



Rancang Bangun Mekanikal Dan Kalibrasi Sistem Akuaponik Berbasis IoT

Proyek Akhir

Oleh:

M Akbar Alexander Nasution (3232301020)

**Program Studi Teknik Instrumentasi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Proyek Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Proyek Akhir saya yang berjudul : "Rancang Bangun Mekanikal Dan Kalibrasi Sistem Akuaponik Berbasis IoT" adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 13 Agustus 2025



M Akbar Alexander Nasution
NIM: 3232301020

Lembar Pengesahan

Proyek Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Ahli Madya Teknik (AMD.T.)
di
Politeknik Negeri Batam

Disusun oleh:
M Akbar Alexander Nasution (3232301020)

Tanggal Sidang: 11 Agustus 2025

Disetujui oleh:

1. Penguji I



Ardian Budi Kusuma Atmaja, S.Tr., M.T
NIK: 214172

1. Pembimbing I



Eka Mutia Lubis, S.Pd., M.Pd
NIK: 117186

2. Penguji II



Mu'thlana Gusnam, S.Kom, M.T
NIK: 123293

2. Pembimbing II



Ir. Kamarudin, S.T., M.T., IPM
NIK: 110071

Sistem Monitoring dan Kontrol Budidaya Akuaponik Berbasis IoT untuk Meningkatkan Produktivitas

Abstrak

Budidaya aquaponik merupakan integrasi antara akuakultur dan hidroponik yang sangat bergantung pada kestabilan parameter kualitas air. Permasalahan umum pada budidaya ini adalah sulitnya melakukan pemantauan dan pengendalian secara akurat dan konsisten, khususnya untuk parameter penting seperti pH, suhu air, kadar oksigen terlarut (DO), total padatan terlarut (TDS), dan tingkat kekeruhan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem monitoring dan kontrol budidaya aquaponik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan pemantauan parameter air secara *real-time* dan otomatisasi pemberian nutrisi menggunakan relay. Sistem menggunakan lima sensor utama (pH, suhu, TDS, DO, dan kekeruhan) yang terintegrasi dengan mikrokontroler Heltec LoRa 32 V3. Data dikirim ke Firebase dan ditampilkan melalui aplikasi mobile sebagai antarmuka pemantauan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat membaca nilai parameter secara akurat dan mengaktifkan pompa pemberi nutrisi secara otomatis ketika nilai TDS atau pH di luar ambang batas ideal. Sistem ini meningkatkan efisiensi waktu, akurasi pengendalian, serta mendukung keberlanjutan dalam budidaya aquaponik. Sistem juga memungkinkan pemantauan jarak jauh, sehingga memudahkan pengelolaan pada lokasi terpencil.

Kata kunci: Akuaponik, IoT, Monitoring, Firebase, Sensor Air, Nutrisi Otomatis.

Monitoring and Control System for Aquaponic Cultivation Based on IoT to Increase Production Yield

Abstract

Aquaponic cultivation is an integrated method combining aquaculture and hydroponics, where the stability of water quality parameters plays a crucial role in system success. A common challenge in aquaponics is the difficulty of consistently and accurately monitoring and controlling essential parameters such as pH, water temperature, dissolved oxygen (DO), total dissolved solids (TDS), and turbidity. This research aims to design and implement a monitoring and control system for aquaponic cultivation based on the Internet of Things (IoT), capable of real-time water quality monitoring and automatic nutrient distribution using a relay module. The system integrates five main sensors (pH, temperature, TDS, DO, and turbidity) connected to a Heltec LoRa 32 V3 microcontroller. Sensor data is transmitted to Firebase and displayed via a mobile application as a user interface. Test results show that the system can accurately read water parameters and automatically activate the nutrient pump when TDS or pH values exceed the ideal thresholds. This system improves time efficiency, control accuracy, and supports sustainable aquaponic management. Additionally, the system enables remote monitoring, facilitating management in remote cultivation areas.

Keywords: *Aquaponics, IoT, Monitoring, Firebase, Water Sensors, Automatic Nutrient Control*

Kata Pengantar

Segala puji dan syukur penulis kepada Allah S.W.T. atas rahmat dan karuniaNya. Shalawat serta salam senantiasa penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad S.A.W. sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul “Sistem Monitoring dan Kontrol pada Budidaya Akuaponik Berbasis IoT untuk Meningkatkan Hasil Produksi”. Penulisan ini diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Proyek Akhir dan Laporan (IN414) serta menjadi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik (AMd. T) dari jenjang Diploma 3, Program Studi Teknik Instrumentasi, Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Batam. Selain itu penulisan Proyek Akhir ini juga bertujuan untuk memberika pengetahuan kepadapembacanya. Proyek akhir ini dapat diselesaikan semata-mata karena penulis menerima banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak serta ridho-Nya. Maka dari itudengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah S.W.T. yang telah melimpahkan karunia dan rahmatnya serta meridai jalannya kegiatan Proyek Akhir, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Bapak Ir. Bambang Hendrawan, ST., MSM., CIPMP., CISCIP selaku Direktur Politeknik Negeri Batam
3. Bapak Ir. Indra Hardian Mulyadi. S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.
4. Kepala Program Studi Teknik Instrumentasi, Bapak Muhammad Jaka Wimbang Wicaksono, S.T., M.T. atas bantuan dan dukungannya dalam proses administrasi dan akademik.
5. Bapak Ir. Kamarudin S.T., M.T., IPM dan Ibu Eka Mutia Lubis, S.Pd., M.Pd selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan saran yang sangat berharga dari awal hingga akhir penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan nasehat, semangat dan motivasi untuk menyelesaikan proyek akhir ini.
7. Seluruh sahabat, dan teman seperjuangan turut berperan dalam pengerjaan proyek akhir.

Penulis sadar bahwa Proyek Akhir ini tak luput dari kekurangan baik segi isi maupun penulisan. Oleh karena itu, kritik dan saran akan penulis terima dengan senang hati. Penulis berharap semoga Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Batam, 13 Agustus 2025



M Akbar Alexander Nasution

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Proyek Akhir	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan	3
1.6. <i>Work Breakdown Structure</i>	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	3
2.1. Parameter Kualitas Air pada Akuaponik	3
2.2. Mikrokontroler	4
2.3. Sensor	4
2.3.1. Sensor Kekeruhan (Turbidity)	5
2.3.2. Sensor Oksigen Terlarut (DO)	5
2.3.3. Sensor pH (Potential of Hydrogen)	5
2.3.4. Sensor Total Dissolved Solids (TDS)	5
2.3.5. Sensor Suhu DS18B20	6
2.4. Aktuator	6
2.4.1. Modul Relay	6
2.4.2. Pompa Air	6
2.4.3. Motor Servo	7
2.5. <i>Internet of Things</i>	7
2.6. <i>User Interface</i>	7

Bab 3. Metode Pelaksanaan	8
3.1. Tahapan Perancangan Sistem	8
3.1.1. Perancangan Mekanikal	8
3.1.2. Perancangan Elektrikal	9
3.1.3 Perancangan <i>Interface</i>	9
3.1.4 Pembuatan Program Mikrokontroler	9
3.2. Pengujian Sistem	10
3.2.1 Pengujian Sensor Oksigen Terlarut (DO)	10
3.2.2. Pengujian Sensor Kekeruhan (Turbidity)	10
3.2.3. Pengujian Sensor <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS).....	11
3.2.4. Pengujian Sensor pH (<i>Potential of Hydrogen</i>)	12
3.2.5. Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	12
3.2.6. Pengujian <i>Internet of Things</i>	13
3.2.7 Pengujian Kontrol otomatis.....	13
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	14
4.1. Hasil Pengujian Sensor	14
4.1.1. Sensor Oksigen Terlarut (DO)	14
4.1.2. Sensor Kekeruhan (Turbidity).....	14
4.1.3. Sensor Total Dissolved Solids (TDS)	15
4.1.4. Sensor pH (Potential of Hydrogen).....	15
4.1.5. Sensor Suhu DS18B20.....	16
4.2. Hasil Pengujian Aktuator dan Fitur Otomatis	16
4.2.1. Pengujian Kontrol Otomatis Nutrisi Menggunakan PID	16
4.2.2. Pengujian Kontrol Otomatis Larutan pH Menggunakan PID	17
4.2.3. Pngujian Smart Fish Fedeer (Motor Servo).....	17
4.2.4. Pengujian Automatic Transfer Switch (ATS)	18
4.3. Hasil Pengujian Sistem <i>Internet of Things</i>	19
4.3.1. Hasil Pengujian Website	19
4.3.2. Hasil pengujian Aplikasi android studio.....	19
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	20
5.1 Kesimpulan	20
5.2 Saran	20
Daftar Pustaka	22
Biodata	24
Lampiran	25

Daftar Gambar

Gambar 1. Flowchart Tahapan Pelaksanaan	8
Gambar 2. Desain Mekanikal Akuaponik.....	25
Gambar 3. Desain Mekanikal Panel Box.....	26
Gambar 4.P&ID Akuaponik.....	27
Gambar 5. Desain Elektrikal	27
Gambar 6. Tampilan Website.....	31
Gambar 7. Tampilan Apkikasi Android	33
Gambar 8. Flowchart Sistem	34
Gambar 9.Flowchart Program	35
Gambar 10. Usecase Pada Aplikasi Android	36
Gambar 11.Usecase Pada Website.....	36

Daftar Tabel

Tabel 1. <i>Work Breakdown Stucture</i>	3
Tabel 2. Hasil Pengujian Aplikasi Smartphone, website dan Database	13
Tabel 3. Hasil Pengujian sensor Oksigen Terlarut (DO)	14
Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Kekuruhan (Turbidity)	15
Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor Total Dissolved Solid (TDS)	15
Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor pH (Potential of Hydrogen)	16
Tabel 7. Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20	16
Tabel 8. Tabel Pengujian Kontrol Nutrisi Otomatis	17
Tabel 9. Tabel Pengujian Kontrol Larutan Kapur Otomatis	17
Tabel 10. Tabel Pengujian Smart Fish Fedeer	18
Tabel 11. Tabel Pengujian Automatic Transfer Switch (ATS)	19

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Indonesia, sebagai salah satu negara berkembang, menghadapi berbagai tantangan dalam pengelolaan sumber daya air dan kualitas lingkungan, terutama di sektor pertanian dan akuakultur. Salah satu solusi inovatif yang menjawab tantangan tersebut adalah teknologi akuaponik. Sistem akuaponik mengintegrasikan budidaya ikan dan tanaman dalam satu ekosistem terpadu, sehingga memungkinkan penggunaan sumber daya yang lebih efisien dan berkelanjutan. Meskipun potensinya besar, praktik akuaponik di Indonesia masih banyak dilakukan dengan metode tradisional yang kurang efektif. Kondisi ini sering menyebabkan ketidakstabilan kualitas air dan kekurangan nutrisi yang dibutuhkan oleh ikan dan tanaman, sehingga memengaruhi produktivitas sistem secara keseluruhan [1].

Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2023 mencatat jumlah rumah tangga petani di Indonesia mencapai 27,37 juta [2]. Jumlah ini mencerminkan peluang besar dalam penerapan teknologi akuaponik modern. Namun, kenyataannya banyak petani menghadapi kendala dalam memantau dan mengontrol parameter kualitas air seperti TDS, pH, suhu, kadar oksigen terlarut (DO), dan tingkat kekeruhan. Pemantauan secara manual dengan alat seperti pH meter atau TDS tidak hanya memakan waktu tetapi juga kurang akurat, sehingga dapat menyebabkan stres pada ikan dan penurunan daya serap nutrisi oleh tanaman [3].

Selain itu, menjaga kualitas air yang optimal merupakan faktor krusial dalam keberhasilan sistem akuaponik. Ketika kualitas air tidak terjaga, risiko kegagalan panen meningkat akibat terganggunya keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, pendekatan manual sudah tidak lagi cukup untuk memenuhi kebutuhan sistem modern yang menuntut kecepatan dan ketepatan. Hal ini menunjukkan perlunya sistem otomatis yang mampu melakukan pemantauan secara *real-time* untuk mendukung keberlanjutan budidaya [4].

Sebagai solusi yang potensial adalah penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT). Sistem berbasis IoT memungkinkan pemantauan kualitas air secara otomatis dan *real-time*, memberikan data yang akurat serta peringatan dini terhadap perubahan nilai parameter. Dengan integrasi sistem kontrol otomatis, seperti pompa pemberi nutrisi berdasarkan data sensor, produktivitas sistem dapat meningkat secara signifikan. Pengembangan sistem monitoring dan kontrol

berbasis IoT diharapkan dapat membantu petani akuaponik dalam meningkatkan efisiensi, mengurangi risiko kegagalan, dan mendukung keberlanjutan pertanian modern di Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT yang mampu memantau parameter kualitas air akuaponik secara otomatis dan *real-time*?
2. Bagaimana algoritma *hybrid* dapat digunakan untuk mengontrol pemberian nutrisi secara otomatis berdasarkan data sensor dan kebutuhan optimal tanaman serta ikan?
3. Bagaimana memastikan sistem ini mampu memberikan intervensi cepat terhadap perubahan signifikan pada kualitas air?
4. Bagaimana mengintegrasikan teknologi IoT dalam sistem akuaponik untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas?

1.3. Tujuan

1. Membangun sistem monitoring berbasis IoT untuk mendeteksi parameter kualitas air akuaponik seperti pH, suhu, oksigen terlarut, dan kekeruhan secara otomatis dan.
2. Mengembangkan algoritma *hybrid* untuk mengontrol pemberian nutrisi tambahan secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman dan ikan.
3. Merancang sistem peringatan dini berbasis IoT untuk memberikan notifikasi jika terjadi perubahan signifikan pada kualitas air.
4. Meningkatkan efisiensi operasional dan produktivitas akuaponik melalui integrasi teknologi pemantauan dan kontrol otomatis.

