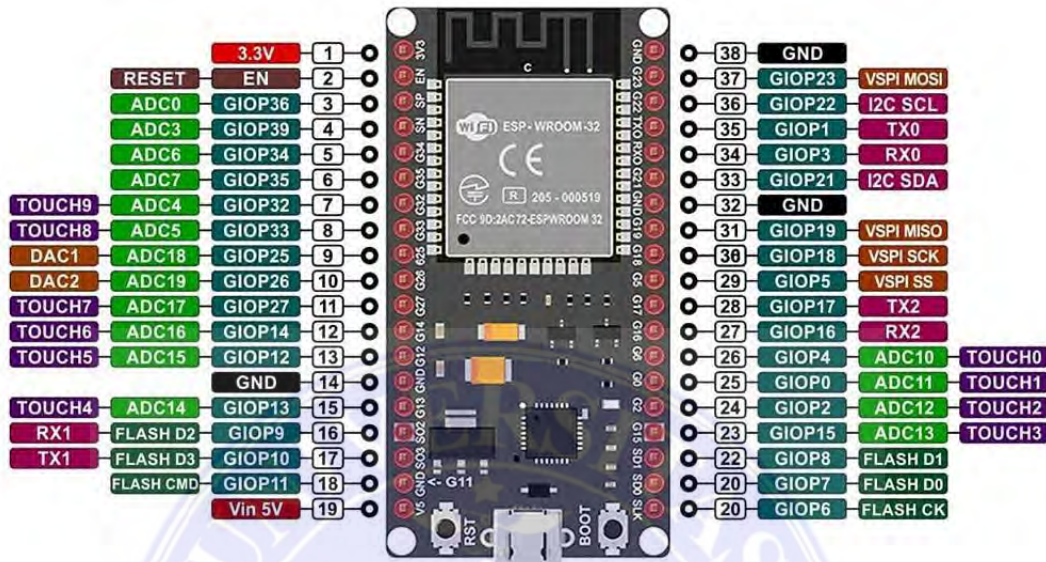
(sumber gambar : <https://www.indiamart.com/proddetail/esp8266-nodemcu-cp2102-board-20464938933.html?mTd=1> )

NodeMCU sebenarnya merupakan pengembangan dari ESP32 dengan firmware yang berbasis *e-Lua*. Platform ini bersifat *open source* dan dirancang khusus untuk mendukung berbagai aplikasi *Internet Of Things (IoT)*. NodeMCU adalah salah satu papan pengembangan yang kompatibel dengan Arduino, di mana perangkat ini menggunakan *System on Chip (SoC)* WiFi ESP32 yang sudah mengintegrasikan beberapa fitur penting seperti GPIO, PWM, IIC, dan ADC dalam satu papan. Karena kompatibel dengan Arduino, NodeMCU juga dapat diprogram menggunakan Arduino IDE, sehingga memudahkan pengguna dalam mengembangkan berbagai proyek *IoT* (Ambarita *et al.*, 2019).

Selain menggunakan bahasa pemrograman Lua, NodeMCU juga mendukung pemrograman melalui Arduino IDE dengan melakukan sedikit penyesuaian pada board manager di aplikasi tersebut. Jika memilih menggunakan Arduino IDE, sebaiknya menginstal firmware keluaran *AiThinker* yang mendukung AT Command agar kompatibilitas berjalan optimal. Untuk menginstal firmware ini, diperlukan *tool loader* khusus, yaitu firmware NodeMCU ESP32. Sebelum mulai digunakan, board NodeMCU perlu di-*flash* terlebih dahulu agar dapat bekerja dengan baik bersama *tool* yang diinginkan (Jagat *et al.*, 2023).

## 2.6.2 Komponen pada NodeMCU

Tata letak pin pada NodeMCU dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2.6. Pin pada NodeMCU ESP - 8266

(sumber gambar : <https://grobotronics.com/esp32-development-board-devkit-v1.html?sl=en>)

1. *Micro – USB* : Komponen ini berfungsi sebagai sumber daya yang dapat dihubungkan langsung ke port USB. Selain itu, port ini umumnya dimanfaatkan untuk mengunggah program (*sketch*) serta memantau data secara serial menggunakan serial monitor pada aplikasi Arduino IDE.
2. 3.3 V : Berperan sebagai sumber tegangan untuk perangkat lain, terdapat tiga titik keluaran 3.3 V—yang umumnya dituliskan sebagai 3V meskipun nilai sebenarnya tetap 3.3 V.
3. GND : *Ground* ini merepresentasikan tegangan nol atau nilai negatif yang berfungsi sebagai jalur pengaliran arus listrik.
4. Vin : Berperan sebagai sumber daya eksternal yang akan memengaruhi keluaran pada seluruh pin. Penggunaannya dilakukan dengan menghubungkan pin ini ke tegangan antara 5 hingga 12 volt.

5. EN dan RST : Kedua pin ini berfungsi untuk melakukan *restart* atau menginisialisasi ulang program pada *mikrokontroler*.
6. A0 : Pin analog berperan dalam membaca sinyal masukan berupa data analog.
7. GPIO 1 – GPIO 16 : Pin-pin ini tidak hanya dapat digunakan sebagai *input* maupun *output* digital, tetapi juga memiliki kemampuan untuk membaca serta mengirim data dalam bentuk sinyal analog.
8. SD1,CMD,SD0,CLK : Pin-pin SPI ini berfungsi sebagai antarmuka untuk menghubungkan perangkat *flash eksternal*.
9. *TXD0, RXD0, TXD2, RXD2* : *TXD0* dan *RXD0* adalah pin *UART0* (digunakan untuk upload program dan komunikasi serial dengan komputer). *TXD2* dan *RXD2* adalah pin *UART2* (bisa digunakan untuk komunikasi serial dengan perangkat eksternal). *TXD1* dan *RXD1* adalah pin *UART1* (bisa digunakan untuk perangkat eksternal lain, tapi kadang tidak tersedia di header DevKit). *TX* (*transmit*) biasanya terhubung ke *RX* (*receive*) di perangkat lain, bukan sesama pin di board yang sama.

## 2.7. Sensor *pH* - 4502C

### 2.7.1 Pengertian Sensor *pH*



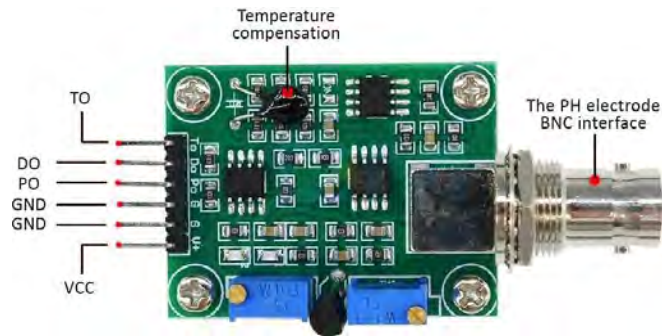
Gambar 2.7. Sensor *pH* dengan modul – 4502 C

(sumber gambar : <https://www.amazon.se/-/en/Automatic-Hydroponic-Acquisition-Monitoring-Rechargeable/dp/B0CQK4ML97> )

Sensor *pH* berbasis elektroda kaca tetap menjadi standar utama dalam pengukuran *pH* karena mampu mendeteksi aktivitas ion hidronium ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) dalam larutan. Elektroda ini memiliki membran kaca tipis yang sangat sensitif terhadap ion  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan perbedaan potensial yang terbentuk antara elektroda kaca dan elektroda referensi dapat diukur serta dikonversi menjadi nilai *pH* (Giusti *et al.*, 2021).

Agar sensor *pH* tetap akurat, kalibrasi secara berkala sangat diperlukan. Biasanya, produsen sensor *pH* juga menyediakan instrumen untuk melakukan kalibrasi secara manual. Ketika sensor *pH* dihubungkan dengan Arduino Uno, proses kalibrasi dapat dilakukan melalui antarmuka program yang dikembangkan dari library sensor *pH* yang sudah ada. Hasil kalibrasi tersebut kemudian akan disimpan di EEPROM sehingga dapat digunakan dalam pengukuran selanjutnya (Mufida *et al.*, 2020).

## 2.7.2 Modul 4502 C



Gambar 2.8. Bentuk Modul 4502C

(sumber gambar : 1319014\_TA\_Chapter3 ([repository.ithb.ac.id](http://repository.ithb.ac.id)))

Modul *PH* 4502C merupakan modul dari sensor *pH* yang dirancang untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan.

Terdapat 6 buah pin yang ada pada modul *pH*-4502C yaitu :

1. *To* : Berfungsi sebagai Temperatur *Output*
2. *Do* : Berfungsi sebagai 3.3 *Output* (batasan limit)
3. *Po* : Berfungsi sebagai *PH* Analog
4. *G* : Berfungsi sebagai *Gnd* untuk sensor *pH*
5. *G* : Berfungsi sebagai *Gnd* untuk *board* Arduino
6. *VCC* : Berfungsi sebagai 5V *DC*

## 2.8. Sensor Kelembaban Tanah

### 2.8.1 Pengertian Sensor Kelembaban Tanah



Gambar 2.9. Sensor Kelembaban Tanah Kapasitif.

(sumber gambar : <https://id.szks-kuongshun.com/uno/uno-sensor/capacitive-analog-soil-moisture-sensor-3-3-5.html> )

Sensor kelembaban tanah kapasitif merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah dan dapat dihubungkan dengan *mikrokontroler* seperti Arduino.

