

**RANCANG BANGUN SISTEM SMART HIDROPONIK BERBASIS
INTERNET OF THINGS DENGAN APLIKASI MOBILE UNTUK
MONITORING DAN KONTROL NUTRISI TANAMAN
(STUDI KASUS: TUMBUHIN)**

TUGAS AKHIR

Disusun sebagai salah satu syarat untuk kelulusan
Program Strata 1, Program Studi Teknik Informatika,
Universitas Pasundan Bandung

oleh:

Fikri Anjani
NRP : 19.304.0112



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN BANDUNG
JUNI 2026**

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

Telah disetujui dan disahkan Laporan Tugas Akhir, dari : Nama :

Fikri Anjani

NRP : 19.304.0112

Dengan judul:

“RANCANG BANGUN SISTEM SMART HIDROPONIK BERBASIS INTERNET OF THINGS
DENGAN APLIKASI MOBILE UNTUK MONITORING DAN KONTROL NUTRISI TANAMAN
(STUDI KASUS: TUMBUHIN)”

Menyetujui,

Bandung, 23 Juni 2026

Pembimbing Utama,



WANDA GUSDYA PURNAMA, S.T., M.T.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Tugas akhir ini adalah benar-benar asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Pasundan Bandung maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Tugas akhir ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari tim Dosen Pembimbing.
3. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah, serta disebutkan dalam Daftar Pustaka pada tugas akhir ini.
4. Kakas, perangkat lunak, dan alat bantu kerja lainnya yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Pasundan Bandung.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan tugas akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi akademik, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan norma yang berlaku Universitas Pasundan, serta perundang-undangan lainnya.

Bandung, 23 Juni 2026

Yang membuat pernyataan,



Fikri Anjani

NRP. 19.304.0112

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dan meningkatnya kebutuhan pangan mendorong penerapan sistem pertanian yang lebih efisien dan cerdas. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah sistem hidroponik, yaitu metode budidaya tanaman tanpa tanah dengan memanfaatkan larutan nutrisi. Namun, sistem hidroponik konvensional masih memiliki keterbatasan dalam pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan kadar nutrisi yang masih dilakukan secara manual. Hal ini berpotensi menyebabkan pertumbuhan tanaman yang tidak optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem smart hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan aplikasi mobile untuk melakukan monitoring dan kontrol nutrisi tanaman secara real-time. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan berbagai sensor seperti sensor suhu dan kelembapan, sensor pH, serta sensor TDS untuk memantau kondisi lingkungan dan larutan nutrisi. Data sensor dikirimkan melalui jaringan internet dan ditampilkan pada aplikasi mobile yang dikembangkan menggunakan framework Flutter. Aplikasi ini juga memungkinkan pengguna untuk mengontrol pompa air dan pompa nutrisi dari jarak jauh.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah terciptanya sistem smart hidroponik yang mampu melakukan monitoring dan kontrol secara otomatis, akurat, dan efisien. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat mengelola budidaya tanaman hidroponik dengan lebih mudah, meningkatkan efisiensi waktu, serta mendukung pertanian berbasis teknologi yang berkelanjutan.

Kata kunci: Hidroponik, Internet of Things, Smart Farming, Aplikasi Mobile, Monitoring Nutrisi.

ABSTRACT

The rapid development of technology and the increasing demand for food production require more efficient and intelligent agricultural systems. One of the solutions that can be implemented is a hydroponic system, which is a method of growing plants without soil by utilizing nutrient solutions. However, conventional hydroponic systems still have limitations in monitoring and controlling environmental conditions such as temperature, humidity, and nutrient levels, which are often performed manually. This can lead to suboptimal plant growth.

This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based smart hydroponic system integrated with a mobile application for real-time monitoring and control of plant nutrients. The system utilizes an ESP32 microcontroller connected to several sensors, including temperature and humidity sensors, pH sensors, and TDS sensors, to monitor environmental conditions and nutrient solutions. Sensor data are transmitted via the internet and displayed on a mobile application developed using the Flutter framework. The application also allows users to remotely control water pumps and nutrient pumps.

The expected outcome of this research is a smart hydroponic system capable of performing automatic, accurate, and efficient monitoring and control. This system is expected to assist users in managing hydroponic cultivation more effectively, improve time efficiency, and support sustainable technology-based agriculture.