1.4. Manfaat

1. Bagi petani akuaponik, sistem ini akan mempermudah pemantauan kualitas air dan mengurangi risiko kegagalan panen.
2. Mendorong penerapan teknologi IoT di sektor pertanian, khususnya akuaponik.
3. Bagi lingkungan Penggunaan nutrisi organik dari kotoran ikan yang dipadukan dengan sistem *hybrid* dapat menjaga keseimbangan ekosistem pertanian dan meminimalisir dampak negatif pada lingkungan.

4. Dengan teknologi *Smart Fish Finder* dan IoT, pemantauan serta pengelolaan sistem akuaponik menjadi lebih efisien.

1.5. Batasan

Sistem Monitoring dan Kontrol pada Budidaya Akuaponik Berbasis IoT untuk Meningkatkan Hasil Produksi ini dibatasi oleh hal berikut :

1. Kemampuan pembacaan sensor mencakup lima parameter kualitas air, yaitu pH 0–14 (akurasi $\pm 0,1$ pH), suhu air dengan sensor DS18B20 –55°C hingga 125°C (akurasi $\pm 0,5^\circ\text{C}$), TDS 0–1000 ppm (akurasi ± 10 ppm), oksigen terlarut 0–20 mg/L (akurasi $\pm 0,2$ mg/L), dan kekeruhan 0–1000 NTU (akurasi ± 5 NTU).
2. Pengiriman data melalui komunikasi LoRa berpotensi mengalami keterlambatan antara ± 1 –3 detik pada kondisi kekuatan sinyal rendah (RSSI < –110 dBm atau SNR < 5 dB).

1.6. Work Breakdown Structure

Tabel 1. Work Breakdown Structure

No	Nama	Tugas dan Tanggung Jawab dalam Tim
1	M Akmal Nadri	Rancang bangun Aplikasi <i>-Mobile dan website</i> pada Sistem Monitoring dan Kontrol Akuaponik Berbasis <i>Internet of Things</i> .
2	M Akbar Alexander Nasution	Rancang bangun Mekanikal dan Akuisisi Serta Kalibrasi Sistem Akuaponik Berbasis <i>Internet of Things</i> .

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Parameter Kualitas Air pada Akuaponik

Kualitas air merupakan faktor utama yang menentukan keberhasilan budidaya akuaponik. Air berfungsi sebagai media hidup ikan sekaligus pengangkut nutrisi bagi tanaman. Oleh karena itu, parameter fisik dan kimia air harus dijaga dalam rentang optimal untuk mendukung pertumbuhan kedua organisme secara berkelanjutan. Parameter utama yang dipantau meliputi pH, suhu, oksigen terlarut (DO), total padatan terlarut (TDS), dan tingkat kekeruhan. Nilai pH ideal berkisar 6,5–7,5; nilai di luar rentang ini dapat menyebabkan stres pada ikan dan menghambat penyerapan nutrisi oleh tanaman [5].

Suhu air memengaruhi metabolisme ikan serta proses fisiologis tanaman. Fluktuasi suhu yang ekstrem dapat menurunkan aktivitas enzim dan menyebabkan stres. Ikan nila, misalnya, tumbuh optimal pada suhu 25°C–30°C. Sistem akuaponik dengan kontrol suhu otomatis terbukti lebih stabil dalam mempertahankan produktivitas [6]. Kandungan oksigen terlarut (DO) juga sangat krusial. DO dibutuhkan oleh ikan untuk respirasi dan oleh bakteri nitrifikasi yang membantu konversi limbah amonia menjadi nitrat. Kadar DO yang ideal untuk sistem akuaponik adalah di atas 5 mg/L. Penurunan kadar DO dapat menyebabkan hipoksia dan mengganggu kestabilan ekosistem [7].

Parameter TDS menunjukkan jumlah total zat terlarut dalam air, termasuk mineral, garam, dan nutrisi. Nilai TDS ideal bervariasi tergantung jenis tanaman, umumnya berkisar antara 500–1000 ppm. TDS menjadi indikator utama kebutuhan nutrisi tambahan [8]. Tingkat kekeruhan (turbidity) berkaitan dengan jumlah partikel tersuspensi dalam air, seperti sisa pakan, feses ikan, dan bahan organik lainnya. Kekeruhan tinggi menghambat penetrasi cahaya dan fotosintesis tanaman serta dapat menurunkan kualitas air. Beberapa studi menunjukkan aplikasi eco-enzym dapat menurunkan kekeruhan dengan menguraikan bahan organik [5].

Teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan parameter tersebut secara *real-time* menggunakan sensor yang terhubung ke mikrokontroler dan aplikasi cloud. Hal ini memudahkan pemantauan kondisi air yang cepat, akurat, dan responsif, serta memungkinkan pengendalian otomatis untuk menjaga kestabilan lingkungan budidaya.

2.2. Mikrokontroler

Modul Heltec WiFi LoRa 32 menggunakan prosesor ESP32 dari Espressif dengan arsitektur RISC 32-bit dan inti pemrosesan ganda berdaya rendah. Modul ini dilengkapi chip LoRa SX1276/SX1278 untuk koneksi jaringan LoRa yang efisien, serta mendukung Wi-Fi dan Bluetooth dengan antarmuka IPEX untuk antena eksternal. Bagian bawah modul terdapat antarmuka baterai SH1.25-2 yang mengatur pengisian dan pemakaian baterai lithium serta melindungi dari kelebihan beban. Layar OLED 0,96 inci (128 x 64) terletak di bagian atas untuk pemrograman dan operasional. Pabrikan menyediakan perpustakaan pemrograman untuk Arduino, Platformio, dan Visual Studio Code [9].

2.3. Sensor

Sensor merupakan komponen utama dalam sistem monitoring dan kontrol otomatis budidaya akuaponik berbasis IoT. Sensor mendeteksi perubahan parameter lingkungan fisik dan kimia, lalu mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat diproses mikrokontroler.

2.3.1. Sensor Kekeruhan (Turbidity)

Sensor kekeruhan mengukur kualitas air dengan mendeteksi tingkat kekeruhan. Sensor ini menyediakan keluaran sinyal analog dan digital, menggunakan cahaya untuk mengukur transmisi dan hamburan cahaya yang berbanding lurus dengan jumlah total padatan tersuspensi (TSS). Semakin besar TSS, semakin tinggi kekeruhan air. Sensor ini efektif untuk mendeteksi perubahan kekeruhan dalam sistem akuaponik dan telah banyak diterapkan dalam monitoring kolam ikan berbasis IoT [10].

2.3.2. Sensor Oksigen Terlarut (DO)

Sensor DO (Dissolved Oxygen) digunakan untuk mendeteksi kadar oksigen terlarut dalam air, yang merupakan indikator utama dalam penilaian kualitas air pada sistem budidaya akuaponik. Sensor ini memiliki empat pin input, yaitu Analog Signal Output, VCC (3.3–5.5 V), GND, dan konektor probe. Sensor ini bekerja dalam rentang suhu 0°C hingga 40°C dan mampu mendeteksi kadar oksigen antara 0 hingga 20 mg/L. Waktu responnya mencapai 98% dalam 90 detik pada suhu 25°C. Signal Converted Board pada sensor ini memiliki tegangan operasi 3.3–5 V dengan sinyal keluaran sebesar 0–3.0 V. Sensor DO telah digunakan secara luas dalam sistem monitoring kualitas air, termasuk pada penelitian monitoring air keramba oleh Wardhani et al. dan Setiowati et al. [11] [12].

2.3.3. Sensor pH (Potential of Hydrogen)

Sensor pH SEN0161 digunakan untuk mendeteksi tingkat keasaman air dengan rentang 0–14 pH dan akurasi $\pm 0,1$ pH pada suhu 25°C. Sensor menggunakan probe elektrokimia yang menghasilkan tegangan sebanding konsentrasi ion hidrogen (H^+). Nilai pH ideal pada akuaponik adalah 6,5–7,5. pH yang tidak seimbang dapat menyebabkan stres ikan dan menghambat penyerapan nutrisi tanaman. Penggunaan sensor pH dalam monitoring berbasis IoT telah diterapkan dalam berbagai penelitian, seperti oleh Prasetyo dan Anindita (2022) [13].

2.3.4. Sensor Total Dissolved Solids (TDS)

Sensor TDS mengukur konsentrasi zat terlarut dalam air, indikator kualitas nutrisi dalam akuaponik. Sensor ini mengukur konduktivitas listrik air yang sebanding dengan jumlah ion terlarut. Nilai TDS ideal berkisar 500–1000 ppm, tergantung jenis tanaman dan kebutuhan nutrisi. Sensor ini penting untuk menjaga kualitas air dan telah banyak digunakan dalam sistem monitoring berbasis IoT [14].

2.3.5. Sensor Suhu DS18B20

Sensor DS18B20 mengukur suhu air secara digital dengan protokol komunikasi satu kawat (One-Wire). Sensor ini memiliki rentang pengukuran -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$. Sensor ini memberikan data digital tanpa perlu penguat sinyal tambahan dan cocok untuk monitoring suhu *real-time* berbasis IoT. Suhu air optimal dalam akuaponik adalah $25\text{--}30^{\circ}\text{C}$ untuk mencegah stres organisme dan menjaga efisiensi sistem. Sensor DS18B20 telah banyak digunakan dalam penelitian monitoring akuaponik berbasis IoT, seperti oleh Rahman (2023) [15].

2.4. Aktuator

Aktuator berfungsi untuk menjalankan perintah dari mikrokontroler berdasarkan data yang diterima dari sensor. Dalam sistem budidaya akuaponik berbasis IoT, aktuator digunakan untuk melakukan tindakan nyata seperti mengalirkan air, menambahkan nutrisi otomatis, atau mengatur pemberian pakan secara otomatis. Aktuator yang digunakan dalam proyek ini terdiri dari modul relay, pompa air, dan motor servo, yang masing-masing memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan sistem akuaponik.

2.4.1. Modul Relay

Modul relay berfungsi sebagai pengendali daya antara mikrokontroler dan perangkat bertegangan tinggi seperti pompa air. Relay mengaktifkan dan menonaktifkan pompa AC sebagai sirkulator utama dan pompa DC untuk menambahkan larutan nutrisi otomatis. Relay dikendalikan oleh sinyal digital dari mikrokontroler ESP32 Heltec LoRa. Modul relay tipe 5V satu kanal mendukung kontrol perangkat eksternal dengan daya besar tanpa membebani mikrokontroler. Penggunaan relay memungkinkan pengaturan waktu dan kondisi pengoperasian pompa otomatis berdasarkan data sensor seperti pH, TDS, dan suhu [16].

2.4.2. Pompa Air

Sistem menggunakan dua jenis pompa: pompa AC untuk sirkulasi utama air antara kolam ikan dan media tanam, menjaga aliran dan distribusi nutrisi alami; dan pompa DC untuk menambahkan larutan nutrisi secara otomatis berdasarkan data sensor. Kedua pompa dikendalikan mikrokontroler melalui modul relay agar beroperasi otomatis sesuai parameter yang ditentukan. Kombinasi dua jenis pompa ini memungkinkan sistem mengelola kualitas air dan distribusi nutrisi secara efisien dan *real-time* [17].

2.4.3. Motor Servo

Motor servo dalam sistem ini digunakan untuk pemberian pakan ikan secara otomatis. Servo dikendalikan oleh sinyal PWM dari mikrokontroler yang mengatur sudut rotasi dengan presisi tinggi. Saat waktu pemberian pakan tiba (berdasarkan timer), motor servo akan membuka dan menutup penutup wadah pakan secara terkontrol. Penggunaan servo memastikan pakan diberikan dalam jumlah yang tepat dan pada waktu yang konsisten, mengurangi pemborosan dan mendukung efisiensi pertumbuhan ikan [18].

2.5. Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi di mana perangkat fisik saling terhubung dan dapat saling berkomunikasi serta bertukar data melalui jaringan internet tanpa keterlibatan manusia secara langsung. Dalam proyek sistem monitoring dan kontrol budidaya akuaponik ini, IoT digunakan untuk mengotomatisasi pemantauan dan pengendalian kualitas air secara *real-time*. Sistem terdiri dari tiga komponen utama, yaitu: (1) perangkat fisik berupa sensor suhu, pH, DO, TDS, dan turbidity yang terhubung ke mikrokontroler ESP32 Heltec LoRa; (2) jaringan komunikasi nirkabel menggunakan Wi-Fi atau LoRa untuk mentransmisikan data; dan (3) platform cloud Firebase untuk penyimpanan dan pengolahan data. Pengguna dapat mengakses data secara jarak jauh dan menerima notifikasi otomatis jika terjadi perubahan parameter lingkungan yang signifikan. Hal ini memungkinkan sistem akuaponik beroperasi secara lebih efisien dan berkelanjutan [19].

