

**SISTEM KONTROL DAN MONITORING HIDROPONIK
BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY LOGIC CONTROL* (FLC)**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh:

Alvin Yeheskiel Roison Harahap NIM: 1052203

Lidwina Sekliadinda NIM: 1052245

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2025

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR
SISTEM KONTROL DAN MONITORING HIDROPONIK BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN METODE FUZZY
LOGIC CONTROL (FLC)

Oleh:

Alvin Yeheskiel Roison Harahap/1052203

Lidwina Sekliadinda/1052245

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



Indra Dwisaputra, S.ST., M.T.

Penguji 1



Aan Febriansyah, S.ST., M.T.

Pembimbing 2



Laily Muharani, S.P., M.Si.

Penguji 2



Priestiani, S.P., M.P.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Alvin Yeheskiel Roison Harahap NIM: 1052203

Nama Mahasiswa 2 : Lidwina Sekliadinda NIM: 1052245

Dengan Judul : Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik Berbasis
*Internet Of Things (IOT) Menggunakan Metode Fuzzy
Logic Control (FLC)*

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 12 Juli 2025

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Alvin Yeheskiel Roison Harahap



.....

2. Lidwina Sekliadinda



.....

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan zaman dimana semakin meningkatnya kebutuhan pangan namun semakin turunnya produktivitas pertanian akibat degradasi lahan ditambah dengan semakin banyaknya aktifitas tambang, industri, dan aktifitas lain yang dapat merusak kondisi lingkungan sehingga kegiatan pertanian semakin sulit dan akan menurun. Maka solusi modern untuk permasalahan kegiatan bercocok tanam adalah melakukan kegiatan budidaya hidroponik yang melakukan budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah melainkan menggunakan media kerikil, rockwool yang dialiri oleh air yang kaya nutrisi dan memenuhi kebutuhan tanaman. Namun pada budidaya hidroponik ini harus selalu dilakukan monitoring dan kontrol yang intens agar kondisi air yang dibutuhkan tanaman dapat terpenuhi. Maka dari itu dibutuhkan alat yang dapat digunakan untuk memonitoring dan kontrol pada parameter air hidroponik agar hasil menjadi efisien. Dalam penelitian ini fuzzy logic control menjadi logika yang akan mengatur tingkat pH kemudian logika sederhana untuk kontrol TDS dan suplai air. Monitoring dan kontrol manual dilakukan tidak hanya melalui panel melainkan dapat dilakukan secara jarak jauh melalui Internet of Things (IoT). Dari alat yang telah dibuat, didapat hasil perolehan waktu eksekusi 12.83 menit dengan rata-rata error pada hasil akhir eksekusi terhadap setpoint yaitu pH 0.74%, TDS 1 11.79%, TDS 2 6.71%, dan ketinggian air 1.52%, yang dimana pada sistem kontrol dan monitoring otomatis alat ini dapat dilakukan dengan baik dan efisien dari pada budidaya hidroponik secara tradisional.

Kata kunci: Fuzzy Logic Control, Hidroponik, Internet of Things

ABSTRACT

As the world evolves, the demand for food continues to rise, yet agricultural productivity is declining due to land degradation, compounded by increasing mining, industrial, and other activities that harm the environment, making farming increasingly challenging and likely to decline further. Therefore, a modern solution to the challenges of agricultural activities is to adopt hydroponic cultivation, which involves growing plants without soil, instead using media such as gravel or rockwool that are continuously supplied with nutrient-rich water to meet the plants' needs. However, hydroponic cultivation requires constant monitoring and control to ensure optimal results. Therefore, a device is needed to monitor and control hydroponic parameters to ensure efficient results. In this study, fuzzy logic control is used to regulate pH levels, while a simple logic system is employed for TDS control and water supply. Monitoring and control can be performed not only through a panel but also remotely via the Internet of Things (IoT). From the device developed, the execution time was 12.83 minutes, with an average error in the final execution results relative to the setpoint: pH 0.74%, TDS 1 11.79%, TDS 2 6.71%, and water level 1.52%. This demonstrates that the automatic control and monitoring system can be implemented effectively and efficiently.

Keywords: Fuzzy Logic Control, Hydroponics, Internet of Things

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir yang berjudul **“SISTEM KONTROL DAN MONITORING HIDROPONIK BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)* MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC CONTROL (FLC)*”** dengan baik dan tepat waktu. Laporan Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma IV Teknik Elektronika Jurusan Rekayasa Elektro dan Industri Pertanian, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Laporan Proyek Akhir ini berisikan hasil penelitian yang penulis laksanakan selama program Proyek Akhir berlangsung. Selama menyusun Laporan Proyek Akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan berupa bimbingan, dorongan, semangat, nasehat, petunjuk, dan kerjasama dari berbagai pihak sehingga penulisan laporan ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, perhatian serta dukungan baik moral maupun material sehingga penulis dapat memberikan hasil yang terbaik.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Indra Dwisaputra, S.ST., M.T. selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam mengarahkan proses perencanaan dan pembuatan alat serta penulisan laporan proyek akhir ini.
4. Ibu Laily Muharani, S.P., M.Si. selaku pembimbing 2 yang telah memberikan saran-saran dan solusi dari masalah-masalah yang dihadapi selama proses perencanaan dan pembuatan alat serta penyusunan laporan.
5. Bapak Zanu Saputra, S.ST., M.Tr.T. selaku Ketua Jurusan Rekayasa Elektro dan Industri Pertanian Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

6. Bapak Aan Febriansyah, S.ST., M.T. selaku Koordinator Program Studi D-IV Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
7. Seluruh staf pengajar dan instruktur di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Rekan-rekan mahasiswa tingkat akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
9. Sahabat dan teman-teman penulis yang telah ikut mendukung dan memberikan bantuan serta masukan dalam pembuatan Proyek Akhir ini.
10. Pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Proyek Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan karena terbatasnya pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi perbaikan dan pengembangan penulisan Laporan Proyek Akhir ini. Penulis berharap Laporan Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak yang berkepentingan pada khususnya dan bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada umumnya.

Sungailiat, 12 Juli 2025

Hormat Kami,

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Hidroponik	5
2.2 <i>Internet of Things</i> (IoT).....	6
2.3 <i>Fuzzy Logic Control</i>	7
2.3.1 Metode <i>Fuzzy Mamdani</i>	8
2.4 Arduino Uno R3	9
2.5 ESP32.....	10

2.6	Sensor TDS DFRobot	11
2.7	Sensor PH 4502C	12
2.8	Sensor Suhu DS18B20	13
2.9	Sensor Ultrasonik HC-SR04	13
2.10	Relay 6 <i>Channel</i>	14
2.11	Pompa Air Mini DC 12V	15
2.12	Pompa Air DC 12V	16
2.13	<i>Solenoid Valve</i> 5V	16
BAB III METODE PELAKSANAAN.....		18
3.1	Studi Literatur	19
3.2	Perancangan Rangkaian Elektronika.....	19
3.3	Perancangan Program Alat (<i>Software</i>).....	20
3.4	Kalibrasi dan Pengujian Sensor	21
3.5	Pengujian Mikrokontroler Dan Komponen Elektronik Lainnya.....	21
3.6	Perancangan Sistem Otomasi Kontrol Menggunakan <i>Fuzzy Logic</i>	21
3.7	Perancangan Sistem Monitoring	22
3.8	Perancangan Aplikasi IoT	22
3.9	Pengujian Alat Dan Sistem Keseluruhan	23
3.9.1	Pengujian Sistem Otomasi	24
3.9.2	Pengujian Sistem Kontrol dan Monitoring IoT.....	25
3.9.3	Pengujian Sistem Manual Pada Panel.....	26
3.10	Analisis Data	26
3.11	Pembuatan Laporan Akhir.....	27
BAB IV PEMBAHASAN.....		28
4.1	Deskripsi Alat.....	28

4.2	Perakitan Rangkaian Elektronika	29
4.3	Kalibrasi dan Pengujian Sensor	30
4.3.1	Kalibrasi dan Pengujian Sensor pH 4502C	30
4.3.1.1	Kalibrasi Sensor pH 4502C	30
4.3.1.2	Pengujian Sensor pH 4502C	32
4.3.2	Kalibrasi dan Pengujian Sensor TDS DFRobot	34
4.3.2.1	Kalibrasi Sensor TDS TDSRobot	34
4.3.2.2	Pengujian Sensor TDS DFRobot	36
4.3.3	Kalibrasi dan Pengujian Sensor Suhu DS18B20	39
4.3.3.1	Kalibrasi Sensor Suhu DS18B20	40
4.3.3.2	Pengujian Sensor Suhu DS18B20	40
4.3.4	Kalibrasi dan Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04	42
4.3.4.1	Kalibrasi Sensor Ultrasonik HC-SR04	42
4.3.4.2	Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04	43
4.4	Pengujian Sensor pH, TDS, dan Suhu	45
4.5	Pengujian Pompa Air, <i>Solenoid Valve</i> , dan <i>Mixer</i>	46
4.6	Perancangan Sistem <i>Fuzzy Logic Control</i>	46
4.6.1	Pembentukan Himpunan <i>Fuzzy</i> (Fuzzifikasi)	47
4.6.1.1	Fungsi Keanggotaan <i>Input</i>	47
4.6.1.2	Fungsi Keanggotaan <i>Output</i>	48
4.6.2	Aplikasi Fungsi Implikasi (<i>Fuzzy Inference Rules</i>)	49
4.6.3	Defuzzifikasi	50
4.6.4	Pengujian Sistem <i>Fuzzy Logic</i> Secara Langsung	50
4.7	Pengujian Sistem Kontrol Manual Dengan <i>Push Button</i> Pada Panel ...	52
4.8	Pengujian Aplikasi <i>Internet of Things</i> (IoT)	53

4.9	Pengujian Alat dan Sistem Keseluruhan	57
BAB V PENUTUP		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....		62
LAMPIRAN 1 DAFTAR RIWAYAT HIDUP		66



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Pengujian Sensor pH 4502C	32
Tabel 4. 2 Data Pengujian Sensor TDS 1 dan TDS 2	37
Tabel 4. 3 Data Pengujian Sensor Suhu DS18B20	41
Tabel 4. 4 Data Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	43
Tabel 4. 5 Pengujian Sensor pH, Sensor TDS, dan Sensor Suhu Bersamaan	45
Tabel 4. 6 Perbandingan Simulasi <i>Output</i> Matlab Dengan <i>Output</i> Arduino.....	50
Tabel 4. 7 Data Implementasi <i>Fuzzy Logic</i> Terhadap Sistem	51
Tabel 4. 8 Pengujian Sistem Kontrol Manual Dengan <i>Push Button</i> Pada Panel...	52
Tabel 4. 9 Pengujian Kontrol Pada <i>Blynk</i>	56
Tabel 4. 10 Kondisi Sebelum Eksekusi.....	58
Tabel 4. 11 Kondisi Setelah Eksekusi	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hidroponik	6
Gambar 2. 2 <i>Internet of Things</i> (IoT).....	7
Gambar 2. 3 Arduino Uno R3	10
Gambar 2. 4 ESP32	11
Gambar 2. 5 Sensor TDS DFRobot.....	11
Gambar 2. 6 Sensor pH 4502C	12
Gambar 2. 7 Sensor Suhu DS18B20	13
Gambar 2. 8 Sensor Ultrasonik HC–SR04.....	14
Gambar 2. 9 Relay 6 <i>Channel</i>	15
Gambar 2. 10 Pompa Mini DC 12V.....	16
Gambar 2. 11 Pompa Air DC 12V	16
Gambar 2. 12 <i>Solenoid Valve</i> 5V	17
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Pelaksanaan Pembuatan Proyek Akhir	18
Gambar 3. 2 Rancangan Rangkaian Elektronika	20
Gambar 3. 3 Tampilan Pada Aplikasi <i>Blynk</i>	23
Gambar 3. 4 <i>Flowchart</i> Sistem Otomasi.....	24
Gambar 3. 5 <i>Flowchart</i> Sistem Kontrol dan Monitoring IoT	25
Gambar 3. 6 <i>Flowchart</i> Sistem Manual Pada Panel	26
Gambar 4. 1 Blok Diagram Alat	28
Gambar 4. 2 Perakitan Rangkaian Elektronika	29
Gambar 4. 3 Skematik Sensor pH 4502C	31
Gambar 4. 4 Sampel Larutan Pengujian Sensor pH 4502C	32
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Nilai Pembacaan Sensor pH dengan pH Meter	33
Gambar 4. 6 Skematik Sensor TDS TDSRobot	35
Gambar 4. 7 Nutrisi AB <i>Mix</i> Yang Sudah Tercampur.....	37
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai TDS Aktual Dengan Pembacaan Sensor TDS 1 dan TDS 2	38

Gambar 4. 9 Skematik Sensor Suhu DS18B20	40
Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Nilai Sensor Suhu dan Termometer	41
Gambar 4. 11 Skematik Sensor Ultrasonik HC-SR04	43
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan Nilai Sensor Ultrasonik dan Jarak Aktual....	44
Gambar 4. 13 Blok Diagram <i>Fuzzy Logic Control</i>	47
Gambar 4. 14 Fungsi Keanggotaan <i>Input</i>	48
Gambar 4. 15 Fungsi Keanggotaan <i>Output</i>	49
Gambar 4. 16 Pengujian Pertama Aplikasi <i>Blynk</i>	54
Gambar 4. 17 Pengujian Kedua Aplikasi <i>Blynk</i>	55



DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	66
---------------------------	----



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan salah satu sektor vital yang sangat berperan penting dan memberikan kontribusi besar terhadap pemenuhan kebutuhan pangan suatu negara. Berdasarkan proyeksi terbaru dari Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), populasi manusia seluruh dunia diperkirakan akan mencapai 9.7 miliar jiwa pada tahun 2050, meningkat dari sekitar 8 miliar pada tahun 2023 (United Nations, 2022). Seiring dengan peningkatan populasi dunia ini, tidak dapat dipungkiri bahwa kebutuhan pangan berkualitas dan berkelanjutan semakin didesak. Namun, saat ini kualitas tanah dan air di Bumi semakin menurun karena adanya aktivitas industri, penambangan, dan juga faktor lainnya. Data yang didapat dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mengungkapkan lebih dari 14 juta hektar lahan mengalami degradasi, yang berdampak pada penurunan produktivitas pertanian (KLHK, 2023). Solusi modern bagi petani adalah menggunakan metode hidroponik yang sekarang semakin berkembang dan mempermudah petani dalam meningkatkan produksi serta mempertahankan kualitas tanaman.

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman tanpa memanfaatkan tanah sebagai media tanam, melainkan menggunakan air atau media lain seperti kerikil, *rockwool* dan lain-lain (Wibowo, 2021). Dalam sistem hidroponik, tanaman ditanam menggunakan larutan kaya nutrisi yang mengandung unsur hara penting yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Walaupun budidaya hidroponik terbilang sederhana dan mudah, namun tantangan dalam budidaya hidroponik cukup kompleks dan sulit dikarenakan banyak parameter yang harus diperhatikan dan diperhitungkan. Keberhasilan dalam budidaya hidroponik sangat dipengaruhi oleh pengaturan parameter lingkungan seperti pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan suhu air (Cahyo et al., 2023). Sedikit perubahan dari salah satu parameter lingkungan tersebut dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Melihat banyaknya parameter lingkungan yang perlu dimonitoring dan dikontrol untuk menunjang keberhasilan budidaya hidroponik, maka salah satu pendekatan teknologi yang saat ini digunakan untuk mengembangkan budidaya hidroponik adalah penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) (Hidayatullah et al., 2022). *Internet of Things* (IoT) menjadikan proses budidaya hidroponik semakin baik dan efisien. Pemantauan pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan suhu air dapat dilakukan secara langsung bahkan dari jarak jauh melalui *android* sehingga budidaya hidroponik ini menjadi lebih efektif dan praktis karena petani dapat menciptakan parameter lingkungan yang tepat dan optimal untuk tanaman.

Penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam pembudidaya hidroponik tidak hanya dapat memantau kondisi media tanam, tetapi juga mengontrol berbagai aspek yang meningkatkan efisiensi budidaya hidroponik, seperti pH dan *Total Dissolved Solids* (TDS). Pengontrolan pH dan *Total Dissolved Solids* (TDS) dapat dikontrol dari jarak jauh secara langsung, baik secara otomatis maupun manual. Integrasi sistem *Fuzzy Logic Control* (FLC) dalam IoT memberikan pendekatan yang tergolong adaptif dan responsif terhadap variabilitas dan ketidakpastian parameter lingkungan (Pramudito et al., 2025). Dengan begitu, petani tidak perlu lagi merasa khawatir mengenai tingkat pH dan *Total Dissolved Solids* (TDS) yang tidak sesuai dari target yang diinginkan.

Dari latar belakang yang sudah dijelaskan, maka dalam Proyek Akhir ini penulis akan membuat sistem pemantauan kondisi pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan juga suhu air. Serta membuat sistem pengontrolan tingkat pH, *Total Dissolved Solids* (TDS) dan ketinggian air pada tandon secara otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic Control* (FLC). Dengan adanya penerapan sistem ini diharapkan dapat memberikan kemudahan dan kepraktisan dalam kontrol dan monitoring budidaya hidroponik.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada Proyek Akhir ini sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang dan mengimplementasikan sistem hidroponik yang dapat memonitor dan mengontrol pH, nutrisi, dan ketinggian air pada tandon secara otomatis?

2. Bagaimana cara mengintegrasikan sensor pH, TDS, suhu, dan ultrasonik dalam sistem kontrol dan monitoring hidroponik?
3. Bagaimana cara mengimplementasikan metode *Fuzzy Logic Control* untuk mengatur variabel parameter lingkungan secara otomatis?
4. Bagaimana mengimplementasikan *Internet of Things* (IoT) kedalam sistem kontrol dan monitoring pH, nutrisi, dan ketinggian air pada tandon dari jarak jauh?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari pelaksanaan Proyek Akhir ini sebagai berikut:

1. Membuat sistem kontrol dan monitoring tingkat pH, nutrisi, dan ketinggian air pada tandon sistem hidroponik.
2. Membuat sistem kontrol dan monitoring pada hidroponik dengan mengintegrasikan sensor pH, TDS, suhu, dan ultrasonik.
3. Membuat sistem otomasi dalam pengontrolan pH, nutrisi, dan ketinggian air pada tandon dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic Control* (FLC).
4. Memudahkan pemantauan kondisi tanaman dari jarak jauh melalui *android* berbasis *Internet of Things* (IoT).

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah pada Proyek Akhir ini sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang hanya difokuskan pada pengontrolan parameter pH, nutrisi, dan ketinggian air pada tandon sistem hidroponik.
2. Sistem yang dirancang hanya difokuskan pada pemantauan parameter pH, nutrisi, suhu air, dan ketinggian air pada tandon sistem hidroponik.
3. Penerapan metode *Fuzzy Logic Control* (FLC) hanya dilakukan pada pengontrolan kadar pH.
4. Nilai *setpoint* yang digunakan pada sistem disesuaikan dengan kebutuhan tanaman yang digunakan dalam Proyek Akhir. Dalam Proyek Akhir ini penulis menggunakan tanaman kailan.

5. Sistem dirancang dan diuji pada skala kecil, yaitu menggunakan dua pipa sepanjang 1 meter yang masing-masing memiliki empat lubang tanam dengan tandon berkapasitas 20 liter.
6. Pemantauan dan pengendalian sistem dilakukan melalui aplikasi *Blynk* pada perangkat *android* tanpa dukungan untuk platform lain.
7. Komunikasi antara sistem dan aplikasi *Blynk* menggunakan jaringan *Wi-Fi* melalui koneksi internet pribadi atau *hotspot* dari perangkat *android*. Sistem kontrol manual dan monitoring pada *Blynk* tidak dapat berjalan apabila koneksi internet terputus.



BAB II DASAR TEORI

2.1 Hidroponik

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman yang tidak memanfaatkan tanah sebagai media tanam, melainkan menggunakan air atau media lain seperti kerikil, *rockwool* dan lain-lain (Wibowo, 2021). Secara etimologi, hidroponik atau *hydroponic* berasal dari bahasa Yunani yaitu *hydro* yang memiliki arti air dan *ponos* berarti daya. Hidroponik ini sendiri memiliki karakteristik yaitu budidaya tanaman tanpa tanah. Jadi hidroponik dapat diartikan sebagai sebuah budidaya tanaman dengan media aliran air yang telah dicampurkan nutrisi dan tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya.

Terdapat 6 metode penanaman hidroponik yaitu sistem NFT (*Nutrient Film Technique*), NFT sistem terbuka, sistem fertigasi (*fertilizer + drip irrigation*), *wick system*, *aeroponic*, *floating hydroponic* (Purwidyaningrum et al., 2020). Pada gambar 2. 1 merupakan jenis hidroponik sistem *Nutrient Film Technique* (NFT).

Banyak keuntungan yang dirasakan dalam budidaya hidroponik, salah satunya hematnya penggunaan lahan. Hidroponik dapat dilakukan di dalam rumah, di halaman luar rumah, atau bahkan pada sekat dinding rumah. Hal tersebut menunjukkan bahwa budidaya hidroponik ini bersifat sangat fleksibel dan hemat penggunaan lahan. Namun dalam memulai budidaya hidroponik tidak jauh dari berbagai tantangan yang akan dihadapi. Keberhasilan dalam berbudidaya hidroponik sangat bergantung pada pengaturan parameter lingkungan seperti pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan suhu air (Cahyo et al., 2023). Berdasarkan dari segala parameter yang menunjang pertumbuhan tanaman, petani dapat menyesuaikan secara mudah dan instan kebutuhan dari parameter tersebut secara langsung.