Biasanya, sensor ini dimanfaatkan dalam sistem penyiraman otomatis atau untuk memantau kelembaban tanah secara *offline* maupun *online*. Sensor bekerja dengan mendeteksi perubahan tegangan *output*, di mana nilai tegangan akan meningkat saat tanah dalam kondisi kering dan menurun saat tanah basah. *Output* sensor dapat dipantau melalui serial monitor pada Arduino IDE dalam bentuk nilai analog antara 600 hingga 2900, yang selanjutnya digunakan sebagai parameter pengukuran kelembaban tanah.

### 2.8.2 Bagian – bagian pada Sensor kelembaban tanah kapasitif.

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan <i>Input</i>	3.3 – 5.5 VDC
Tegangan <i>Output</i>	0 – 3 VDC
Ukuran Alat	98 x 23 mm ( Panjang x Lebar)
<i>Interface</i>	PH 2.54-3P
<i>Output Signal</i>	<i>Analog</i>

Tabel 2. Spesifikasi Sensor Kelembaban Tanah Kapasitif

(sumber tabel : <http://id.hondetechco.com/wireless-digital-capacitive-soil-moisture-and-temperature-sensor-for-agriculture-product/> )

Modul sensor kelembaban tanah umumnya memiliki tiga pin utama, yaitu VCC, GND, dan Aout. Pin Aout berfungsi sebagai *output* tegangan analog yang merepresentasikan tingkat kelembaban tanah. Pin ini dapat langsung dihubungkan ke sistem *mikrokontroler* atau komputer melalui pin analog digital. Jika sistem pengolahan data, seperti komputer, tidak memiliki pin analog, maka diperlukan modul ADC (*Analog to Digital Converter*) untuk mengonversi tegangan analog dari sensor menjadi nilai digital yang dapat dibaca oleh komputer.

## 2.9. Sensor Ultrasonik

### 2.9.1. Pengertian Sensor Ultrasonik



Gambar 2.10. Sensor Ultrasonik

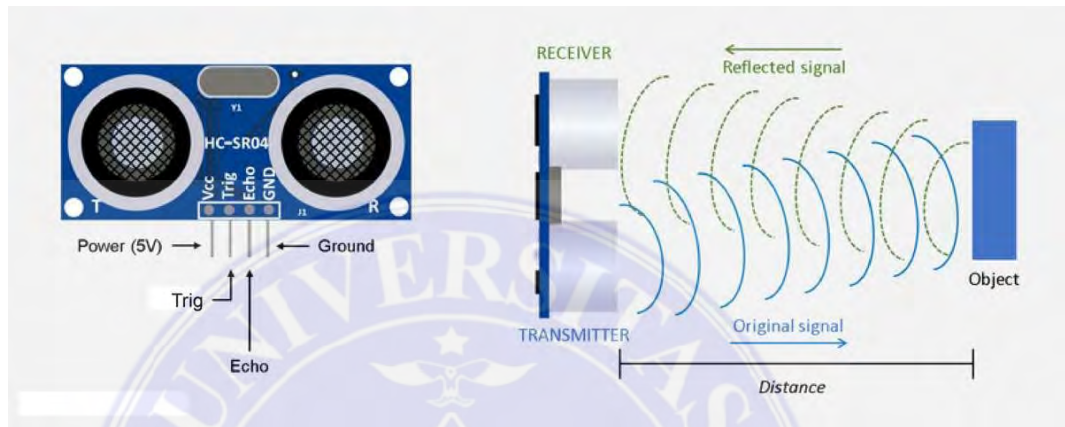
(sumber gambar : <https://www.arduinoindonesia.id/2022/10/pengertian-dan-cara-kerja-sensor-ultrasonik-HC-SR04.html> )

Sensor ultrasonik merupakan alat yang dapat mengubah energi bunyi menjadi energi listrik ataupun sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip pemantulan gelombang suara, di mana sensor mengirimkan gelombang ultrasonik dan kemudian menangkap pantulannya, sehingga selisih waktu antara pengiriman dan penerimaan gelombang digunakan untuk mengukur jarak.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Saskia Eka Cahyani *et al.* (2023) berjudul “*Implementasi Fuzzy logic* pada sistem pengairan sawah dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air berbasis *IoT*”, sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian air di sawah. Sensor bekerja dengan mengirimkan gelombang ultrasonik ke permukaan air dan menerima kembali pantulannya. Selisih waktu antara pengiriman dan penerimaan gelombang digunakan oleh sistem untuk menghitung jarak antara sensor dan permukaan air. Data ketinggian air yang

diperoleh kemudian dikirim ke *mikrokontroler* NodeMCU ESP- 32 untuk diproses lebih lanjut bersama data dari sensor kelembaban tanah.

### 2.9.2. Prinsip kerja Sensor Ultrasonik



Gambar 2.11. Cara Kerja Sensor Ultrasonik

(sumber gambar : [https://www.mahirelektro.com/2020/11/cara-kerja-sensor-ultrasonik-dan-aplikasinya.html#google\\_vignette](https://www.mahirelektro.com/2020/11/cara-kerja-sensor-ultrasonik-dan-aplikasinya.html#google_vignette) )

Spesifikasi	Keterangan
Sensor Ultrasonik	Tipe HC – SR04
Tegangan <i>Input</i>	5 VDC
Arus statis	< 2 mA
Sudut sensor	< 15
Jarak yang dapat di deteksi	2 cm – 450 cm
Tingkat keakuratan	<i>Up to 0.3 cm</i>

Tabel 3. Spesifikasi Sensor Ultrasonik.

(sumber tabel : <https://www.nn-digital.com/blog/2019/07/31/cara-kerja-sensor-hc-sr04-dan-contoh-program-dengan-arduino/> )

Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip gelombang suara dengan frekuensi di atas batas pendengaran manusia ( $>20\text{ kHz}$ ). Sensor ini terdiri dari transduser ultrasonik yang mampu mengubah energi listrik menjadi gelombang ultrasonik dan sebaliknya.

Dalam praktiknya, sensor memancarkan pulsa gelombang ultrasonik ke arah objek, lalu menerima gelombang pantulan (*echo*) yang dipantulkan kembali dari permukaan objek tersebut.

- *Transmitter* : Memancarkan gelombang ultrasonik ke medium.
- *Receiver* : Mendeteksi gelombang pantulan dari objek.
- Pengukuran Jarak : Menghitung waktu tempuh gelombang (*time of flight/ToF*),

dengan rumus:

$$\text{Jarak} = \frac{v \times t}{2}$$

di mana  $v$  adalah kecepatan gelombang suara di medium, dan  $t$  adalah waktu pulang-pergi gelombang.

Gelombang ultrasonik dihasilkan dan dipancarkan ke lingkungan menggunakan piezoelectric transducer. Ketika gelombang tersebut mengenai permukaan suatu objek, gelombang akan dipantulkan kembali ke arah sensor. Karakteristik pantulan, baik kekuatan maupun polanya, sangat dipengaruhi oleh material dan tingkat kekasaran permukaan objek, sudut datang gelombang (apakah tegak lurus atau miring), serta jarak objek dari sensor. Sensor ultrasonik kemudian

mengubah gelombang pantul yang diterima menjadi sinyal listrik untuk selanjutnya dianalisis (Hamdi *et al.*, 2023).

Kecepatan gelombang ultrasonik di udara biasanya sekitar 343 *m/s* pada suhu 20°C, namun nilai ini dapat berubah tergantung pada suhu, tekanan, dan kelembapan udara. Sementara itu, di cairan atau padatan, gelombang ultrasonik bergerak jauh lebih cepat—misalnya, di air kecepatannya sekitar *m/s*, sedangkan di baja dapat mencapai 5.000 *m/s*. Karena faktor lingkungan sangat memengaruhi pengukuran, banyak sensor ultrasonik yang dilengkapi sensor suhu internal untuk melakukan koreksi otomatis terhadap data yang dihasilkan (Bizjan *et al.*, 2024).