2.6. User Interface

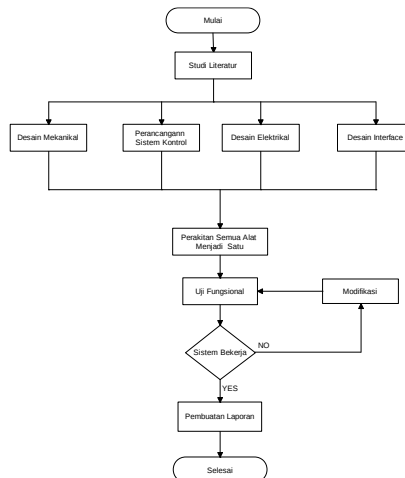
User Interface (UI) adalah komponen penting dalam sistem monitoring berbasis IoT karena memungkinkan pengguna berinteraksi langsung dengan data sistem melalui tampilan grafis yang informatif dan mudah diakses. UI dalam proyek ini dirancang dalam bentuk aplikasi Android serta antarmuka web, yang menyajikan informasi kualitas air secara *real-time*, termasuk suhu, pH, DO, dan tingkat kekeruhan. Aplikasi Android memudahkan pemantauan jarak jauh melalui integrasi dengan layanan cloud Firebase. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi Android sebagai antarmuka monitoring dapat meningkatkan efisiensi pengguna dalam mengakses data serta memberikan notifikasi ambang batas kualitas air [20]. UI yang dirancang dengan baik

mendukung produktivitas petani dengan menyederhanakan proses pemantauan dan pengambilan keputusan secara cepat dan responsif.

Bab 3. Metode Pelaksanaan

3.1. Tahapan Perancangan Sistem

Perancangan penelitian adalah salah satu kegiatan untuk menggambarkan, merencanakan, serta memperjelas langkah penelitian. Untuk membangun sistem ini diperlukan beberapa tahapan pelaksanaan. Adapun tahapan pelaksanaannya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Flowchart Tahapan Pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan proyek dimulai dari studi literatur yang bertujuan mengkaji referensi terkait sistem monitoring dan kontrol kualitas air berbasis IoT. Hasil kajian digunakan sebagai dasar dalam perancangan sistem, yang meliputi aspek mekanikal, kontrol, elektrikal, dan antarmuka. Setelah seluruh subsistem dirancang, dilakukan integrasi komponen dan pengujian fungsional untuk memastikan sistem berjalan sesuai spesifikasi. Jika ditemukan kendala, dilakukan modifikasi hingga sistem dapat bekerja optimal. Tahap akhir ditutup dengan dokumentasi melalui penyusunan laporan tugas akhir.

3.1.1. Perancangan Mekanikal

Perancangan mekanikal dilakukan menggunakan SolidWorks untuk membuat desain 3D sistem akuaponik secara keseluruhan. Desain mencakup tangki ikan,

sistem pipa hidroponik, wadah nutrisi, serta rak panel kontrol yang menampung mikrokontroler, baterai, dan panel pengatur. Struktur dirancang menggunakan material besi hollow agar kokoh dan tahan terhadap lingkungan luar ruangan. Penempatan sensor-sensor seperti pH, DO, TDS, suhu, dan kekeruhan disesuaikan langsung pada media budidaya untuk memastikan pembacaan akurat. Desain juga mempertimbangkan kemudahan instalasi, akses pemeliharaan, serta perlindungan terhadap panas, air, dan gangguan eksternal lainnya.

3.1.2. Perancangan Elektrikal

Sistem ini terdiri dari komponen input berupa lima sensor (pH, DO, TDS, suhu, dan turbidity), mikrokontroler sebagai pemroses, dan aktuator berupa pompa serta modul relay sebagai output. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 Heltec LoRa V3, yang berfungsi untuk membaca data sensor dan mengontrol aktuator secara otomatis. Rangkaian listrik dirancang menggunakan aplikasi EasyEDA agar seluruh komponen dapat terhubung secara efisien. Sumber daya sistem berasal dari aki 12V 100Ah yang dapat diisi ulang menggunakan panel surya, sehingga memungkinkan sistem beroperasi secara mandiri di lapangan tanpa ketergantungan pada listrik PLN.

3.1.3 Perancangan Interface

User interface (UI) pada sistem ini terdiri dari aplikasi Android dan halaman website. Aplikasi Android dikembangkan menggunakan Android Studio dengan bahasa pemrograman Java dan XML, sedangkan halaman web dirancang menggunakan Visual Studio Code dengan bahasa HTML, JavaScript, dan CSS. Antarmuka pengguna dirancang untuk menampilkan data sensor secara *real-time* dan memberikan kemudahan dalam memantau kondisi air pada sistem akuaponik. Selain itu, UI juga menyediakan fitur kontrol jarak jauh terhadap pompa dan sistem pemberian nutrisi otomatis, yang terintegrasi dengan Firebase sebagai pusat penyimpanan data.

3.1.4 Pembuatan Program Mikrokontroler

ESP32 Heltec LoRa V3 diprogram menggunakan Arduino IDE sebagai pusat kendali seluruh sistem. Mikrokontroler ini bertugas membaca data dari sensor pH, DO, TDS, suhu DS18B20, dan turbidity. Data yang diperoleh dikirim secara *real-time* ke platform Firebase menggunakan koneksi LoRa dan Wi-Fi. Selain itu, mikrokontroler juga menjalankan logika otomatisasi untuk mengontrol pompa, aerator, dan sistem pemberian nutrisi berdasarkan parameter kualitas air yang telah ditentukan. Program juga dilengkapi dengan fungsi pengiriman notifikasi ke aplikasi Android dan web saat terjadi perubahan signifikan pada data sensor.

3.2. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen dalam sistem monitoring dan kontrol akuaponik berbasis IoT bekerja sesuai fungsi yang dirancang. Pengujian dilakukan secara bertahap, mulai dari sensor-sensor kualitas air, koneksi IoT, hingga fungsi otomatisasi kontrol pompa dan pemberi nutrisi. Hasil pengujian ini menjadi dasar evaluasi keberhasilan sistem.

3.2.1 Pengujian Sensor Oksigen Terlarut (DO)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sensor DO terhadap pengukuran oksigen yang terlarut di air. Pada pengujian sensor DO pengujian menggunakan metode pengujian Winkler dimana pengujian tersebut dilakukan dengan metode titrasi pada sampel.

Perhitungan Error (%):

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Nilai Rata rata} - \text{Data Pembanding}}{\text{Data Pembanding}} * 100\% \quad (3.1)$$

Perhitungan sensor:

$$\text{DO} = \frac{(V_{\text{sensor}} - V_{\text{zero}}) \times K}{\text{suhu}} \quad (3.2)$$

Dimana :

- V_{sensor} = tegangan keluaran sensor yang terbaca dari ADC mikrokontroler
- V_{zero} = faktor kalibrasi untuk mengkonversi tegangan ke mg/L, diperoleh dari kalibrasi saturasi oksigen
- suhu = faktor suhu
- K = konstanta kalibrasi sensor

3.2.2. Pengujian Sensor Kekeruhan (Turbidity)

Pengujian sensor kekeruhan bertujuan untuk mengkalibrasi sensor dengan menggunakan beberapa sampel air yang telah diketahui nilai kekeruhannya dalam satuan NTU (Nephelometric Turbidity Units). Sensor menghasilkan sinyal analog berupa nilai ADC yang dibaca oleh mikrokontroler. Proses kalibrasi dilakukan dengan mengukur nilai ADC pada tiga sampel air standar dengan nilai NTU yang berbeda. Data hasil pengukuran kemudian dipetakan ke dalam grafik menggunakan Microsoft Excel untuk melihat hubungan antara nilai ADC dan nilai NTU. Grafik tersebut menunjukkan hubungan linier yang jelas antara nilai ADC sensor dan nilai kekeruhan air. Dengan menggunakan grafik kalibrasi ini, nilai ADC yang diperoleh dari sensor saat pengukuran dapat digunakan untuk menentukan

nilai kekeruhan air secara akurat dengan mencocokkan nilai ADC pada grafik tersebut. Dengan demikian, sensor turbidity dapat memberikan hasil pengukuran yang valid dan dapat diandalkan untuk memantau kualitas air dalam sistem akuaponik.

Perhitungan Error (%):

$$Error (\%) = \frac{Nilai Rata rata - Data Pembanding}{Data Pembanding} * 100\% \quad (3.3)$$

Perhitungan nilai sensor:

$$V = \frac{sensorValue}{ADC Max Value} \times V_{ref} \quad (3.4)$$

Dimana :

V	=	tegangan keluaran sensor yang terbaca dari ADC mikrokontroler
$sensorValue$	=	nilai digital hasil pembacaan ADC
$ADC Max Value$	=	nilai maksimum ADC
V_{ref}	=	tegangan referensi ADC

3.2.3. Pengujian Sensor *Total Dissolved Solids* (TDS)

Sensor TDS digunakan untuk mengukur kadar zat terlarut dalam air yang mencerminkan kualitas nutrisi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan larutan standar yang memiliki nilai TDS yang telah diketahui. Sensor diuji untuk mendeteksi konsentrasi dalam satuan ppm. Hasil pengukuran sensor ini selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam sistem otomatisasi pemberian nutrisi, di mana pemberian nutrisi akan diaktifkan apabila nilai TDS turun di bawah ambang batas yang telah ditentukan.

Perhitungan Error (%) :

$$Error (\%) = \frac{Nilai Rata rata - Data Pembanding}{Data Pembanding} * 100\% \quad (3.5)$$

Perhitungan nilai sensor :

$$TDS (ppm) = m \times V \times b \quad (3.6)$$

Dimana :

m	=	nilai tegangan keluaran sensor
V	=	koefisien kemiringan (slope) hasil kalibrasi regresi linier
b	=	konstanta offset hasil kalibrasi.

3.2.4. Pengujian Sensor pH (*Potential of Hydrogen*)

Sensor pH berfungsi untuk mengukur tingkat keasaman air. Pengujian dilakukan dengan menggunakan larutan buffer pH 4, 7, dan 10. Tegangan output dari sensor dicatat dan disesuaikan dalam program agar dapat merepresentasikan nilai pH aktual secara akurat. Pengukuran ini penting untuk memastikan kondisi air tetap berada dalam rentang pH yang aman dan optimal bagi pertumbuhan ikan dan tanaman.

rhitungan Error (%) :

$$Error (\%) = \frac{Nilai Rata rata - Data Pembanding}{Data Pembanding} * 100\% \quad (3.7)$$

Perhitungan nilai sensor :

$$pH = 7 + \frac{(V_{pH7} - V_{sensor})}{SlopePH} \quad (3.8)$$

Dimana :

$$V_{pH7} = 1.50 \text{ V}$$

$$V_{pH4} = 2.01 \text{ V}$$

$$V_{pH10} = 0.0 \text{ V}$$

$$V_{sensor} = \text{Tegangan saat ini dari sensor pH}$$

$$V_{pH7} = \text{Tegangan sensor saat larutan buffer pH 7}$$

$$SlopePH = \text{Kemiringan garis kalibrasi (volt per pH), dihitung dari dua titik kalibrasi, misalnya:}$$

$$slopePH = \frac{V_{pH4} - V_{pH7}}{4 - 7} \text{ atau } \frac{V_{pH7} - V_{pH10}}{7 - 10} \quad (3.9)$$

3.2.5. Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 diuji dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan termometer alkohol standar. Pengujian dilakukan dengan memanaskan air secara bertahap dan mencatat pembacaan sensor pada setiap tahap. Evaluasi dilakukan untuk menilai keakuratan dan konsistensi sensor dalam mengukur suhu. Suhu air yang stabil sangat penting untuk mencegah stres pada ikan serta mendukung proses penyerapan nutrisi oleh tanaman.

Perhitungan Error (%) :

$$Error (\%) = \frac{Nilai Rata rata - Data Pembanding}{Data Pembanding} * 100\% \quad (3.10)$$

Perhitungan nilai sensor:

$$T_{kalibrasi} = m \times T_{sensor} \times b \quad (3.11)$$

Dimana :

- $T_{kalibrasi}$ = suhu hasil kalibrasi
- T_{sensor} = suhu yang terbaca dari sensor DS18B20
- m = koefisien kemiringan hasil kalibrasi
- b = konstanta offset hasil kalibrasi

3.2.6. Pengujian *Internet of Things*

Pengujian sistem *Internet of Things* (IoT) bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh perangkat dapat berkomunikasi dan bertukar data secara *real-time* dan terintegrasi. Pada sistem ini, mikrokontroler ESP32 Heltec LoRa berfungsi untuk membaca data dari sensor suhu, pH, DO, TDS, dan turbidity, kemudian mengirimkannya ke platform Firebase melalui koneksi internet. Data yang tersimpan di Firebase selanjutnya ditampilkan secara *real-time* pada dua antarmuka pemantauan, yaitu:

1. memastikan semua perangkat IoT terhubung ke jaringan dengan benar
2. menguji proses transfer data dari sensor ke database secara *real-time* tanpa kehilangan data
3. memverifikasi bahwa sistem dapat merespons perintah dan perubahan nilai sensor dengan cepat dan tepat; serta menguji kestabilan koneksi jaringan dalam berbagai kondisi untuk memastikan sistem tetap berjalan optimal tanpa gangguan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Aplikasi Smartphone, website dan Database

No	Pertanyaan	Keterangan	
		Ya	Tidak
1.	Apakah database Firebase dapat bekerja secara online dan <i>real-time</i> ?	✓	
2.	Apakah aplikasi Android menampilkan data sesuai dengan Firebase?	✓	
3.	Apakah tampilan website sinkron dengan data terbaru dari Firebase?	✓	
4	Apakah sistem dapat terus memantau tanpa gangguan saat jaringan stabil?	✓	

3.2.7 Pengujian Kontrol otomatis

Pengujian kontrol otomatis dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat menjalankan fungsi otomatisasi sesuai parameter yang telah ditentukan. Dalam proyek ini, kontrol otomatis diterapkan pada dua komponen utama, yaitu:

1. Pemberian nutrisi otomatis, yang dipicu saat nilai Total Dissolved Solid (TDS) turun di bawah ambang batas tertentu. Sensor TDS membaca kadar zat

terlarut dalam air, dan jika nilai berada di bawah nilai optimal, maka sistem secara otomatis mengaktifkan aktuatur (melalui relay) untuk menyalurkan nutrisi dari tangki ke sistem hidroponik.