Gambar 2. 1 Hidroponik

(Sumber: rri.co.id)

2.2 *Internet of Things (IoT)*

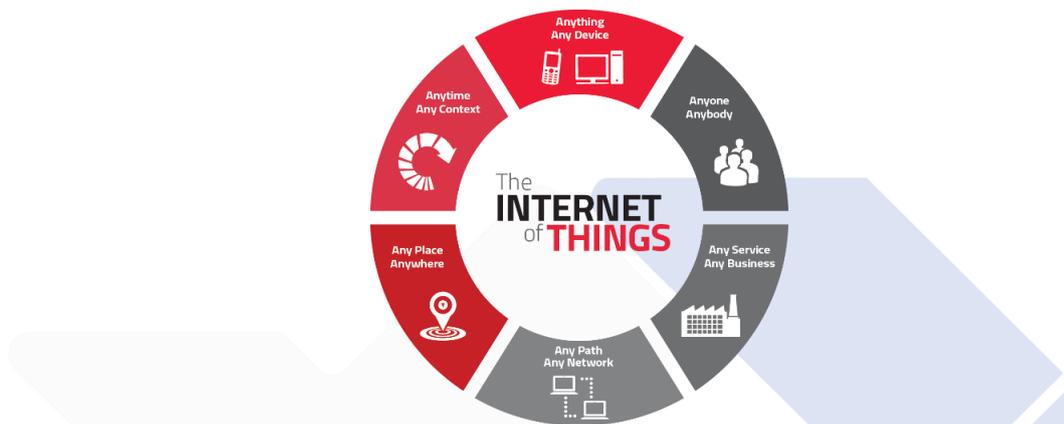
Pada masa sekarang, dimana segala sesuatu dapat dilakukan secara instan dan mudah, segala benda elektronik rumah dan industri yang serba cerdas sudah umum digunakan. Kemampuan menghubungkan satu atau lebih perangkat cerdas satu sama lain dengan tujuan untuk mendukung proses komunikasi antar perangkat cerdas lainnya menunjukkan bahwa penerapan industri 4.0 sudah semakin meluas dan sudah umum digunakan.

Pendukung penerapan industri 4.0 dengan segala sesuatu dapat dilakukan melalui jarak jauh, baik untuk mengontrol, memonitoring, dan lain-lain salah satunya adalah *Internet of Things (IoT)*. *Internet of Things (IoT)* adalah sebuah jaringan perangkat yang saling terhubung dan berfungsi untuk mendukung proses komunikasi antar perangkat melalui internet.

Terdapat beberapa teknologi yang menggunakan *Internet of Things (IoT)* seperti aktuator, sensor, mikrokontroler, teknologi komunikasi, sistem operasi, platform IoT, sekuritas, dan alat analitis (Genadiarto et al., 2017). Pada gambar 2. 2 dapat dilihat bahwa *Internet of Things (IoT)* sangat fleksibel dimanfaatkan dimasa kini karena dapat digunakan dimana saja, kapan saja, oleh siapa saja dan berbagai perangkat yang terhubung dengan *Internet of Things (IoT)*. Implementasi *Internet of Things (IoT)* pada bidang industri dan rumah tangga memberikan efek positif dalam hal kegiatan operasional yang terjadi antara perangkat. Selain praktis,

penggunaan *Internet of Things* (IoT) juga memberikan dampak positif terhadap efisiensi biaya karena dapat mencegah pemborosan energi yang tidak diperlukan sehingga lebih hemat.

Pada Proyek Akhir ini, penerapan *Internet of Things* (IoT) digunakan sebagai sistem yang mampu mengontrol dan memonitoring dengan jarak yang jauh secara langsung melalui *device* seperti *gadget*.



Gambar 2. 2 *Internet of Things* (IoT)
(Sumber: arduinoindonesia.id)

2.3 *Fuzzy Logic Control*

Fuzzy logic control adalah kecerdasan buatan yang sangat dekat dengan cara berpikir manusia. *Fuzzy logic* pertama kali dipublikasi oleh Prof.Dr. Lotfi Zadeh pada tahun 1965 melalui publikasinya berjudul “*Fuzzy Sets*”. Dengan menggunakan *fuzzy logic* ini, sistem seolah-olah menyerupai naluri berpikir manusia. *Fuzzy* sendiri memiliki pengertian yaitu samar-samar atau kabur yang digunakan untuk merepresentasikan kondisi yang tidak dapat dinyatakan secara tegas dalam bentuk nilai biner ya atau tidak.

Berbeda dengan logika biner, *fuzzy logic* bisa memiliki kondisi benar atau salah, baik atau tidak, kurang atau cukup, dan lain-lain secara bersamaan. *Fuzzy logic* digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan dalam bentuk bahasa (*linguistic*) (Nasution, 2012). Sebagai contoh, besaran nilai dari tingkat nutrisi yang dialirkan pada hidroponik direpresentasikan dengan sangat kurang, kurang, normal, cukup, sangat cukup dan bisa dengan variabel lainnya.

Dengan kata lain, *fuzzy logic* merupakan suatu metode efektif untuk memetakan suatu parameter model *input* kedalam parameter model *output*, memiliki nilai yang berkelanjutan, dan dinyatakan kedalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran (Kusumadewi, 2004). Metode *fuzzy logic* diterapkan karena menawarkan pendekatan yang lebih adaptif dan responsif terhadap variabilitas dan keabstrakan parameter lingkungan (Pramudito et al., 2025).

2.3.1 Metode *Fuzzy Mamdani*

Dalam sistem kontrol berbasis *fuzzy logic* metode inferensi yang umum diimplementasikan adalah metode Mamdani yang diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode Mamdani dikenal juga dengan nama metode *MIN-MAX*. Metode Mamdani sering diklasifikasikan sebagai metode yang menggunakan penalaran *approximate*, yang didefinisikan sebagai proses atau beberapa proses di mana suatu kesimpulan yang mungkin tidak tepat disimpulkan dari sekumpulan premis yang juga tidak tepat (Pal & Mandal, 1991). Pendefinisian khalayak umum mengenai *fuzzy logic* Mamdani ini kebanyakan keliru karena konsep *IF-THEN* yang memberikan asumsi secara eksplisit maupun implisit bahwa setiap kondisi premis menjamin kebenaran dari kesimpulan. Padahal dalam praktiknya, sistem Mamdani tidak melakukan inferensi logis formal, karena aturan *IF-THEN* yang digunakan bukan merupakan implikasi logika yang sebenarnya, sehingga tidak melibatkan proses deduksi seperti *modus ponens* (Izquierdo & Izquierdo, 2018); (Klawonna & Novák, 1996).

Dalam metode *fuzzy Mamdani* terdiri dari beberapa proses untuk mendapatkan hasil *output*, yaitu:

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy* (Fuzzifikasi)

Tahapan pertama yaitu pembentukan himpunan *fuzzy* (Fuzzifikasi). Fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai *input* yang bersifat tegas (*crisp*) menjadi nilai linguistik berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Dalam proses ini, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu bahkan lebih himpunan *fuzzy*, dan di setiap variabel *input* maupun *output* terdapat variabel linguistik.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi (*Fuzzy Inference Rules*)

Setelah variabel *input* dan *output* didapatkan, langkah selanjutnya merupakan penerapan fungsi implikasi yang menghubungkan antara premis dan konklusi dalam bentuk aturan logika *fuzzy*. Aturan - aturan tersebut dirumuskan sebagai *IF p is C THEN q is D*, dengan p dan q merupakan variabel numerik (*scalar*), sedangkan C dan D merupakan himpunan *fuzzy*.

3. Komposisi Aturan

Setelah diperoleh hasil dari fungsi implikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan komposisi tiap - tiap aturan dengan cara menggabungkan seluruh *output fuzzy* yang dihasilkan dari setiap aturan. Dalam proses ini, umumnya menggunakan metode *MAX* yaitu dengan memilih derajat keanggotaan akhir dari *output fuzzy* berdasarkan hasil maksimum dari semua aturan.

4. Defuzzifikasi

Tahap terakhir adalah proses defuzzifikasi, yaitu proses konversi dari *output fuzzy* menjadi nilai tegas (*crisp*) yang dapat diterapkan dalam pengambilan keputusan atau tindakan sistem. Salah satu metode dari defuzzifikasi adalah metode *centroid*. Metode *centroid* atau *Center of Area (Center of Gravity)* merupakan metode menghasilkan output berupa titik tengah dari area di bawah kurva fungsi keanggotaan *fuzzy*, dan dianggap mewakili hasil yang paling seimbang dan representatif.

Penggunaan *fuzzy logic* Mamdani pada Proyek Akhir ini sebagai logika kontrol yang akan diterapkan pada sistem otomasi pengontrolan pH yang dibutuhkan oleh tanaman pada hidroponik. Menggunakan 5 parameter model *input* yang di ekspresikan sangat rendah, rendah, normal, tinggi, dan sangat tinggi untuk pengekspresian tingkat pH, lalu dengan 3 *output* yaitu diam, cepat, dan lama yang menggambarkan waktu aktif pada pompa mini.

2.4 Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 merupakan papan pengembangan mikrokontroler yang menggunakan *chip* ATmega328P sebagai pusat pengendali utama. Pada gambar 2.3

Arduino Uno R3 mempunyai 14 digital pin *input/output* (dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM antara lain pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11). Papan ini juga dilengkapi dengan 6 pin *input* analog (A0 hingga A5), menggunakan *crystal* osilator 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP dan tombol *reset* (Sinaga, 2022).

Pada Proyek Akhir ini, Arduino Uno R3 berperan sebagai pusat kendali yang mengolah data dari sensor dan menggunakan *fuzzy logic* sebagai metode pengambilan keputusan untuk mengontrol pompa. Arduino Uno R3 juga dikombinasikan dengan ESP32 untuk menghubungkan sistem ke jaringan internet sehingga pengguna dapat memantau dan mengontrol parameter lingkungan secara langsung melalui platform IoT.



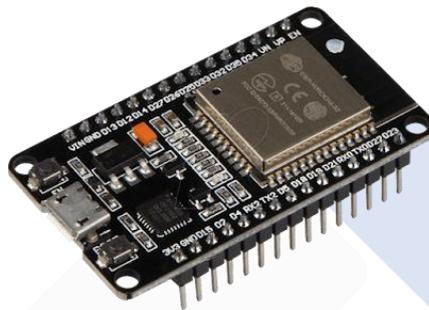
Gambar 2. 3 Arduino Uno R3
(Sumber: ecadio.com)

2.5 ESP32

ESP32 merupakan sebuah *System on Chip* (SoC) yang mengintegrasikan mikrokontroler dengan konektivitas nirkabel seperti *Wi-Fi* 802.11 b/g/n, *Bluetooth* versi 4.2, dan berbagai *peripheral*, sehingga sesuai untuk implementasi sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) (Nizam et al., 2022). Secara fisik pada gambar 2.4 modul ESP32 memiliki adalah 30 pin *input/output* digital yang multifungsi, 15 pin ADC (*Analog to Digital Converter*) untuk pembacaan sinyal analog, 3 UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) *Interface* untuk komunikasi serial, 3 SPI (*Serial Peripheral Interface*), 2 I2C *Interface* untuk komunikasi antarperangkat, 16 pin PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk pengaturan

kecepatan motor atau intensitas LED, dan 2 pin DAC (*Digital to Analog Converter*) yang memungkinkan konversi sinyal digital menjadi analog.

Pada Proyek Akhir ini, ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang mengumpulkan data dari sensor-sensor seperti pH, TDS, suhu, dan ultrasonik melalui Arduino Uno R3, kemudian memproses data tersebut dan mengirimkannya ke platform IoT dengan menggunakan *gadget* secara *real-time*. Selain itu, ESP32 juga dapat digunakan untuk mengontrol aktuator seperti pompa dari jarak jauh.



Gambar 2. 4 ESP32

(Sumber: edukasielektronika.com)

2.6 Sensor TDS DFRobot

Sensor *Total Dissolved Solids* (TDS) DFRobot merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur konsentrasi zat padat yang terkandung dalam air, umumnya dinyatakan dalam satuan *parts per million* (PPM) atau (mg/L). Semakin tinggi nilai TDS maka semakin banyak padatan terkandung dalam air sehingga semakin tinggi pula konduktivitas larutan tersebut. Secara fisik sensor TDS ini terlihat pada gambar 2. 5.



Gambar 2. 5 Sensor TDS DFRobot

(Sumber: dfrobot.com)

Sensor TDS DFRobot didukung dengan *input* tegangan 3.3 - 5.5V, dan *output* tegangan analog 0 - 2.3V, yang membuatnya cocok dengan *input* 5V atau 3.3V. Sensor ini menggunakan sumber tegangan dari DC, yang dapat mencegah terjadinya polarisasi pada *probe* dan meningkatkan masa pakai *probe* secara efektif, sekaligus meningkatkan stabilitas sinyal *output*. Selain itu, *probe* TDS ini tahan air sehingga bisa dicelupkan ke dalam air secara jangka panjang. Penggunaan sensor TDS DFRobot dalam Proyek Akhir ini, karena tingkat akurasi pembacaan dari sensor tersebut sebesar 98,52% (Saputra et al., 2024).

2.7 Sensor PH 4502C

Sensor pH merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi kadar asam atau basa larutan dengan rentang pengukuran antara 0 – 14 pH yang dimana *output*-nya berupa tegangan analog. Prinsip kerja sensor ini yaitu semakin banyak elektron yang dideteksi pada larutan maka larutan tersebut semakin bernilai asam, kemudian apabila semakin sedikit elektron yang dideteksi pada larutan maka akan bernilai basa (Simanjuntak et al., 2020). Nilai pH yang umumnya sesuai untuk tanaman hidroponik adalah antara 5.5 hingga 6.5, jika nilai pH diluar dari rentang tersebut maka penyerapan unsur hara oleh akar menjadi kurang optimal karena larutan unsur hara bisa mengendap (Muriyatmoko et al., 2023) namun tidak bisa di sama ratakan secara keseluruhan karena tiap jenis tanaman memiliki kebutuhan nilai pH yang bermacam-macam. Maka daripada itu, sensor pH diperlukan untuk mengetahui nilai pH dan memantau tanaman hidroponik. Sensor pH ini ditunjukkan pada gambar 2. 6.



Gambar 2. 6 Sensor pH 4502C

(Sumber: ecadio.com)

Penggunaan sensor pH 4502C dalam Proyek Akhir ini, karena tingkat akurasi pembacaan dari sensor tersebut sebesar 98,92% (Saputra et al., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa sensor ini mampu mengukur tingkat pH dalam air dengan baik.

2.8 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 merupakan sensor digital yang menggunakan protokol komunikasi 1 *wire* sehingga dapat mengukur suhu dengan akurasi tinggi dan mudah diintegrasikan ke berbagai mikrokontroler. Sensor ini dapat mendeteksi suhu dari rentang suhu -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, serta menyediakan resolusi pembacaan suhu antara 9-bit hingga 12-bit (Penjor et al., 2022).

Suhu air yang ideal untuk tanaman antara 25°C sampai 28°C (Asmbangnirwana et al., 2022). Sensor suhu DS18B20 pada gambar 2.7 digunakan untuk mengukur dan memantau suhu air dalam sistem hidroponik. Sensor ini digunakan karena terdapat fitur *waterproof* sehingga cocok untuk diaplikasikan dalam sistem hidroponik. Selain itu, penggunaan sensor suhu DS18B20 dalam Proyek Akhir ini, karena tingkat akurasi pembacaan dari sensor tersebut sebesar 99,61% (Sholahuddin & Setia Budi, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa sensor ini mampu mengukur suhu air dengan baik.



Gambar 2. 7 Sensor Suhu DS18B20

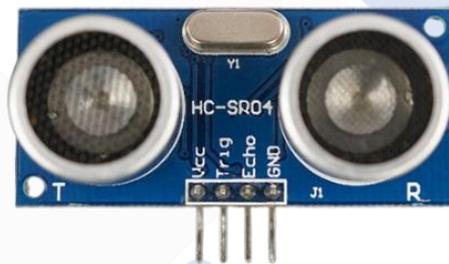
(Sumber: blog.indobot.co.id)

2.9 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik merupakan perangkat yang bisa membaca atau mendeteksi objek di depan sensor dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik. Pada sensor ultrasonik ini terdapat 2 komponen utama yaitu (pemancar) *transmitter*

ultrasonik dan (penerima) *receiver* ultrasonik. *Transmitter* ultrasonik berfungsi memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz, kemudian setelah gelombang tersebut mengenai objek, gelombang akan dipantulkan dan *receiver* ultrasonik akan menerima pantulan gelombang tersebut (Rizky Wahyu Pradana et al., 2024). Sensor ultrasonik ini memiliki 4 pin utama yaitu pin *Vcc*, *Gnd*, *Trigger*, dan *Echo* seperti gambar 2.8. Pin *Vcc* memiliki fungsi sebagai jalur tegangan positif 5V sedangkan *Gnd* memiliki fungsi sebagai *ground*. Pin *Trigger* memiliki fungsi sebagai *trigger output* sinyal dari sensor dan pin *Echo* untuk menangkap sinyal pantulan dari objek yang terdeteksi.

Pada Proyek Akhir ini, sensor ultrasonik HC-SR04 dimanfaatkan untuk mendeteksi ketinggian air tandon sistem hidroponik.



Gambar 2. 8 Sensor Ultrasonik HC-SR04
(Sumber: mediabangsa.co.id)

2.10 Relay 6 Channel

Relay merupakan jenis saklar yang bekerja dengan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontaktor untuk menyambungkan rangkaian secara tidak langsung. Kontaktor dapat mengalami kondisi tertutup atau terbuka akibat adanya induksi magnet karena arus listrik yang mengalir pada *coil* (Syamsbeta et al., 2021). Ketika pin kontrol relay menerima sinyal *HIGH* dari mikrokontroler Arduino Uno R3, maka *coil* di dalam relay akan aktif dan menyebabkan adanya induksi magnet. Karena induksi magnet tersebut kontaktor akan beralih ke posisi tertutup, sehingga arus listrik mengalir melalui koneksi *output* relay. Lalu sebaliknya, ketika pin kontrol relay menerima sinyal *LOW*, maka *coil* relay dinonaktifkan dan kontaktor

akan beralih kembali ke posisi terbuka. *Hardware* dari relay 6 *channel* ditunjukkan pada gambar 2.9.

Pada Proyek Akhir ini, relay 6 *channel* digunakan sebagai saklar dari *output* pada alat ini yaitu pompa mini DC 12V, pompa *submersible* DC 12V, *solenoid valve* DC 12V, dan indikator lampu untuk tiap *output* yang sedang aktif.



Gambar 2. 9 Relay 6 *Channel*
(Sumber: arduitrionics.com)

2.11 Pompa Air Mini DC 12V

Pompa mini DC 12V yang ditunjukkan pada gambar 2.10 merupakan alat yang berfungsi untuk mengalirkan air dengan menggunakan arus tegangan DC. Pompa ini menggunakan motor DC dengan tegangan 12V yang terhubung ke *impeller* sebagai penggerakannya. *Impeller* adalah bagian dari pompa DC yang bekerja dengan cara berputar dan berfungsi untuk mendorong air keluar dari pompa.

Dalam sistem hidroponik, pompa air tidak hanya mendistribusikan larutan nutrisi, tetapi juga dapat dikendalikan secara otomatis menggunakan mikrokontroler sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman (Setiawan et al., 2022). Pada Proyek Akhir ini, pompa mini DC 12V digunakan sebagai pompa pH *UP*, pompa pH *DOWN* dan pompa nutrisi yang berfungsi mengalirkan larutan sesuai dengan kebutuhan tanaman secara otomatis berdasarkan pengukuran sensor.



Gambar 2. 10 Pompa Mini DC 12V
(Sumber: tokopedia.com)

2.12 Pompa Air DC 12V

Pompa *submersible* atau biasa dikenal dengan pompa celup dirancang berdasarkan pompa sentrifugal bertingkat dengan motor listrik yang menggerakkan pompa melalui poros lalu memutar *impeller* sehingga menciptakan gaya sentrifugal yang mendorong air ke permukaan (Iman & Cahyono, 2024). Secara prinsip fisika dapat dikatakan bahwa pompa ini beroperasi dengan mengkonversikan energi kinetis atau kecepatan putaran menjadi energi potensial. Pompa bekerja dengan cara mencelupkan pompa tersebut ke dalam air dan air akan disedot melalui *input* dan dikeluarkan melalui *output* dari pompa. Penggunaan pompa air DC 12V pada Proyek Akhir ini adalah sebagai *mixer* pada tandon nutrisi yang nantinya akan dialirkan ke tandon utama. *Hardware* dari pompa air DC 12V seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11.