## 2.10 Pompa Air DC

### 2.10.1 Pengertian Pompa Air DC



Gambar 2.12. Bentuk Pompa Air DC 12V

(Sumber gambar : <https://www.pipajaya.com/blog/pompa-air-dc/#gsc.tab=0>)

Pompa air DC merupakan jenis pompa yang bekerja dengan menggunakan sumber listrik arus searah (*Direct Current/DC*) sebagai daya utama. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sariman dan Muhammad Dwi Ariansyah (2021), pompa air DC didefinisikan sebagai pompa yang memanfaatkan energi listrik arus

searah untuk memindahkan air dari area yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Spesifikasi Pompa Air DC 12 V sebagai berikut :

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Dimensi	170 mm x 100 mm x 67 mm
Tekanan Maksimal	0.68 Mpa
Daya Maksimal	65 Watt
Ukuran Selang <i>in</i> dan <i>out</i>	3/8 <i>inch</i> atau 5/16 <i>inch</i>
<i>Voltage ( Direct Current)</i>	12 <i>Volt</i>
<i>MAX Flow</i>	4.0 L/Min

Tabel 4. Spesifikasi Pompa Air DC 12 V

(sumber table : <https://bibitbunga.com/product/pompa-air-high-pressure-dc-12v-mini-diap/Hragm-pump-tanpa-adaptor/>)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.1 Waktu Penelitian

Waktu yang akan dilaksanakan dalam pengerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan Penelitian	Bulan Ke											
		I				II				III			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Analisis kebutuhan dan perancangan	■	■										
2	Pengumpulan alat dan bahan		■	■									
3	Pembuatan alat			■	■								
4	Pengujian dan penyempurnaan alat					■	■						
5	Analisa cara kerja alat dan pengumpulan data							■	■				
6	Penulisan laporan									■	■	■	■

### 3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian dan pengujian alat ini dilaksanakan di:

Nama Tempat : CV. Johor Energy Engineering

Alamat : Jalan Karya Jaya, Kelurahan Kwala Bekala, Kecamatan Medan  
Johor, Kelurahan Pangkalan Mashyur, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara Kode  
Pos 20145

### 3.2 Metode *Fuzzy Sugeno*

#### 3.2.1 Pengertian Metode *Fuzzy Sugeno*

Metode Sugeno dalam sistem inferensi *Fuzzy* merupakan teknik yang menggunakan aturan *IF-THEN*, namun berbeda dari metode lain karena *output* atau konsekuennya tidak berbentuk himpunan *Fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Menurut Ahmad Azemi *et al.* (2019), logika *Fuzzy Sugeno* digunakan untuk menghasilkan keputusan tunggal atau crisp pada tahap *deFuzzifikasi*, dan pemilihannya bergantung pada domain permasalahan yang dihadapi. Proses dalam metode Sugeno meliputi tahap fuzzifikasi, penerapan rule atau aturan, *deFuzzifikasi*, hingga menghasilkan *output*.

Metode Sugeno memiliki kemiripan dengan metode Mamdani, tetapi perbedaan utamanya terletak pada *output* yang diberikan—bukan berupa himpunan *Fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Dalam metode Sugeno, terdapat dua model utama, yaitu model orde nol dan model orde satu. Model orde nol biasanya menghasilkan *output* berupa konstanta, sedangkan model orde satu menggunakan persamaan linier sebagai *output* nya :

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o } \dots \text{ o } (x_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } z = k$$

Keterangan :

### 1. Kondisi *Input* (IF Part)

- $(x_1 \text{ is } A_1), (x_2 \text{ is } A_2), \dots, (x_n \text{ is } A_n)$ : Bagian ini menyatakan kondisi atau aturan *Fuzzy* yang diambil dari *input* sistem  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ .
- $x_1, x_2, \dots, x_n$  adalah variabel *input* yang diterima oleh sistem. Setiap *input* memiliki nilai tertentu yang akan diproses.
- $A_1, A_2, \dots, A_n$  adalah himpunan *Fuzzy* atau kategori *Fuzzy* yang menggambarkan nilai-nilai dari *input* tersebut. Misalnya,  $A_1$  bisa menjadi himpunan *Fuzzy* seperti "rendah", "sedang", atau "tinggi".
- o (operator *Fuzzy*): biasanya digunakan untuk menggabungkan beberapa kondisi (misalnya menggunakan operator logika *AND* atau *OR*).
- *AND* (pertemuan): semua kondisi *input* harus terpenuhi.
- *OR* (gabungan): cukup satu kondisi *input* yang terpenuhi.

Contoh:

- $IF (x_1 \text{ is "rendah"}) \text{ AND } (x_2 \text{ is "tinggi"})$
- $IF (x_1 \text{ is "sedang"}) \text{ OR } (x_2 \text{ is "rendah"})$

### 2. Konsekuensi (Bagian *THEN*)

- $THEN z = k$ :

Bagian ini menunjukkan hasil atau *output* dari aturan *Fuzzy* yang berlaku ketika kondisi yang disebutkan dalam bagian "IF" terpenuhi.

- $z$  adalah *output* dari sistem *Fuzzy*. Dalam model Sugeno orde nol, *output*  $z$  adalah konstanta.
- $k$  adalah nilai konstanta yang diputuskan berdasarkan aturan yang ada. Jadi, pada orde nol, *output* tidak bergantung pada nilai *input* secara langsung, melainkan selalu menghasilkan nilai konstan yang telah ditetapkan dalam aturan.

Bentuk umum model *Fuzzy Sugeno* orde satu adalah :

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \text{ AND } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ AND } \dots \text{ AND } (x_n \text{ is } A_n) THEN z = p_1.x_1 + \dots + p_n.x_n + q$$

Keterangan :

1. *IF* ( $x_1$  is  $A_1$ ) *AND* ( $x_2$  is  $A_2$ ) *AND* ... *AND* ( $x_n$  is  $A_n$ ):

- Ini adalah bagian dari rule (aturan) dalam sistem logika *Fuzzy*. Setiap *input* ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) berasosiasi dengan himpunan *Fuzzy* tertentu ( $A_1, A_2, \dots, A_n$ ).
- Misalnya, untuk  $x_1$ , bisa jadi " $x_1$  is  $A_1$ " berarti nilai  $x_1$  berada dalam himpunan *Fuzzy*  $A_1$ , yang mungkin mengindikasikan bahwa  $x_1$  tergolong "rendah", "sedang", atau "tinggi".
- $A_1, A_2, \dots, A_n$  adalah himpunan *Fuzzy* yang merepresentasikan kategori atau klasifikasi tertentu dari *input*. Setiap  $x_i$  (*input*) diambil nilai dan derajat keanggotaan dalam himpunan  $A_i$ .

Contoh : Misalkan *input* nya adalah  $x_1$  (Sensor *pH*) dengan kategori "rendah", "sedang", atau "tinggi". Maka untuk aturan:

- $x_1$  is "sedang" berarti derajat keanggotaan  $x_1$  dalam himpunan "sedang" adalah tinggi.

- Jika ada banyak *input* ( $x_2, x_3, \dots$ ), masing-masing juga dapat dikategorikan ke dalam himpunan *Fuzzy* yang sesuai, seperti "rendah", "sedang", atau "tinggi".

2. *THEN*  $z = p_1 * x_1 + p_2 * x_2 + \dots + p_n * x_n + q$ :

- Ini adalah bagian dari *output* ( $z$ ) dari aturan *Fuzzy* yang menunjukkan hasil yang dihitung berdasarkan *input* yang diberikan.
- $z$  adalah *output* dari aturan *Fuzzy* yang dihitung menggunakan persamaan linear yang menggabungkan semua *input*.
- Setiap *input*  $x_i$  dikalikan dengan bobot  $p_i$  (koefisien). Jadi, untuk setiap *input*  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , ada bobot  $p_1, p_2, \dots, p_n$  yang menentukan kontribusi masing-masing *input* terhadap *output*  $z$ .
- Selain itu, ada  $q$ , yaitu konstanta yang menambahkan nilai tetap ke dalam persamaan. Konstanta ini berfungsi untuk mengatur bias dalam sistem.

### 3.2.2 Batasan *Fuzzy Sugeno* pada Penelitian

Batasan penggunaan metode *Fuzzy sugeno* diperlukan pada penelitian ini untuk menjaga kemurnian data yang akan diolah.

#### 1. Sensor *pH* (Tingkat Keasaman Air pada Irigasi)

- *Input*: Nilai *pH* air
- *Output*: Golongan *pH* (Asam, Normal, Basa)

#### A. Batasan:

- $pH < 6 \rightarrow$  Asam

- $6 \leq pH \leq 7 \rightarrow$  Normal
- $pH > 8 \rightarrow$  Basa

B. Fungsi Keanggotaan:

1. Asam:  $\mu_{\text{asam}}(pH) = \text{MAX}(0, \min((6 - pH) / 6, 1))$
2. Normal:  $\mu_{\text{normal}}(pH) = \text{MAX}(0, \min((pH - 6) / 1, (7 - pH) / 1))$
3. Basa:  $\mu_{\text{basa}}(pH) = \text{MAX}(0, \min((pH - 7) / 1, 1))$

C. Aturan *Fuzzy Sugeno*:

1. Jika  $pH$  Asam, maka  $output = 1$
2. Jika  $pH$  Normal, maka  $output = 2$
3. Jika  $pH$  Basa, maka  $output = 3$

2. Sensor Ultrasonik (Ketinggian Air)

- *Input*: Ketinggian air (dalam cm)
- *Output*: Sinyal untuk menghidupkan atau mematikan pompa air

A. Batasan:

- Ketinggian air sekitar 5 cm adalah level normal.
- Ketinggian air lebih dari 5 cm dianggap terlalu tinggi.
- Ketinggian air kurang dari 5 cm dianggap terlalu rendah.