2. Pemberian pakan ikan otomatis, yang dilakukan berdasarkan waktu tertentu yang telah diprogram. Motor servo SG90 akan aktif sesuai jadwal harian untuk mengeluarkan pakan secara otomatis ke kolam ikan, tanpa memerlukan intervensi manual.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua fungsi kontrol otomatis dapat berjalan stabil. Pemberian nutrisi dan pakan terjadi sesuai dengan kondisi dan waktu yang ditetapkan, sehingga sistem mendukung efisiensi operasional dan mengurangi ketergantungan pada pengawasan manual.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengujian Sensor

4.1.1. Sensor Oksigen Terlarut (DO)

Pengujian sensor oksigen terlarut (DO) dilakukan sebanyak lima kali untuk memperoleh data yang konsisten dan valid. Setiap hasil pengukuran dibandingkan dengan alat referensi, sehingga dapat dianalisis tingkat akurasi dan kestabilan sensor. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 3, yang menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi kadar oksigen terlarut secara stabil pada setiap percobaan.

Tabel 3. Hasil Pengujian sensor Oksigen Terlarut (DO)

Data Sensor DO										
NO	Suhu DO Meter (°C)	Data Pembanding DO Meter (Mg/L)	Percobaan Sensor SEN0237-A					Nilai Rata Rata	Error (%)	Rata Rata Error (%)
			1	2	3	4	5			
1	27,1	4,2	4,22	4,25	4,23	4,24	4,22	4,23	0,8	0,3
2	29,5	4,6	4,60	4,61	4,59	4,60	4,58	4,60	0,1	
3	31,8	4,8	4,80	4,79	4,81	4,80	4,80	4,80	0,0	

4.1.2. Sensor Kekeruhan (Turbidity)

Berikut merupakan hasil dari pengujian sensor turbidity, dimana percobaan ini dilakukan dengan perbandingan yang beda pada setiap data perbandingan berdasarkan Turbidity Meter dan hasilnya dicatat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Kekurangan (Turbidity)

Data Sensor TURBIDITY										
NO	Media Di gunakan	Data Pembanding Turbidity Meter (NTU)	Percobaan Sensor SEN0189					Nilai Rata Rata	Error (%)	Rata Rata Error (%)
			1	2	3	4	5			
1	Kopi	187	183	186	185	179	178	182	2,6	3,4
2	Teh	124	108	114	120	116	118	115	7,1	
3	Lumpur	226	218	224	224	230	228	225	0,5	

4.1.3. Sensor Total Dissolved Solids (TDS)

Sensor TDS diuji sebanyak lima kali dengan menggunakan larutan standar yang memiliki nilai TDS berbeda. Hasil pengukuran sensor kemudian dibandingkan dengan alat TDS meter sebagai pembanding. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5. Sensor TDS terbukti mampu mendeteksi perubahan konsentrasi zat terlarut dalam air secara akurat dan konsisten.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor Total Dissolved Solid (TDS)

Data Sensor TDS										
NO	Nutrisi	Data Pembanding	Percobaan Sensor SEN0244					Nilai Rata Rata	Error (%)	Rata Rata Error (%)
		TDS Meter (PPM)	1	2	3	4	5			
1	A	668	658	664	664	672	678	667	0,1	0,2
2	B	724	716	722	728	730	734	726	0,3	
3	AB MIX	846	838	842	846	848	848	844	0,2	

4.1.4. Sensor pH (Potential of Hydrogen)

Pada pengujian sensor pH ini kami melakukan kalibrasi pada sensor kami dengan menggunakan buffer cairan yang sudah disediakan yaitu pH 4, 7, dan 10. Dengan setiap cairan untuk mengetahui perbedaan hasil pengukuran antara modul sensor pH SEN0161 dengan pH meter digital yang memiliki tingkat akurasi tinggi $\pm 0,01$, sehingga pH meter digital dipilih sebagai standar pembanding yang lebih terpercaya.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor pH (Potential of Hydrogen)

Data Sensor PH									
NO	Data Pembanding	Percobaan Sensor SEN0161					Nilai Rata Rata	Error (%)	Rata Rata Error (%)
	pH Meter	1	2	3	4	5			
1	4	3,97	3,98	3,95	3,95	3,97	3,96	0,9	1,0
2	7	6,97	6,96	6,98	6,97	6,96	6,97	0,5	
3	10	9,82	9,81	9,81	9,85	9,84	9,83	1,7	

4.1.5. Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap termometer alkohol standar pada tiga kondisi air: suhu biasa, hangat, dan dingin. Setiap kondisi diuji sebanyak 10 kali, dan hasil pengujian tercantum pada Tabel 4.5. Sensor DS18B20 memberikan hasil pengukuran yang akurat dan stabil pada berbagai suhu air

Tabel 7. Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Data Sensor SUHU										
NO	Media Air	Data Pembanding	Percobaan Sensor DS18B20					Nilai Rata Rata	Error (%)	Rata Rata Error (%)
		Thermometer Digital (°C)	1	2	3	4	5			
1	Biasa	25	24,2	24,1	24,4	24,7	24,6	24,4	2,4	1,9
2	Panas	50	49,1	49,4	49,6	49,8	49,7	49,5	1,0	
3	Dingin	15	14,6	14,4	14,7	14,8	14,8	14,7	2,3	

4.2. Hasil Pengujian Aktuator dan Fitur Otomatis

4.2.1. Pengujian Kontrol Otomatis Nutrisi Menggunakan PID

Pada sistem ini, digunakan algoritma Proportional-Integral-Derivative (PID) untuk mengatur pemberian nutrisi secara otomatis berdasarkan nilai Total Dissolved Solids (TDS) dalam air akuaponik. Setpoint TDS diset pada 650 ppm dengan batas ideal antara 600 hingga 700 ppm. Nilai parameter PID yang dipakai adalah $K_p = 2.0$, $K_i = 0.05$, dan $K_d = 1.0$.

Pengujian dilakukan dengan cara menurunkan nilai TDS secara manual di bawah ambang batas minimum 600 ppm. Sistem kemudian mengaktifkan pompa nutrisi secara otomatis melalui output PID yang mengatur relay sebagai aktuator.

Tabel 8. Tabel Pengujian Kontrol Nutrisi Otomatis

Nutrisi OTOMATIS			
Kandungan Terlarut	Urutan	ppm	Keterangan Pompa
Nutrisi AB MIX	1	503	OFF
	2	556	OFF
	3	608	OFF
	4	663	ON
	5	717	ON
	6	773	ON
	7	825	ON
	8	912	ON

4.2.2. Pengujian Kontrol Otomatis Larutan pH Menggunakan PID

Untuk menjaga kestabilan pH air akuaponik dalam kisaran ideal 6.0 hingga 7.0 dengan setpoint di angka 6.5, sistem menggunakan algoritma PID dengan parameter $K_p = 1.5$, $K_i = 0.02$, dan $K_d = 0.8$. PID mengontrol pompa penambah air kapur yang berfungsi menaikkan pH jika terdeteksi turun di bawah batas bawah.

Pengujian dilakukan dengan menurunkan pH secara buatan hingga di bawah 6.0. Sistem PID kemudian secara otomatis mengaktifkan pompa air kapur sesuai output kontrolnya untuk mengembalikan pH ke nilai optimal.

Tabel 9. Tabel Pengujian Kontrol Larutan Kapur Otomatis

LARUTAN KAPUR OTOMATIS			
KANDUNGAN TERLARUT	URUTAN	PH	POMPA 5VDC
AIR KAPUR	1	5,68	ON
	2	5,80	ON
	3	5,97	ON
	4	6,23	ON
	5	6,48	ON
	6	6,78	OFF
	7	7,34	OFF
	8	7,73	OFF
	9	8,36	OFF
	10	8,62	OFF

4.2.3. Pngujian Smart Fish Fedeer (Motor Servo)

Pengujian dilakukan selama 3 hari untuk mengotomatisasi pemberian pakan ikan. Motor servo digunakan sebagai aktuator utama yang menggerakkan mekanisme pemberian pakan secara terjadwal. pemberian pakan otomatis diatur pada jadwal pukul 07.00 dan 17.00 dan hasilnya menunjukkan bahwa pakan dapat diberikan secara konsisten dan efisien tanpa intervensi manual.

Tabel 10. Tabel Pengujian Smart Fish Fedeer

SMART FISH FEDEER OTOMATIS			
URUTAN	WAKTU	MOTOR SERVO	KEBERHASILAN
1	07.00.00	ON	100%
2	07.00.06	OFF	
3	17.00.00	ON	
4	17.00.06	OFF	
5	07.00.00	ON	
6	07.00.06	OFF	
7	17.00.00	ON	
8	17.00.06	OFF	

4.2.4. Pengujian Automatic Transfer Switch (ATS)

Sistem ATS yang digunakan mampu melakukan perpindahan sumber listrik dari PLN ke PLTS secara otomatis dan tanpa jeda sama sekali. Saat terjadi pemadaman PLN, sistem segera beralih ke PLTS dalam waktu kurang dari 0,1 detik sehingga sistem monitoring dan aktuator tetap aktif tanpa gangguan. Demikian pula saat PLN kembali menyala, ATS langsung mengalihkan suplai listrik kembali ke PLN tanpa delay.

Pengujian ini menunjukkan bahwa operasi sistem monitoring dan kontrol akuaponik tetap berjalan secara kontinu dan stabil, memastikan tidak ada interupsi dalam pengolahan data dan pengendalian aktuator. Dengan demikian, ATS yang diimplementasikan sangat efektif untuk menjamin keandalan pasokan listrik sistem IoT di lingkungan akuaponik.

Tabel 11. Tabel Pengujian Automatic Transfer Switch (ATS)

No	Kejadian	Waktu Respon Pengalihan (detik)	Status Sistem Selama Pengalihan	Keterangan
1	Beralih dari PLN ke PLTS	< 0,1	Sistem tetap ON tanpa jeda, data tetap terkirim	Berhasil, switching seamless
2	Beralih dari PLTS ke PLN	< 0,1	Tidak ada gangguan, aktuator tetap berfungsi	Berhasil, switching seamless

4.3. Hasil Pengujian Sistem *Internet of Things*

4.3.1. Hasil Pengujian Website

Pengujian website dalam proyek ini dilakukan untuk memastikan bahwa tampilan antarmuka utama mampu memonitor sistem akuaponik secara real-time dengan menampilkan data pembacaan sensor seperti pH, TDS, suhu, dan oksigen terlarut secara akurat. Pengujian dilakukan melalui metode functional testing dan usability testing dengan skenario pengujian yang meliputi verifikasi keakuratan data yang masuk ke database Firebase, kecepatan respon tampilan grafik sensor, serta kemudahan penggunaan antarmuka website. Hasil pengujian menunjukkan bahwa website berhasil menampilkan data sensor secara real-time sesuai data yang tersimpan di Firebase, mampu menyimpan data historis dengan baik, dan menyediakan fitur pengunduhan data dalam format yang mudah diakses. Selain itu, pengujian juga dilakukan pada berbagai perangkat untuk memastikan kompatibilitas dan responsivitas tampilan website, sehingga website ini sudah memenuhi fungsi dan standar kualitas yang diharapkan.

4.3.2. Hasil pengujian Aplikasi android studio

Pada tahap pengembangan aplikasi Android, dilakukan analisis kebutuhan pengguna untuk menentukan fungsi utama yang dibutuhkan dalam monitoring akuaponik. Desain aplikasi meliputi arsitektur sistem, database Firebase, dan antarmuka pengguna yang sederhana dan responsif. Implementasi aplikasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Java dan XML dengan platform Android Studio. Pengujian memastikan aplikasi dapat mengirim dan menerima data sensor secara efektif melalui koneksi internet. Aplikasi ini memiliki fitur utama berupa input data manual, pengolahan data sensor dari sistem IoT, serta tampilan data *real-time* yang mudah dipahami oleh pengguna. Kelebihan aplikasi ini adalah kemudahan penggunaan, respons cepat, dan fleksibilitas dalam pemantauan. Namun, aplikasi memerlukan koneksi internet yang stabil dan perangkat dengan spesifikasi memadai agar berjalan lancar.

Kalimat tersebut sudah disesuaikan dengan konteks proyek Anda yang telah Anda lampirkan, mencakup fungsi utama website dan aplikasi Android pada sistem monitoring dan kontrol akuaponik berbasis IoT. Jika Anda ingin, saya bisa bantu mengembangkan atau memoles kalimat ini lagi sesuai kebutuhan.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Sistem monitoring dan kontrol akuaponik berbasis IoT ini berhasil menunjukkan kinerja yang baik dengan akurasi sensor pH, TDS, Suhu, Oksigen Terlarut (DO), dan Turbidity yang rata-rata errornya berkisar antara 0,29% hingga 3,9%, di mana misalnya sensor pH memiliki rata-rata error sekitar 0,35%, TDS sekitar 0,3%, dan DO sebesar 0,43%; data sensor dikirim dan ditampilkan secara real-time di website dan aplikasi dengan kecepatan respon yang memadai serta tersimpan sebagai data historis yang dapat diunduh. Implementasi algoritma kontrol PID pada parameter pH (6,0-7,0) dan TDS (setpoint 650 ppm) juga mampu menjaga kestabilan lingkungan akuaponik dengan respon cepat sesuai pengujian, sementara pemberian pakan otomatis beroperasi konsisten dan tepat waktu sesuai jadwal. Selain itu, pengujian Automatic Transfer Switch (ATS) menunjukkan perpindahan sumber daya listrik berlangsung sangat cepat ($<0,1$ detik) tanpa gangguan operasional, menjamin kontinuitas sistem. Pengujian kompatibilitas website di berbagai perangkat juga membuktikan tampilan responsif dan sinkronisasi data stabil. Secara keseluruhan, sistem ini terbukti andal dalam memantau, mengendalikan, dan mempertahankan kualitas air secara otomatis, serta mendukung peningkatan efisiensi budidaya akuaponik secara signifikan.