Keywords: Hydroponics, Internet of Things, Smart Farming, Mobile Application, Nutrient Monitoring.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat membuat dan menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem Smart Hidroponik Berbasis Internet Of Things Dengan Aplikasi Mobile Untuk Monitoring Dan Kontrol Nutrisi Tanaman (Studi Kasus: Tumbuhin)”.

Penulisan laporan ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada Program Strata 1 (S1) Teknik Informatika di Universitas Pasundan Bandung. Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang memberikan segenap dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat. Hanya ucapan terima kasih yang penulis haturkan kepada pihak yang selalu memberikan dukungan, doa, tenaga, pikiran, dan semangat, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini kepada:

1. Pembimbing yang terhormat, bapak Wanda Gusdya, S.T.,M.T. yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, kritik, saran, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Orang Tua tersayang, dan keluarga yang selalu memberikan motivasi serta do'anya dalam pembuatan usulan laporan tugas akhir ini.
3. Seluruh civitas akademika Teknik Informatika di UNIVERSITAS PASUNDAN BANDUNG, yang telah memberikan bekal ilmu selama penulis menimba ilmu.
4. Teman-teman seperjuangan Universitas Pasundan Bandung yang tidak bisa semua disebutkan.

Penulis menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga penulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi perkembangan ilmu teknologi dimasa yang akan datang.

Bandung, 23 Juni 2026

Fikri Anjani

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
1 BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Identifikasi Masalah.....	1-1
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	1-2
1.4 Lingkup Tugas Akhir	1-2
1.5 Metodologi Tugas Akhir	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-4
2 BAB 2 LANDASAN TEORI	2-1
2.1 Teori Yang Digunakan.....	2-1
2.1.1 Metodologi Waterfall.....	2-1
2.1.2 Hidroponik.....	2-2
2.1.3 Internet Of Things.....	2-3
2.1.4 Mikrokontroler ESP32.....	2-3
2.1.5 Sensor dan Aktuator.....	2-4
2.1.6 Perangkat Mobile.....	2-8
2.1.7 Aplikasi Mobile	2-8
2.1.8 Dart.....	2-8
2.1.9 Flutter	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 2.1.10 Firebase.....	2-8
2.1.3 Realtime.....	2-9
2.2 Penelitian Terdahulu.....	2-9

3	BAB 3 SKEMA PENELITIAN	3-1
3.1	Alur Penyelesaian Tugas Akhir	3-1
3.2	Perumusan Masalah	3-2
3.2.1	Analisis Sebab Akibat	3-3
3.2.2	3.2.2 Solusi Masalah	3-4
3.3	Gambaran Produk Tugas Akhir	3-5
3.4	Teknik Pengumpulan Data	3-6
3.5	Lokasi dan Objek Penelitian	3-6
4	BAB 4 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....	4-1
4.1	Analisis Kebutuhan Sistem	4-1
4.1.1	Hasil Wawancara	4-1
4.1.2	Kebutuhan Fungsional	4-2
4.1.3	Kebutuhan Non-Fungsional	4-3
4.2	Gambaran Umum Sistem	4-4
4.2.1	Diagram Blok Sistem.....	4-5
4.2.2	Alur Kerja Sistem	4-6
4.3	Perancangan Sistem	4-6
4.3.1	Rancangan Rangkaian Sistem	4-6
4.3.2	Konfigurasi Pin ESP32	4-7
4.3.3	Flowchart Sistem	4-8
4.3.4	Perancangan Basis Data Firebase	4-12
4.3.5	Perancangan Antarmuka Aplikasi	4-13
4.4	Implementasi Sistem	4-15
4.4.1	Implementasi Perangkat Keras.....	4-16
4.4.2	Implementasi Basis Data Firebase	4-22
4.4.3	Implementasi Aplikasi Mobile	4-23
4.5	Pengujian Sistem.....	4-27
4.5.1	Rencana Pengujian.....	4-27
4.5.2	Pengujian Perangkat Keras dan Sensor	4-27
4.5.3	Pengujian Komunikasi Data Firebase	4-34