B. Fungsi Keanggotaan:

1. Terlalu Rendah:  $\mu_{\text{rendah}}(\text{ketinggian}) = \text{MAX}(0, \min((5 - \text{ketinggian}) / 5, 1))$

2. Normal:  $\mu_{\text{normal}}(\text{ketinggian}) = \text{MAX}(0, \min((\text{ketinggian} - 2) / 1, (4 - \text{ketinggian}) / 1))$

3. Terlalu Tinggi:  $\mu_{\text{tinggi}}(\text{ketinggian}) = \text{MAX}(0, \min((\text{ketinggian} - 5) / 5, 1))$

C. Aturan *Fuzzy* Sugeno:

1. Jika ketinggian air terlalu rendah, maka *output* = 1 (hidupkan pompa)
2. Jika ketinggian air normal, maka *output* = 0 (matikan pompa)
3. Jika ketinggian air terlalu tinggi, maka *output* = -1 (matikan pompa)

3. Sensor Kelembaban Tanah Kapasitif

- *Input*: Nilai kelembaban tanah (%)
- *Output*: Sinyal untuk menghidupkan atau mematikan pompa air

A. Batasan:

- Kelembaban tanah < 30% → Hidupkan pompa
- Kelembaban tanah > 60% → Matikan pompa

B. Fungsi Keanggotaan:

1. Kering:  $\mu_{\text{kering}}(\text{kelembaban}) = \text{MAX}(0, \min((30 - \text{kelembaban}) / 30, 1))$

2. Cukup:  $\mu_{\text{cukup}}(\text{kelembaban}) = \text{MAX}(0, \min((\text{kelembaban} - 30) / 30, (60 - \text{kelembaban}) / 30))$

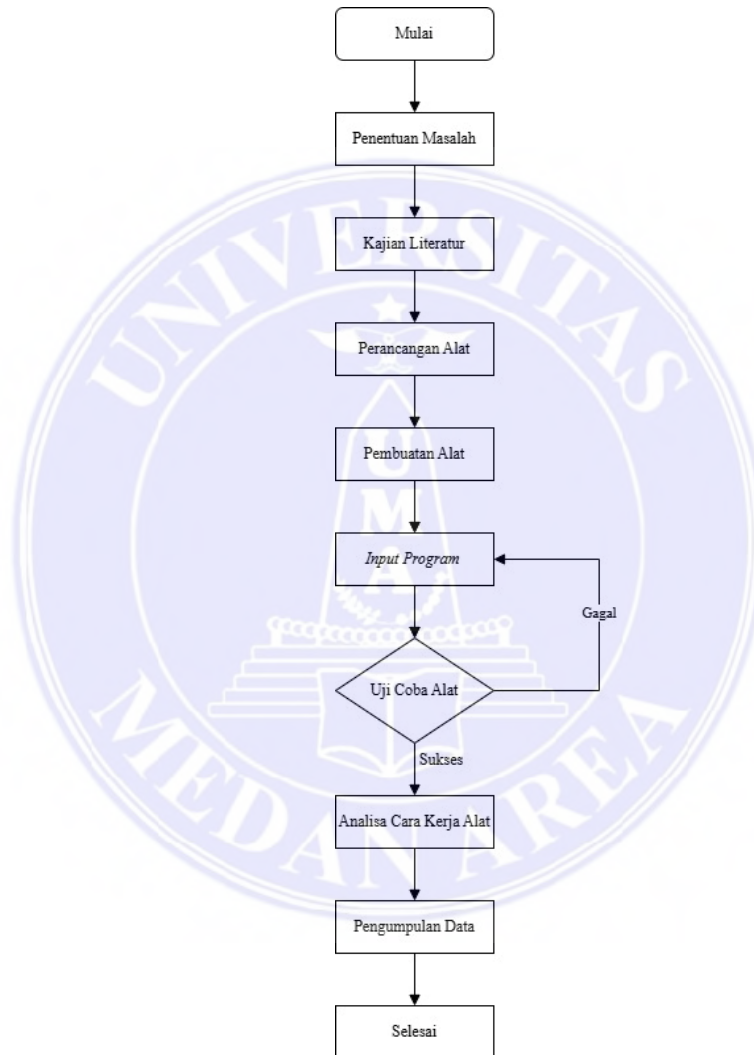
3. Basah:  $\mu_{\text{basah}}(\text{kelembaban}) = \text{MAX}(0, \min((\text{kelembaban} - 60) / 40, 1))$

C. Aturan *Fuzzy* Sugeno:

1. Jika kelembaban tanah kering, maka *output* = 1 (hidupkan pompa)

2. Jika kelembaban tanah cukup, maka *output* = 0 (matikan pompa)
3. Jika kelembaban tanah basah, maka *output* = -1 (matikan pompa)

### 3.3 Diagram Alur Penelitian



Gambar 2.13. Bentuk Diagram Alur Penelitian

Diagram alur penelitian berfungsi sebagai bentuk visual yang membantu merancang, merencanakan, dan menyampaikan tahapan penelitian dengan jelas.

Berikut Diagram Alur Penelitian yang akan di laksanakan :

### 3.3.1 Penentuan Masalah

Tahapan awal dalam pembuatan alat ini adalah mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi oleh petani sawah, khususnya mereka yang bertani di lahan rawa. Pada lahan sawah, sumber air pengairan bisa bersumber dari aliran sungai, waduk, maupun air dari curah hujan. Variasi sumber pengairan berikut menyebabkan mutu air sehingga masuk ke lahan tidak selalu dapat dikendalikan atau dipantau. Akibatnya, para petani sering mengalami kegagalan panen karena kandungan air yang masuk ke sawah tidak dapat diidentifikasi secara pasti. Selain itu, kegagalan panen juga kerap terjadi akibat aliran air yang tidak diatur dengan baik, khususnya terkait batas ketinggian air yang optimal untuk pertumbuhan padi. Kondisi ini dapat menyebabkan akar dan pangkal batang tanaman padi menjadi busuk, sehingga berdampak negatif pada hasil panen.

Pada praktiknya, petani biasanya mengatur pengairan lahan sawah secara manual dengan membuka dan menutup pintu irigasi sesuai kebutuhan. Untuk memeriksa ketinggian air yang telah dialirkan, para petani masih mengandalkan pengamatan visual secara langsung. Cara ini membuat akurasi dan ketepatan dalam mengelola kondisi lahan sawah menjadi kurang optimal. Selain itu, petani harus secara rutin memantau lahan mereka, yang pada akhirnya memerlukan lebih banyak waktu dan tenaga, sehingga efisiensi kerja mereka menjadi berkurang.

Untuk menjawab tantangan tersebut, peneliti mencoba mengembangkan sebuah prototipe perangkat yang berfungsi untuk memudahkan petani dalam proses pengairan lahan pertanian. ke lahan sawah dengan sistem otomatis dengan cara yang sangat modern dan memberikan hasil yang optimal. Inovasi ini memungkinkan pengelola sawah memantau kondisi air irigasi secara *real-time*

melalui *smartphone* mereka, sehingga mereka dapat mengetahui kualitas air sebelum dialirkan ke lahan. Selain itu, alat ini dapat menyalakan pompa secara otomatis untuk mengalirkan air dan memantau ketinggian air di sawah secara langsung. Sistem otomatis ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pekerjaan bertani dan menjadi daya tarik tersendiri, terutama bagi generasi muda yang tertarik untuk terjun ke dunia pertanian.

### 3.3.2. Kajian Literatur

Kajian literatur dilakukan dengan tujuan untuk mencari dan mempelajari berbagai penelitian atau teori yang telah ada sebelumnya, khususnya yang berkaitan dengan sistem pengairan sawah otomatis. Proses ini melibatkan penelusuran sumber-sumber seperti media cetak, buku, jurnal, dan referensi lainnya yang relevan, agar dapat membantu peneliti dalam merumuskan solusi atas permasalahan yang sedang diteliti.

### 3.3.3 Perancangan Alat

Setelah mempelajari berbagai referensi dari jurnal, buku, dan media cetak, langkah selanjutnya adalah merancang bentuk alat yang sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Dalam proses perancangan ini, penting untuk mempertimbangkan kondisi lahan sawah serta kekuatan tekstur tanah di area tersebut. Setelah konsep rancangan alat ditetapkan, proses dapat dilanjutkan dengan mencari komponen yang dibutuhkan dan melakukan desain alat secara detail.

### 3.3.4 Pembuatan Alat

Setelah seluruh alat dan komponen pendukung yang dibutuhkan telah tersedia, proses pembuatan alat dapat segera dimulai. Tahapan ini diawali dengan merakit sistem kontrol otomatis menggunakan NodeMCU yang telah dikombinasikan bersama sensor-sensor serta perangkat pendukung lainnya, kemudian diintegrasikan dengan aplikasi *Blynk*. Selanjutnya, dibuat rangka khusus sebagai tempat pemasangan panel surya 50 WP beserta komponen-komponen penunjangnya.

### 3.3.5 Input Program

Setelah semua alat dan komponen sistem kontrol otomatis, termasuk sensor dan perangkat pendukung lainnya, telah terpasang dengan baik, langkah berikutnya adalah melakukan proses penginputan program ke dalam *mikrokontroler* yang akan digunakan. Tahap ini penting untuk memastikan sistem dapat berjalan sesuai dengan fungsinya.

### 3.3.6 Uji Coba Alat

Setelah seluruh alat dan komponen sistem kontrol otomatis terpasang serta program telah berhasil diinput ke dalam *mikrokontroler*, langkah selanjutnya adalah melakukan uji coba alat melalui simulasi sederhana. Dalam tahap pengujian ini, biasanya akan muncul dua kemungkinan hasil yang dapat diamati:

1. Program mengalami kegagalan :

- Periksa kegagalan program dengan melakukan pengecekan ulang terhadap penempatan kabel atau *jumper* di setiap *pinMode* pada *mikrokontroller* dengan mencocokkan program
  - Periksa kekuatan kabel atau *jumper*, jangan sampai ada yang longgar, dari hal itu juga dapat membuat kegagalan program untuk tidak dapat membaca hasil pada alat.
2. Program berjalan dengan baik
- Dapat kembali dilakukan pemeriksaan ulang sebelum melakukan operasional alat dengan sepenuhnya.