5.2 Saran

Setelah menyelesaikan proyek akhir ini, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pengembangan dan penyempurnaan sistem di masa mendatang, agar sistem monitoring dan kontrol budidaya akuaponik berbasis IoT dapat lebih efisien, adaptif, dan bermanfaat secara luas:

1. Menambahkan fitur manajemen pengguna dengan peran admin dan user. Admin berfungsi untuk mengelola sistem secara keseluruhan, termasuk menambahkan pengguna, mengatur alat, dan memonitor semua aktivitas, sedangkan user hanya dapat melihat dan mengendalikan perangkat yang dimilikinya.
2. Mengembangkan sistem multi-device, yaitu kemampuan aplikasi dan website untuk memantau serta mengontrol lebih dari satu alat secara bersamaan. Ini berguna bagi petani akuaponik yang memiliki lebih dari satu unit kolam atau instalasi.

3. Mengintegrasikan katup otomatis (solenoid valve) untuk mengatur proses pergantian air. Sistem ini akan memungkinkan air lama dibuang dan air baru dimasukkan secara otomatis berdasarkan data sensor kualitas air seperti pH, TDS, dan DO.
4. Melakukan kalibrasi sensor menggunakan alat ukur pembanding yang presisi, seperti multiparameter water quality meter, agar hasil pengukuran lebih akurat dan risiko error akibat faktor manusia dapat diminimalkan.
5. Menambahkan antena eksternal pada modul ESP32 Heltec LoRa V3 untuk meningkatkan jangkauan komunikasi nirkabel, terutama pada lokasi budidaya dengan area yang luas atau sinyal terbatas.
6. Menambahkan sensor ultrasonik HC-SR04 yang dapat digunakan untuk memantau ketinggian atau level bahan dalam wadah, seperti mendeteksi sisa pakan ikan dan ketersediaan larutan nutrisi di dalam tangki. Dengan adanya sensor ini, sistem dapat memberikan notifikasi saat pakan ikan hampir habis atau saat nutrisi perlu diisi ulang, sehingga proses otomatisasi dapat terus berjalan dengan optimal tanpa intervensi manual.

Daftar Pustaka

- [1] Alif, M. I., Prabowo, A., & Amir, S. (2024). Implementation of IoT-Based Aquaponics Technology to Enhance Food Security and Economic Independence at Berkah Box Mosque. *DINAMISIA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(5), 1458–1471.
- [2] Badan Pusat Statistik (BPS), “Rumah Tangga Usaha Pertanian (RTUP),” Badan Pusat Statistik. Accessed: Jul. 11, 2025. [Online]. Available: <https://sensus.bps.go.id/main/index/st2023>
- [3] R. Alfia, A. Widodo, N. Kholis, and Nurhayati, “Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Sistem Akuaponik Berbasis Iot,” *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 3, pp. 707–714, 2021.
- [4] M. I. Zakariah, S. Koto, I. Irsan, and W. Fesanrey, “Analisis Kualitas Perairan Budidaya Rumput Laut Di Dusun Saliong Desa Batu Boy Sebagai Dampak Gagal Panen,” *BIOPENDIX J. Biol. Pendidik. dan Terap.*, vol. 10, no. 1, pp. 91–101, 2023, doi: 10.30598/biopendixvol10issue1page91-101.
- [5] E. W. Bobiro Harianto, Emi Roslinda, “Jurnal Lingkungan Hutan Tropis,” *J. Lingkung. Hutan Trop.*, vol. 1, no. November, pp. 1044–1051, 2022.
- [6] R. Sukarno, M. F. Ramadhan, F. Andriansyah, Y. Adigutama, Syamsuir, and H. Sampurno, “Sistem Resirkulasi Air Otomatis Untuk Penghematan Air Bersih Dan Energi Pada Budidaya Ikan Nila,” *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 9, pp. 43–52, 2023, doi: 10.21009/jkem.9.1.5.
- [7] I. Akbar, “Literature Review Pemanfaatan Sumber Daya Kelautan Untuk Sustainable Development Goals (Sdgs),” *J. Sains Edukatika Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 17–22, 2022.
- [8] A. D. Ramadhan, *Sistem Kendali TDS dan pH pada Akuaponik Menggunakan Metode Logika Fuzzy Berbasis IoT*. 2023. [Online]. Available: [http://eprints.untirta.ac.id/id/eprint/29849%0Ahttps://eprints.untirta.ac.id/29849/1/ALIFIAN DZIKRI RAMADHAN_3332150049_FullText.pdf](http://eprints.untirta.ac.id/id/eprint/29849%0Ahttps://eprints.untirta.ac.id/29849/1/ALIFIAN%20DZIKRI%20RAMADHAN_3332150049_FullText.pdf)
- [9] A. R. Suredsi Ulpada, “Alat Monitoring wi-Fi Berbasis Esp32-Lora Untuk Deteksi Rogue Access Point,” *Fak. Sains dan Teknol. Univ. Terbuka Vol. 1 No. 2(2024)*, vol. 1, no. 2, pp. 17–23, 2023.
- [10] C. Revano Mege, S. Eka Marsha Putra, and R. Silaban, “Rancang Bangun Pengendali Kekerohan Otomatis pada Kolam Budidaya Ikan Nila Berbasis *Internet of Things*,” *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 629–637, 2025, [Online]. Available: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/18255>
- [11] H. N. Shobihah, A. Yustiati, and Y. Andriani, “Produktivitas Budidaya Ikan dalam Berbagai Konstruksi Sistem Akuaponik (Review),” *Akuatika*

- Indones.*, vol. 7, no. 1, p. 34, 2022, doi: 10.24198/jaki.v7i1.39441.
- [12] R. Hasan, M. Tadjuddah, and Asriyana, "Sistem Pengelolaan Perikanan Demersal di Karang Kapota Taman Nasional Wakatobi," *JSIPI (JURNAL SAINS DAN Inov. PERIKANAN) (JOURNAL Fish. Sci. Innov.*, vol. 6, no. 2, pp. 66–80, 2022, doi: 10.33772/jsipi.v6i2.15.
 - [13] R. Rezki, B. S. Nugroho, and N. Nurhasanah, "Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Air Berdasarkan pH Air dan Kekeruhan," *Prism. Fis.*, vol. 9, no. 3, p. 297, 2021, doi: 10.26418/pf.v9i3.51573.
 - [14] A. M. Muhammad, "Rancang Bangun Sistem Stabilisasi Nutrisi Dan Ph Pada Tanaman Aquaponic," 2023.
 - [15] R. Bangun, P. Pakan, O. Dan, S. Dan, P. H. Air, and P. Sistem, "Jurnal Ilmiah Agroindustri (JIA) IMPLEMENTASI SISTEM INTERNET OF THINK (IoT) MONITORING," vol. 1, no. 1, pp. 9–20, 2025, doi: 10.22437/jia.v1i1.37038.
 - [16] M. I. Alif, A. Prabowo, and S. Amir, "Implementation of IoT-Based Aquaponics Technology to Enhance Food Security and Economic Independence at Berkah Box Mosque," *Din. J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 8, no. 5, pp. 1458–1471, 2024, doi: 10.31849/dinamisia.v8i5.20673.
 - [17] U. Umar, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Monitoring Ph, Suhu Air Dan Tds Pada Sistem Akuaponik Berbasis *Internet of Things* (Iot)," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.*, vol. 10, no. 1, p. 19, 2024, doi: 10.31884/jtt.v10i1.557.
 - [18] Hanifiyah Darna Fidya Amaral, Divac Nabel Akbar, and Afidah Zuroida, "Rancang Bangun Sistem Pemberian Pakan Ikan Lele Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 9, no. 3, pp. 179–182, 2023, doi: 10.33795/elposys.v9i3.654.
 - [19] Istiqomah *et al.*, "Sistem Pemanatauan Akuaponik Untuk Media Pembelajaran Di Sekolah Alam Gaharu," *JMM (Jurnal Masy. Mandiri)*, vol. 9, no. 2, pp. 1663–1672, 2025, [Online]. Available: <http://journal.ummat.ac.id/index.php/jmm>
 - [20] M. R. Simulingga1, K. Santa2, and Q. C. Kainde, "Aplikasi Monitoring Kelayakan Air Pada Saluran Irigasi Sawah Berbasis Iot Menggunakan Metode Rapid Application Development," *J. Informatics, Bussines, Educ. Innov. Technol.*, pp. 47–63, 2024.

Biodata



Nama : M Akmal Nadri
TTL : Batam, 10 April 2004
Agama : Islam
Alamat : Tiban III Blok A3 , No;42

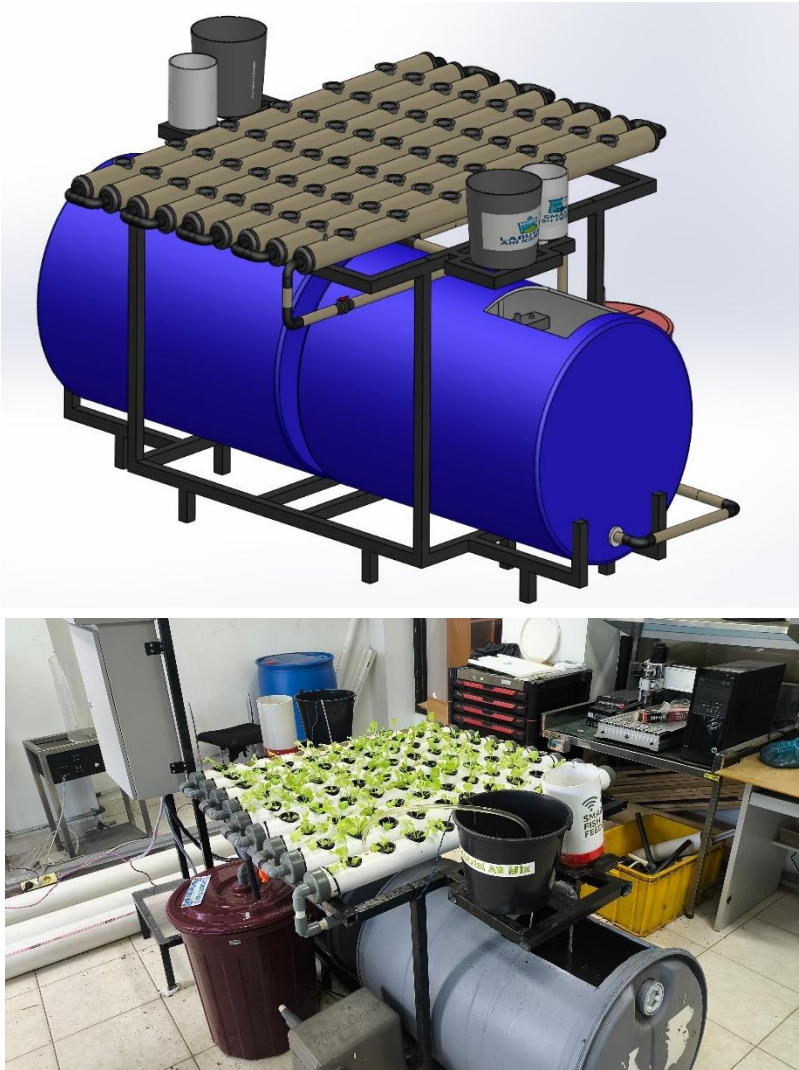
Email : akmalnadri35@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SMA/SMK : SMKN 1 BATAM
SMP : SMPN 20 BATAM



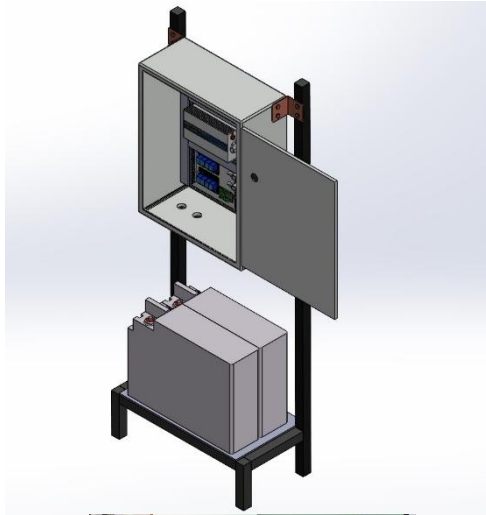
Nama : M Akbar Alexander Nasution
TTL : Batam, 19 Agustus 2001
Agama : Islam
Alamat : Perum Rengali Sakura Blok EA no 107

Email : akbarnst56@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SMA/SMK : SMKN 5 BATAM
SMP : SMPN 1 BUAHDUA