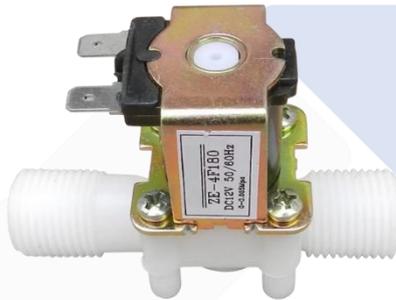


Gambar 2. 11 Pompa Air DC 12V

2.13 Solenoid Valve 5V

Solenoid valve 5V merupakan alat yang berfungsi sebagai katup yang diaktifkan oleh arus DC dari kumparan atau solenoida. Ketika ada *trigger* yang

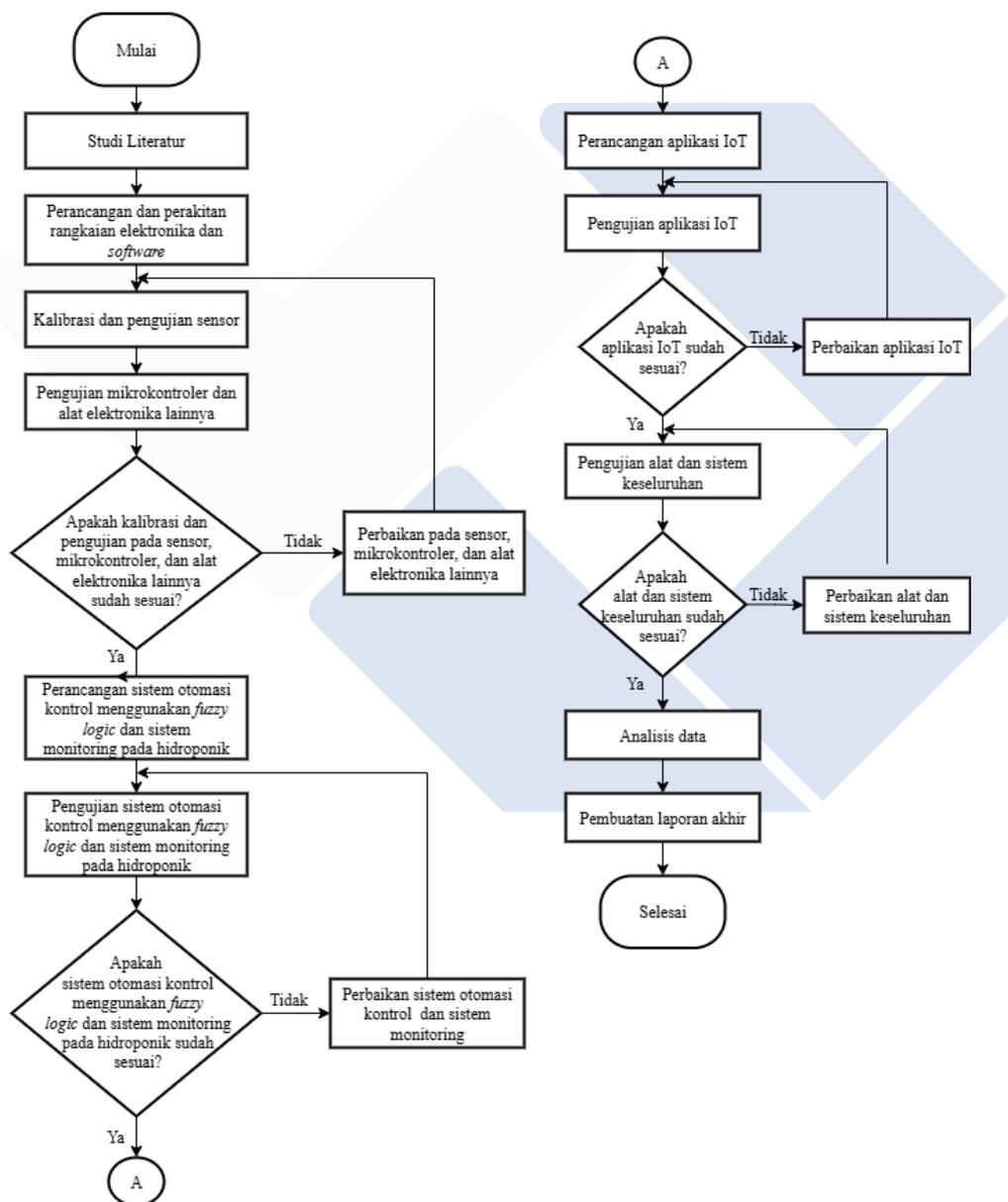
diterima *solenoid* berupa arus DC 5V, maka kumparan yang menahan katup hingga menyumbat aliran akan berubah menjadi magnet dan membuka katup hingga aliran akan berjalan (Endriatno et al., 2024). *Solenoid valve* yang digunakan dalam Proyek Akhir ini hanya memiliki 1 *inlet* (saluran masuk) dan 1 *outlet* (saluran keluar) yang memiliki 2 kondisi kerja yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). *Solenoid Valve* 5V pada Proyek Akhir ini digunakan sebagai katup yang dipasang pada keran air dan akan membuka katup jika sensor ultrasonik mendeteksi ketinggian air pada tandon tidak mencapai batas normal ketinggian air yang telah ditetapkan. *Hardware* dari *solenoid valve* 5V ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2. 12 *Solenoid Valve* 5V
(Sumber: shopee.com)

BAB III METODE PELAKSANAAN

Pada bab ini membahas mengenai metode pelaksanaan yang akan digunakan pada Proyek Akhir ini. Metode pelaksanaan yang akan dilakukan pada Proyek Akhir ini akan di gambarkan dalam bentuk *flowchart* dibawah ini.



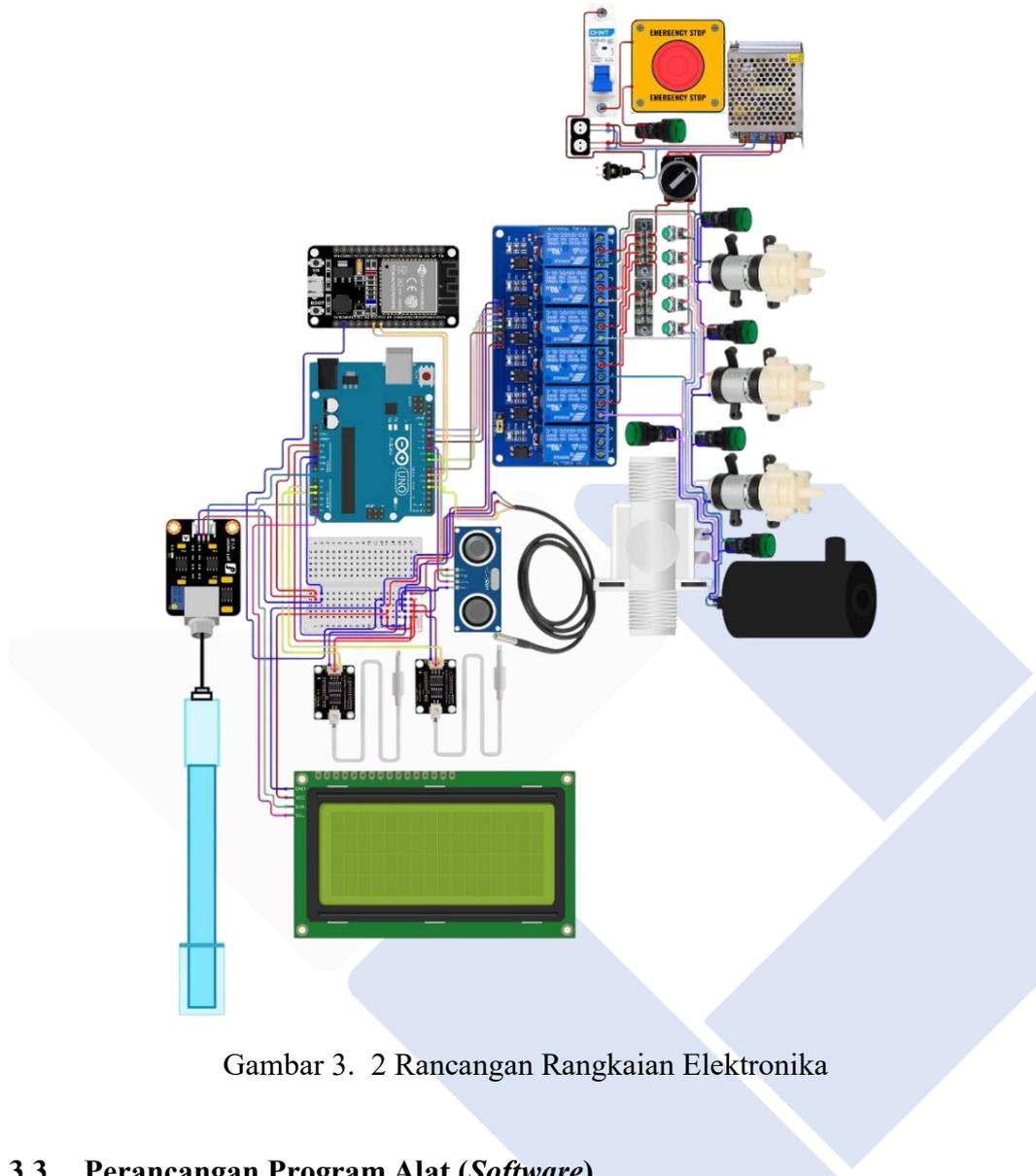
Gambar 3. 1 *Flowchart* Pelaksanaan Pembuatan Proyek Akhir

3.1 Studi Literatur

Sebelum melanjutkan ke tahap pengerjaan Proyek Akhir ini dilakukan langkah studi literatur. Secara umum pengertian studi literatur merupakan teknik pemecahan masalah dengan cara mengumpulkan data yang berkaitan dengan objek permasalahan melalui buku, jurnal, dan sumber literatur lainnya yang terpercaya. Berdasarkan hal tersebut maka studi literatur yang mendukung pengumpulan data pada Proyek Akhir ini sangat dibutuhkan sebagai referensi dan sebagai patokan untuk membuat keputusan pada Proyek Akhir ini. Beberapa literatur yang digunakan sebagai referensi seperti jurnal yang berjudul “Perancangan dan Implementasi Metode Kontrol *Fuzzy Logic* Mamdani pada Sistem Kontrol TDS dan pH Hidroponik” oleh (Hamdani et al., 2022). “*Prototype* Perawatan dan Pemberian Nutrisi Otomatis pada Tanaman Pakcoy Hidroponik Berbasis *Internet of Think* Menggunakan *Fuzzy Logic Control*” oleh (Rahmatullah & Irawan, 2023), serta masih banyak sumber literatur yang tidak disebutkan yang berguna untuk pengembangan dan referensi dalam membuat Proyek Akhir ini.

3.2 Perancangan Rangkaian Elektronika

Tahap pertama dalam pengerjaan Proyek Akhir ini dalam membuat rancangan atau skematik rangkaian elektronik. Seperti yang diketahui bahwa rangkaian elektronika merupakan bagian *center* yang dimana fondasi utama dari alat adalah rangkaian elektronika. Maka dilakukan tahap perancangan rangkaian elektronika dari Proyek Akhir yang terdiri dari sensor sebagai *input*, mikrokontroler, relay, pompa sebagai *output*, dan semua komponen elektronika yang bertujuan sebagai pendukung lainnya sebagai fondasi awal untuk memulai membuat Proyek Akhir ini. Gambar 3.2 menunjukkan skematik rangkaian elektronika dari Proyek Akhir ini.



Gambar 3. 2 Rancangan Rangkaian Elektronika

3.3 Perancangan Program Alat (*Software*)

Tahap ini berfokus pada perancangan program yang berfungsi sebagai sistem instruksi utama kerja alat dalam mengeksekusi *input* terhadap *output*. Program berperan sebagai sistem kendali yang mengatur suatu alat untuk melakukan tindakan membaca, mendeteksi, memproses data, dan mengeksekusi sesuai dengan aktuator atau komponen *output* lainnya. Pembuatan program menggunakan aplikasi yang nantinya program akan dimasukkan kedalam mikrokontroler sebagai patokan untuk mengeksekusi *input* terhadap *output*. Program ini akan mengatur seluruh logika kerja sistem, mulai dari proses pembacaan data sensor, pengolahan data

menggunakan *fuzzy logic*, pengendalian aktuator seperti relay, pompa, dan *solenoid valve*, serta pengiriman data ke sistem berbasis *Internet of Things* (IoT).

3.4 Kalibrasi dan Pengujian Sensor

Pada tahap ini dilakukan kalibrasi dan pengujian pada sensor yang bertujuan untuk memastikan pembacaan kondisi air menggunakan sensor pH, sensor TDS, sensor suhu dan sensor ultrasonik yang akurat. Pengujian dilakukan dengan membaca kondisi air menggunakan sensor yang belum dikalibrasi, lalu *output* yang dikeluarkan akan dibandingkan dengan hasil pembacaan alat ukur pH meter, TDS meter, dan termometer. Ketika didapat hasil dari pembacaan maka akan dilihat jarak perbedaan dari kedua pembacaan tersebut dan masukkan kedalam rumus yang telah ditentukan untuk menentukan persentasi eror dan akurasi dari sensor.

$$Error(\%) = \left| \frac{\text{Nilai Alat Ukur} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Alat Ukur}} \right| \times 100\%$$

$$\text{Rata - rata error } (\%) = \frac{\Sigma \text{Jumlah Error}}{\Sigma \text{Jumlah Data Uji Coba}}$$

3.5 Pengujian Mikrokontroler Dan Komponen Elektronik Lainnya

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap mikrokontroler Arduino Uno R3 dan ESP32 secara bersamaan dengan proses kalibrasi dan pengujian sensor, karena saat proses kalibrasi dan pengujian sensor membutuhkan mikrokontroler untuk menjalankan program pembacaan kondisi air. Kemudian dilakukan pengujian secara satu persatu terhadap komponen elektronik lainnya seperti relay, pompa, lampu indikator, *power supply*, LCD, dan komponen pendukung lainnya. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh alat dan komponen yang digunakan berfungsi secara optimal dan layak digunakan serta menghindari kesalahan fungsi saat dioperasikan.

3.6 Perancangan Sistem Otomasi Kontrol Menggunakan *Fuzzy Logic*

Pada tahap ini dilakukan untuk merancang sistem otomasi pada hidroponik dengan menggunakan metode *fuzzy logic*. Langkah awal dalam perancangan *fuzzy*

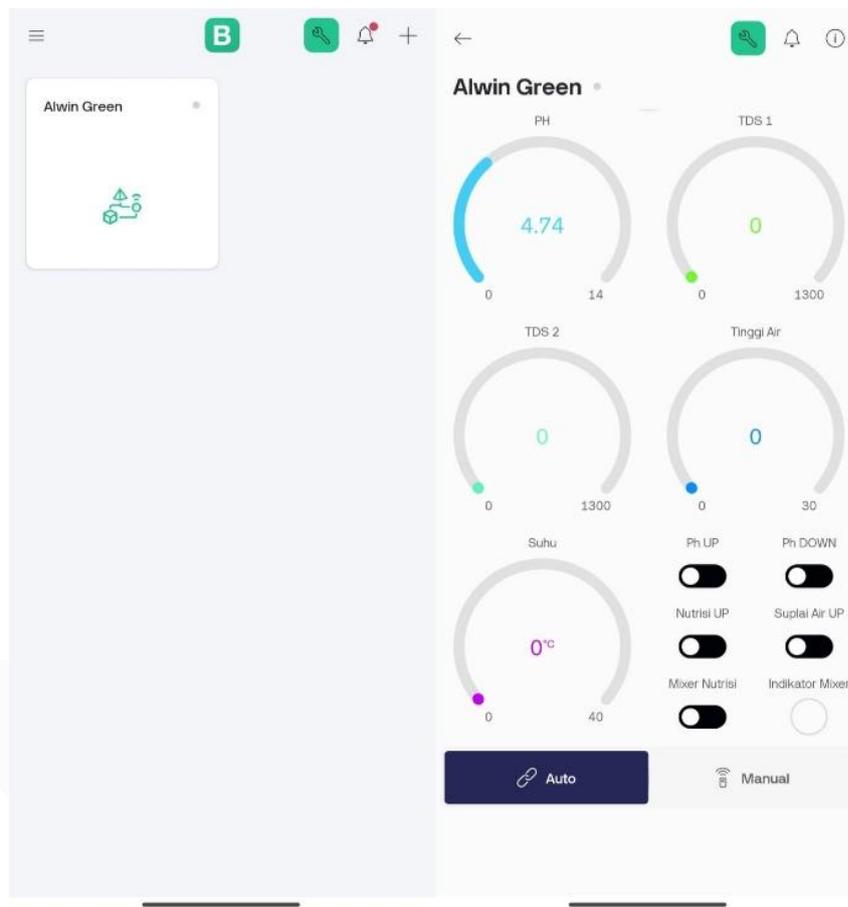
logic adalah menentukan parameter *input* dan *output* yang akan digunakan sebagai acuan untuk alat dalam menentukan keputusan yang akan diambil dalam sistem otomasi yang akan diterapkan. Selanjutnya, dilakukan pembentukan *membership function* untuk *input* dan *output*, penyusunan basis aturan (*rule base*), dan defuzzifikasi. Kontrol *fuzzy logic* ini digunakan untuk mengontrol kadar pH dalam hidroponik.

3.7 Perancangan Sistem Monitoring

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem monitoring untuk sistem hidroponik yang akan menampilkan nilai dari pembacaan sensor pH, sensor TDS, sensor suhu, sensor ultrasonik pada LCD dan juga melalui *device* pengguna yang telah tersambung dengan ESP32 melalui aplikasi *Blynk*. Perancangan sistem monitoring pada hidroponik pertama-tama ditampilkan pada LCD dengan program yang telah dibuat untuk mengeluarkan dan menempatkan posisi tampilan nilai pembacaan sensor sesuai dengan yang diinginkan. Selanjutnya, data sensor dikirimkan secara nirkabel ke ESP32 untuk ditampilkan melalui aplikasi *Blynk* pada *device*. Perancangan sistem monitoring ini memberikan kemudahan dalam memantau kondisi air secara *real-time*.

3.8 Perancangan Aplikasi IoT

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem *Internet of Things* (IoT) sebagai sarana monitoring dan kontrol melalui *device* pengguna yang dapat dilakukan dari jarak jauh secara *real-time* dengan *device* pengguna yang telah tersambung dengan ESP32 melalui aplikasi *Blynk*. Pada *device* akan ditampilkan nilai dari pembacaan sensor seperti pH, TDS, suhu dan ketinggian air tandon, serta ditampilkan lampu indikator untuk pompa yang akan menyala jika pompa dalam kondisi *ON* dan mati ketika pompa tidak aktif atau *OFF*. Selain monitoring, aplikasi juga menyediakan fitur kontrol berupa tombol virtual untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa secara manual. Gambar 3.3 memperlihatkan antarmuka aplikasi *Blynk* yang digunakan dalam Proyek Akhir ini sebagai media pemantauan data secara *real-time*.



Gambar 3. 3 Tampilan Pada Aplikasi *Blynk*

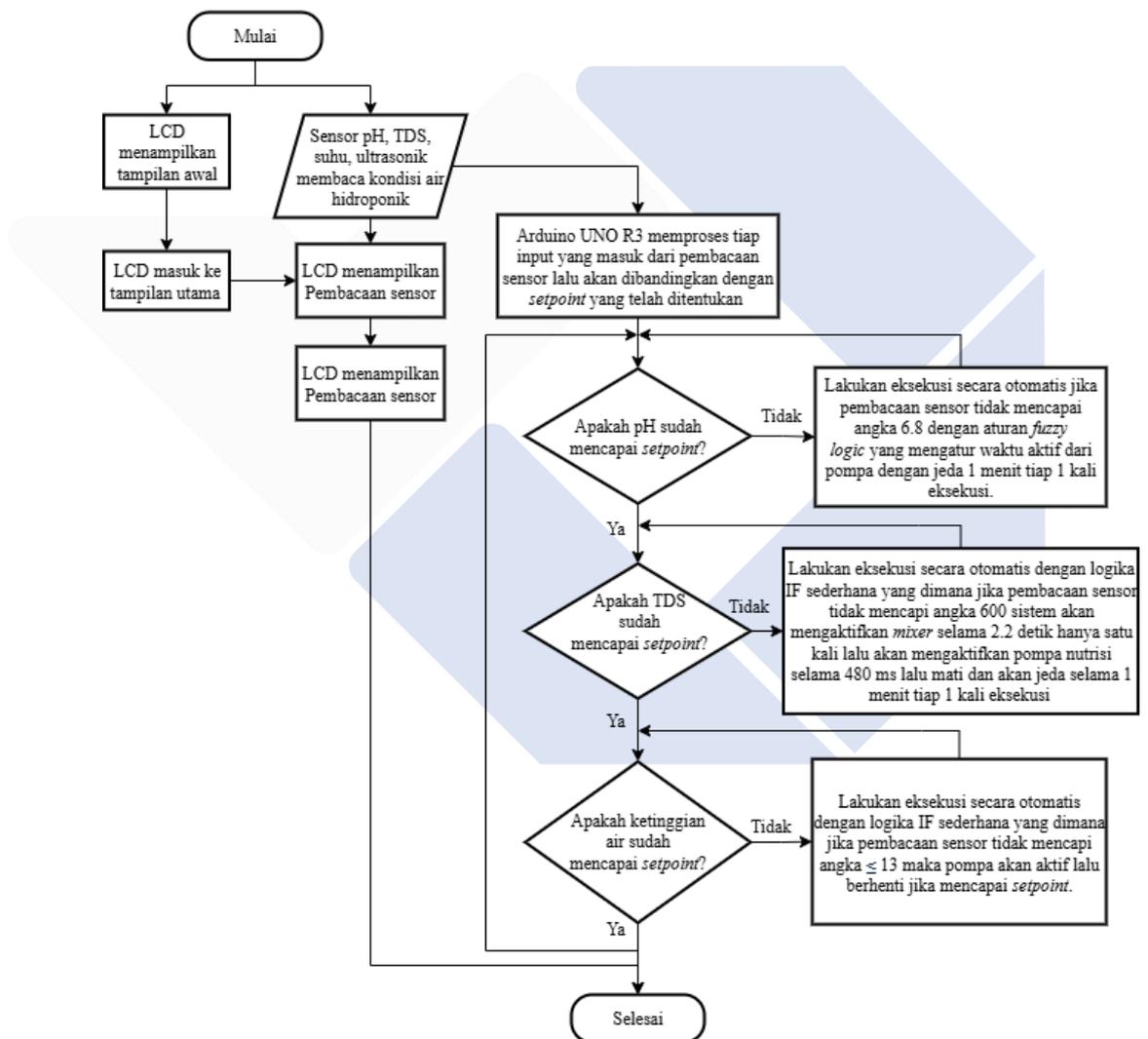
3.9 Pengujian Alat Dan Sistem Keseluruhan

Pada tahap ini dilakukan untuk pengujian keseluruhan alat dan sistem secara bersamaan dalam satu waktu. Pengujian dilakukan dengan menggabungkan rangkaian elektronika, program, sensor, alat dan komponen pendukung, sistem monitoring pada LCD maupun dengan IoT melalui *device*, dan sistem otomasi kontrol menggunakan *fuzzy logic*. Tahap pertama dalam pengujian dilakukan dengan pengujian sistem monitoring melalui LCD dan melalui *device* yang akan dibandingkan dengan hasil pengukuran alat ukur. Selanjutnya dilakukan pengujian sistem otomasi kontrol untuk nilai nutrisi, pH air hidroponik dan suplai air, yang nanti akan dilakukan pengamatan pada nilai PPM, pH, dan ketinggian air tandon apakah sudah mencapai pada tingkat yang diinginkan. Pengujian yang terakhir

adalah pengujian terhadap kontrol jarak jauh terhadap nutrisi, pH, dan suplai air melalui *device* pengguna pada jarak yang telah ditentukan.