### 3.3.7 Analisa Cara Kerja Alat

Setelah proses uji coba alat menunjukkan tingkat keberhasilan sesuai yang diharapkan, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap kinerja masing-masing komponen. Analisis ini bertujuan untuk memastikan setiap bagian dari sistem berfungsi dengan baik atau perlu dilakukan perbaikan lebih lanjut.

### 3.3.8 Pengambilan Data

Setelah analisis data dilakukan, langkah berikutnya adalah mengumpulkan hasil dari evaluasi kinerja alat. Data tersebut kemudian diolah dan dicatat secara sistematis agar dapat diterapkan guna memperoleh hasil sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

### 3.3.9 Perlengkapan dan Material

Perlengkapan dan Material yang akan digun akan ialah :

1. *Solar Panel Monocrystalline Silicon 50 WP*
2. *Solar Charge Controller (SCC)*
3. *Batrai Aki 12V*
4. *NodeMCU ESP - 8266*
5. *Sensor pH – 4502 C*
6. *Sensor Kelembaban Tanah Kapasitif*
7. *Sensor Ultrasonik HC – SR04*
8. *Relay*
9. *Kabel Jumper*
10. *Pompa Air 12V DC*
11. *Besi Hollow*
12. *Panel Box*
13. *Lem*
14. *Pipa kran*

### 3.4 Spesifikasi Alat dan Bahan

Berikut ini merupakan spesifikasi alat dan bahan yang akan digunakan :

Tabel 6. Spesifikasi alat dan bahan

No	Nama Komponen	Jumlah	Spesifikasi Alat	
			Spesifikasi	Keterangan
1.	NodeMCU – ESP 32	1 Buah	<i>Mikrokontroler</i>	Tensilica 32 bit RISC CPU Xtensa LX106
			Tegangan Operasi	3.3 V
			Tegangan Masukan	5 V
			Pin Digital I/O	34
			Pin Analog <i>Input</i>	18
			<i>Flash Memory</i>	4 MB
			SRAM	520 KB
			PCB	<i>Development Board</i>
			<i>Port</i>	<i>Micro USB</i>
2	Sensor <i>pH</i> – 4502C	1 Buah	Tegangan Operasi	5 V
			Rentang Pengukuran	0 – 14 <i>pH</i>
			Akurasi	±0.1 <i>pH</i>
			Suhu Operasi	0 – 80 ° <i>Celcius</i>
			Waktu Respon	± 60 Detik
3	Batrai Aki	1 Buah	Tegangan Nominal	12 Volt
			Kapasitas	50 Ah
			CCA	500 A
			Dimensi	242 x 175 x 190 mm
			Jenis Terminal	Flat
			Teknologi	AGM
4		1 Buah	Nilai Analog	0 – 1023

	Sensor Kelembaban Tanah Kapasitif		Tegangan Kerja	3.3 VDC – 5 VDC
			Keluaran	ADC ( <i>Analog to Digital Converter</i> )
5.	Sensor Ultrasonik	1 Buah	Tegangan Kerja	5 VDC
			Arus Kerja	20 Ma
			Jarak Pengukuran	2 cm – 400 cm
			Akurasi	$\pm 2$ mm
			Sinyal Keluaran	Pulsa Lebar ( <i>Pulse Width</i> )
			Frekuensi	40 kHz
6	<i>Solar Panel Monocrystalline Silicon</i>	1 Buah	Daya Puncak	50 Watt
			Tegangan Sirkuit Terbuka (Voc)	18 - 22 Volt
			Arus Pendek Sirkuit (Isc)	3 – 3.5 Ampere
			Faktor Daya	0.78
			Efisiensi	14% - 17%
			7	<i>Solar Charge Controller (SCC)</i>
Tegangan Batrai	12 V			
Efisiensi	98%			
8	<i>Relay</i>	2 Buah	Tegangan Operasi	5V DC
			Tegangan Aktif	3.3V DC – 5V DC
			Kapasitas Arus Beban	10 A
			Tegangan Beban AC	250V AC
			Tegangan Beban DC	30V DC
9	<i>Kabel Jumper</i>	36 buah	Tipe	<i>Female to Male</i>
			Panjang	20 cm

			Ukuran <i>pitch</i>	2.54 mm
10	Pompa Air DC	2 Buah	Tegangan Kerja	12 Volt
			Daya	22 W
			Aliran Air	800 L /Jam
			Kedalaman Air	5 Meter
11	Besi <i>Hollow</i>	4 batang	Panjang	150 cm
			Warna	Hitam
12	Panel <i>Box</i>	1 buah	Ukuran	30 cm x 40 cm x 18 cm
			Tebal Pat	0.8 cm

### 3.5 Anggaran Biaya

No	Alat dan Bahan – bahan	Estimasi Harga
1	NodeMCU – ESP 32	Rp.70.000
2	Sensor <i>pH</i> – 4502C	Rp.229.900
3	Sensor Kelembaban Tanah Kapasitif	Rp.10.900
4	Sensor Ultrasonik	Rp.15.000
5	<i>Solar Panel Monocrystalline Silicon 50 W</i>	Rp.225.000
6	Batrai Aki 12 V	Rp.178.000
7	<i>Solar Charge Controller (SCC)</i>	Rp.56.000
8	<i>Relay</i>	Rp.29.800
9	<i>Kabel Jumper</i>	Rp.45.900
10	Pompa Air DC 2 unit	Rp.244.000
11	Besi <i>Hollow</i> 4 x 4	Rp.400.000
12	Panel <i>Box</i>	Rp.47.000
<b>Jumlah</b>		<b>Rp. 1.782.500</b>

Tabel 7. Anggaran Biaya

### 3.6 Diagram Alir Cara Kerja Alat

Agar penelitian dapat lebih mudah dipahami dan diterapkan, penting untuk membuat diagram alir yang menjelaskan cara kerja alat secara sistematis. Diagram alir ini membantu peneliti maupun pengguna untuk memahami alur operasional alat serta memastikan alat dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

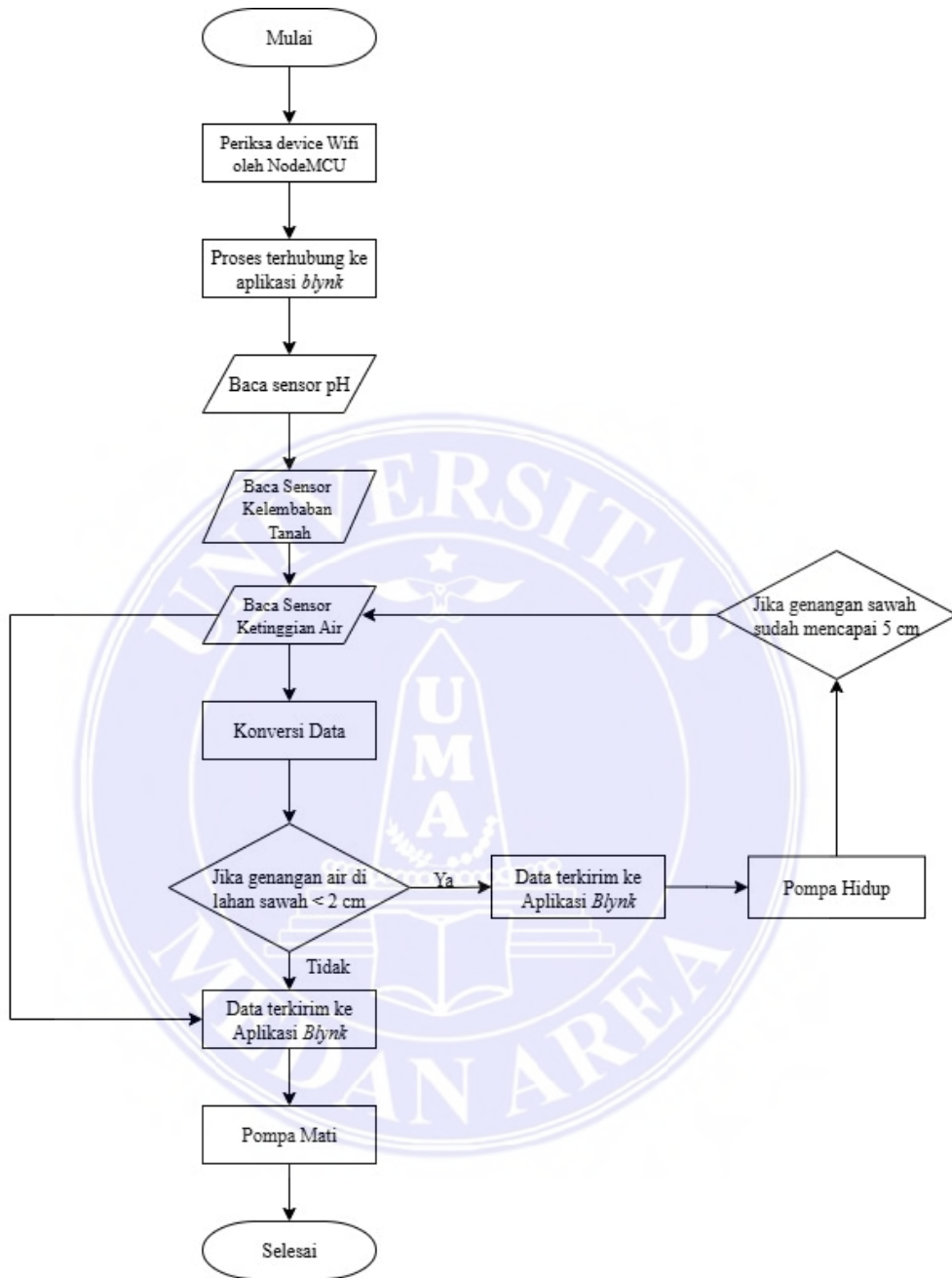
Dalam sistem yang dirancang, alat diharapkan memiliki dua fungsi utama: pertama,

sebagai pompa otomatis yang mengalirkan air ke lahan sawah; kedua, sebagai pengatur ketinggian air, di mana jika air di sawah melebihi 5 cm akibat hujan, pompa kedua akan membuang kelebihan air dan berhenti secara otomatis ketika ketinggian sudah kembali pada batas optimal.