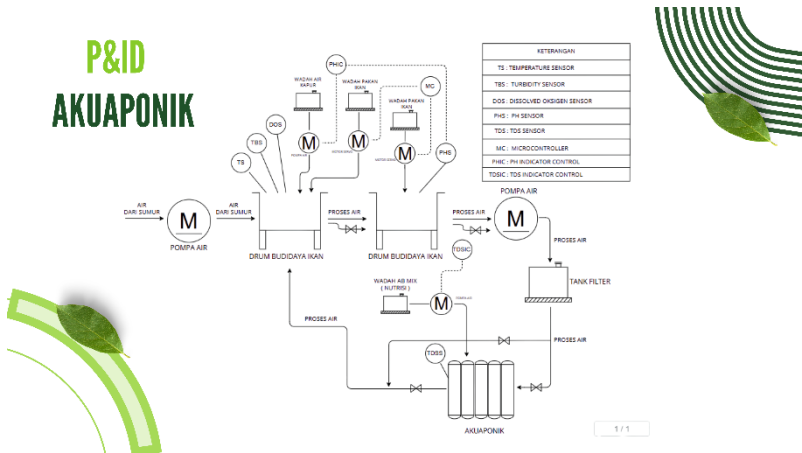
Lampiran



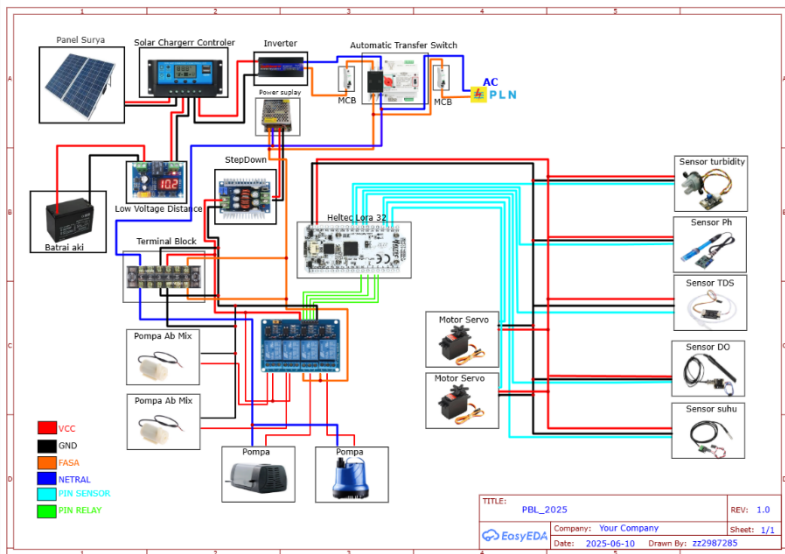
Gambar 2. Desain Mekanikal Akuaponik



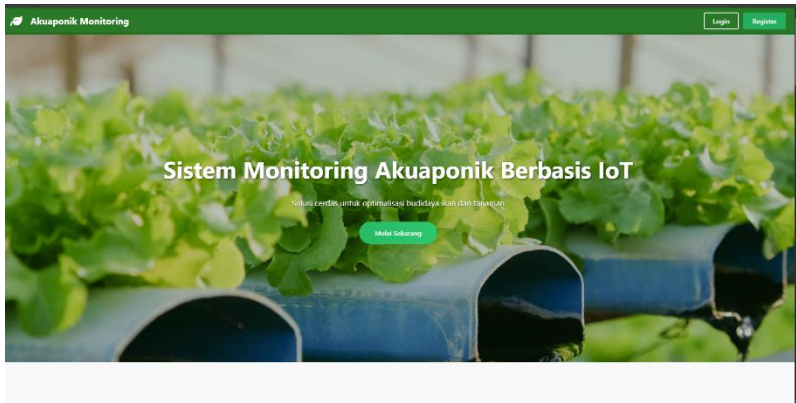
Gambar 3. Desain Mekanikal Panel Box



Gambar 4.P&ID Akuaponik



Gambar 5. Desain Elektrikal



Akuaponik Monitoring

[Login](#)
[Register](#)

Apa itu Akuaponik?

Akuaponik merupakan metode pertanian inovatif yang menggabungkan akuakultur (beternak ikan) dengan hidroponik (menanam tanaman tanpa tanah) dalam lingkungan simbiosis.

Bagaimana Sistem Akuaponik Bekerja?

- 1. Sistem menggabungkan akuakultur (ikan) dan hidroponik (tanaman) dalam satu ekosistem terpadu.
- 2. Limbah ikan (feses, urin, sisa pakan) mengandung nutrisi yang diserap oleh tanaman.
- 3. Tanaman menyaring air kotor alami dan menghasilkan air bersih kembali ke kolam ikan.
- 4. Sistem hemat air hingga 90% dibandingkan pertanian konvensional.
- 5. Tidak memerlukan pupuk kimia karena nutrisi berasal dari limbah ikan.
- 6. Komponen utama terdiri dari kolam ikan dan media tanam hidroponik.
- 7. Menciptakan ekosistem sirkular air yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

1

Akuaponik Monitoring

[Login](#)
[Register](#)

Bagaimana IoT Bekerja di Sistem Akuaponik Kami?

1

Sensor Mengumpulkan Data
Suhu, pH, kadar oksigen, TDS, dan salinitas dipantau 24/7.

2

Data Dikirim ke Cloud
Gunakan jaringan WiFi/4G untuk transmisi ke database.

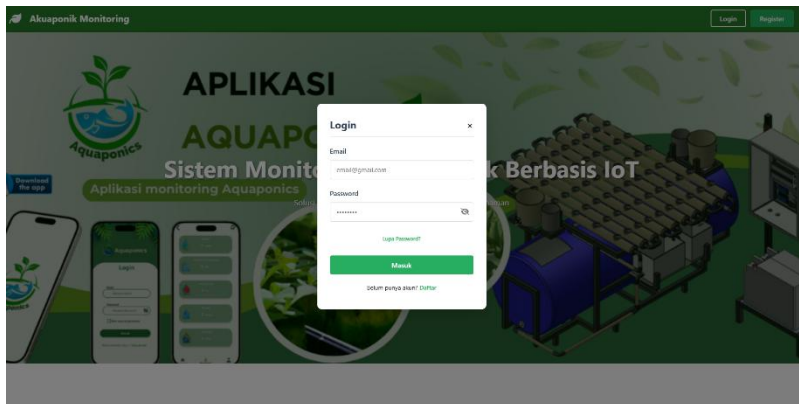
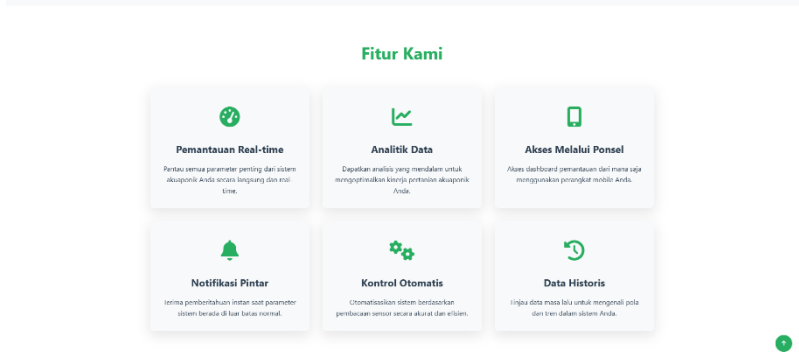
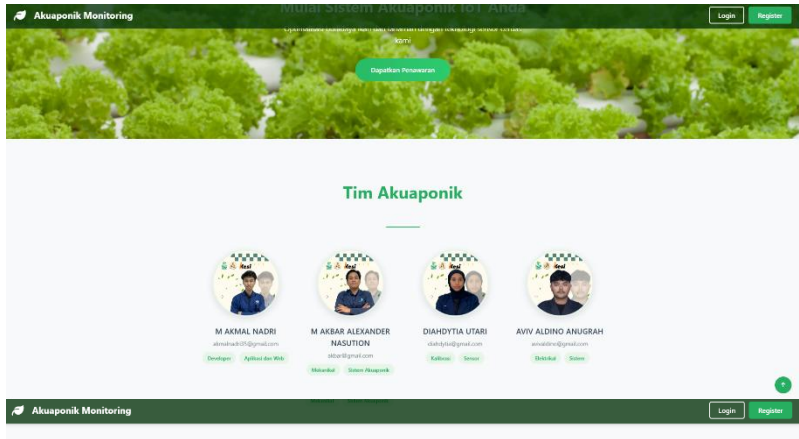
3

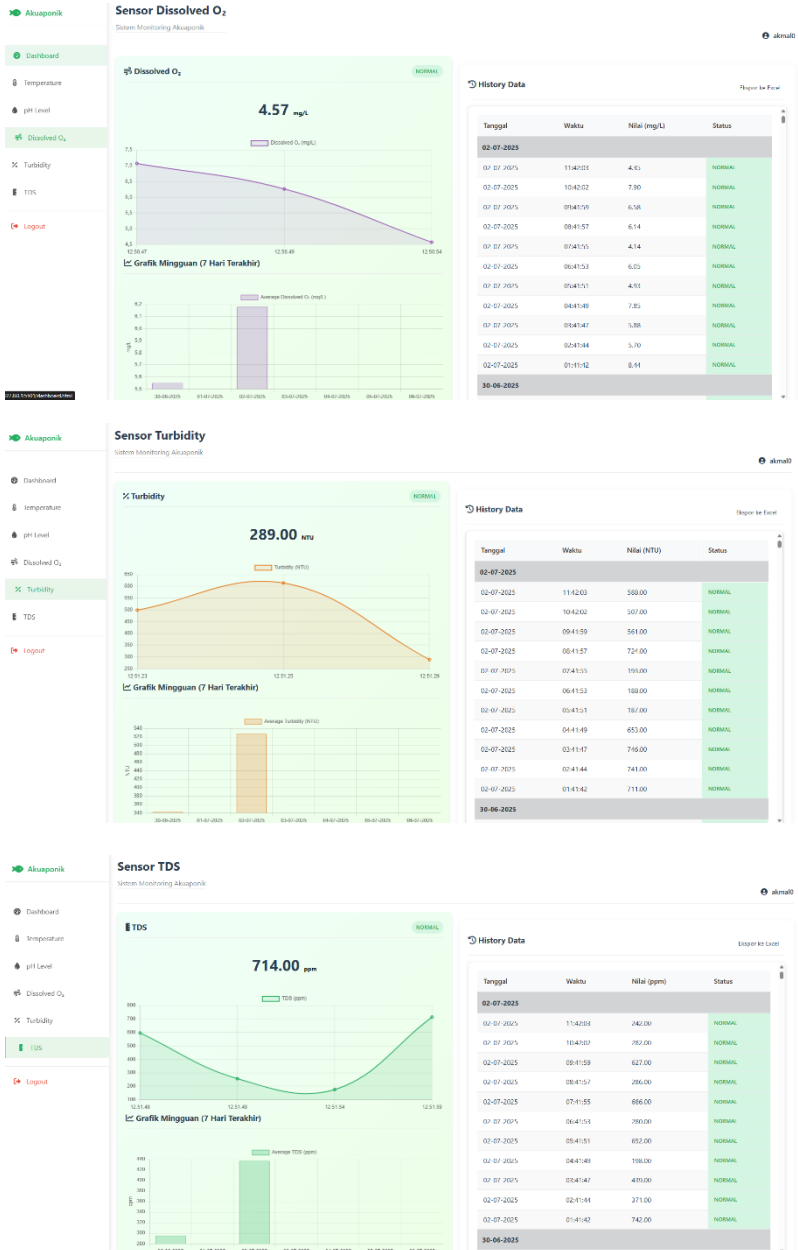
Kontrol Otomatis
Sistem menyesuaikan pompa, aerasi, dan pakan secara real-time.

Rasakan Masa Depan Akuaponik dengan Aplikasi Kami

Pantau dan kendalikan sistem akuaponik Anda kapan saja, di mana saja langsung dari genggaman tangan.