3.9.1 Pengujian Sistem Otomasi

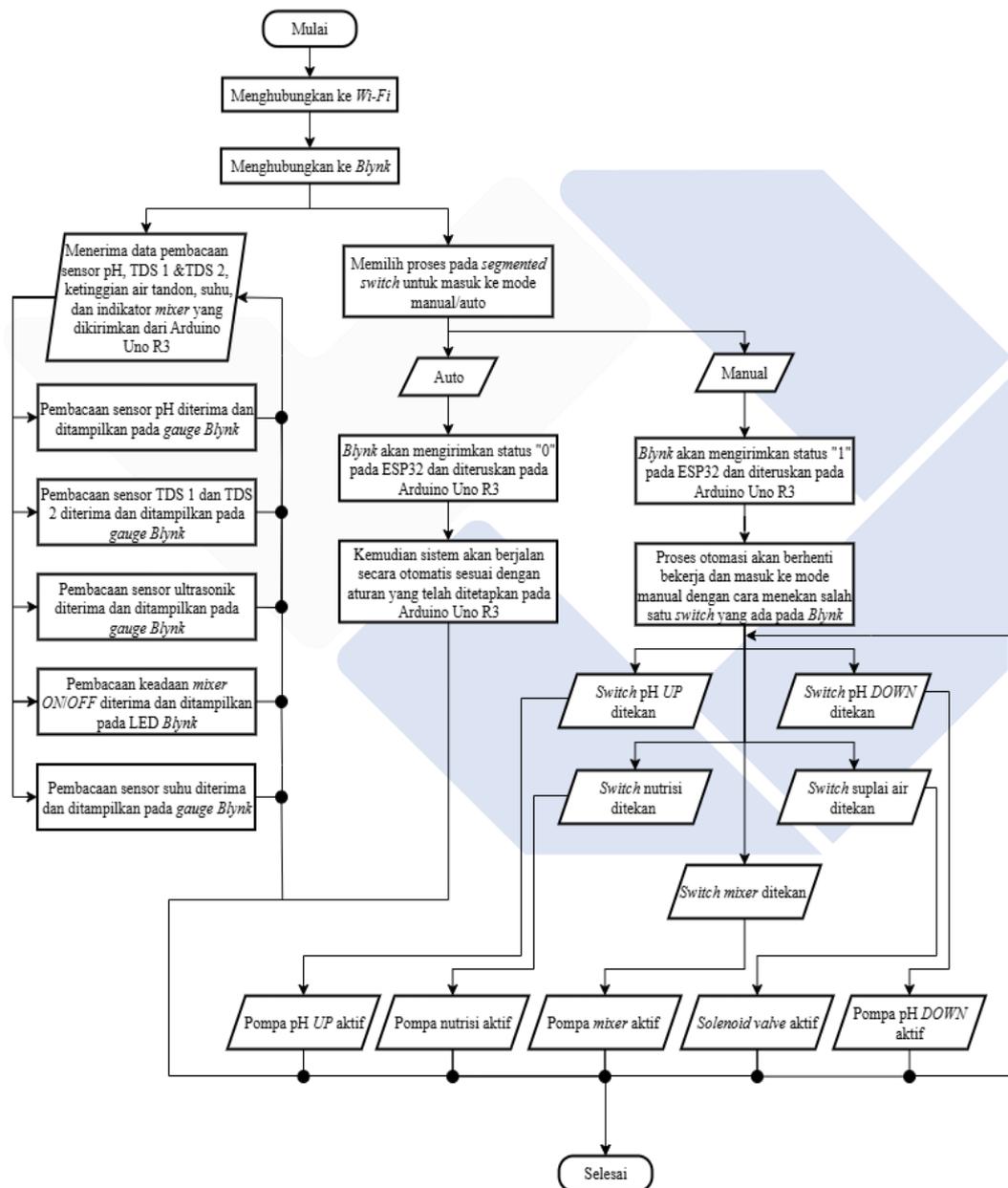
Berikut pada gambar 3.4 merupakan *flowchart* dari alur kerja sistem kontrol otomasi dan monitoring pada parameter hidroponik yang diterapkan pada Proyek Akhir ini. *Flowchart* yang digunakan akan menjadi acuan untuk pengujian sistem otomasi pada Proyek Akhir.



Gambar 3. 4 *Flowchart* Sistem Otomasi

3.9.2 Pengujian Sistem Kontrol dan Monitoring IoT

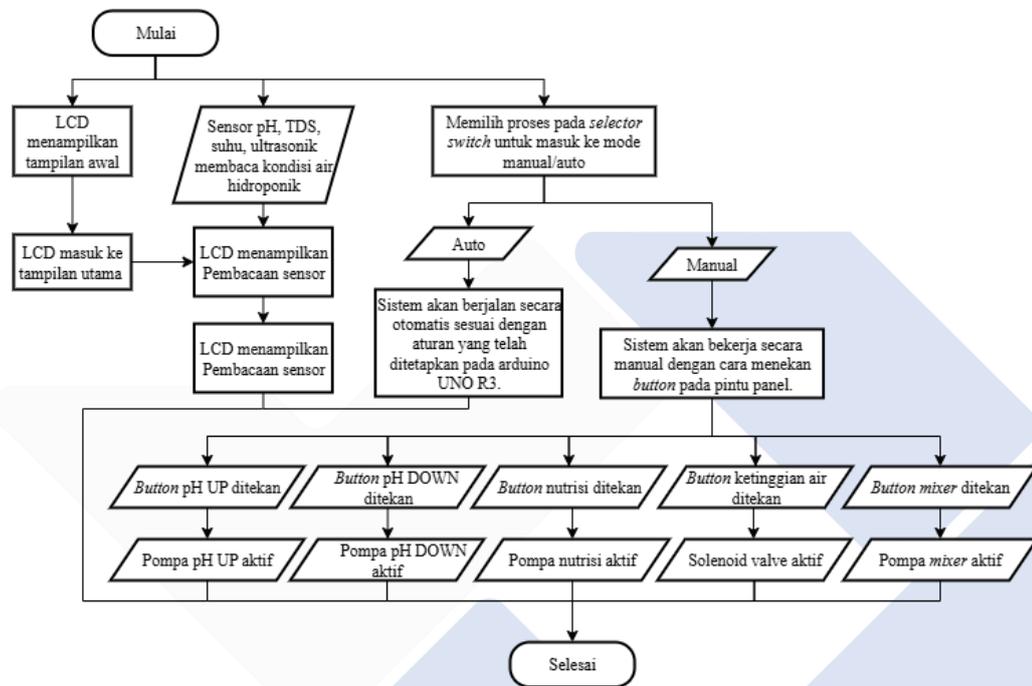
Berikut pada gambar 3.5 merupakan *flowchart* dari alur kerja sistem kontrol manual dan monitoring menggunakan IoT pada parameter hidroponik melalui *device* dengan menggunakan platform *Blynk* yang diterapkan pada Proyek Akhir ini. *Flowchart* yang digunakan akan menjadi acuan untuk pengujian sistem otomasi pada Proyek Akhir.



Gambar 3. 5 *Flowchart* Sistem Kontrol dan Monitoring IoT

3.9.3 Pengujian Sistem Manual Pada Panel

Berikut pada gambar 3.6 merupakan *flowchart* dari alur kerja sistem manual panel dan monitoring pada parameter hidroponik yang diterapkan pada Proyek Akhir ini. *Flowchart* yang digunakan akan menjadi acuan untuk pengujian sistem otomasi pada Proyek Akhir.



Gambar 3. 6 *Flowchart* Sistem Manual Pada Panel

3.10 Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap data hasil pengujian untuk menilai apakah sistem yang telah dibuat dapat bekerja sesuai yang diharapkan. Analisis dilakukan terhadap beberapa aspek yaitu: akurasi pembacaan sensor, responsivitas sistem otomasi *fuzzy logic*, kinerja sistem *Internet of Things* (IoT), serta kesesuaian sistem secara keseluruhan. Hasil analisis inilah yang nantinya menjadi dasar untuk menyimpulkan keberhasilan sistem serta masukan untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut.

3.11 Pembuatan Laporan Akhir

Tahap ini merupakan tahap akhir dalam pelaksanaan Proyek Akhir ini. Pembuatan laporan akhir dilakukan ketika seluruh perancangan dan pengujian dalam Proyek Akhir ini sudah selesai. Laporan akhir ini berisikan seluruh data proses perancangan hingga pengujian Proyek Akhir yang telah dibuat. Pembuatan laporan bertujuan untuk merangkum dan mendokumentasikan keseluruhan data serta memberikan informasi tahapan selama pelaksanaan Proyek Akhir.

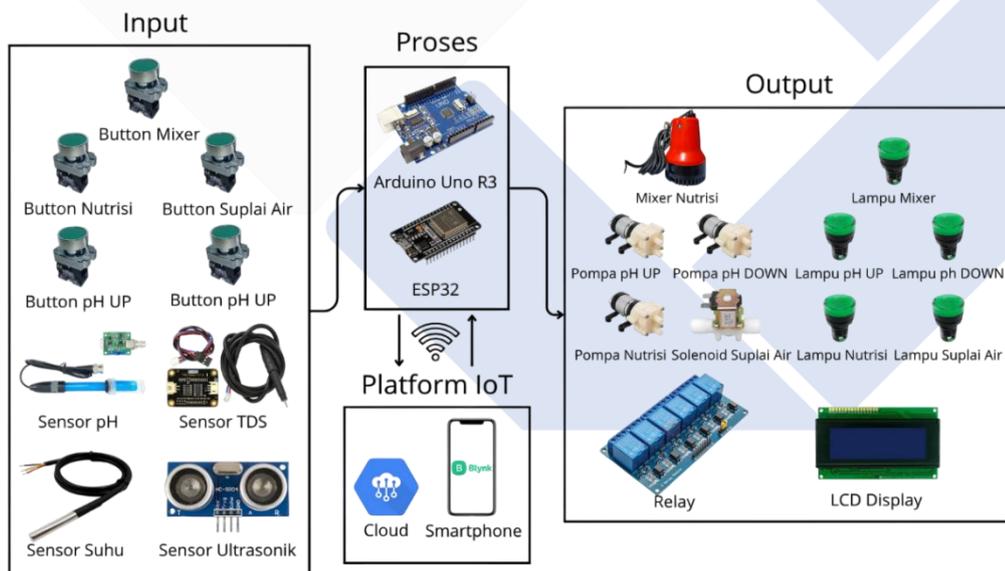


BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini menguraikan proses pembuatan Proyek Akhir yang berjudul Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Metode *Fuzzy Logic Control* (FLC), sesuai dengan metode pelaksanaan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

4.1 Deskripsi Alat

Alat pada Proyek Akhir ini akan diterapkan dengan menggunakan sistem monitoring dan pengontrolan menggunakan sistem *fuzzy logic* pada pengontrolan pH yang memudahkan budidaya hidroponik. Dengan sistem pengendalian pH, nutrisi, dan juga suplai air juga memonitoring pH, nutrisi, tinggi air, dan juga suhu air yang ada pada hidroponik.



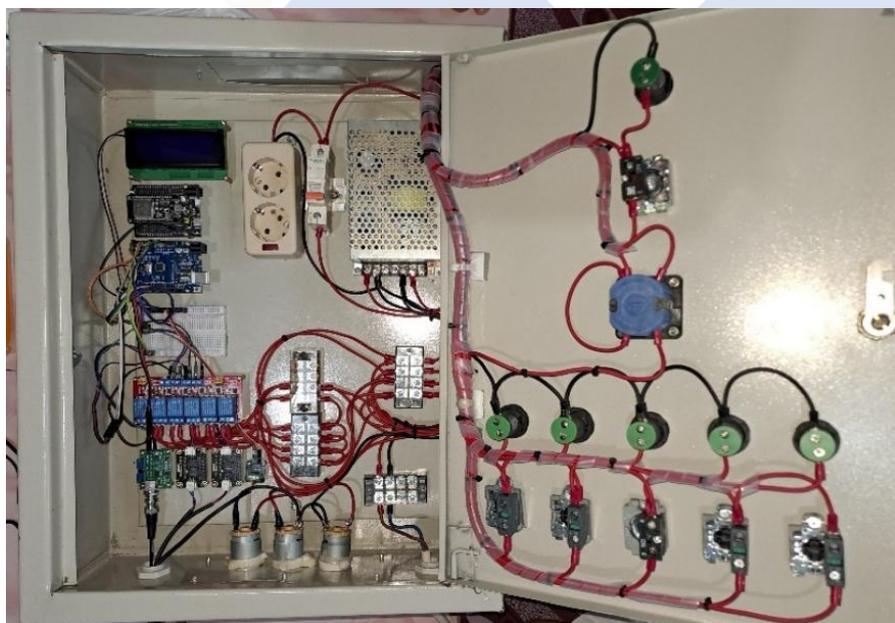
Gambar 4. 1 Blok Diagram Alat

Penerapan sistem otomasi pengontrolan pH, nutrisi, dan suplai air juga sistem monitoring kondisi air berdasarkan parameter yang telah ditentukan telah terintegrasi dengan Arduino Uno R3 dan ESP32. Arduino Uno R3 berfungsi sebagai penerima data pembacaan sensor, wadah aturan berdasarkan logika *fuzzy* dan logika

sederhana lainnya, pengendali relay yang dapat mengaktifkan pompa pH *UP*, pompa pH *DOWN*, pompa nutrisi, serta *solenoid valve* sebagai suplai air dan pompa *submersible* atau pompa celup yang berfungsi sebagai *mixer* berdasarkan pembacaan dari sensor yang terpasang, LCD I2C berfungsi sebagai tampilan data pembacaan sensor. Sedangkan modul ESP32 berfungsi sebagai penghubung yang memungkinkan interaksi pengguna melalui aplikasi *Blynk* pada *device* dan memungkinkan sistem dapat dimonitor dan dikontrol dari jarak jauh. Lalu ada juga *push button* sebagai kontrol manual yang ada pada panel yang berfungsi untuk mengaktifkan pompa yang diinginkan. Kemudian ada lampu indikator yang akan aktif jika pompa aktif secara auto atau manual yang nantinya akan menjadi penanda bahwa pompa sedang bekerja.

4.2 Perakitan Rangkaian Elektronika

Pada tahap ini dilakukan perakitan rangkaian elektronika sebagai implementasi dari desain sistem Proyek Akhir ini. Perakitan dilakukan secara bertahap dan terstruktur untuk memastikan seluruh komponen terpasang dengan baik serta berfungsi secara optimal. Gambar 4.2 merupakan rangkaian elektronika pada *box panel* yang digunakan dalam Proyek Akhir ini.



Gambar 4. 2 Perakitan Rangkaian Elektronika

Dalam *box* panel yang ditunjukkan pada gambar 4.2 memuat berbagai komponen elektronika, antara lain Arduino Uno R3, ESP32, LCD, *breadboard*, relay 6 *channel*, sensor pH 4502C, sensor TDS DFRobot, sensor suhu DS18B20, 3 pompa air mini DC 12V, *power supply* 12V 10A, MCB, terminal kabel, terminal blok 4 kaki, 5 *push button*, 6 lampu indikator, *selector switch* auto/manual, *button emergency*.

4.3 Kalibrasi dan Pengujian Sensor

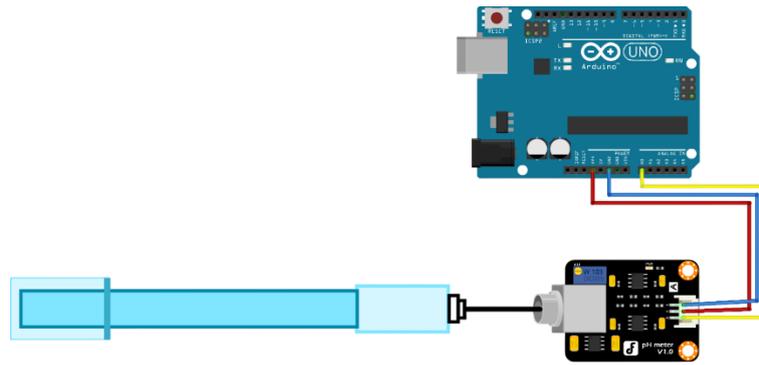
Pada tahap ini mencakup proses kalibrasi dan pengujian terhadap sensor pH, TDS, suhu, dan ultrasonik. Pengujian dan kalibrasi dilakukan dengan tujuan memperoleh hasil pengukuran yang lebih akurat dan mendekati hasil pembacaan alat ukur. Selain itu, pengujian dan kalibrasi ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa sensor yang digunakan layak dan mumpuni untuk diterapkan pada Proyek Akhir ini.

4.3.1 Kalibrasi dan Pengujian Sensor pH 4502C

Pada tahap ini kalibrasi dan pengujian terhadap sensor pH dilakukan untuk membaca tingkat asam dan basa air pada sistem hidroponik. Kalibrasi dan pengujian sensor pH dilakukan bertujuan untuk memastikan pembacaan data oleh sensor dapat merepresentasikan kondisi aktual dengan nilai *error* yang rendah dan dapat ditoleransi.

4.3.1.1 Kalibrasi Sensor pH 4502C

Kalibrasi pada sensor pH dilakukan bertujuan untuk mendapatkan nilai pembacaan tingkat keasaman dan kebasaan larutan air yang akurat pada sistem hidroponik. Langkah awal yang dilakukan adalah menyesuaikan nilai tegangan *output* sensor pH hingga mendekati nilai 2.5V dengan cara memutar *trimpot offset*. Berikut pada gambar 4.3 merupakan skematik rangkaian yang digunakan untuk kalibrasi sensor pH.



Gambar 4. 3 Skematik Sensor pH 4502C

Pin V+ pada sensor pH disambungkan ke pin 3.3V pada Arduino. Pin *ground* sensor pH disambungkan dengan pin *ground* pada Arduino. Pin Po sensor pH disambungkan dengan pin A0 pada Arduino. Selanjutnya dilakukan *short* pada konektor BNC sensor pH dengan cara menghubungkan bagian dalam dengan bagian luar konektor BNC menggunakan kabel *jumper*.

```
int pH_Value;
float Voltage;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  pH_Value = analogRead(A0);
  Voltage = pH_Value * (5 / 1023.0);
  Serial.println(Voltage);
  delay(500);
}
```

Kode program diatas digunakan untuk kalibrasi sensor pH pada Arduino IDE. Pembacaan analog pin Po sensor pH menggunakan tipe data *integer* pada pin A0 Arduino dengan perintah *analogRead*. Lalu pembacaan nilai tegangan dari sensor pH menggunakan tipe data *float* dengan logika pembacaan analog sensor pH dikalikan dengan referensi tegangan Arduino dan dibagi dengan resolusi ADC.

Hasil tegangan akan ditampilkan pada serial monitor dengan menggunakan perintah *Serial.println*.