Pada tahap awal yang digambarkan dalam diagram alir, modul ESP8266 dihubungkan terlebih dahulu ke jaringan internet. Setelah koneksi terjalin, pengaturan batas referensi elevasi air bisa diwujudkan dengan cara menekan tombol penetapan nilai acuan pada aplikasi di ponsel pintar. Instruksi dari *SmartPhone* ini akan dikirimkan ke ESP8266, yang kemudian merespons perintah tersebut dengan membaca data dari sensor ultrasonik. Selanjutnya, proses pengairan sawah akan berlangsung secara otomatis berdasarkan batas referensi elevasi air yang sudah diatur.

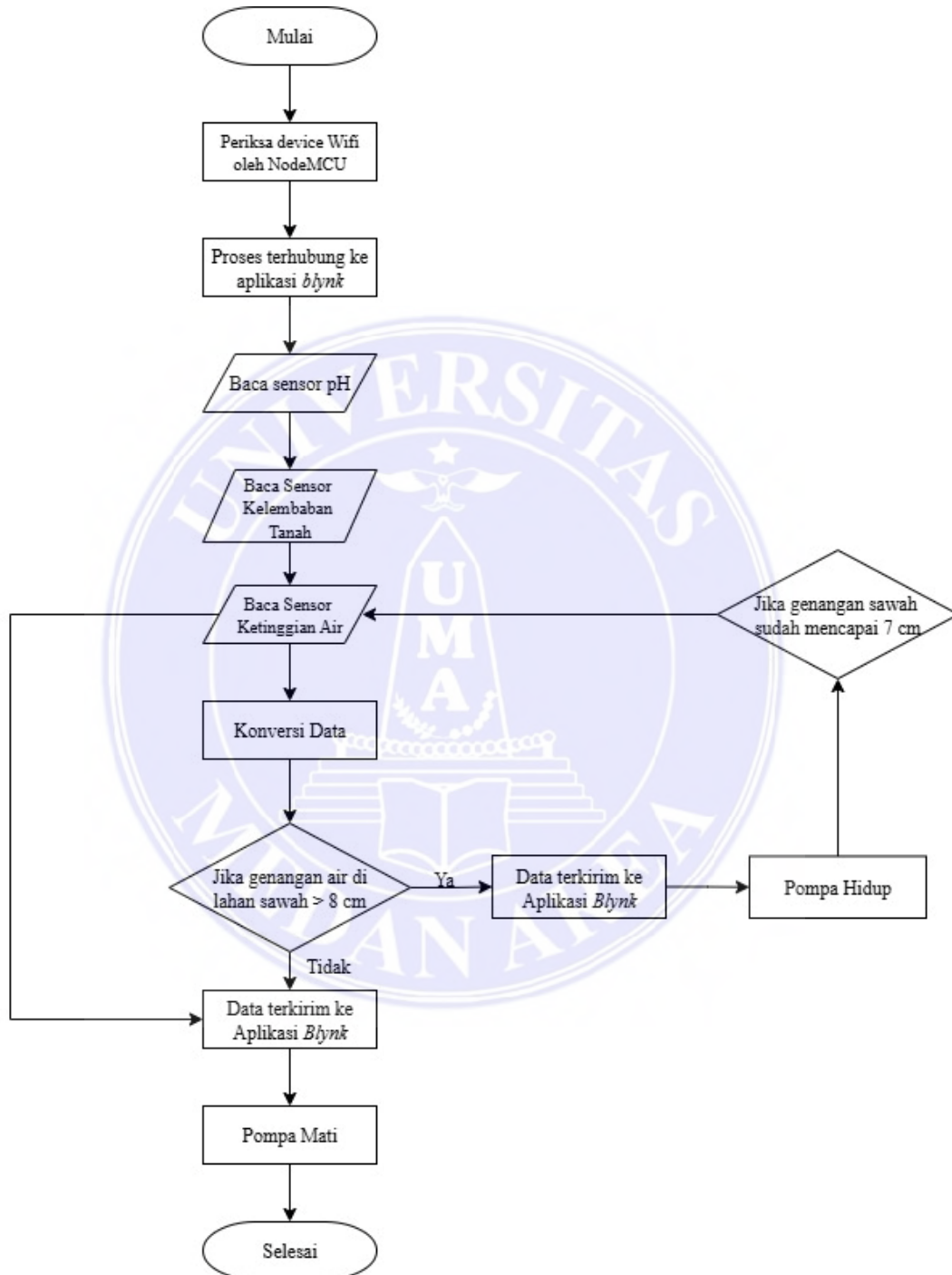
Berikut merupakan diagram alir yang menggambarkan mekanisme kerja perangkat pada sistem irigasi sawah berbasis otomatisasi :

1. Diagram alir cara kerja alat dengan fungsi memasukan air ke dalam lahan sawah.



Gambar 2.14. Bentuk Diagram Alur Cara Kerja Alat

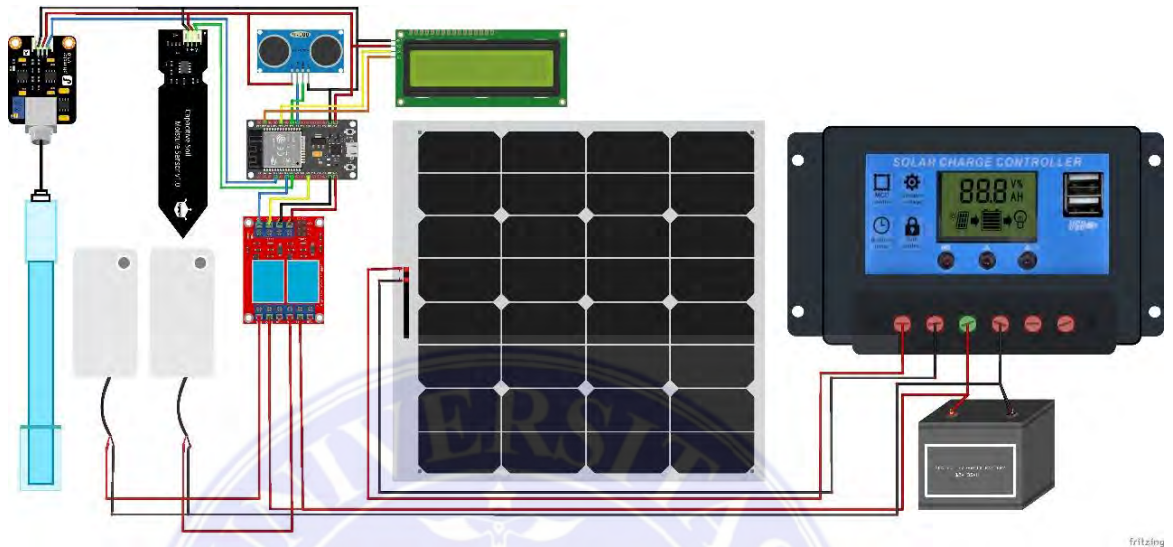
2. Diagram alir cara kerja alat kedua yang berfungsi untuk mengeluarkan air ketika air memiliki ketinggian di atas 5cm.