4.5.4	Pengujian Aplikasi Mobile.....	4-37
5	BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-1
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Metodologi Tugas Akhir	1-3
Gambar 2.1 Metodologi Waterfall	2-1
Gambar 2.2 Hidroponik.....	2-2
Gambar 2.3 Internet Of Things	2-3
Gambar 2.4 Mikrokontroller ESP32.....	2-4
Gambar 2.5 Sensor DHT22	2-5
Gambar 2.6 Sensor TDS.....	2-5
Gambar 2.7 Sensor DS18B20	2-6
Gambar 2.8 Pompa Air Submersible	2-6
Gambar 2.9 Relay	2-7
Gambar 2.10 LCD I2C 16x2	2-7
Gambar 3.1 Analisis Sebab Akibat Fishbone Diagram	3-3
Gambar 3.2 Solusi Masalah Fishbone Diagram	3-4
Gambar 3.3 Logo TumbuhIn	3-6
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem.....	4-5
Gambar 4.2 Rancangan Rangkaian Sistem.....	4-7
Gambar 4.3 Flowchart Monitoring Sensor	4-8
Gambar 4.4 Flowchart Kontrol Pompa Air.....	4-9
Gambar 4.5 Flowchart Mode Nutrisi Manual.....	4-10
Gambar 4.6 Flowchart Mode Nutrisi Otomatis	4-11
Gambar 4.7 Halaman Login	4-13
Gambar 4.8 Halaman Dashboard Mode Manual	4-14
Gambar 4.9 Halaman Dashboard Mode Otomatis	4-15
Gambar 4.10 ESP32 Dengan Sensor DHT22	4-16
Gambar 4.11 ESP32 Dengan Sensor TDS	4-17
Gambar 4.12 ESP32 Dengan Sensor DS18B20.....	4-18
Gambar 4.13 ESP32 Dengan Modul Relay	4-19
Gambar 4.14 ESP32 Dengan LCD 16x2 I2C	4-20
Gambar 4.15 Modul Relay dengan Pompa Air dan Nutrisi	4-21
Gambar 4.16 Struktur Data Sensor Firebase	4-22
Gambar 4.17 Struktur Data Kontrol Firebase	4-23
Gambar 4.18 Halaman Login	4-24
Gambar 4.19 Halaman Dashboard Nutrisi Mode Manual	4-25
Gambar 4.20 Halaman Dashboard Nutrisi Mode Otomatis	4-26
Gambar 4.21 Hasil Pembacaan Sensor DHT22	4-28

Gambar 4.22 Pengujian Sensor TDS di Ketiga Larutan	4-29
Gambar 4.23 Pengujian Pembanding TDS di Ketiga Larutan	4-29
Gambar 4.24 Pengujian Sensor DS18B20	4-31
Gambar 4.25 Pengujian Tampilan LCD 16x2 I2C	4-32
Gambar 4.26 Pengujian Modul Relay	4-33
Gambar 4.27 Pengiriman Data Sensor Ke Firebase.....	4-34
Gambar 4.28 Tampilan Data Firebase pada Aplikasi Mobile	4-35
Gambar 4.29 Tampilan Data Firebase Control pada Aplikasi Mobile	4-36
Gambar 4.30 Tampilan Data Kontrol Di Firebase	4-36
Gambar 4.31 Pengujian Halaman Login	4-37
Gambar 4.32 Pengujian Dashboard Aplikasi Mobile.....	4-38
Gambar 4.33 Pengujian Fitur Kontrol pada Aplikasi Mobile	4-39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Peneliti Terdahulu	2-9
Tabel 3.1 Alur Penyelesaian Tugas Akhir	3-1
Tabel 3.2 Tabel Sebab Akibat	3-3
Tabel 3.3 Tabel Solusi Masalah	3-5
Tabel 4.1 Hasil Wawancara	4-2
Tabel 4.2 Tabel Kebutuhan Fungsional	4-3
Tabel 4.3 Kebutuhan Perangkat Keras.....	4-3
Tabel 4.4 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	4-4
Tabel 4.5 Konfigurasi Pin ESP32	4-7
Tabel 4.6 Struktur Data Firebase	4-12
Tabel 4.7 Pengujian Sensor DHT22	4-28
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Sensor TDS.....	4-30
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Sensor DS18B20	4-31
Tabel 4.10 Hasil Pengujian LCD.....	4-32
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Relay.....	4-33
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Data Sensor Ke Firebase	4-34
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Data Firebase pada Aplikasi Mobile	4-35
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Data Kontrol Firebase.....	4-36
Tabel 4.15 Pengujian Halaman Login Aplikasi	4-37
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Dashboard Aplikasi Mobile	4-38
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Fitur Kontrol pada Aplikasi Mobile	4-39