Hasil dari kalibrasi menunjukkan bahwa *output* tegangan yang dihasilkan mendekati nilai referensi 2.5V yaitu sebesar 2.56V. Nilai tegangan tidak dapat diturunkan lebih lanjut dan tetap pada angka 2.56V karena sudah mencapai angka minimum penyesuaian dari *trimpot*.

4.3.1.2 Pengujian Sensor pH 4502C

Setelah proses kalibrasi, sensor diuji terhadap beberapa jenis larutan dengan nilai pH yang telah diketahui. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor pH yang digunakan dapat memberikan data pembacaan yang akurat dan stabil sesuai dengan perubahan tingkat asam dan basa larutan. Sensor pH diuji menggunakan larutan *buffer* pH standar yaitu pH 4.01, 6.86 dan 9.18, air sabun dan air sumur, sebagaimana terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Sampel Larutan Pengujian Sensor pH 4502C

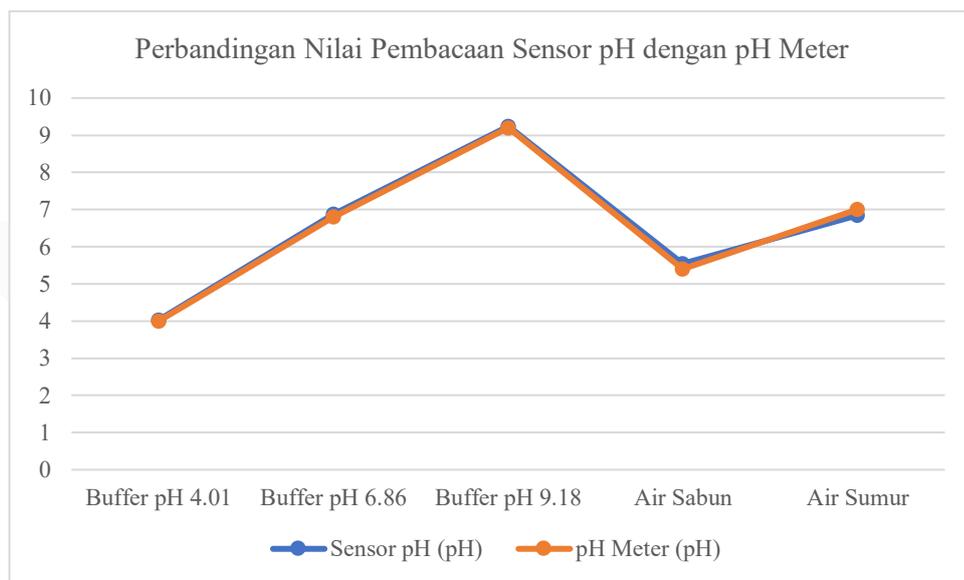
Berikut tabel 4.1 adalah hasil pengujian sensor pH terhadap beberapa jenis larutan dan dibandingkan dengan alat ukur pH meter.

Tabel 4. 1 Data Pengujian Sensor pH 4502C

Jenis Larutan	Sensor pH (pH)	pH Meter (pH)	Error (%)	Sifat Larutan
<i>Buffer</i> pH 4.01	4.03	4.0	0.75	Asam
<i>Buffer</i> pH 6.86	6.87	6.8	1.03	Netral

<i>Buffer</i> pH 9.18	9.24	9.2	0.43	Basa
Air Sabun Cuci Piring	5.54	5.4	2.59	Asam
Air Sumur	6.85	7.0	2.14	Netral
Rata-rata <i>error</i> (%)			1.39 %	

Berdasarkan hasil pengujian sensor pH 4502C yang pada tabel 4.1 diperoleh grafik perbandingan nilai pembacaan sensor pH dengan hasil pengukuran pH meter terhadap lima jenis larutan yang ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Nilai Pembacaan Sensor pH dengan pH Meter

Perhitungan presentasi *error* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Error (\%) = \left| \frac{Nilai Alat Ukur - Nilai Sensor}{Nilai Alat Ukur} \right| \times 100\%$$

Contoh penerapan rumus presentase *error* menggunakan data pengukuran larutan *buffer* pH 9.18.

$$Error (\%) = \left| \frac{9.2 - 9.24}{9.2} \right| \times 100\%$$

$$Error (\%) = \left| \frac{0.04}{9.2} \right| \times 100\%$$

$$Error (\%) = 0.00434 \times 100\%$$

$$Error (\%) = 0.43\%$$

Setelah seluruh nilai *error* dari lima pengujian dihitung, diperoleh rata-rata *error* keseluruhan pengujian menggunakan rumus:

$$\text{Rata - rata error (\%)} = \frac{\Sigma \text{Jumlah Error}}{\Sigma \text{Jumlah Uji Coba}}$$

$$\text{Rata - rata error (\%)} = \frac{6.94}{5}$$

$$\text{Rata - rata error (\%)} = 1.39 \%$$

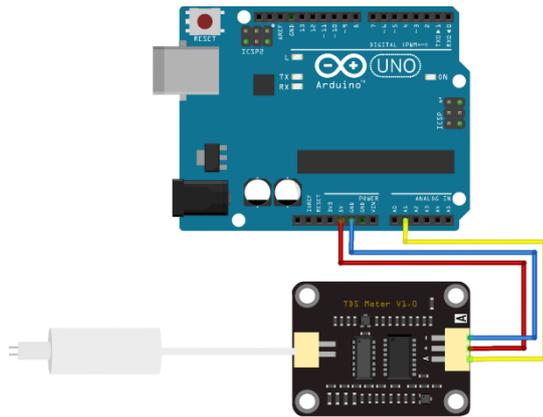
Berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan terhadap lima jenis larutan berbeda, dilakukan perhitungan presentase *error* menggunakan rumus yang telah dijelaskan sebelumnya. Setelah diperoleh nilai *error* dari masing-masing pengujian, maka selanjutnya menghitung rata-rata *error* dari seluruh pengujian dan diperoleh rata-rata *error* sebesar 1.39 %. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sensor pH 4502C mampu mengukur tingkat asam dan basa dalam larutan sesuai dengan yang diinginkan dan layak untuk digunakan dalam Proyek Akhir ini karena memiliki nilai *error* yang rendah dan masih berada dalam batas toleransi.

4.3.2 Kalibrasi dan Pengujian Sensor TDS DFRobot

Pada tahap ini dilakukan kalibrasi dan pengujian terhadap sensor TDS untuk pembacaan tingkat kandungan nutrisi dalam air hidroponik. Kalibrasi dan pengujian sensor TDS dilakukan bertujuan untuk memastikan pembacaan data oleh sensor dapat merepresentasikan kondisi aktual dengan nilai *error* yang rendah dan dapat ditoleransi.

4.3.2.1 Kalibrasi Sensor TDS TDSRobot

Kalibrasi sensor TDS dilakukan dengan menggunakan larutan dengan nilai TDS (ppm) yang telah diketahui. Larutan ini digunakan sebagai acuan untuk menyesuaikan pembacaan sensor agar mendekati nilai aktual dari larutan tersebut. Berikut pada gambar 4.6 merupakan skematik rangkaian yang digunakan untuk kalibrasi sensor TDS DFRobot.



Gambar 4. 6 Skematik Sensor TDS TDSRobot

Pin + sensor TDS disambungkan dengan pin 5V pada Arduino. Pin - sensor TDS disambungkan dengan pin *ground* pada Arduino. Pin Data (A) sensor TDS disambungkan dengan pin A1 dan A2 pada Arduino untuk sensor TDS 1 dan TDS 2.

```
#include <GravityTDS.h>
#define TdsSensorPin1 A1
#define TdsSensorPin2 A2

GravityTDS tds1;
GravityTDS tds2;

float tdsValue1 = 0, tdsValue2 = 0;
float suhu = 25.0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  initTdsSensor();
}

void loop() {
  bacaSensor();
  delay(1000); // Baca setiap 1 detik
}
```

```

void initTdsSensor() {
    tds1.setPin(TdsSensorPin1);
    tds1.setAref(5.0);
    tds1.setAdcRange(1024);
    tds1.begin();

    tds2.setPin(TdsSensorPin2);
    tds2.setAref(5.0);
    tds2.setAdcRange(1024);
    tds2.begin();
}

void bacaSensor() {
    tds1.setTemperature(suhu);
    tds2.setTemperature(suhu);
    tds1.update();
    tds2.update();

    tdsValue1 = tds1.getTdsValue();
    tdsValue2 = tds2.getTdsValue();

    float tdsValue2_koreksi = 0.6737 * tdsValue2 - 7.65;

    Serial.print("TDS1: ");
    Serial.print(tdsValue1, 2);
    Serial.print(" ppm | TDS2: ");
    Serial.print(tdsValue2, 2);
}

```

Kode program diatas digunakan untuk program kalibrasi sensor TDS pada Arduino IDE. Program ini digunakan untuk menyesuaikan kadar TDS dari pembacaan TDS Meter dengan sensor TDS yang akan digunakan.

4.3.2.2 Pengujian Sensor TDS DFRobot

Setelah dikalibrasi, sensor diuji menggunakan beberapa jenis larutan dengan nilai TDS yang telah diketahui dan dibandingkan hasilnya dengan alat ukur TDS meter untuk melihat keakuratannya. Pengujian sensor TDS bertujuan untuk

memastikan bahwa sensor TDS yang digunakan dapat memberikan data pembacaan yang akurat dan stabil sesuai dengan kandungan padatan yang terlarut dalam larutan nutrisi. Pengujian sensor TDS dilakukan menggunakan larutan nutrisi AB mix yang ditunjukkan pada gambar 4.7.



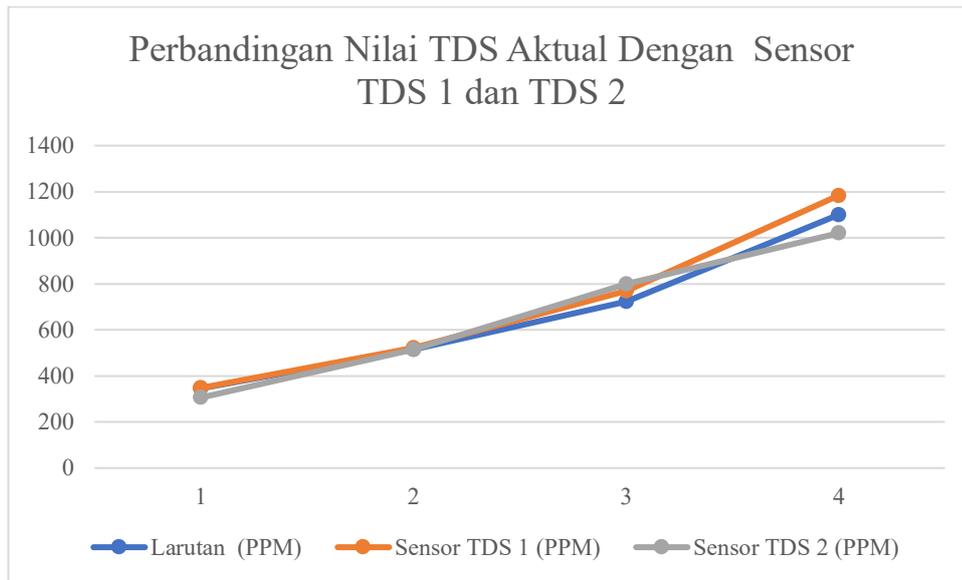
Gambar 4. 7 Nutrisi AB *Mix* Yang Sudah Tercampur

Berikut tabel 4.2 adalah hasil pengujian dari dua sensor TDS terhadap beberapa jenis larutan dengan nilai TDS berbeda dan dibandingkan dengan alat ukur TDS meter.

Tabel 4. 2 Data Pengujian Sensor TDS 1 dan TDS 2

Larutan (PPM)	Sensor TDS 1 (PPM)	Error (%)	Sensor TDS 2 (PPM)	Error (%)	
346	347.91	0.55	306.01	11.56	
514	522.96	1.74	515.78	0.35	
722	768.54	6.45	798.95	10.66	
1100	1183.57	7.60	1020.08	7.27	
Rata-rata <i>error</i> (%)		4.08%	Rata-rata <i>error</i> (%)		7.46%

Berdasarkan data pengujian sensor TDS DFRobot pada tabel 4.2 diperoleh grafik perbandingan nilai TDS aktual dengan pembacaan sensor TDS 1 dan TDS 2 yang ditunjukkan pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai TDS Aktual Dengan Pembacaan Sensor TDS 1 dan TDS 2

Perhitungan presentasi *error* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Error (\%) = \left| \frac{\text{Nilai Alat Ukur} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Alat Ukur}} \right| \times 100\%$$

Contoh penerapan rumus presentasi *error* menggunakan data pengukuran larutan TDS 514 PPM untuk sensor TDS 1 dan TDS 2.

1. Larutan TDS 514 PPM dengan sensor TDS 1

$$Error (\%) = \left| \frac{514 - 522.96}{514} \right| \times 100\%$$

$$Error (\%) = \left| \frac{-8.96}{514} \right| \times 100\%$$

$$Error (\%) = 0.01743 \times 100\%$$

$$Error (\%) = 1.74\%$$

2. Larutan TDS 514 PPM dengan sensor TDS 2

$$Error (\%) = \left| \frac{514 - 515.78}{514} \right| \times 100\%$$

$$Error (\%) = \left| \frac{-1.78}{514} \right| \times 100\%$$

$$Error (\%) = 0.00346 \times 100\%$$

$$Error (\%) = 0.35\%$$

Setelah seluruh nilai *error* dari setiap pengujian dihitung, diperoleh rata-rata *error* keseluruhan pengujian. Rata-rata *error* dibagi menjadi 2 bagian yaitu nilai rata-rata *error* pada sensor TDS 1 dan nilai rata-rata *error* pada sensor TDS 2.

1. Rata-rata *error* sensor TDS 1:

$$\text{Rata - rata error (\%)} = \frac{\Sigma \text{Jumlah Error TDS 1}}{\Sigma \text{Jumlah Uji Coba}}$$

$$\text{Rata - rata error (\%)} = \frac{16.34}{4}$$

$$\text{Rata - rata error (\%)} = 4.08\%$$

2. Rata-rata *error* sensor TDS 2:

$$\text{Rata - rata error (\%)} = \frac{\Sigma \text{Jumlah Error TDS 2}}{\Sigma \text{Jumlah Uji Coba}}$$

$$\text{Rata - rata error (\%)} = \frac{29.84}{4}$$

$$\text{Rata - rata error (\%)} = 7.46\%$$

Berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan terhadap beberapa jenis larutan dengan nilai TDS berbeda, dilakukan perhitungan presentase *error* menggunakan rumus yang telah dijelaskan sebelumnya. Setelah diperoleh nilai *error* dari masing-masing pengujian, maka selanjutnya menghitung rata-rata *error* dari keseluruhan pengujian. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sensor TDS 1 memiliki rata-rata *error* sebesar 4.08%, sedangkan sensor TDS 2 memiliki rata-rata *error* sebesar 7.46%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sensor TDS DFRobot mampu mengukur konsentrasi nutrisi larutan sesuai dengan yang diinginkan dan layak untuk digunakan dalam Proyek Akhir ini karena memiliki nilai *error* yang rendah dan masih berada dalam batas toleransi.

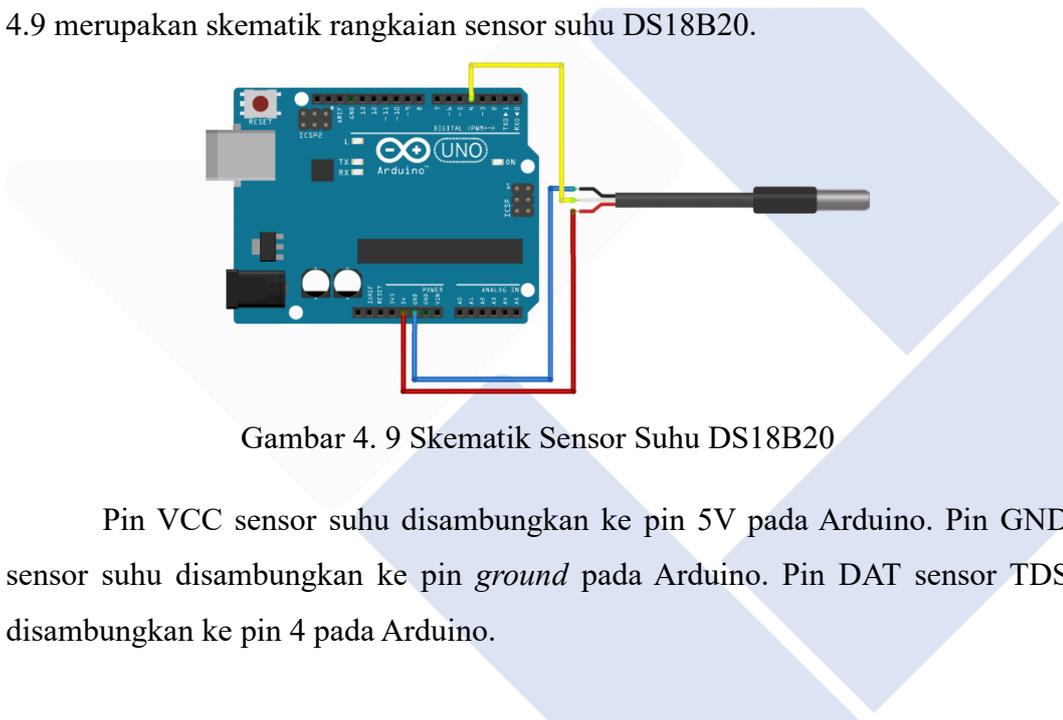
4.3.3 Kalibrasi dan Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pada tahap ini dilakukan kalibrasi dan pengujian terhadap sensor suhu yang digunakan untuk pembacaan suhu air dalam sistem hidroponik. Kalibrasi dan pengujian sensor suhu dilakukan bertujuan untuk memastikan pembacaan data oleh

sensor dapat merepresentasikan kondisi aktual dengan nilai *error* yang rendah dan dapat ditoleransi.

4.3.3.1 Kalibrasi Sensor Suhu DS18B20

Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai hasil pembacaan sensor suhu dengan nilai pembacaan termometer pada kondisi air yang telah ditentukan. Hasil pembacaan dari sensor dan termometer kemudian dianalisis untuk mengetahui presentase *error*. Proses ini penting untuk mengetahui sejauh mana keakuratan sensor dalam membaca suhu dalam kondisi aktual. Berikut pada gambar 4.9 merupakan skematik rangkaian sensor suhu DS18B20.



Gambar 4. 9 Skematik Sensor Suhu DS18B20

Pin VCC sensor suhu disambungkan ke pin 5V pada Arduino. Pin GND sensor suhu disambungkan ke pin *ground* pada Arduino. Pin DAT sensor TDS disambungkan ke pin 4 pada Arduino.

4.3.3.2 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

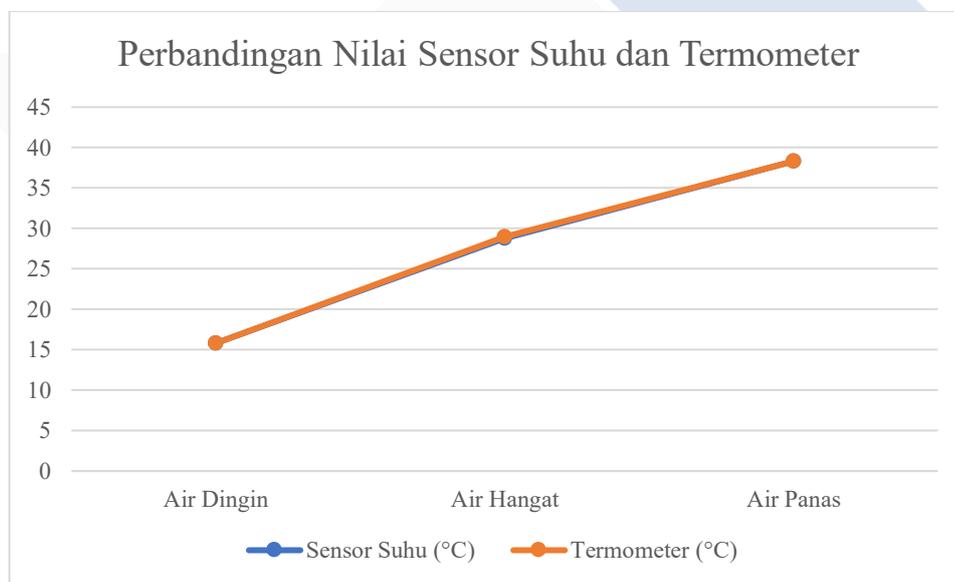
Setelah dikalibrasi, sensor diuji dalam tiga kondisi suhu air yaitu air dingin, air hangat, dan air panas. Pengujian sensor suhu bertujuan untuk memastikan bahwa sensor suhu yang digunakan mampu menghasilkan data pembacaan yang akurat dan stabil pada berbagai kondisi suhu. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 larutan dengan suhu yang berbeda-beda yaitu air dingin (15,8 °C), air hangat (29 °C), dan air panas (38,3°C).

Berikut tabel 4.3 adalah hasil pengujian sensor suhu terhadap beberapa jenis kondisi suhu air dan dibandingkan dengan alat ukur termometer.