Gambar 2.15. Bentuk Diagram Alur Cara Kerja Alat

### 3.7 Perancangan Alat

Berikut hasil *Wiring* pada alat yang akan digunakan :



Gambar 2.16. *Wiring* pada alat

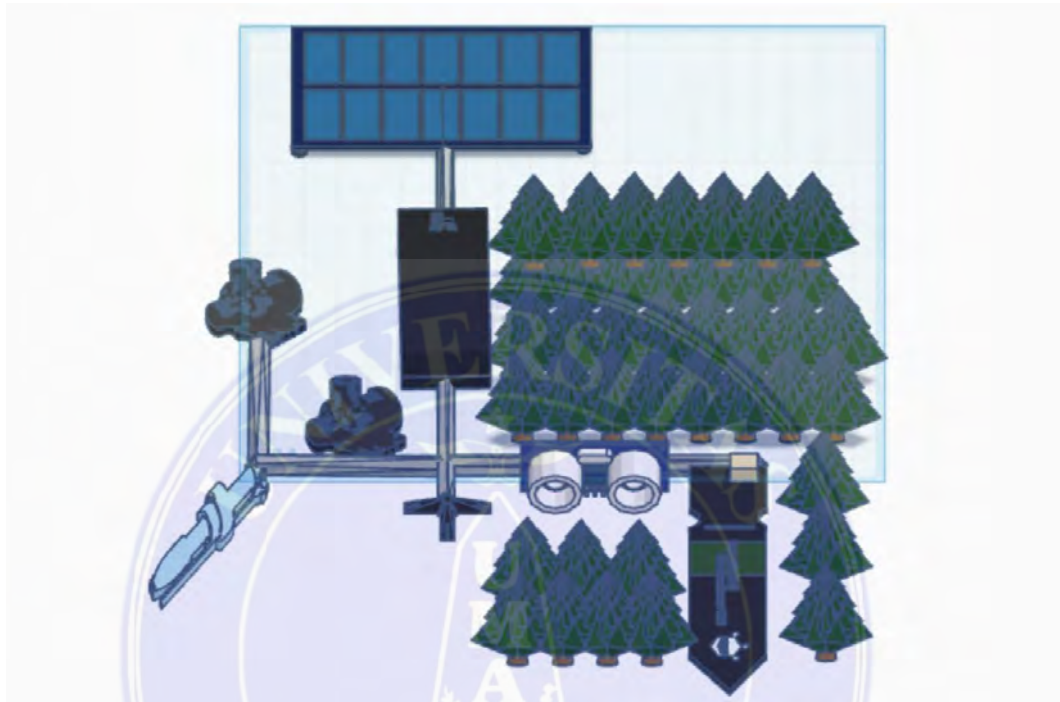
Berikut alur penjelasan pada *Wiring* alat di atas :

1. Panel Surya mengolah listrik dari sinar matahari dan menyalurkan arus ke *Solar Charge Controller*.
2. *Solar Charge Controller* berfungsi mengelola arus dari panel surya dan memasok daya baterai yang terhubung ke *controller*. *Controller* ini berfungsi untuk menghindari *overcharging* pada baterai.
3. Baterai berfungsi untuk menyimpan energi dan menyediakan daya ke seluruh sistem, termasuk *mikrokontroler* dan komponen lainnya.
4. NodeMCU digunakan sebagai *mikrokontroler* utama yang terhubung ke beberapa sensor dan *relay*. NodeMCU menerima daya dari baterai melalui rangkaian ini.

5. Sensor Ultrasonik (diletakkan di bagian atas) mengukur jarak atau ketinggian air dalam wadah atau sumber air, untuk mendeteksi apakah ketinggian air cukup.
6. Sensor Kelembaban *Kapasitif* Tanah (yang berbentuk persegi panjang hitam) diletakkan di dalam tanah untuk mendeteksi kadar kelembaban. Jika kelembaban di bawah ambang batas, maka NodeMCU akan memberikan sinyal kepada *user* melalui aplikasi *Blynk* untuk menyalakan pompa air.
7. Sensor *pH* (diletakkan di dalam air) berfungsi untuk mengukur tingkat keasaman atau kualitas air. Data dari sensor *pH* dikirim ke NodeMCU lalu di kirim kembali kepada *user* melalui aplikasi *Blynk* untuk memastikan kualitas air sebelum digunakan.
8. Relay digunakan sebagai saklar otomatis yang diaktifkan oleh NodeMCU untuk mengontrol pompa air. Jika kondisi dari sensor-sensor (seperti kelembaban tanah, ketinggian air, dan *pH* air) sesuai dengan kebutuhan, NodeMCU mengaktifkan relay untuk menyalakan pompa.
9. Pompa Air akan menyala dan mengalirkan air ke tanaman atau area lain sesuai kebutuhan, selama sensor-sensor memberikan sinyal yang sesuai di inginkan oleh *user*.

### 3.8 Sketsa Alat

Skema sistem alat pada penelitian ini berguna untuk mempermudah, memahami, dalam perancangan alat.



Gambar 2.17. Sketsa alat

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Rancang bangun sistem kontrol otomatis pompa air dan monitoring kualitas air rawa berbasis *IoT* dengan tenaga surya untuk irigasi pertanian menggunakan metode *Fuzzy Logic* telah berhasil diwujudkan dalam bentuk prototipe yang dapat digunakan di lingkungan lahan rawa yang difungsikan menjadi lahan pertanian. Sistem ini mampu melakukan pengendalian dan pemantauan kondisi lahan secara otomatis dan real-time.
2. Perangkat lunak yang dikembangkan pada sistem ini dapat memproses data dari sensor (*pH*, kelembaban tanah, dan ketinggian air), lalu menghasilkan keputusan pengaktifan atau pemutusan pompa air secara otomatis berdasarkan algoritma *Fuzzy Logic*. Hal ini memastikan proses pengairan berjalan lebih efisien, presisi, dan sesuai dengan kebutuhan aktual lahan.
3. Kinerja sistem terbukti efektif dan efisien dalam melakukan otomatisasi pengairan dan monitoring kualitas air rawa. Integrasi teknologi *Internet Of Things (IoT)* memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem dari jarak jauh, sedangkan penggunaan tenaga surya membuat sistem dapat beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada listrik PLN. Secara keseluruhan, sistem ini sangat mendukung produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan dalam pengelolaan irigasi pertanian modern, khususnya di lahan rawa.

## 5.2 Saran

1. Untuk menghadapi era pertanian presisi, pengembangan sistem irigasi otomatis sebaiknya diarahkan untuk dapat mengumpulkan data secara masif (big data) dan terintegrasi dengan kecerdasan buatan. Ini akan memungkinkan sistem belajar dari data historis serta prediksi cuaca, sehingga pengambilan keputusan irigasi dapat semakin optimal dan adaptif terhadap perubahan iklim.
2. Sistem perlu didesain agar mampu beradaptasi dengan pola cuaca yang semakin tidak menentu akibat perubahan iklim. Pengembangan modul prediksi musim dan deteksi dini kekeringan atau banjir sangat disarankan untuk meningkatkan resiliensi sistem irigasi di masa depan.
3. Tantangan ke depan adalah penerapan sistem ini di daerah yang infrastruktur internet atau listriknya masih terbatas. Disarankan mengembangkan sistem hybrid *IoT* dengan komunikasi berbasis *LoRa*, *GSM*, atau bahkan satelit, sehingga dapat menjangkau wilayah-wilayah yang sulit diakses.
4. Tantangan terbesar bukan hanya teknologi, namun juga kesiapan sumber daya manusia. Diperlukan program pelatihan, pendampingan, dan penguatan literasi digital bagi petani agar mereka mampu memanfaatkan, merawat, dan mengembangkan sistem otomatis ini secara mandiri dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, D. F., Yuniahastuti, I. T., & Sari, C. (2024). Perancangan sistem monitoring panel surya berbasis *IoT* menggunakan *Blynk*. *Jurnal ELECTRA: Electrical Engineering Articles*, 5(1), 57–64.
- Ambarita, J., Ardianto, P. R., & Wibowo, A. S. (2019). Rancang Bangun Prototipe Smarthome Berbasis *Internet Of Things (IoT)* Menggunakan Aplikasi *Blynk* dengan Modul ESP 8266. *e-Proceeding of Engineering*, 6(2).
- Ansari, H., Istiarto, M., & Wignyosukarto, B. S. (2023). Manajemen Tata Air Mikro Blok A5 Daerah Irigasi Rawa Dadahup. Universitas Gadjah Mada. <http://etd.repository.ugm.ac.id>
- Bakhtiar, & Tadjuddin. (2020). Pemilihan *Solar Charge Controller (SCC)* Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2020*, 168-173.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Luas Panen Dan Produksi Padi Di Indonesia 2023*. <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2024/03/01/2375/pada-2023--luas-panen-padi-mencapai-sekitar-10-21-juta-hektare-dengan-produksi-padi-sebesar-53-98-juta-ton-gabah-kering-giling--gkg-.html>
- Bayu Setia, A., & Agus Ramadan. (2019). Penerapan Logika *Fuzzy* pada Sistem Cerdas. *Jurnal Sistem Cerdas*, 2(1), 61-66.
- Bizjan, B., Hočevár, M., Kolbl Repinc, S., & Rak, G. (2024). On the effect of aeration on laser ranging measurements of free water surface. *Flow Measurement and Instrumentation*, 95,

102502.<https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2023.102502>

Cahyani, S. E., Rohana, T., & Lestari, S. A. P. (2023). Implementasi *Fuzzy logic* pada sistem pengairan sawah dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air berbasis *IoT*. *Infotech: Jurnal Informatika & Teknologi*, 4(1), 37–46. <https://doi.org/10.37373/infotech.v4i1.496>

Eka Widastra, C., Gunadi, I. G. A., & Divayana, D. G. H. (2021). Perbandingan *Fuzzy Tsukamoto*, Mamdani, dan Sugeno dalam penentuan hari baik pernikahan berdasarkan wariga menggunakan confusion matrix. *Jurnal Ilmu Komputer Indonesia*, 6(2), 14–22.

Giusti, A., & Pretti, L. (2021). The *pH* glass electrode: Past, present, and future. *Chemosensors*, 9(2), 33. <https://www.mdpi.com/2227-9040/9/2/33>

Habibi, M. A., Prastyo, B., Zulkarnain, A. Z. A., Ni'am, F., & Hidayati, B. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Air Irigasi Berbasis *Internet Of Things* Pada Pompa Air Bertenaga Surya. *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat 2021*, Jakarta, 21 Oktober 2021.