BAB 1

PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan umum mengenai penelitian yang dilakukan peneliti. Berisi latar belakang masalah, identifikasi masalah, tujuan, ruang lingkup, metodologi, dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat dari tahun ke tahun menimbulkan tantangan baru dalam pemenuhan kebutuhan pangan. Hal ini mendorong adanya inovasi pengembangan teknologi guna efisiensi pertanian pada lahan sempit. Salah satu solusinya adalah mengubah pertanian konvensional menjadi modern yaitu dengan pertanian hidroponik. [DEW21]

Namun, pada praktiknya, sistem hidroponik masih memiliki beberapa kelemahan, terutama dalam hal pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, serta kadar nutrisi dalam larutan. Jika faktor-faktor tersebut tidak dipantau secara akurat dan real-time, maka pertumbuhan tanaman dapat terganggu dan hasil panen menjadi tidak optimal. Proses pemantauan manual juga dinilai kurang efisien dan rawan kesalahan, terutama bagi pengguna yang memiliki keterbatasan waktu atau lokasi yang jauh dari sistem tanam.

Perkembangan teknologi komunikasi sekarang semakin pesat seiring munculnya istilah Internet of Things (IoT). IoT memungkinkan semua benda dapat berkomunikasi satu sama lain melalui internet. Konsep IoT bisa diterapkan pada berbagai aspek salah satunya adalah aspek pertanian hidroponik [DEW21]. Berbagai sensor dapat digunakan untuk memantau kondisi tanaman secara otomatis dan mengirimkan data ke server secara real-time. Selain itu, pengguna dapat melakukan kontrol terhadap sistem, seperti pengaturan pompa nutrisi dan sirkulasi air, melalui koneksi internet tanpa harus berada di lokasi secara langsung.

Untuk mendukung kemudahan akses dan pemantauan, dibutuhkan sebuah aplikasi mobile yang terintegrasi dengan sistem IoT. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk melihat data sensor, mendapatkan notifikasi kondisi tanaman, serta mengontrol perangkat hidroponik dari jarak jauh secara praktis. Dengan adanya integrasi ini, proses budidaya tanaman hidroponik menjadi lebih efisien, cerdas, dan berkelanjutan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis merancang dan mengimplementasikan “Sistem Smart Hidroponik Berbasis IoT dengan Aplikasi Mobile untuk Monitoring dan Kontrol Nutrisi Tanaman Studi Kasus: TumbuhIn”. Sistem ini diharapkan dapat membantu pengguna dalam mengelola sistem hidroponik secara otomatis, efisien, dan mudah diakses kapan pun serta di mana pun.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka permasalahan yang dimunculkan pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem hidroponik berbasis IoT yang mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan kadar nutrisi, serta pengendalian pompa air dan pemberian nutrisi berdasarkan data sensor dan kondisi sistem?
2. Bagaimana mengintegrasikan sistem smart hidroponik berbasis IoT dengan aplikasi mobile agar pengguna dapat melakukan pemantauan dan pengendalian jarak jauh dengan pembaruan data secara realtime?
3. Bagaimana merancang dan mengembangkan aplikasi mobile untuk mendukung pemantauan hidroponik jarak jauh dengan pembaruan data secara langsung?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka tujuan yang dimunculkan pada tugas akhir ini adalah :