Tabel 4. 3 Data Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Kondisi Air	Sensor Suhu (°C)	Termometer (°C)	Error (%)
Air Dingin	15.81	15.8	0.06
Air Hangat	28.75	29.0	0.86
Air Panas	38.31	38.3	0.03
Rata-rata <i>error</i> (%)			0.32%

Berdasarkan data pengujian sensor suhu DS18B20 pada tabel 4.3 diperoleh grafik perbandingan nilai pembacaan sensor suhu dengan termometer terhadap tiga kondisi suhu air yang ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Nilai Sensor Suhu dan Termometer

Perhitungan presentasi *error* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Error (\%) = \left| \frac{Nilai Alat Ukur - Nilai Sensor}{Nilai Alat Ukur} \right| \times 100\%$$

Contoh penerapan rumus presentase *error* menggunakan data pengukuran air hangat dengan suhu 29°C.

$$Error (\%) = \left| \frac{29 - 28.75}{29} \right| \times 100\%$$

$$Error (\%) = \left| \frac{0.25}{29} \right| \times 100\%$$

$$Error (\%) = 0.00862 \times 100\%$$

$$Error (\%) = 0.86\%$$

Setelah seluruh nilai *error* dari tiga pengujian dihitung, diperoleh rata-rata *error* keseluruhan pengujian menggunakan rumus:

$$Rata - rata\ error (\%) = \frac{\Sigma\ Jumlah\ Error}{\Sigma\ Jumlah\ Uji\ Coba}$$

$$Rata - rata\ error (\%) = \frac{0.95}{3}$$

$$Rata - rata\ error (\%) = 0.32\%$$

Berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan terhadap tiga kondisi air yang berbeda, dilakukan perhitungan presentase *error* menggunakan rumus yang telah dijelaskan sebelumnya. Setelah diperoleh nilai *error* dari masing-masing pengujian, maka selanjutnya menghitung rata-rata *error* dari seluruh pengujian dan diperoleh rata-rata *error* sebesar 0.32%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sensor suhu DS18B20 mampu mengukur suhu air sesuai dengan yang diinginkan dan layak untuk digunakan dalam Proyek Akhir ini karena memiliki nilai *error* yang rendah dan masih berada dalam batas toleransi.

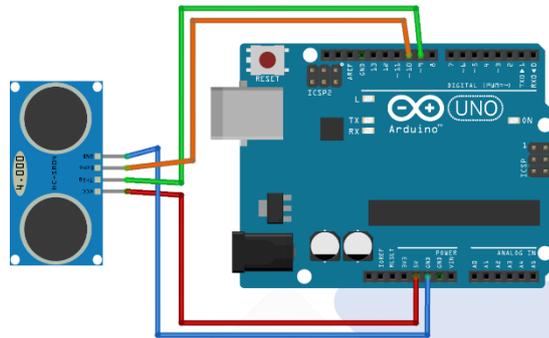
4.3.4 Kalibrasi dan Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pada tahap ini dilakukan kalibrasi dan pengujian terhadap sensor ultrasonik yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian permukaan air pada tandon suplai air dalam sistem hidroponik. Kalibrasi dan pengujian sensor ultrasonik dilakukan bertujuan untuk memastikan pembacaan data oleh sensor dapat merepresentasikan kondisi aktual dengan nilai *error* yang rendah dan dapat ditoleransi.

4.3.4.1 Kalibrasi Sensor Ultrasonik HC-SR04

Kalibrasi sensor ultrasonik dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan jarak dari sensor dengan jarak aktual yang diukur menggunakan alat

ukur penggaris atau meteran. Kalibrasi dilakukan dengan cara mengukur jarak aktual dari sensor dan menyesuaikan hasil pembacaan sensor melalui program Arduino. Berikut pada gambar 4.11 merupakan skematik rangkaian sensor suhu DS18B20.



Gambar 4. 11 Skematik Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pin VCC sensor ultrasonik disambungkan ke pin 5V pada Arduino. Pin GND sensor ultrasonik disambungkan ke pin *ground* pada Arduino. Pin *Trigger* sensor ultrasonik disambungkan ke pin 9 dan pin *Echo* disambungkan ke pin 10 pada Arduino.

4.3.4.2 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Setelah dikalibrasi, sensor diuji dengan melakukan pengukuran pada beberapa variasi jarak atau ketinggian. Hasil pembacaan sensor kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan penggaris atau meteran sebagai acuan.

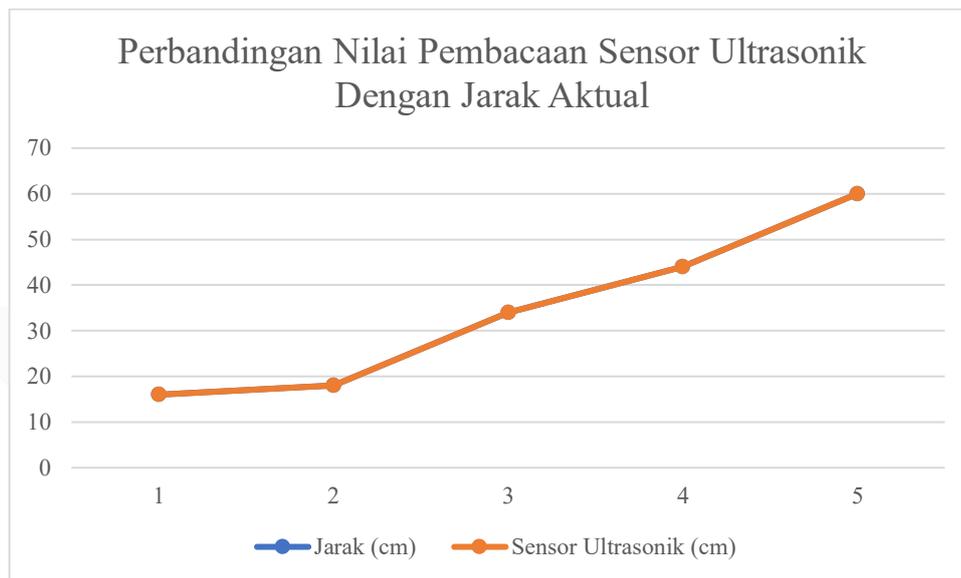
Berikut tabel 4.4 adalah hasil pengujian sensor ultrasonik terhadap beberapa variasi ketinggian dan dibandingkan dengan alat ukur penggaris atau meteran.

Tabel 4. 4 Data Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Jarak (cm)	Sensor Ultrasonik (cm)	Error (%)
16	16	0
18	18	0
34	34	0
44	44	0

60	60	0
Rata-rata <i>error</i> (%)		0%

Berdasarkan data pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 pada tabel 4.4 didapatkan grafik perbandingan nilai pembacaan sensor ultrasonik dengan jarak aktual ketinggian yang ditunjukkan pada gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan Nilai Sensor Ultrasonik dan Jarak Aktual

Perhitungan presentasi *error* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Error (\%) = \left| \frac{Nilai Alat Ukur - Nilai Sensor}{Nilai Alat Ukur} \right| \times 100\%$$

Contoh penerapan rumus presentasi *error* menggunakan data pengukuran jarak 60cm.

$$Error (\%) = \left| \frac{60 - 60}{60} \right| \times 100\%$$

$$Error (\%) = \left| \frac{0}{60} \right| \times 100\%$$

$$Error (\%) = 0 \times 100\%$$

$$Error (\%) = 0\%$$

Setelah seluruh nilai *error* dari lima pengujian dihitung, diperoleh rata-rata *error* keseluruhan pengujian menggunakan rumus:

$$\text{Rata - rata error (\%)} = \frac{\Sigma \text{Jumlah Error}}{\Sigma \text{Jumlah Uji Coba}}$$

$$\text{Rata - rata error (\%)} = \frac{0}{5}$$

$$\text{Rata - rata error (\%)} = 0\%$$

Berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan terhadap lima variasi ketinggian yang berbeda, dilakukan perhitungan presentase *error* menggunakan rumus yang telah dijelaskan sebelumnya. Setelah diperoleh nilai *error* dari masing-masing pengujian, maka selanjutnya menghitung rata-rata *error* dari seluruh pengujian dan diperoleh rata-rata *error* sebesar 0%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mengukur ketinggian air sesuai dengan yang diinginkan dan layak untuk digunakan dalam Proyek Akhir ini karena memiliki nilai *error* yang rendah.

4.4 Pengujian Sensor pH, TDS, dan Suhu

Pada tahap ini, dilakukan pengujian sensor pH, sensor TDS, dan sensor suhu untuk mengetahui apakah peletakan sensor di satu wadah yang sama akan mempengaruhi pembacaan sensor. Pengujian dilakukan pada wadah berisikan air sebanyak 20 Liter yang telah di isi nutrisi dengan tingkat yang berbeda dan akan dilihat apakah pembacaan sensor mempengaruhi satu sama lain.

Tabel 4. 5 Pengujian Sensor pH, Sensor TDS, dan Sensor Suhu Bersamaan

No	Kadar pH		Error (%)	Kadar TDS			Error TDS 1 (%)	Error TDS 2 (%)	Suhu		Error (%)
	pH Meter	pH Sensor		TDS Meter	TDS Sensor 1	TDS Sensor 2			Termo meter	Sensor Suhu	
1	7	6.97	0.43	390	368	422	5.64	8.21	27.6	27.6	0
2	7	6.81	2.71	412	416	474	0.97	15.05	27.6	27.5	0.36
3	6.8	6.76	0.59	519	518	658	0.19	26.78	26.9	27.6	2.6
4	6.8	6.72	1.18	573	563	673	1.74	17.45	27	27.6	2.22
5	6.8	6.69	1.62	608	627	637	3.13	4.77	26.9	27.5	2.23
Rata- rata error			1.31	Rata- rata error			1.09	14.45	Rata- rata error		1.48

Pada hasil percobaan didapat data seperti pada tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa pengaruh peletakan sensor pada satu wadah dapat mempengaruhi pembacaan sensor terutama sensor TDS 1 dan TDS 2. Pada pembacaan sensor pH dapat dilihat bahwa rata-rata *error* pembacaan sensor pH hanya 1.31% dan sensor suhu hanya 1.48% yang menunjukkan tidak ada pengaruh yang signifikan pada peletakan sensor dalam 1 wadah pada sensor pH dan suhu. Kemudian ada sensor sensor TDS 1 dan sensor TDS 2 yang dimana pada sensor TDS 1 hanya memiliki *error* sebesar 1.09% sedangkan pada sensor TDS 2 rata-rata *error* mencapai angka 14.45%. Hal ini menunjukkan pada sensor TDS 2 memiliki dampak yang cukup terlihat dalam pembacaan sensor pada 1 wadah secara bersamaan.

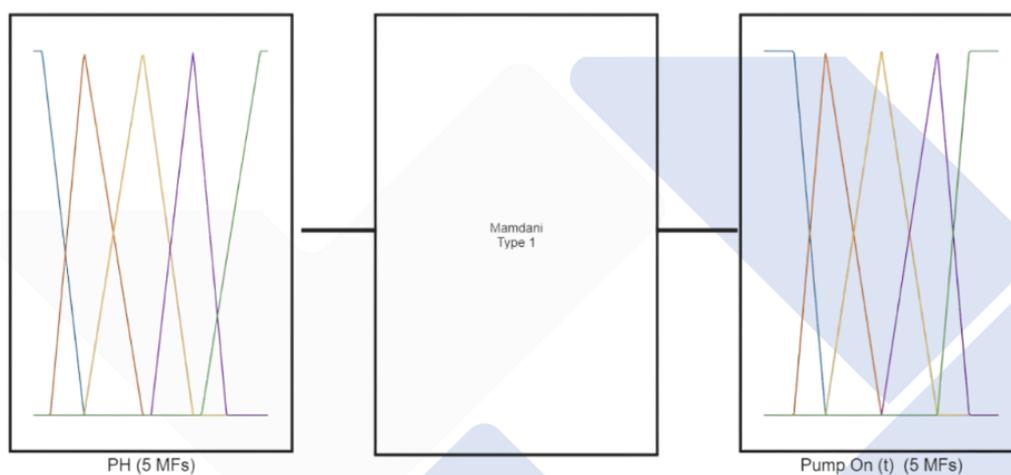
4.5 Pengujian Pompa Air, Solenoid Valve, dan Mixer

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap ketiga pompa yang digunakan dalam sistem, yaitu pompa mini DC 12V sebagai *output* untuk mengalirkan larutan *buffer* pH UP, pH DOWN, dan larutan nutrisi lalu ada *solenoid valve* DC 12V yang berfungsi sebagai katup keran otomatis untuk pengukuran ketinggian air tandon utama. Kemudian ada pompa *submersible* atau pompa celup yang berfungsi untuk pengadukan nutrisi. Pengujian dilakukan dengan memberikan sinyal dari Arduino untuk mengaktifkan masing-masing pompa secara bergantian.

4.6 Perancangan Sistem Fuzzy Logic Control

Perancangan sistem kontrol *fuzzy logic* dilakukan untuk mengatur parameter pada hidroponik secara otomatis, pada Proyek Akhir ini *fuzzy logic* digunakan untuk pengontrolan pH larutan nutrisi hidroponik agar tetap berada pada kondisi optimal. *Setpoint* yang diterapkan adalah 6.8 dengan pertimbangan kebutuhan tanaman. Metode yang digunakan adalah *fuzzy* Mamdani. Perancangan *fuzzy* Mamdani dilakukan melalui empat tahapan yaitu fuzzifikasi, aplikasi fungsi implikasi (*fuzzy inference rules*), komposisi aturan, dan defuzzifikasi. Dari tahapan tersebut maka *fuzzy* dapat menjaga nilai pH tetap pada *setpoint* dengan mengevaluasi kondisi tingkat pH terkini pada hidroponik, penerapan aturan *fuzzy*, tindakan pengkoreksian berdasarkan logika linguistik sesuai dengan aturan yang telah diterapkan pada *fuzzy*,

kemudian tahap pengulangan proses evaluasi dan eksekusi berdasarkan nilai *output* yang dikeluarkan hingga nilai pH mencapai *setpoint* yang diinginkan yaitu 6.8. Dengan menerapkan proses *fuzzy* pada pengontrolan otomatis tingkat pH dapat secara efektif mempertahankan tingkat pH karena tahap evaluasi yang berulang dengan membandingkan kondisi tingkat pH terkini dengan *setpoint* lalu akan dilakukan tahap pengulangan proses evaluasi dan eksekusi berdasarkan nilai *output* yang dikeluarkan. Berikut pada gambar 4.13 merupakan blok diagram dari *Fuzzy Logic Control*.



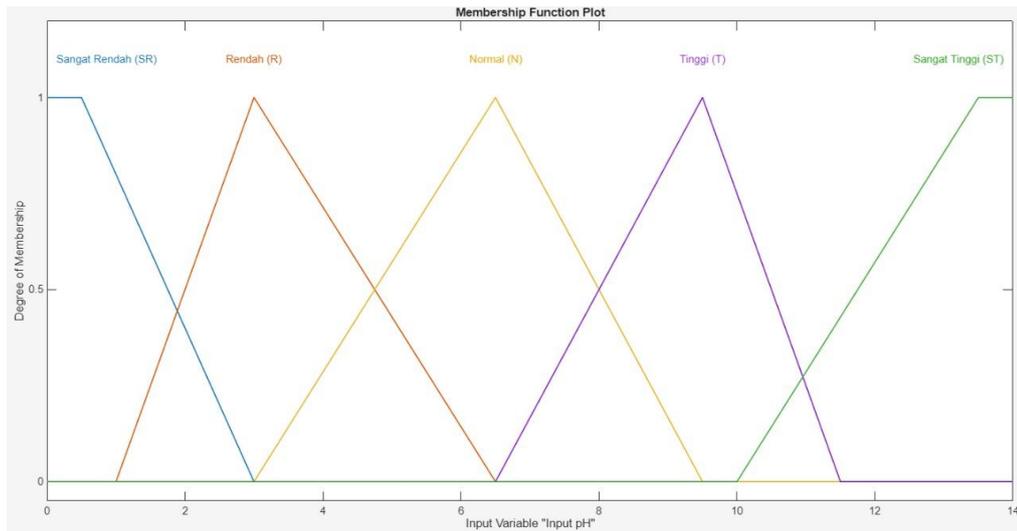
Gambar 4. 13 Blok Diagram *Fuzzy Logic Control*

4.6.1 Pembentukan Himpunan *Fuzzy* (Fuzzifikasi)

Fuzzifikasi adalah proses mengubah nilai *input* yang bersifat tegas (*crisp*) menjadi nilai linguistik berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Dalam proses ini, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*, dan di setiap variabel *input* maupun *output* terdapat variabel linguistik.

4.6.1.1 Fungsi Keanggotaan *Input*

Variabel *input* dalam sistem ini adalah nilai pH larutan nutrisi. Rentang nilai pH yang digunakan berada pada kisaran 0-14 dan dibagi menjadi lima fungsi keanggotaan *fuzzy*. Berikut pada gambar 4.14 merupakan fungsi keanggotaan *input*.

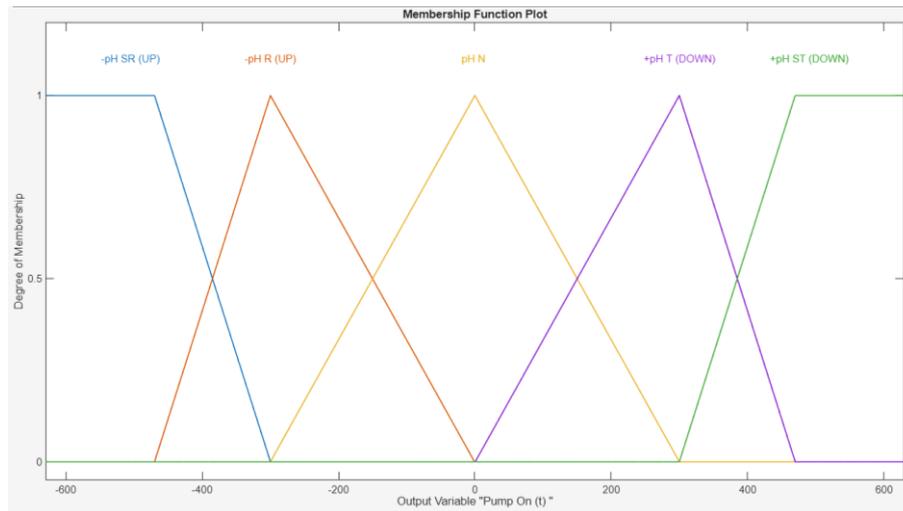


Gambar 4. 14 Fungsi Keanggotaan *Input*

Pada *input* pembacaan sensor pH diklasifikasikan menjadi 5 kategori kadar pH yaitu Sangat Rendah (SR), Rendah (R), Normal (N), Tinggi (T), dan Sangat Tinggi (ST). Kadar pH dikategorikan Sangat Rendah (SR) jika sensor pH membaca kondisi kadar pH dalam air dalam rentang 0-3. Kadar pH dikategorikan Rendah (R) jika sensor pH membaca kondisi kadar pH dalam air dalam rentang 1-6,5. Kadar pH dikategorikan Normal (N) jika sensor pH membaca kondisi kadar pH dalam air dalam rentang 3-9,5. Kadar pH dikategorikan Tinggi (T) jika sensor pH membaca kondisi kadar pH dalam air dalam rentang 7-11,5. Kadar pH dikategorikan Sangat Tinggi (ST) jika sensor pH membaca kondisi kadar pH dalam air dalam rentang 10-14.

4.6.1.2 Fungsi Keanggotaan *Output*

Variabel *output* dari sistem *fuzzy* adalah tindakan yang dilakukan sistem untuk menstabilkan pH, dengan penambahan larutan asam atau basa. *Output* dibagi menjadi lima fungsi keanggotaan *fuzzy*. Berikut pada gambar 4.15 merupakan fungsi keanggotaan *output*.



Gambar 4. 15 Fungsi Keanggotaan *Output*

Output pada sistem ini merupakan waktu aktif pompa berupa waktu dengan satuan yaitu milidetik (ms). Pada *output* diklasifikasikan menjadi 5 kondisi waktu yaitu *UP* Lama (ms), *UP* Cepat (ms), Diam, *DOWN* Cepat (ms), *DOWN* Lama (ms). *Output* dapat dikategorikan lama pada angka (-630) – (-300). *Output* dapat dikategorikan cepat pada angka (-470) – (-0.5). *Output* dapat dikategorikan diam pada angka (-300) – 300. *Output* dapat dikategorikan cepat pada angka 0.5 – 470. *Output* dapat dikategorikan lama pada angka 300 – 630. Pada *output* pada rentang angka (-630) – (-0.5) adalah respon terhadap pH rendah yang akan mengaktifkan pompa *buffer* pH *UP* dan *output* pada rentang 0.5 – 630 adalah respon terhadap pH tinggi yang akan mengaktifkan pompa *buffer* pH *DOWN*.

4.6.2 Aplikasi Fungsi Implikasi (*Fuzzy Inference Rules*)

Pada sistem *fuzzy* yang hanya memiliki 1 *input* dan 1 *output*, dengan masing-masing memiliki 5 *membership function* yang dapat dilihat pada gambar 4.14 dan gambar 4.15 terdapat 5 *rules* yang nantinya akan menentukan *output* pada sistem waktu aktif pompa. Penulisan *rules* pada *fuzzy* pada umumnya menggunakan logika *IF-THEN*. Berikut ini adalah *rules* yang telah dirancang.