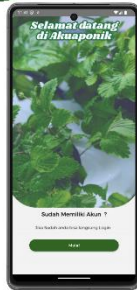
1







DESAIN INTERFACE ANDROID



Tampilan Awal



Masuk Dan Daftar



Daftar Akun



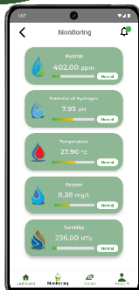
Dashboard



Budidaya Selada



DESAIN INTERFACE ANDROID



Monitoring Sensor



Kontrol



Akun Pengguna



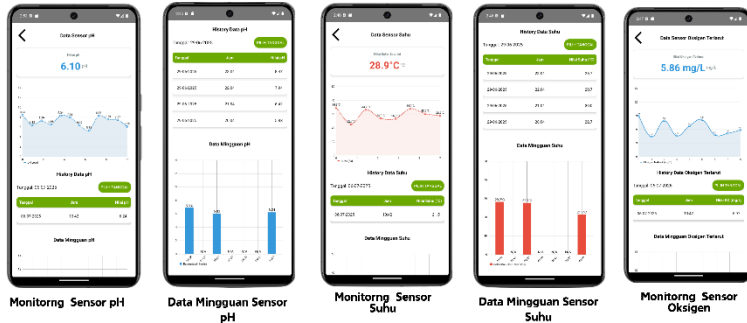
Monitoring Sensor TDS



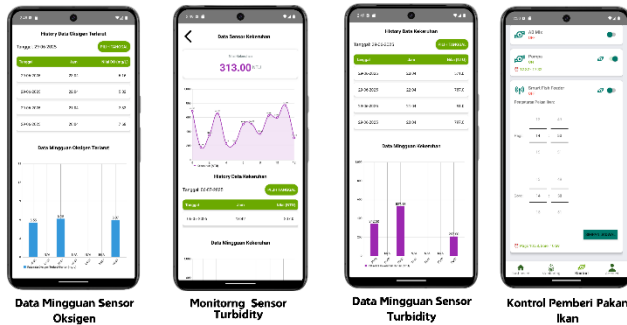
Data Minggu Sensor TDS



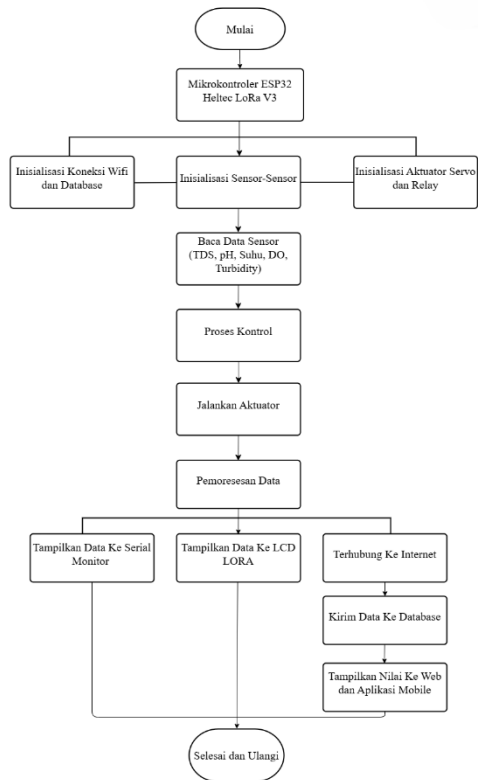
DESAIN INTERFACE ANDROID



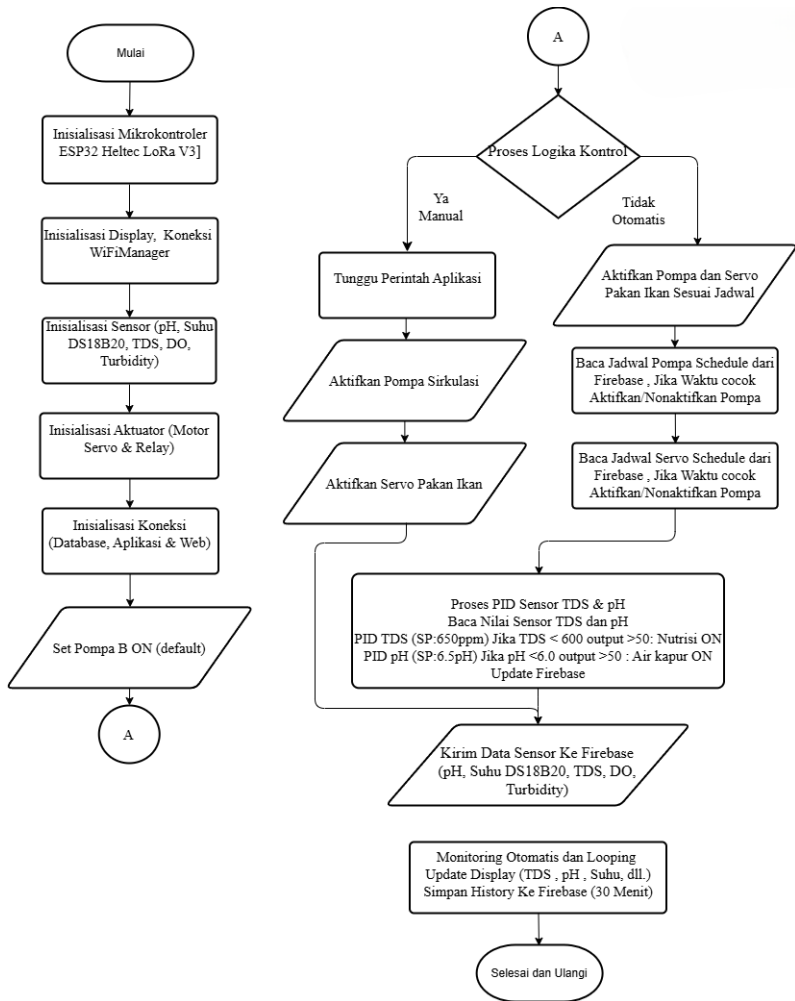
DESAIN INTERFACE ANDROID



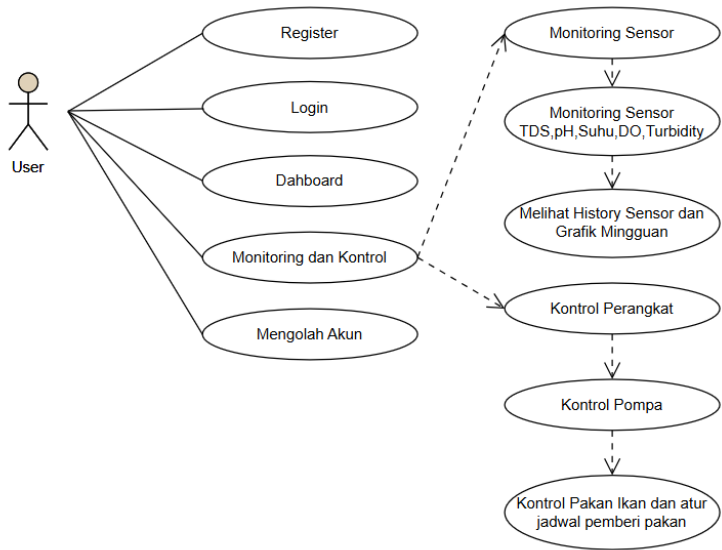
Gambar 7. Tampilan Apkikasi Android



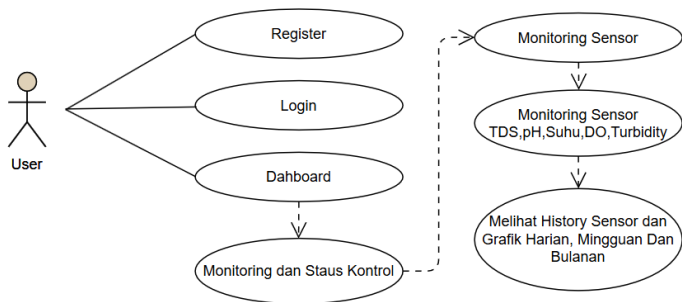
Gambar 8. Flowchart Sistem



Gambar 9.Flowchart Program



Gambar 10. Usecase Pada Aplikasi Android



Gambar 11. Usecase Pada Website

No	Nilai pH	Sensor Ph	pH Meter	Error (%)
1	4	3,96	3,97	0,25
2		3,93	3,94	0,25
3		3,95	3,97	0,50
4		3,95	3,97	0,50
5		3,96	3,97	0,25
6		3,97	4,00	0,75
7		3,96	3,99	0,75
8		3,96	3,98	0,50
9		3,95	3,96	0,25
10		3,97	3,98	0,25
11		3,97	4,00	0,75
12		3,96	3,98	0,50
13		3,97	3,96	0,25
14		3,96	3,96	0,00
15		3,98	3,98	0,00
16		3,96	3,96	0,00
17		3,94	3,95	0,25
18		3,94	3,96	0,51
19		3,96	3,98	0,50
20		3,96	3,97	0,25
21		3,96	3,97	0,25
22		3,94	3,94	0,00
23		3,94	3,96	0,51
24		3,96	3,98	0,50
25		3,96	3,98	0,50
26		3,96	3,98	0,50
27		3,94	3,96	0,51
28		3,94	3,96	0,51
29		3,96	3,98	0,50

30		3,96	3,96	0,00
31		3,96	3,98	0,50
32		3,94	3,95	0,25
33		3,94	3,96	0,51
34		3,96	3,98	0,50
35		3,96	3,96	0,00
36		3,98	3,96	0,51
37		3,94	3,96	0,51
38		3,96	3,98	0,50
39		3,96	3,96	0,00
40		3,97	3,99	0,50
41		3,96	3,98	0,50
42		3,98	3,97	0,25
43		3,97	3,96	0,25
44		3,95	3,97	0,50
45		3,95	3,96	0,25
46		3,97	3,98	0,25
47		3,98	3,98	0,00
48		3,95	3,95	0,00
49		3,95	3,96	0,25
50		3,97	3,95	0,51
Rata-Rata Nilai Sensor				3,97
Rata-Rata Error (%)				0,35

Hasil Pengujian Sebelum Implentasi Sensor pH 4

No	Nilai pH	Sensor Ph	pH Meter	Error (%)
1	7	6,74	6,79	0,74
2		6,75	6,79	0,59
3		6,73	6,78	0,74
4		6,77	6,78	0,15
5		6,75	6,77	0,30
6		6,75	6,79	0,59
7		6,78	6,79	0,15
8		6,79	6,82	0,44
9		6,78	6,79	0,15
10		6,76	6,76	0,00
11		6,80	6,82	0,29
12		6,82	6,83	0,15
13		6,83	6,82	0,15
14		6,81	6,83	0,29
15		6,80	6,83	0,44
16		6,82	6,83	0,15
17		6,84	6,85	0,15
18		6,84	6,86	0,29
19		6,86	6,85	0,15
20		6,84	6,83	0,15
21		6,83	6,84	0,15
22		6,84	6,83	0,15
23		6,82	6,83	0,15
24		6,84	6,83	0,15
25		6,83	6,81	0,29
26		6,85	6,85	0,00
27		6,85	6,86	0,15
28		6,86	6,85	0,15
29		6,86	6,85	0,15

30		6,85	6,86	0,15
31		6,87	6,88	0,15
32		6,86	6,89	0,44
33		6,88	6,89	0,15
34		6,88	6,89	0,15
35		6,88	6,86	0,29
36		6,87	6,85	0,29
37		6,86	6,88	0,29
38		6,87	6,88	0,15
39		6,88	6,86	0,29
40		6,89	6,91	0,29
41		6,91	6,92	0,14
42		6,94	6,90	0,58
43		6,91	6,92	0,14
44		6,92	6,91	0,14
45		6,92	6,93	0,14
46		6,97	6,93	0,58
47		6,96	6,92	0,58
48		6,98	6,91	1,01
49		6,97	6,93	0,58
50		6,96	6,93	0,43
Rata-Rata Nilai Sensor				6,85
Rata-Rata Error (%)				0,29

Hasil Pengujian Sebelum Implantasi Sensor pH 7

No	Nilai pH	Sensor Ph	pH Meter	Error (%)
1	10	9,72	9,75	0,31
2		9,71	9,72	0,10
3		9,73	9,80	0,71
4		9,72	9,73	0,10
5		9,76	9,80	0,41
6		9,77	9,78	0,10
7		9,79	9,78	0,10
8		9,76	9,73	0,31
9		9,78	9,80	0,20
10		9,79	9,76	0,31
11		9,76	9,77	0,10
12		9,78	9,77	0,10
13		9,73	9,79	0,61
14		9,79	9,77	0,20
15		9,80	9,79	0,10
16		9,78	9,71	0,72
17		9,76	9,76	0,00
18		9,78	9,76	0,20
19		9,79	9,81	0,20
20		9,79	9,76	0,31
21		9,78	9,84	0,61
22		9,77	9,82	0,51
23		9,79	9,84	0,51
24		9,80	9,83	0,31
25		9,78	9,82	0,41
26		9,82	9,84	0,20
27		9,81	9,82	0,10
28		9,80	9,84	0,41
29		9,84	9,83	0,10

30		9,81	9,82	0,10
31		9,80	9,82	0,20
32		9,84	9,86	0,20
33		9,81	9,86	0,51
34		9,81	9,87	0,61
35		9,82	9,86	0,41
36		9,81	9,82	0,10
37		9,79	9,81	0,20
38		9,80	9,83	0,31
39		9,85	9,83	0,20
40		9,84	9,83	0,10
41		9,83	9,81	0,20
42		9,80	9,83	0,31
43		9,81	9,87	0,61
44		9,81	9,84	0,30
45		9,80	9,83	0,31
46		9,82	9,85	0,30
47		9,81	9,87	0,61
48		9,81	9,85	0,41
49		9,85	9,81	0,41
50		9,84	9,80	0,41
Rata-Rata Nilai Sensor				9,81
Rata-Rata Error (%)				0,30

Hasil Pengujian Sebelum Implantasi Sensor pH 10

DATA PENGUKURAN TDS (NUTRISI A)			
No	TDS	Meter (PPM)	Error (%)
1	501	502	0,20
2	502	504	0,40
3	502	503	0,20
4	499	503	0,80
5	502	503	0,20
6	554	553	0,18
7	553	552	0,18
8	552	553	0,18
9	554	551	0,54
10	553	552	0,18
11	612	610	0,33
12	612	615	0,49
13	611	612	0,16
14	610	611	0,16
15	611	613	0,33
16	667	668	0,15
17	666	668	0,30
18	668	669	0,15
19	667	669	0,30
20	668	669	0,15
21	702	703	0,14
22	702	707	0,71
23	704	708	0,56
24	704	707	0,42
25	705	708	0,42
Rata-Rata Nilai Sensor			607,24
Rata-Rata Nilai Error (%)			0,31

Hasil Pengujian Sebelum Implentasi Sensor TDS Nutriisi A

DATA PENGUKURAN TDS (NUTRISI B)			
No	TDS	Meter (PPM)	Error (%)
1	507	509	0,39
2	509	507	0,39
3	509	508	0,20
4	508	507	0,20
5	506	507	0,20
6	553	556	0,54
7	555	556	0,18
8	556	554	0,36
9	555	554	0,18
10	557	555	0,36
11	601	603	0,33
12	601	602	0,17
13	603	602	0,17
14	602	603	0,17
15	601	603	0,33
16	663	664	0,15
17	663	665	0,30
18	665	664	0,15
19	664	665	0,15
20	666	665	0,15
21	709	707	0,28
22	706	705	0,14
23	706	705	0,14
24	709	706	0,42
25	707	705	0,28
Rata-Rata Nilai Sensor			607,24
Rata-Rata Nilai Error (%)			0,25