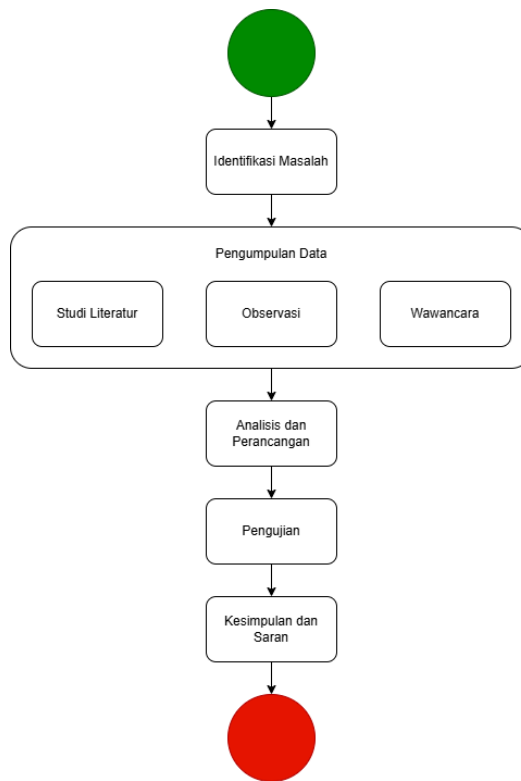
1. Merancang dan membangun sistem smart hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu memantau kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan kadar nutrisi serta melakukan pengendalian pompa air dan pemberian nutrisi berdasarkan data sensor dan kondisi sistem.
2. Mengembangkan aplikasi mobile yang terintegrasi dengan sistem IoT untuk menampilkan data pemantauan dan memungkinkan pengguna melakukan pengendalian jarak jauh dengan pembaruan data secara realtime.
3. Menguji dan menganalisis kinerja sistem smart hidroponik yang telah dibangun untuk memastikan fungsi pemantauan dan pengendalian berjalan secara optimal dan efisien.

1.4 Lingkup Tugas Akhir

Penyelesaian Tugas Akhir dibatasi sebagai berikut :

1. Perancangan dan implementasi sistem perangkat keras yang terdiri dari mikrokontroler, sensor-sensor dan kadar nutrisi, serta aktuator seperti pompa air dan pompa nutrisi.
2. Pengembangan sistem perangkat lunak yang meliputi pemrograman mikrokontroler untuk mengirim dan menerima data melalui koneksi Firebase.
3. Pembuatan aplikasi mobile yang berfungsi untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor, serta mengontrol pompa air dan nutrisi.
4. Pengujian fungsional sistem untuk memastikan komunikasi antara perangkat keras dan aplikasi mobile berjalan dengan baik dan responsif.
5. Tugas akhir ini tidak membahas aspek agronomi secara mendalam, seperti formulasi nutrisi tanaman atau jenis tanaman tertentu, melainkan berfokus pada aspek teknis sistem otomatisasi dan monitoring.
6. Studi kasus dan implementasi sistem ini dilakukan secara terbatas pada usaha budidaya hidroponik Tumbuh.in

1.5 Metodologi Tugas Akhir



Gambar 1.1 Metodologi Tugas Akhir

1. Identifikasi Masalah

Langkah pertama adalah mengidentifikasi masalah yang ingin diselesaikan. Pada tahap ini, dilakukan untuk memahami permasalahan utama yang dihadapi, baik dari sisi pengguna maupun dari sisi instansi.

2. Pengumpulan Data

Langkah selanjutnya merupakan tahap pengumpulan data yang didapat dari instansi dimana informasi dikumpulkan dari studi literatur, observasi dan wawancara.

a. Studi Literatur

Pada tahap ini melakukan kajian terhadap berbagai literatur, seperti jurnal, buku, artikel, dan sumber lain yang relevan, untuk memahami teori-teori dan pendekatan yang telah ada terkait dengan masalah yang dihadapi.

b. Observasi

Pada tahap ini mengamati secara langsung proses atau situasi terkait dengan masalah untuk mendapatkan data empiris mengenai perilaku pengguna, lingkungan, atau kondisi tertentu yang mempengaruhi masalah.

c. Wawancara

Penulis melakukan wawancara untuk mengumpulkan informasi dengan mengajukan beberapa pertanyaan secara lisan. Hasil dari wawancara akan dijadikan acuan dalam merancang smart hidroponik dan aplikasi monitoring.

3. Analisis dan Perancangan

Setelah data dikumpulkan, tahap selanjutnya adalah menganalisis data tersebut untuk menemukan akar penyebab masalah berdasarkan hasil analisis, kemudian dibuat perancangan solusi yang sesuai.

4. Pengujian

Pada tahap ini, dibuat untuk mengevaluasi fungsionalitas, efektivitas, dan apakah solusi tersebut memenuhi kebutuhan pengguna.

5. Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir adalah menyusun kesimpulan dari hasil yang diperoleh dan memberikan saran untuk perbaikan lebih lanjut. Kesimpulan mencakup keberhasilan solusi yang diterapkan serta rekomendasi untuk pengembangan di masa depan.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir dibuat untuk mendokumentasikan pengerjaan tugas akhir. Oleh karena itu, disusun sistematika penulisan yang menjelaskan mengenai bab-bab pada laporan tugas akhir beserta isinya secara rinci, serta keterkaitan antara bab sebelum dan sesudahnya. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan umum mengenai penelitian yang dilakukan peneliti. Di dalamnya berisi latar belakang masalah, identifikasi masalah, tujuan, ruang lingkup, metodologi, dan sistematika penulisan.

BAB 2. LANDASAN TEORI

Bab ini memaparkan hasil penelitian-penelitian dahulu yang relevan dengan penelitian yang dilakukan peneliti. Bab ini meliputi definisi-definisi, teori-teori, serta konsep-konsep dasar yang diperlukan untuk menganalisa situasi yang diteliti dari buku, makalah, maupun jurnal ilmiah.

BAB 3. SKEMA PENELITIAN

Bab ini berisi tentang penyusunan metodologi tugas akhir, kerangka pemikiran, profil tempat penelitian, analisis persoalan, analisis hasil rekomendasi.

BAB 4. ANALISIS DAN PERANCANGAN

Bab ini menjelaskan proses perancangan system smart hidroponik dan tampilan antarmuka aplikasi monitoring smart hidroponik. Dengan mengimplementasikan tahapan analisis pada metode waterfall yang terdiri dari identifikasi masalah, Pengumpulan data, Analisis dan perancangan, Prototype dan testing, dan Kesimpulan dan Saran.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan hasil penelitian serta kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian yang dilakukan, serta terdapat pula saran yang diberikan oleh penulis untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB 2

LANDASAN TEORI

Bab ini memaparkan hasil penelitian-penelitian dahulu yang relevan dengan penelitian yang dilakukan peneliti. Bab ini meliputi definisi-definisi, teori-teori, serta konsep-konsep dasar yang diperlukan untuk menganalisa situasi yang diteliti dari buku, makalah, maupun jurnal ilmiah.

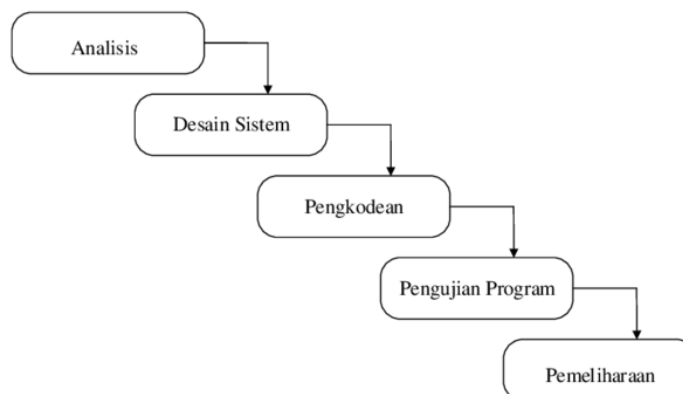
2.1 Teori Yang Digunakan

Berikut ini merupakan teori yang digunakan dalam membuat penelitian Tugas Akhir “Rancang Bangun Sistem Smart Hidroponik Berbasis Internet Of Things Dengan Aplikasi Mobile Untuk Monitoring Dan Kontrol Nutrisi Tanaman Studi Kasus: TumbuhIn”. Dasar teori berisikan tentang teori yang berhubungan dengan penelitian. Landasan teori yang digunakan sebagai arahan dan acuan memecahkan masalah dan peneliti melakukan pengumpulan data secara lengkap kemudian melakukan analisis dan perancangan aplikasi ujian daring.

2.1.1 Metodologi Waterfall

Metodologi Waterfall Adalah metode yang menggambarkan pendekatan yang sistematis dan juga berurutan pada pengembangan perangkat lunak, mulai dengan spesifikasi kebutuhan pengguna lalu berlanjut melalui tahapan-tahapan Analisis (*Analysis*), Desain Sistem (*modelling*), Pengkodean (*Coding*), serta pengujian (*Testing*), yang diakhiri dengan Pemeliharaan [MUR22]

Keuntungan dari metodologi waterfall adalah adanya proses pengembangan yang dilakukan secara linear dan terstruktur, sehingga mudah dipahami dalam pelaksanaannya. Metodologi waterfall memungkinkan dapat mengetahui proses kemajuan pengembangan proyek secara jelas.