1. *IF* PH is Sangat Rendah (SR) then Pump On (t) is *UP* Lama (ms)
2. *IF* PH is Rendah (R) then Pump On (t) is *UP* Cepat (ms)

3. *IF PH is Normal (N) then Pump On (t) is Diam*
4. *IF PH is Tinggi (T) then Pump On (t) is DOWN Cepat (ms)*
5. *IF PH is Sangat Tinggi (ST) then Pump On (t) is DOWN Lama (ms)*

Dengan *rules* yang telah dibuat dan diterapkan pada sistem pengontrolan otomatis pada kadar pH akan dapat dikatakan berhasil apabila hasil *output* yang telah ditentukan sesuai dengan implementasi secara langsung pada alat.

4.6.3 Defuzzifikasi

Secara teori, defuzzifikasi merupakan proses pada sistem *fuzzy logic* yang dimana sistem ini bertujuan untuk mengubah *output* pada *fuzzy* yang berupa nilai kabur menjadi nilai tegas yang dapat implementasikan dalam alat. *Output* yang dihasilkan pada sistem kontrol pH ini adalah gabungan dari beberapa nilai yang bersifat linguistik yaitu *UP Lama (ms)*, *UP Cepat (ms)*, *Diam*, *DOWN Cepat (ms)*, *DOWN Lama (ms)* yang masing-masingnya memiliki derajat keanggotaan yang telah diatur pada gambar 4.15. Karena pompa hanya merespon pada keluaran dengan nilai numerik yang bersifat tegas maka proses defuzzifikasi inilah yang akan menghasilkan nilai tegas dari keluaran tersebut.

4.6.4 Pengujian Sistem *Fuzzy Logic* Secara Langsung

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap *output* matlab dengan *output* Arduino Uno untuk membandingkan dan melihat berapa perbandingan dari kedua data yang akan di hasilkan sebagai uji layak sistem *fuzzy* agar dapat diimplementasikan kepada alat.

Tabel 4. 6 Perbandingan Simulasi *Output* Matlab Dengan *Output* Arduino

No	Input		Output		Error
	pH Meter	pH Sensor	Matlab	Arduino	
1	4.1	4.10	-144	-142.41	1.1
2	5.8	5.71	-45.7	-49.48	8.27
3	7.7	7.96	83.4	83.33	0.08

4	9.6	9.64	257	256.64	0.14
Rata-rata <i>error</i>					2.4%

Pada hasil percobaan perbandingan antara *output* yang dikeluarkan oleh Arduino Uno dengan *output* yang dihasilkan oleh Matlab dan didapat rata-rata *error* yaitu 2.4%. Pada rata-rata *error* tergolong kecil dan masih tergolong layak digunakan walau ada pada tingkat pH tertentu yang menghasilkan *output* yang tergolong abnormal pada kadar pH 5.8 dengan *error* 8.27% namun tidak secara signifikan memengaruhi sistem otomasi pengontrolan pH. Data yang memiliki perbedaan yang lumayan besar kemungkinan karena Arduino Uno R3 menggunakan tipe data *float* dengan ukuran 32 bit sedangkan pada ESP32 memiliki tipe data *double* dengan ukuran 64 bit. Selanjutnya dilakukan pengujian pada sistem *fuzzy* dengan *rules* yang telah ditentukan dengan cara di implementasikan langsung dengan *input* pembacaan sensor pH dan eksekusi *output* terhadap *input*. Pengujian dilakukan sebanyak 4 sampel percobaan dengan 2 sampel dengan pH rendah dan dengan 2 sampel pH tinggi. Pengujian dilakukan dengan menghitung waktu total pompa mengeksekusi hingga mencapai *setpoint* yaitu 6.8.

Tabel 4. 7 Data Implementasi *Fuzzy Logic* Terhadap Sistem

No	Kondisi Awal		Kondisi Akhir		Waktu (Menit)	<i>Error</i> (%)
	pH Meter	pH Sensor	pH Meter	pH Sensor		
1	4.2	4.43	6.9	6.88	4.19	1.18
2	5.2	5.02	6.8	6.9	3.34	1.47
3	7.6	7.48	6.8	6.81	2.18	0.15
4	8.7	8.46	6.9	6.79	3.45	0.15
Rata-rata <i>error</i>						0.53

Pada data tabel 4.7 yang telah didapat dapat dilihat bahwa sistem *fuzzy* berjalan dengan semestinya dan layak untuk diterapkan pada sistem otomasi. Waktu yang memakan cukup lama diakibatkan oleh delay selama 1 menit setelah pompa

ON untuk menyesuaikan *buffer* pH untuk larut dan juga merata pada instalasi hidroponik.

4.7 Pengujian Sistem Kontrol Manual Dengan *Push Button* Pada Panel

Pada tahap ini merupakan pengujian pada sistem kontrol manual yang dikendalikan dengan *trigger push button*. Tahap pertama dalam penggunaan kontrol manual melalui *push button* pada panel adalah dengan memutar *selector switch* ke mode manual dan ketika *push button* ditekan maka *output* seperti pompa, *solenoid valve*, atau *mixer* akan aktif bersamaan dengan lampu indikator. Berikut pada tabel 4.8 merupakan hasil dari pengujian sistem kontrol manual dengan *push button* pada panel.

Tabel 4. 8 Pengujian Sistem Kontrol Manual Dengan *Push Button* Pada Panel

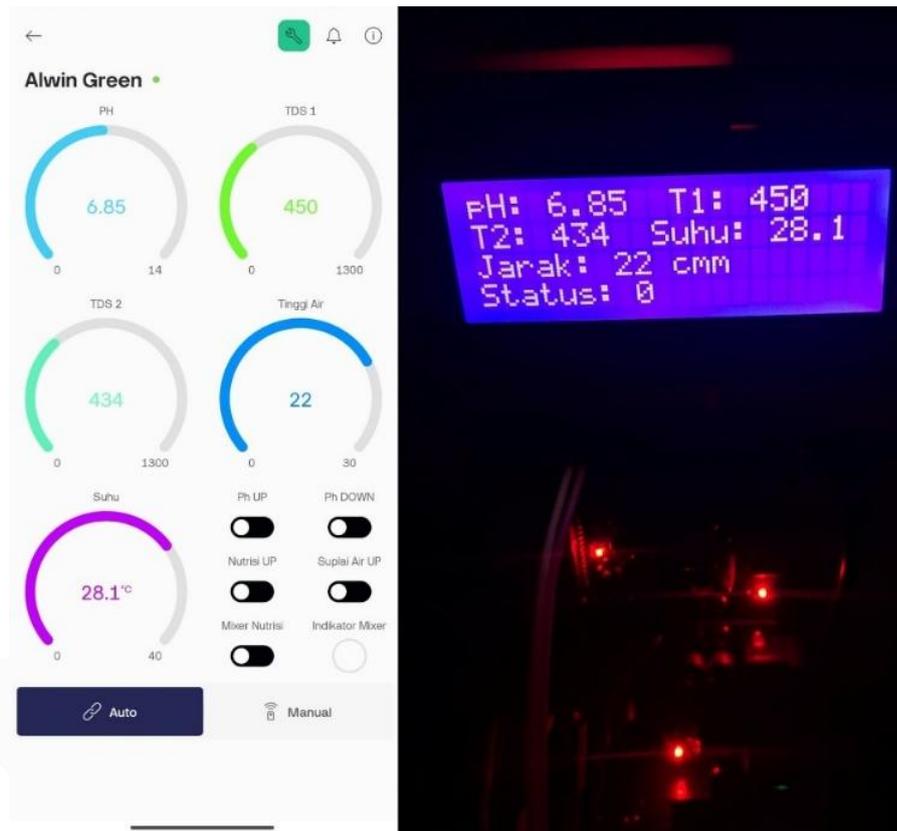
No	<i>Push Button</i>	Lampu Indikator	<i>Output</i>	Foto
1	<i>ON</i>	<i>ON</i>	Pompa pH <i>UP</i> <i>ON</i>	
2	<i>ON</i>	<i>ON</i>	Pompa pH <i>DOWN</i> <i>ON</i>	

3	ON	ON	Pompa Nutrisi ON	
4	ON	ON	Suplai Air ON	
5	ON	ON	Mixer ON	

Pada tabel 4.8 dapat dilihat bahwa sistem kontrol manual melalui *push button* pada panel. Dapat dilihat bahwa pada saat *push button* ditekan *output* pompa, *solenoid valve*, atau *mixer* akan aktif bersamaan dengan lampu indikator. Respon *output* dan lampu indikator pada saat *push button* sangat baik dan tidak bermasalah yang menandakan bahwa sistem kontrol manual melalui *push button* pada panel bekerja dengan baik dan dapat digunakan semestinya.

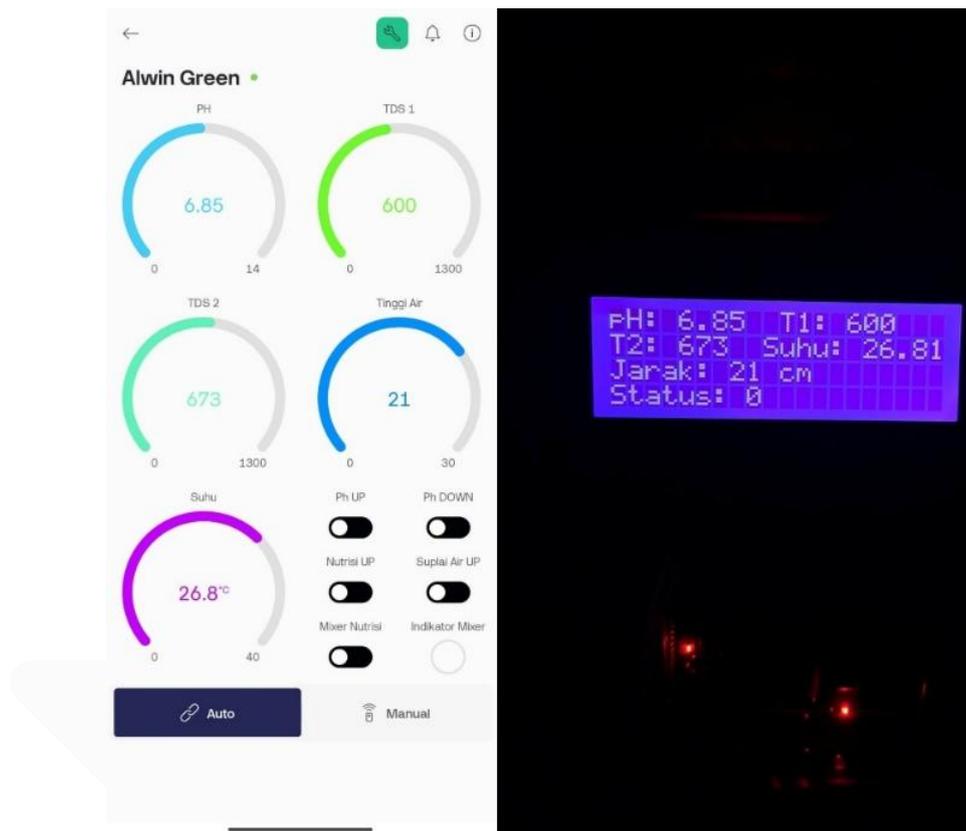
4.8 Pengujian Aplikasi *Internet of Things* (IoT)

Pada tahap ini adalah pengujian terhadap aplikasi *Internet of Things* (IoT) yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil keluaran pada tampilan LCD I2C.



Gambar 4. 16 Pengujian Pertama Aplikasi *Blynk*

Pada sampel pertama dilakukan menggunakan parameter dengan kategori sensor pH yaitu 6.85, kemudian pada sensor TDS 1 yaitu 450 PPM kemudian sensor TDS 2 yaitu 434 PPM lalu ketinggian air yaitu 22 cm dan suhu air yaitu 28.1°C. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.16. Pada gambar menunjukkan bahwa hasil *output* LCD dan juga *output Blynk* sama sekali tidak menunjukkan kesimpangan data. Dilakukan kembali pengujian menggunakan sampel 2 yaitu dengan kategori parameter sensor pH yaitu 6.85, kemudian pada sensor TDS 1 yaitu 600 PPM kemudian sensor TDS 2 yaitu 673 PPM lalu ketinggian air yaitu 21 cm dan suhu air yaitu 26.8°C.



Gambar 4. 17 Pengujian Kedua Aplikasi *Blynk*

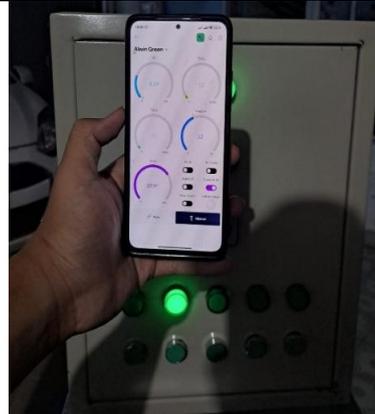
Dapat dilihat pada data yang dimana perbandingan hasil pada *output* LCD dan *output Blynk* tidak menunjukkan perbedaan sama sekali. Namun pada saat pengujian terjadi *lagging* pada perubahan data LCD dengan *Blynk* dengan permasalahan penampilan data LCD lebih cepat muncul dari pada data *Blynk* yang diakibatkan pada kecepatan pengiriman data kepada ESP32 karena beberapa faktor. Umumnya terjadi karena pengolahan dan pengiriman data ke *Blynk* melalui *Wi-Fi* memang memakan waktu yang agak lama. Permasalahan lainnya adalah karena koneksi sinyal yang cukup buruk sehingga mempengaruhi kinerja pengiriman data pada *Blynk* dan mengakibatkan *lagging*.

Kemudian adalah pengujian sistem kontrol melalui *device* yang ada pada *Blynk* dengan *trigger switch* yang ada pada *Blynk*. Percobaan dilakukan dengan cara menekan tombol *switch* pada *Blynk* kemudian akan di lihat apakah lampu indikator, pompa, *solenoid valve*, atau *mixer* hidup tergantung dengan *switch* yang ditekan. Berikut tabel 4.9 merupakan hasil yang dilakukan dalam pengujian.

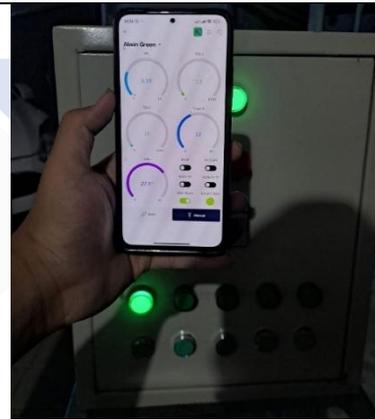
Tabel 4. 9 Pengujian Kontrol Pada *Blynk*

No	<i>Switch Blynk</i>	Lampu Indikator	<i>Output</i>	Foto
1	<i>ON</i>	<i>ON</i>	Pompa pH <i>UP</i> <i>ON</i>	
2	<i>ON</i>	<i>ON</i>	Pompa pH <i>DOWN</i> <i>ON</i>	
3	<i>ON</i>	<i>ON</i>	Pompa Nutrisi <i>ON</i>	

4	ON	ON	Solenoid Valve ON
---	----	----	-------------------------



5	ON	ON	Mixer ON
---	----	----	-------------



Pada percobaan kontrol aktif pompa, *solenoid valve*, dan *mixer* melalui *device* dari *Blynk* dan didapat bahwa hasil yang didapatkan sesuai dengan yang diinginkan. Disaat *switch* diaktifkan pada *Blynk*, maka *output* seperti pompa, *solenoid valve*, atau *mixer* akan aktif bersamaan dengan lampu indikator pada panel yang menandakan bahwa *output* seperti pompa, *solenoid valve*, atau *mixer* sedang aktif. Dapat dikatakan bahwa sistem kontrol pada *Blynk* bekerja dengan baik sesuai dengan yang diinginkan.

4.9 Pengujian Alat dan Sistem Keseluruhan

Pada tahap ini dilakukan pengujian alat dan sistem secara keseluruhan yang dimana akan dilakukan perhitungan selama satu siklus pengerjaan sistem untuk mencapai *setpoint*. Percobaan dilakukan dengan cara membuat kondisi air yang dibutuhkan yaitu tingkat pH, nutrisi, dan ketinggian air tidak mencapai *setpoint* atau dalam keadaan tidak normal, kemudian akan membiarkan sistem untuk

mengeksekusi sesuai dengan aturan yang telah dibuat untuk mencapai *setpoint* secara otomatis. Berikut tabel 4.10 kondisi sebelum eksekusi.

Tabel 4. 10 Kondisi Sebelum Eksekusi

Kondisi Sebelum Eksekusi									
No	pH Meter	pH Sensor	TDS Meter	TDS Sensor 1	TDS Sensor 2	Penggaris	Sensor Ultrasonik	Suhu Termometer	Sensor Suhu
1	6.03	6.11	367	443	427	22	22	28.5	28.2
2	6.81	6.85	367	450	434	22	22	28.4	28.1
3	6.8	6.84	609	600	673	22	22	28.5	28.1

Tabel 4. 11 Kondisi Setelah Eksekusi

Kondisi Setelah Eksekusi												Suhu Termometer	Sensor Suhu	Waktu (Menit)
No	pH Meter	pH Sensor	Error (%)	TDS Meter	TDS Sensor 1	TDS Sensor 2	Error (%)	Error (%)	Penggaris	Sensor Ultrasonik	Error (%)	Suhu Termometer	Sensor Suhu	Waktu (Menit)
1	6.81	6.87	0.88	367	437	421	19.07	14.71	22	22	0	28.5	27.8	2.32
2	6.8	6.85	0.73	653	600	673	8.12	3.06	22	21	4.55	28.4	26.81	7.24
3	6.78	6.82	0.59	636	584	651	8.18	2.36	12	12	0	28.5	28.2	3.27
Rata-rata error			0.74	Rata-rata error			11.79	6.71	Rata-rata error		1.52	Total Waktu		12.83

Pada hasil pengujian yang telah didapat bisa dilihat pada tabel 4.11 yang menunjukkan bahwa sistem otomasi menjalankan sistem otomasi pengontrolan pH, TDS, dan suplai air dengan baik sampai mencaapai *setpoint*. Pada hasil yang didapat untuk sistem menyelesaikan satu siklus eksekusi dibutuhkan waktu selama 12.83 menit untuk mencapai *setpoint* dengan klasifikasi *setpoint* yaitu 6.8 untuk *setpoint* kadar pH, 600 PPM untuk kadar nutrisi, dan ≤ 13 cm untuk ketinggian air tandon utama. Waktu yang termakan cukup lama untuk waktu eksekusi karena pada tiap larutan *buffer* pH UP, pH DOWN, dan juga nutrisi tergolong cukup lama untuk larut pada tandon utama. Instalasi hidroponik juga mempengaruhi lama waktu larutan *buffer* pH UP, pH DOWN, dan juga nutrisi untuk larut secara merata, semakin banyak kolom dan baris, pada instalasi maka semakin lama waktu delay yang akan di terapkan pada sistem.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berikut ini merupakan ringkasan dari hasil percobaan dan pengujian dalam proses pembuatan alat mulai dari perencanaan rancangan, pembuatan sistem, kalibrasi dan pengujian sensor dan juga komponen hingga pada pengujian alat secara keseluruhan. Berdasarkan hasil data yang dapat disimpulkan yaitu:

1. Sistem monitoring pada parameter air yaitu pH, TDS, ketinggian air, dan juga suhu pada LCD I2C dan juga *Blynk* dapat berjalan dengan baik.
2. Pada pengujian sensor didapat data rata-rata *error* yaitu sensor pH dengan rata-rata *error* 1.39%, sensor TDS dengan rata-rata *error* TDS 1 yaitu 4.08% dan TDS 2 yaitu 7.46%, lalu sensor suhu dengan rata-rata *error* 0.32%, dan sensor ultrasonik dengan rata-rata *error* 0%. Namun penempatan sensor pH, TDS, dan suhu pada satu tandon yang sama mempengaruhi pembacaan sensor sehingga didapat rata-rata *error* pada pembacaan yaitu sensor pH dengan rata-rata *error* 1.31%, sensor TDS 1 dengan rata-rata *error* 1.09%, TDS 2 dengan rata-rata *error* 14.45%, dan sensor suhu dengan rata-rata *error* 1.48%.
3. Implementasi *fuzzy* pada kontrol pH dapat mencapai *setpoint* yang telah ditentukan yaitu 6.8 dengan rata-rata *error* pada hasil kadar pH akhir setelah eksekusi terhadap *setpoint* yaitu 0.53%.
4. Pada pengujian sistem monitoring berbasis IoT melalui *device* dengan menggunakan platform *Blynk* tidak mengalami kesimpangan data dengan monitoring melalui LCD I2C. Pada pengujian kontrol manual pada *Blynk*, sistem dapat berjalan dengan baik dan dapat mengaktifkan pompa, *solenoid valve*, dan juga *mixer* melalui *device*. Namun terdapat delay atau *lagging* pada kontrol dan monitoring *Blynk* karena pada umumnya pengiriman data jika melalui jaringan *wireless* memang memakan waktu yang agak lama sehingga terjadi keterlambatan dalam menampilkan

pembacaan sensor pada *Blynk* dan mengirim data pada Arduino Uno R3 melalui ESP32 jika dalam mode manual. Kekuatan jaringan yang digunakan juga mempengaruhi pengiriman data pada *Blynk*.