Hamdi, M., Suryana, N., & Fattah, A. (2023). Acoustic wave reflection in water affects underwater wireless sensor networks. *Sensors*, 23(11), 5108. <https://doi.org/10.3390/s23115108>

Indah Purnama Sari, Ismail Hanif Batubara, Mhd. Basri, & Al Hamidy Hazidar. (2022). Implementasi *Internet Of Things* Berbasis Website dalam Pemesanan Jasa Rumah Service Teknisi Komputer dan Jaringan Komputer. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. <https://ilmubersama.com>

- Iqsyahiro, K. A., & Ipam, F. A. (2022). Perancangan Sistem Irigasi Berbasis *IoT* pada Sawah Padi di Kecamatan Wangon, Kabupaten Banyumas. *LEDGER: Journal Informatic and Information Technology*, 1(3), 104-112. <https://doi.org/10.20895/LEDGER.V1I3.736>
- Jagat, L., Sundari, E. M., & Hidayat, M. N. (2023). Implementasi Open Source untuk Web Interface pada Sistem Monitoring dan Kontrol Mini Greenhouse Pembibitan Kopi. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (SEHATI ABDIMAS)*, 5(1).
- Karismawati, A., Sukmono, A., & Sasmito, B. (2019). Analisis Perbandingan Identifikasi Kekeringan Lahan Sawah Metode Drought Index dan Vegetation Index pada Citra Landsat 8 (Studi Kasus: Kabupaten Kendal, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(4), 21-30. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2019.25141>
- Mandala, J. F., Galla, W. F., & Likadja, F. J. (2022). Pemanfaatan pompa hidram dengan aliran air dari kali dendeng untuk budidaya sayuran di pekarangan rumah di kelurahan fontein. *Jurnal TEKMAS*, 2(1), 35-39. <https://ejournal.undana.ac.id/index.php/TekMas/article/view/7437>
- Mufida, E., Anwar, R. S., Khodir, R. A., & Rosmawati, I. P. (2020). Perancangan Alat Pengontrol *pH* Air Untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno. *INSANtek – Jurnal Inovasi dan Sains Teknik Elektro*, 1(1).
- Mujadin, A., Astharini, D., & Octarina, N. S. (2017). Prototipe Pengendalian *pH* dan Elektro Konduktivitas Pada Cairan Nutrisi Tanaman Hidroponik. *Jurnal Alazhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 4(1), 2–7.

- Muzni Sahar, M., Hayati, M., Syahrizal, S., Gunawan, A., & Alfizah, A. (2024). Rancang Bangun Trainer PLTS On Grid dan Off Grid Sebagai Penunjang Praktikum. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 6(3), 385-394. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i3.1373>
- Pratama, D., & Asnil, A. (2021). Sistem Monitoring Panel Surya Secara Realtime Berbasis Arduino Uno. *MSI Transaction on Education*, 2(1), 19-32. <https://doi.org/10.46574/mted.v2i1.46>
- Rejekiningrum, P., & Kartiwa, B. (2020). Pengembangan sistem irigasi pompa tenaga surya hemat air dan energi untukantisipasi perubahan iklim di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 41(2), 159–171. <https://doi.org/10.21082/jti.v41n2.2017.159-171>
- Sariman, & Ariansyah, M. D. (2021). Analisa Performa Pompa Air DC 12V 42 Watt Terhadap Variasi Kedalaman Pipa Menggunakan Baterai Sebagai Sumber Energi dan Matahari. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(6).
- Saskia Eka Cahyani, S. E., Rohana, T., & Lestari, S. A. P. (2023). Implementasi *Fuzzy logic* pada sistem pengairan sawah dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air berbasis *IoT*. *Infotech: Jurnal Informatika & Teknologi*, 4(1), 37–46.
- Wilianto, & Kurniawan, A. (2018). Sejarah, cara kerja dan manfaat *Internet Of Things*. *Jurnal Matrix*, 8(2), 36-39.

## LAMPIRAN

Kode Program Pada Sistem.

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6F9qbkQcC"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Monitor Sawah"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "H8OdRKJLakPetGH3pYKims115jj9BZHI"

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Ultrasonic.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <WiFi.h>

// Deklarasi Pin untuk ESP32
#define TRIG_PIN 14
#define ECHO_PIN 12
#define RELAY1_PIN 4
#define RELAY2_PIN 2
#define SOIL_SENSOR_PIN 34
#define PH_SENSOR_PIN 35

//inisialisasi delay blynk
BlynkTimer timer;

// Inisialisasi sensor jarak
Ultrasonic ultrasonic(TRIG_PIN, ECHO_PIN);

// Inisialisasi LCD
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // 16 kolom, 2 baris

// Info Wi-Fi
```

```
const char* ssid = "wifi-IoT";
const char* password = "password-IoT";

// Kalibrasi pH sensor
float PH4 = 3.3;
float PH7 = 2.5;

// Ambang batas kelembapan
const int thresholdWet = 60;
const int thresholdDry = 20;

// Variabel kontrol manual & mode
bool relayManualControl1 = false;
bool relayManualControl2 = false;
bool autoMode = true;

String phStatus;
float soilPercent;
float PHValue;
float ketinggian_air = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Sistem Pompa Air");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Memulai...");

  pinMode(RELAY1_PIN, OUTPUT);
```

```

pinMode(RELAY2_PIN, OUTPUT);
pinMode(SOIL_SENSOR_PIN, INPUT);
pinMode(PH_SENSOR_PIN, INPUT);

digitalWrite(RELAY1_PIN, HIGH);
digitalWrite(RELAY2_PIN, HIGH);

Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, password);
timer.setInterval(5000L, myTimer);
}

void loop() {

// === sensor ultrasonic ===
long dist = ultrasonic.read(); // ubah angka 30 sesuai ketinggian ladang
int distance = 34 - dist;
ketinggian_air = distance;

// === Sensor Kelembapan ===
int soilAnalog = analogRead(SOIL_SENSOR_PIN);
int soilInverted = 4095 - soilAnalog;
soilPercent = (soilInverted / 4095.0) * 100.0;

// === Sensor pH ===
int phAnalog = analogRead(PH_SENSOR_PIN);
float teganganPH = (3.3 / 4095.0) * phAnalog;
float PH_step = (PH4 - PH7) / 3.0;
PHValue = 7.00 + ((PH7 - teganganPH) / PH_step);

if (PHValue < 6.0) {

```

```
    phStatus = "Asam";
} else if (PHValue > 7.5) {
    phStatus = "Basa";
} else {
    phStatus = "Normal";
}

// Debug
Serial.print("Jarak: ");
Serial.print(distance);
Serial.print(" cm | Kelembapan: ");
Serial.print(soilPercent);
Serial.print("% ");
Serial.print("pH: ");
Serial.print(PHValue, 2);
Serial.print(" ");
Serial.print(phStatus);
Serial.println("");

// === Tampilkan di LCD ===
static unsigned long lastUpdate = 0;
if (millis() - lastUpdate >= 1000) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Kelembapan:");
    lcd.print((int)soilPercent);
    lcd.print("% ");

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("PH:");
    lcd.print(PHValue, 1);
```

```
lcd.print(" ");  
lcd.print(phStatus);  
lastUpdate = millis();  
}  
  
// === Mode Otomatis ===  
if (autoMode) {  
  if (!relayManualControl1) {  
    if (distance <= 2) {  
      digitalWrite(RELAY1_PIN, LOW);  
    } else if (distance >= 5) {  
      digitalWrite(RELAY1_PIN, HIGH);  
    }  
  }  
}  
  
if (!relayManualControl2) {  
  if (distance >= 9) {  
    digitalWrite(RELAY2_PIN, LOW);  
  } else if (distance <= 6) {  
    digitalWrite(RELAY2_PIN, HIGH);  
  }  
}  
}  
  
// === Kirim ke Blynk ===  
  
Blynk.run();  
timer.run();  
delay(500); // Delay ringan  
}
```

```

void myTimer() {
  Blynk.virtualWrite(V3, soilPercent); // Nilai kelembapan (%)
  Blynk.virtualWrite(V4, PHValue);    // Nilai pH
  Blynk.virtualWrite(V5, pHStatus);   // Status pH
  Blynk.virtualWrite(V6, autoMode ? "Otomatis" : "Manual");
  Blynk.virtualWrite(V7, ketinggian_air);
}

// === Relay 1 manual ===
BLYNK_WRITE(V1) {
  int pinValue = param.asInt();
  if (pinValue == 1) {
    digitalWrite(RELAY1_PIN, LOW);
    relayManualControl1 = true;
    Serial.println("Relay 1 ON (Manual)");
  } else {
    digitalWrite(RELAY1_PIN, HIGH);
    relayManualControl1 = false;
    Serial.println("Relay 1 OFF (Manual)");
  }
}

// === Relay 2 manual ===
BLYNK_WRITE(V2) {
  int pinValue = param.asInt();
  if (pinValue == 1) {
    digitalWrite(RELAY2_PIN, LOW);
    relayManualControl2 = true;
    Serial.println("Relay 2 ON (Manual)");
  } else {
    digitalWrite(RELAY2_PIN, HIGH);
    relayManualControl2 = false;
  }
}

```

```
Serial.println("Relay 2 OFF (Manual)");  
}  
}  
  
// === Mode Otomatis / Manual ===  
BLYNK_WRITE(V0) {  
  int mode = param.asInt();  
  autoMode = !mode;  
  Serial.println(autoMode ? "Mode: OTOMATIS" : "Mode: MANUAL");  
}
```