Gambar 2.1 Metodologi Waterfall

Menurut Murdiani, D., & Sobirin, M. [MUR22] Model Waterfall dibagi menjadi 5 tahapan, berikut merupakan tahapan dari waterfall:

a. Analisis

Analisis adalah Proses pengumpulan kebutuhan dilakukan secara intensif untuk mespesifikasikan kebutuhan perangkat lunak agar dapat dipahami perangkat lunak seperti apa yang dibutuhkan oleh user. Spesifikasi kebutuhan perangkat lunak pada tahap ini perlu untuk didokumentasikan.

b. Desain

Desain perangkat lunak adalah proses multi langkah yang fokus pada desain pembuatan program perangkat lunak termasuk struktur data, arsitektur perangkat lunak, representasi antarmuka, dan prosedur pengodean.

c. Pengkodean

Desain yang sudah diracancang harus ditranslasikan ke dalam program perangkat lunak. Hasil dari tahap ini adalah program komputer sesuai dengan desain yang telah dibuat pada tahap desain.

d. Pengujian

pengujian fokus pada perangkat lunak secara dari segi logik dan fungsional dan memastikan bahwa semua bagian sudah diuji. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir kesalahan (*error*) dan memastikan keluaran yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan.

e. Pemeliharaan

Pemeliharaan (*maintenance*) tidak menutup kemungkinan sebuah perangkat lunak mengalami perubahan ketika sudah dikirimkan ke *user*. Perubahan bisa terjadi karena adanya kesalahan yang muncul dan tidak terdeteksi saat pengujian atau perangkat lunak harus beradaptasi dengan lingkungan baru.

2.1.2 Hidroponik

Menurut Siregar, M. H. F. F., & Novita, A [SIR21] Hidroponik adalah budidaya pertanian tanpa menggunakan media tanah, sehingga hanya dijalankan dengan menggunakan air sebagai media pengganti tanah. Sehingga sistem bercocok tanam secara hidroponik dapat memanfaatkan lahan yang sempit.



Gambar 2.2 Hidroponik

Sumber: <https://gokomodo.com>

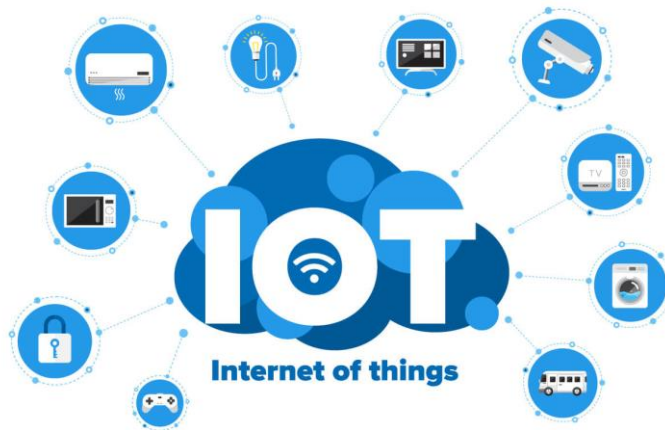
Tanaman hidroponik merupakan teknik budidaya yang menggunakan media air bernutrisi, teknik budidaya ini umumnya terkenal dengan biaya yang relatif mahal dalam melaksanakannya. Hidroponik berasal dari bahasa Latin hydros yang berarti air dan phonos yang berarti kerja.

Sedangkan menurut Syidiq, I. H. A. [SYI22] Hidroponik adalah budidaya tanaman dengan hanya memanfaatkan air tanpa menggunakan tanah. Prioritasnya adalah pemenuhan kebutuhan nutrisi tanaman. Air yang dibutuhkan dalam penanaman hidroponik tentunya lebih sedikit dari kebutuhan air dalam budidaya tanaman dengan tanah.

Hidroponik merupakan cara bercocok tanam yang sangat praktis karena tidak harus dilakukan pada area yang luas, tanpa tanah, sangat efektif, tidak memerlukan banyak air dan tentunya bisa dilakukan oleh semua kalangan.