Hasil Pengujian Sebelum Implentasi Sensor TDS Nutriisi B

DATA PENGUKURAN TDS (NUTRISI AB MIX)			
No	TDS	Meter (PPM)	Error (%)
1	503	505	0,40
2	503	507	0,79
3	505	502	0,60
4	502	505	0,59
5	503	505	0,40
6	602	607	0,82
7	605	608	0,49
8	604	608	0,66
9	604	605	0,17
10	607	605	0,33
11	713	718	0,70
12	717	717	0,00
13	711	718	0,97
14	713	712	0,14
15	716	714	0,28
16	821	826	0,61
17	827	828	0,12
18	821	820	0,12
19	825	820	0,61
20	823	825	0,24
21	912	915	0,33
22	910	915	0,55
23	918	916	0,22
24	913	915	0,22
25	916	917	0,11
Rata-Rata Nilai Sensor			711,76
Rata-Rata Nilai Error (%)			0,42

Hasil Pengujian Sebelum Implentasi Sensor TDS Nutriisi AB Mix

DATA PENGUKURAN SUHU (°C)				
Media Air	No	METER	Sensor Suhu	Error (%)
Air Biasa	1	25	24,2	3,2
	2		24,1	3,6
	3		24,4	2,4
	4		24,7	1,2
	5		24,6	1,6
	6		24,0	4,0
	7		24,2	3,2
	8		24,1	3,6
	9		24,5	2,0
	10		24,3	2,8
	11		24,1	3,6
	12		24,2	3,2
	13		24,0	4,0
	14		24,4	2,4
	15		24,8	0,8
	16		24,2	3,2
	17		24,2	3,2
	18		24,1	3,6
	19		24,6	1,6
	20		24,5	2,0
	21		24,3	2,8
	22		24,4	2,4
	23		24,0	4,0
	24		24,2	3,2
	25		24,3	2,8
	26		24,4	2,4
	27		24,3	2,8
	28		24,1	3,6

	29		24,5	2,0
	30		24,7	1,2
	31		24,1	3,6
	32		24,1	3,6
	33		24,3	2,8
	34		24,2	3,2
	35		24,3	2,8
	36		24,5	2,0
	37		24,4	2,4
	38		24,2	3,2
	39		24,6	1,6
	40		24,6	1,6
	41		24,3	2,8
	42		24,1	3,6
	43		24,4	2,4
	44		24,4	2,4
	45		24,5	2,0
	46		24,0	4,0
	47		24,2	3,2
	48		24,3	2,8
	49		24,9	0,4
	50		24,8	0,8
Rata - Rata Nilai Sensor				24,3
Rata - Rata Nilai Error (%)				2,7

Hasil Pengujian Sebelum Implentasi Sensor Suhu Air Biasa

DATA PENGUKURAN SUHU (°C)				
Media Air	No	METER	Sensor Suhu	Error (%)
Air Panas	1	50	49,1	1,8
	2		49,4	1,2
	3		49,6	0,8
	4		49,8	0,4
	5		49,7	0,6
	6		49,5	1,0
	7		49,6	0,8
	8		49,5	1,0
	9		49,7	0,6
	10		49,6	0,8
	11		49,2	1,6
	12		49,1	1,8
	13		49,4	1,2
	14		49,5	1,0
	15		49,4	1,2
	16		49,4	1,2
	17		49,2	1,6
	18		49,2	1,6
	19		49,1	1,8
	20		49,3	1,4
	21		49,1	1,8
	22		49,1	1,8
	23		49,4	1,2
	24		49,2	1,6
	25		49,3	1,4
	26		49,0	2,0
	27		49,2	1,6
	28		49,4	1,2

	29		49,2	1,6
	30		49,6	0,8
	31		49,4	1,2
	32		49,5	1,0
	33		49,6	0,8
	34		49,9	0,2
	35		49,8	0,4
	36		49,3	1,4
	37		49,2	1,6
	38		49,6	0,8
	39		49,8	0,4
	40		49,9	0,2
	41		49,2	1,6
	42		49,1	1,8
	43		49,2	1,6
	44		49,3	1,4
	45		49,6	0,8
	46		49,1	1,8
	47		49,2	1,6
	48		49,4	1,2
	49		49,3	1,4
	50		49,6	0,8
Rata - Rata Nilai Sensor				49,4
Rata - Rata Nilai Error (%)				1,2

Hasil Pengujian Sebelum Implentasi Sensor Suhu Air Biasa Panas

DATA PENGUKURAN SUHU (°C)				
Media Air	No	METER	Sensor Suhu	Error (%)
Air Dingin	1	15	14,3	4,7
	2		14,2	5,3
	3		14,2	5,3
	4		14,3	4,7
	5		14,2	5,3
	6		14,2	5,3
	7		14,4	4,0
	8		14,4	4,0
	9		14,8	1,3
	10		14,9	0,7
	11		14,2	5,3
	12		14,3	4,7
	13		14,2	5,3
	14		14,4	4,0
	15		14,6	2,7
	16		14,5	3,3
	17		14,4	4,0
	18		14,5	3,3
	19		14,6	2,7
	20		14,8	1,3
	21		14,6	2,7
	22		14,4	4,0
	23		14,7	2,0
	24		14,8	1,3
	25		14,9	0,7
	26		14,3	4,7
	27		14,4	4,0
	28		14,5	3,3

	29		14,7	2,0
	30		14,8	1,3
	31		14,3	4,7
	32		14,6	2,7
	33		14,8	1,3
	34		14,9	0,7
	35		14,5	3,3
	36		14,0	6,7
	37		14,3	4,7
	38		14,1	6,0
	39		14,6	2,7
	40		14,4	4,0
	41		14,6	2,7
	42		14,7	2,0
	43		14,6	2,7
	44		14,6	2,7
	45		14,3	4,7
	46		14,1	6,0
	47		14,4	4,0
	48		14,3	4,7
	49		14,2	5,3
	50		14,2	5,3
Rata - Rata Nilai Sensor				14,5
Rata - Rata Nilai Error (%)				3,4

Hasil Pengujian Sebelum Implentasi Sensor Suhu Air Dingin

DATA PENGUKURAN TURBIDITY				
Media Air	No	Turbidity	METER	Error (%)
Air Kopi	1	157	166	5,4
	2	159	168	5,4
	3	155	162	4,3
	4	155	162	4,4
	5	156	167	6,6
	6	170	178	4,5
	7	174	180	3,3
	8	175	182	3,8
	9	175	182	3,5
	10	162	174	6,9
	11	183	187	2,1
	12	186	192	3,1
	13	185	192	3,6
	14	185	192	3,2
	15	178	182	2,2
	16	192	195	1,5
	17	198	205	3,4
	18	195	207	5,8
	19	195	207	5,6
	20	184	192	4,2
	21	201	207	2,9
	22	210	214	1,9
	23	209	214	2,3
	24	209	214	5,9
	25	209	212	1,4
Rata - Rata Nilai Sensor				180,6
Rata - Rat Nilai Error (%)				3,9

Hasil Pengujian Sebelum Implentasi Sensor Turbidity Air Kopi

No	Suhu DO Meter	Sensor DO (mg/L)	Oksigen Terlarut DO Meter (mg/L)	Error (%)
1	27,1	4,22	4,20	0,48
2		4,25		1,19
3		4,23		0,71
4		4,24		0,95
5		4,22		0,48
6		4,22		0,48
7		4,27		1,67
8		4,24		0,95
9		4,27		1,67
10		4,24		0,95
11	29,5	4,60	4,60	0,00
12		4,61		0,22
13		4,59		0,22
14		4,60		0,00
15		4,58		0,43
16		4,62		0,43
17		4,62		0,43
18		4,60		0,00
19		4,62		0,43
20		4,59		0,22
21	31,8	4,80	4,80	0,00
22		4,79		0,21
23		4,81		0,21
24		4,80		0,00
25		4,80		0,00
26		4,82		0,42
27		4,80		0,00
28		4,81		0,21
29		4,80		0,00

30		4,79		0,21
31	32,3	5,11	5,10	0,20
32		5,12		0,39
33		5,12		0,39
34		5,11		0,20
35		5,14		0,78
36		5,12		0,39
37		5,11		0,20
38		5,14		0,78
39		5,17		1,37
40		5,17		1,37
41	33,5	5,40	5,40	0,00
42		5,38		0,37
43		5,38		0,37
44		5,42		0,37
45		5,40		0,00
46		5,43		0,56
47		5,40		0,00
48		5,40		0,00
49		5,38		0,37
50		5,40		0,00
Rata-Rata Nilai Sensor				4,84
Rata-RataNilai Error (%)				0,43

Hasil Pengujian Sebelum Implentasi Sensor DO

DATA PENGUKURAN pH					
Urutan	Sensor pH (SEN0161)	pH METER	Error (%)	Rata- rata pH	Rata- rata Error (%)
1	6,69	6,71	0,30	6,87	0,46
2	6,79	6,75	0,59		
3	6,76	6,72	0,60		
4	6,81	6,84	0,44		
5	6,78	6,75	0,44		
6	6,75	6,78	0,44		
7	6,70	6,72	0,30		
8	6,87	6,83	0,59		
9	6,89	6,87	0,29		
10	6,81	6,77	0,59		
11	6,85	6,83	0,29		
12	6,95	6,92	0,43		
13	6,92	6,96	0,57		
14	7,14	7,18	0,56		
15	7,11	7,07	0,57		
16	7,15	7,11	0,56		
17	7,18	7,14	0,56		
18	6,71	6,73	0,30		
19	6,85	6,82	0,44		
20	6,65	6,63	0,30		

Hasil Pengujian Sesudah Implantasi Sensor pH

DATA PENGUKURAN TDS AB MIX					
Urutan	Sensor TDS (ppm)	TDS METER (ppm)	Error (%)	Rata-rata ppm	Rata-rata Error (%)
1	766	770	0,52	801,1	0,46
2	773	775	0,26		
3	768	771	0,39		
4	776	779	0,39		
5	782	786	0,51		
6	776	772	0,52		
7	779	783	0,51		
8	783	780	0,38		
9	775	778	0,39		
10	784	788	0,51		
11	796	792	0,51		
12	815	820	0,61		
13	829	826	0,36		
14	825	823	0,24		
15	832	827	0,60		
16	837	834	0,36		
17	834	839	0,60		
18	832	837	0,60		
19	830	834	0,48		
20	830	825	0,61		

Hasil Pengujian Sesudah Implentasi Sensor TDS

DATA PENGUKURAN SUHU					
Urutan	Sensor Suhu (DS18B20)°C	Termometer °C	Error (%)	Rata- rata°C	Rata- rata Error (%)
1	28,9	29	0,34	28,94	0,31
2	28,9	29	0,34		
3	28,9	29	0,34		
4	28,9	29	0,34		
5	28,9	29	0,34		
6	28,9	29	0,34		
7	29,0	29	0,00		
8	28,9	29	0,34		
9	28,9	29	0,34		
10	29,1	29	0,34		
11	28,9	29	0,34		
12	28,9	29	0,34		
13	28,9	29	0,34		
14	29,0	29	0,00		
15	29,1	29	0,34		
16	29,1	29	0,34		
17	28,9	29	0,34		
18	28,9	29	0,34		
19	28,9	29	0,34		
20	28,9	29	0,34		

Hasil Pengujian Sesudah Implentasi Sensor Suhu

DATA PENGUKURAN TURBIDITY					
Urutan	Sensor Turbidity (NTU)	Turbidity Meter (NTU)	Error (%)	Rata-rata NTU	Rata-rata Error (%)
1	98,21	99,14	0,94	98,238	0,89
2	97,88	98,83	0,96		
3	98,65	99,63	0,98		
4	99,15	99,93	0,78		
5	99,11	99,98	0,87		
6	98,02	98,97	0,96		
7	98,77	98,10	0,68		
8	97,60	98,22	0,63		
9	97,71	98,64	0,94		
10	97,89	98,83	0,95		
11	99,94	98,99	0,96		
12	99,63	98,71	0,93		
13	98,79	97,87	0,94		
14	98,28	99,25	0,98		
15	97,85	98,67	0,83		
16	98,91	98,12	0,81		
17	99,52	98,62	0,91		
18	97,89	98,76	0,88		
19	97,68	98,49	0,82		
20	98,65	97,71	0,96		

Hasil Pengujian Sesudah Implentasi Sensor Turbidity

DATA PENGUKURAN DISSOLVED OXYGEN (DO)					
Urutan	Oksigen Terlarut DO (mg/L)	Oksigen Terlarut pada Drum Budidaya (Meter mg/L)	Error (%)	Rata-rata (mg/L)	Rata-rata Error (%)
1	2,35	2,33	0,86	2,61	0,77
2	2,37	2,35	0,85		
3	2,41	2,39	0,84		
4	2,39	2,41	0,83		
5	2,70	2,72	0,74		
6	2,74	2,76	0,72		
7	2,77	2,75	0,73		
8	2,73	2,75	0,73		
9	2,86	2,84	0,70		
10	2,85	2,83	0,71		
11	2,81	2,83	0,71		
12	2,71	2,73	0,73		
13	2,75	2,77	0,72		
14	2,64	2,62	0,76		
15	2,65	2,63	0,76		
16	2,62	2,64	0,76		
17	2,59	2,61	0,77		
18	2,47	2,45	0,82		
19	2,44	2,42	0,83		
20	2,42	2,44	0,82		

Hasil Pengujian Sesudah Implentasi Sensor DO