5. Sistem kontrol pada parameter air yaitu pH, TDS, ketinggian air secara otomatis dapat berjalan dengan baik yaitu dengan perolehan waktu eksekusi 12.83 menit dengan rata-rata *error* pada hasil akhir eksekusi terhadap *setpoint* yaitu pH 0.74%, dan ketinggian air 1.52% yang tergolong akurat untuk digunakan, namun pada sensor TDS memiliki *error* yang cukup lebar yaitu TDS 1 11.79% dan TDS 2 6.71%. Sistem kontrol melalui *Blynk* dan *push button* panel juga berfungsi dengan baik.
6. Pada persentase *error* pada sensor TDS tergolong cukup tinggi karena pembacaan sensor yang tidak linier serta pengaruh penggabungan sensor TDS dengan sensor lainnya yang mempengaruhi pembacaan.

5.2 Saran

Masih terdapat kelemahan dan kekurangan pada penerapan Proyek Akhir ini. Maka penulis memiliki saran yang akan menjadi pengembangan pada penelitian selanjutnya. Saran dan pengembangan dapat ditambahkan sebagai berikut:

1. Penggunaan sensor dengan standar dan kualitas industrial guna meminimalkan gangguan *noise* dan meningkatkan akurasi pembacaan parameter air, meskipun hal tersebut memerlukan investasi biaya yang lebih tinggi.
2. Membuat *database* sebagai evaluasi sistem otomasi untuk menjadi pengembangan pengguna.
3. Pada alas panel sebaiknya menggunakan bahan yang bersifat isolator agar seluruh komponen tidak terpengaruhi oleh arus bocor dari *power supply* dan untuk meminimalisir kerusakan komponen lain akibat arus bocor.
4. Penambahan fitur penurunan tingkat TDS pada sistem agar pengontrolan TDS dapat lebih fleksibel.

5. Penambahan fitur *software* yang dapat memasukkan dan mengatur *setpoint* secara bebas sesuai dengan keinginan pengguna agar penggunaan alat semakin fleksibel dan praktis digunakan pada tanaman apapun.
6. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji kembali sensor TDS DFRobot dengan variabel yang lain untuk melihat pengaruh pembacaan pada sensor TDS DFRobot.



DAFTAR PUSTAKA

- Asmbangnirwana, I., Endryansyah, E., Rusimamto, P. W., & Zuhrie, M. S. (2022). Pengendalian Suhu Air Nutrisi Pada Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique) Berbasis Fuzzy Logic Controller. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, *11*(1), 108–116. <https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p108-116>.
- Cahyo, M., Prabowo, A., Janitra, A. A., & Wibowo, N. M. (2023). Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis IoT Dengan Sensor Suhu, pH, dan Ketinggian Air Menggunakan ESP8266. *JURNAL TECNOSCIENZA*, *7*(2), 312–323. <https://doi.org/10.51158/tecnoscienza.v7i2.894>.
- Endriatno, N., Safarun, M., & Kaimuddin, J. S. (2024). Rekayasa Prototype Keran Elektronik Berbasis Sensor Infrared Untuk Penghematan Air. *Seminar Nasional Teknik Elektro*, *1*, 9–13.
- Genadiarto, A. S., Noertjahyana, A., & Kabzar, V. (2017). Introduction Of Internet Of Thing Technology Based On Prototype. *Jurnal Informatika*, *14*(1). <https://doi.org/10.9744/informatika.14.1.47-52>.
- Hamdani, M. W., Stefanie, A., Saragih, Y., & Karawang, U. S. (2022). Perancangan dan Implementasi Metode Kontrol Fuzzy Logic Mamdani pada Sistem Kontrol TDS dan pH Hidroponik. *JURNAL TEKNOLOGI TERPADU*, *10*(2), 171–183. <https://doi.org/10.32487/jtt.v10i2.1555>.
- Hidayatullah, P., Orisa, M., & Mahmudi, A. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Tanaman Hidroponik Berbasis Internet Of Things (IOT). *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, *6*(2), 1200.
- Iman, D. F., & Cahyono, B. D. (2024). Pemeliharaan Pompa Submersible Sebagai Sistem Penyedotan Air Limbah Di Pt. Krakatau Tirta Industri. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, *12*(3S1), 4374–4382. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3S1.5332>.
- Izquierdo, S. S., & Izquierdo, L. R. (2018). Mamdani Fuzzy Systems for Modelling and Simulation: A Critical Assessment. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, *21*(3). <https://doi.org/10.18564/jasss.3660>.

- Klawonna, F., & Novák, V. (1996). The relation between inference and interpolation in the framework of fuzzy systems. *Fuzzy Sets and Systems*, 81(3), 331–354. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(96\)83710-9](https://doi.org/10.1016/0165-0114(96)83710-9).
- KLHK. (2023). *Status Lingkungan Hidup Indonesia 2023*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Kusumadewi, S. (2004). *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Muriyatmoko, D., Kurnia Reza, & Utama Shoffin Nahwa. (2023). Sistem Monitoring Jarak Jauh Kontrol pH Tanaman Selada Dengan Media Hidroponik. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(1), 95–102. <https://doi.org/10.32487/jtt.v11i1.1707>.
- Nasution, H. (2012). Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan. *JURNAL ELKHA*, 4(2), 4–8.
- Nizam, M. N., Haris Yuana, & Zunita Wulansari. (2022). Mikrokontroler ESP 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 767–772. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5713>.
- Pal, S. K., & Mandal, D. P. (1991). Fuzzy Logic and Approximate Reasoning: An Overview. *IETE Journal of Research*, 37(5–6), 548–560. <https://doi.org/10.1080/03772063.1991.11437008>.
- Penjor, T., Dorji, L., Wangmo, D., Yangzom, K., & Wangchuk, T. (2022). Automation of Hydroponics System using Open-source Hardware and Software with Remote Monitoring and Control. *Bhutanese Journal of Agriculture*, 5(1), 95–108. <https://doi.org/10.55925/btagr.22.5108>.
- Pramudito, A., Wanarti, P. R., Rohman, M., & Anifah Afiliati, L. (2025). Analisis dan Simulasi Sistem Kontrol Suhu Otomatis Berbasis Fuzzy Logic. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 14(1), 43–47. <https://doi.org/10.26740/jte.v14n1.p43-47>.
- Purwidyaningrum, I., Iswandi, I., & Untari, M. K. (2020). Pembinaan Teknik Bercocok Tanam Hidroponik Tanaman Obat di Perumahan Josroyo. *Journal*

of *Dedicator's Community*, 4(2), 94–106.
<https://doi.org/10.34001/jdc.v4i2.1056>.

Rahmatullah, Z. U., & Irawan, D. (2023). Prototype Perawatan dan Pemberian Nutrisi Otomatis pada Tanaman Pakcoy Hidroponik Berbasis Internet of Think Menggunakan Fuzzy Logic Control. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Sejarah*, 8(4). <https://doi.org/10.24815/jimps.v8i4>.

Rizky Wahyu Pradana, Ganjar Febriyani Pratiwi, & Tri Nur Arifin. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantau Ketinggian Air Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik (HC-SR04) Berbasis Arduino Uno Dengan Antarmuka Komputer Berbasis Microsoft Visual Basic 6.0. *Jurnal Teknik Dan Science*, 3(1), 13–24.
<https://doi.org/10.56127/jts.v3i1.1212>.

Saputra, A., Nasbey Hadi, & Subekti Massus. (2024). Karakterisasi Sensor TDS SEN-0244 Dan Sensor PH-4502C Dalam Implementasinya Pada Penanaman Hidroponik. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL)*, 12(1), 145–150. <https://doi.org/10.21009/03.1201.FA22>.

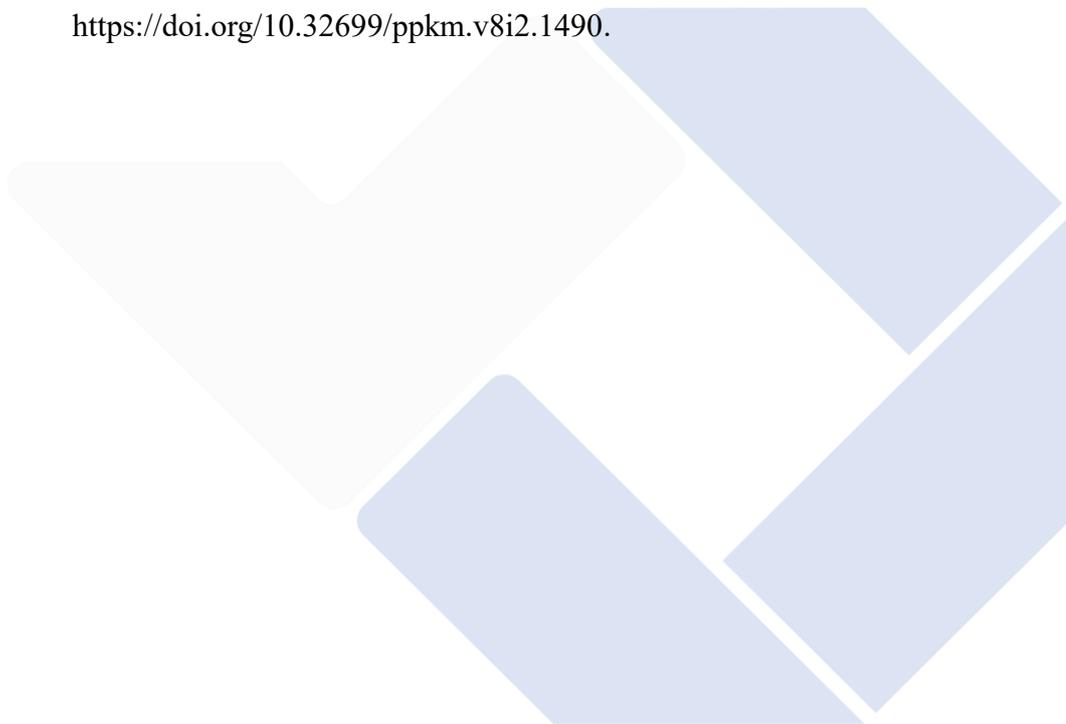
Setiawan, D., Hamzah, Siswati, L., Ariyanto, A., & Guntoro. (2022). Water Pump Control System in Hydroponic Plants Using The EBB and Flow Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1041(1), 1–8.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1041/1/012020>.

Sholahuddin, D., & Setia Budi, A. (2023). Purwarupa Sistem Monitoring dan Otomasi Hidroponik berbasis IoT menggunakan Aplikasi Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 7(1), 210–218.
<http://j-ptiik.ub.ac.id>.

Simanjuntak, M. N., Andromeda, T., & Soetrisno, Y. A. A. (2020). Perancangan Sistem Monitoring Dan Kendali Derajat Keasaman Pada Tanaman Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique (NFT) Menggunakan Metode Kontrol PID. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(4), 556–563.
<https://doi.org/10.14710/transient.v9i4.556-563>.

Sinaga, B. R. (2022). Rancang Bangun Gerbang dengan Menggunakan Kontrol Android Via Bluetooth Berbasis Arduino Uno R3. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 2(02), 312–316. <https://doi.org/10.47709/jpsk.v2i02.1737>.

- Syamsbeta, I. A., Sungkono, & Pracoyo Agus. (2021). Sistem Otomatisasi Perawatan Hidroponik Pada Tanaman Kangkung Berbasis IoT. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 8(3), 279–284.
- United Nations. (2022). *World Population Prospects 2022: Summary of Results*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. <https://population.un.org>.
- Wibowo, S. (2021). Aplikasi Sistem Aquaponik Dengan Hidroponik Dft Pada Budidaya Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L.*). *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 8(2), 125–133. <https://doi.org/10.32699/ppkm.v8i2.1490>.



LAMPIRAN 1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Alvin Yeheskiel Roison Harahap
Tempat, Tanggal Lahir : Sungailiat, 3 Januari 2005
Alamat Rumah : Jl. Dr. Soetomo. Gg. Sumatera
No. HP : 085758294901
Email : alpenyrh05@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Kristen Protestan



2. Riwayat Pendidikan

SD Swasta Sriwijaya	Lulus 2016
SMP Negeri 2 Sungailiat	Lulus 2019
SMA Negeri 1 Pemali	Lulus 2022
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2022 - Sekarang

3. Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, 12 Juli 2025

Alvin Yeheskiel Roison Harahap

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Lidwina Sekliadinda
Tempat, Tanggal Lahir : Air Duren, 23 April 2005
Alamat Rumah : Jln. Dr. Soetomo Komplek
Jawa 1
No. HP : 082375467348
Email : sekliadinda.321@gmail.com
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Katolik



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 10 Pemali	Lulus 2016
SMP Negeri 1 Pemali	Lulus 2019
SMA Negeri 1 Pemali	Lulus 2022
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2022 - Sekarang

3. Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, 12 Juli 2025



Lidwina Sekliadinda

CEK PLAGIAT PA ALWIN.docx

ORIGINALITY REPORT

14%	12%	8%	5%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.polman-babel.ac.id Internet Source	2%
2	Eka Kusuma Pratama, Musriatun Napiah, Sujiliani Heristian, Arina Selawati. "Pengembangan Sistem Kontrol Populasi Ikan Berbasis Arduino Uno dengan Sensor Ultrasonik", Jurnal Teknik Komputer, 2024 Publication	<1%
3	repository.its.ac.id Internet Source	<1%
4	Fredy Tri Hartadi, Bagus Arya Wicaksana, Hendro Saputro, Ardy Seto Priambodo. "SISTEM KENDALI FUZZY UNTUK ROBOT MOBILE: STUDI KASUS PELACAKAN OBJEK BERGERAK MENGGUNAKAN SIMULASI WEBOTS", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2024 Publication	<1%
5	Muhammad Sabil, Sarjon Defit, Gunadi Widi Nurcahyo. "Penerapan Metode Fuzzy Logic Dalam Sistem Pemantauan Tanaman Berbasis Internet Of Things (Iot) Dengan Arduino", Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology), 2024 Publication	<1%
6	docplayer.info	

Internet Source

<1 %

7

123dok.com

Internet Source

<1 %

8

Submitted to Telkom University

Student Paper

<1 %

9

sheorockulon.blogspot.com

Internet Source

<1 %

10

Submitted to Universitas Diponegoro

Student Paper

<1 %

11

eprints.polsri.ac.id

Internet Source

<1 %

12

Submitted to Politeknik Negeri Bandung

Student Paper

<1 %

13

igun.uk

Internet Source

<1 %

14

repository.usd.ac.id

Internet Source

<1 %

15

ojs.unsulbar.ac.id

Internet Source

<1 %

16

www.scribd.com

Internet Source

<1 %

17

berkebun.co.id

Internet Source

<1 %

18

Submitted to Syiah Kuala University

Student Paper

<1 %

19

abdimasku.lppm.dinus.ac.id

Internet Source

<1 %

20 Sujono Sujono, Syarif Nurullah Wahyunugroho. "Rancang Bangun Monitoring Kualitas Air Budidaya Ikan Air Tawar Berbasis Mikrokontroler", Exact Papers in Compilation (EPiC), 2023
Publication

21 etheses.uin-malang.ac.id
Internet Source

22 id.123dok.com
Internet Source

23 journal.awatarapublisher.com
Internet Source

24 Heri Nugroh, Joni Maulindar, Ridwan Dwi Irawan. "Utilization of the Internet of Things in Monitoring Hydroponic Lettuce Cultivation", Jurnal Bumigora Information Technology (BITe), 2024
Publication

25 PUTRA ARI SIGIT, Intan Komala Dewi Patwari, Taufik Akbar. "Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Media Kamera", Jurnal PRINTER: Jurnal Pengembangan Rekayasa Informatika dan Komputer, 2023
Publication

26 Submitted to Universitas Negeri Jakarta
Student Paper

27 adoc.pub
Internet Source

28 repositori.unsil.ac.id
Internet Source

29 Submitted to Institut Teknologi Nasional Malang
Student Paper <1 %

30 Submitted to Universitas Mercu Buana
Student Paper <1 %

31 eprints.umm.ac.id
Internet Source <1 %

32 fr.scribd.com
Internet Source <1 %

33 Refpo Rahman, Fades Br. Gultom. "DESAIN DAN PERANCANGAN INSTRUMEN MONITORING KEKERUHAN AIR DENGAN SISTEM REAL TIME CLOCK (RTC)", Jurnal Kumparan Fisika, 2022
Publication <1 %

34 Siti Anisah, Tony Yulianto, Faisol Faisol. "Perbandingan Fuzzy Sugeno dan Fuzzy Mamdani Pada Analisis Minat Masyarakat Terhadap Produk Air Minum Dalam Kemasan Lokal dan Nasional di Madura", Zeta - Math Journal, 2021
Publication <1 %

35 Submitted to Universitas Brawijaya
Student Paper <1 %

36 Submitted to Universitas Prima Indonesia
Student Paper <1 %

37 adiwiyata-libels.blogspot.com
Internet Source <1 %

38 businessdocbox.com
Internet Source <1 %

39	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
40	ojs.unud.ac.id Internet Source	<1 %
41	repo.unand.ac.id Internet Source	<1 %
42	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
43	www.cnnindonesia.com Internet Source	<1 %
44	www.greeners.co Internet Source	<1 %
45	Submitted to Universitas Borneo Tarakan Student Paper	<1 %
46	es.scribd.com Internet Source	<1 %
47	Submitted to itera Student Paper	<1 %
48	journal.artei.or.id Internet Source	<1 %
49	www.ejournal.pelitaindonesia.ac.id Internet Source	<1 %
50	Agus Hermanto, Tony Ahmad Husein Al Mubarak, Agung Kridoyono. "PEMBUATAN SISTEM PEMANTAUAN PH DAN PPM AIR PADA HIDROPONIK BERBASIS IoT", Jurnal Sistem Informasi dan Informatika (Simika), 2025 Publication	<1 %

51 Elgi Elgi, Ryan Fikri. "Pembuatan Alat Monitoring dan Kontrol Tanaman Cabai berbasis Internet of Things (IoT)", TSAQOFAH, 2025
Publication <1%

52 Rausan Fikri, Boni Pahlanop Lapanporo, Muhammad Ishak Jumarang. "Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Permukaan Air Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA328P Berbasis Web Service", POSITRON, 2015
Publication <1%

53 Reza Alfian, Arnisa Steafanie, Yuliarman Saragih. "ANALISA KINERJA SENSOR UNTUK PENGUKURAN KUALITAS AIR PADA HIDROPONIK SISTEM NUTRIENT FILM TECHNIQUE", Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (A.J.I.E.E), 2024
Publication <1%

54 adahidroponik.blogspot.com
Internet Source <1%

55 elektro.studentjournal.ub.ac.id
Internet Source <1%

56 eprints.umg.ac.id
Internet Source <1%

57 eprints.uny.ac.id
Internet Source <1%

58 ojs.polnes.ac.id
Internet Source <1%

59 zombiedoc.com
Internet Source <1%

60 Gerry Dwi Utomo, Dedi Triyanto, Uray Ristian. <1 %
"SISTEM MONITORING DAN KONTROL
PEMBIBITAN KELAPA SAWIT BERBASIS
INTERNET OF THINGS", Coding Jurnal
Komputer dan Aplikasi, 2021
Publication

61 Reza Diharja, Bobby Setiawan, Wike Handini. <1 %
"Rancang Bangun Sistem dan Kontrol
Penggunaan Air PDAM Secara Realtime
Berbasis Wemos dan IoT", Jurnal Teknik
Komputer, 2021
Publication

62 edoc.pub <1 %
Internet Source

63 ejournal.itn.ac.id <1 %
Internet Source

64 elib.itda.ac.id <1 %
Internet Source

65 idr.uin-antasari.ac.id <1 %
Internet Source

66 imamsholahudin.blogspot.com <1 %
Internet Source

67 library.binus.ac.id <1 %
Internet Source

68 media.neliti.com <1 %
Internet Source

69 pt.scribd.com <1 %
Internet Source

70 www.neliti.com <1 %
Internet Source

71 Mochamad Rizal Fanani, Tholib Hariono. "SISTEM OTOMATIS PENGENDALI NUTRISI TANAMAN HIDROPONIK BERBASIS ARDUINO MENGGUNAKAN SENSOR TDS", Exact Papers in Compilation (EPiC), 2021
Publication <1%

72 doku.pub
Internet Source <1%

73 Andrian Agus Ubaidillah. "SMART AQUAPONIK INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN METODE SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW)", Indexia, 2022
Publication <1%

74 Elis Khatizah. "Pemodelan Frekuensi Petir di Bogor Menggunakan Pendekatan Logika Fuzzy", INA-Rxiv, 2018
Publication <1%

75 id.scribd.com
Internet Source <1%

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

SURAT PERNYATAAN

Saya/Kami yang bertandatangan dibawah ini telah menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul:

SISTEM KONTROL DAN MONITORING HIDROPONIK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC CONTROL (FLC)

Oleh :

1. Alvin Yeheskiel Roison Harahap /NPM 1052203
2. Lidwina Sekliadinda /NPM 1052245

Dengan ini menyatakan bahwa isi laporan akhir proyek akhir sama dengan *hardcopy*.
Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Sungailiat, 15 September 2025

1. Alvin Yeheskiel Roison Harahap (.....)

2. Lidwina Sekliadinda (.....)

Mengetahui,

Pembimbing 1,



(Indra Dwisaputra, S.ST., M.T.)

Pembimbing 2,



(Laily Muharani, S.P., M.Si.)