2.1.3 Internet Of Things

Menurut Susanto, F., Prasiani, N. K., & Darmawan, P [SUS22] Internet of Things atau disingkat dengan istilah IoT merupakan teknologi yang menginovasi benda-benda sekitar dengan internet agar aktivitas sehari-hari menjadi lebih mudah dan efisien. Internet of Things adalah teknologi yang memungkinkan benda-benda di sekitar kita terhubung dengan Internet.



Gambar 2.3 Internet Of Things

Sumber: <https://diengcyber.com>

Internet of Things, yang sering dikenal dengan istilah IoT adalah sistem embedded yang bertujuan untuk memperluas pemanfaatan dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Kemampuan seperti berbagi data, remote control, dan sebagainya.

2.1.4 Mikrokontroler ESP32

Menurut Rahmadani, F., Suhada, S., & Damanik, B. E [RAH21] Mikrokontroler merupakan sebuah chip yang berupa (Integrated Circuit) yang didalamnya terdiri dari komponen utama berupa resistor, transistor dan komponen pendukung lainnya. Mikrokontroler mempunyai fungsi yaitu menerima sinyal

input kemudian mengolah sinyal tersebut dan mampu memberikan sinyal output sesuai dengan program yang di masukkan kedalamnya.



Gambar 2.4 Mikrokontroller ESP32

Sumber: www.theengineeringprojects.com

Modul ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System. ESP32 adalah chip yang cukup lengkap, terdapat prosesor, penyimpanan dan akses pada GPIO (General Purpose Input Output). Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi IoT.[HAR25]

2.1.5 Sensor dan Aktuator

Menurut Mukhtar, A., Hermana, R., Burhanudin, A., & Setyoadi, Y. [MUH23] Sensor adalah perangkat atau elemen yang mendeteksi, mengukur, atau memantau fenomena fisik atau keadaan lingkungan, dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diukur atau diinterpretasikan oleh manusia atau sistem elektronik. Sensor bertindak sebagai antarmuka antara dunia fisik dan dunia digital, memberikan informasi tentang lingkungan atau sistem yang sedang dipelajari.

Sedangkan Aktuator Menurut Mukhtar, A., Hermana, R., Burhanudin, A., & Setyoadi, Y. [MUH23] adalah perangkat atau sistem yang bertanggung jawab untuk mengubah energi atau sinyal kontrol menjadi gerakan atau aksi fisik. Aktuator bertindak sebagai komponen yang menggerakkan atau mengendalikan suatu mekanisme, mesin, atau sistem dalam rangka mencapai tujuan yang diinginkan.

Sensor berfungsi untuk mendeteksi kondisi lingkungan dan mengubahnya menjadi data digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Pada sistem *smart* hidroponik, beberapa sensor dan aktuator yang saya gunakan antara lain:

2.1.5.1 DHT22

DHT22 adalah sensor yang mengukur suhu dan kelembapan menggunakan sinyal digital. Sensor ini dibuat untuk mengukur suhu di sekelilingnya secara tepat dan andal. DHT22 dapat mengukur suhu dari -40°C hingga 80°C dan akurat hingga $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Hal ini membuatnya bagus untuk melacak suhu secara real-time. Sensor ini juga dapat mengukur kelembapan. DHT22 digunakan untuk monitoring suhu dan kelembapan di area sekitar hidroponik.[MAH25]



Gambar 2.5 Sensor DHT22

Sumber: <https://id.szks-kuongshun.com>

2.1.5.2 TDS Sensor

Sensor ini digunakan agar dapat mengetahui nilai Electrical Conductivity (EC) larutan nutrisi dengan satuan part per million (PPM). Nilai ppm diperoleh dengan mengukur resistansi antara dua probe (pin) ketika probe dicelupkan ke dalam cairan. Jika probe ditempatkan dalam suatu larutan dan diberi beda potensial (biasanya sinus soidal), maka arus akan mengalir melalui probe tersebut. [BAN24]



Gambar 2.6 Sensor TDS

Sumber: <https://randomnerdtutorials.com>

2.1.5.3 Sensor Suhu DS18B20

DS18B20 adalah sensor suhu yang tahan air (waterproof) yang dapat digunakan untuk mengukur suhu dalam lingkungan basah. Sebagai data digital, Anda tidak perlu khawatir tentang kerusakan data ketika menggunakan sensor jarak jauh. DS18B20 dapat menangani data 9-bit hingga 12-bit. Menurut

datasheet, sensor ini dapat mengukur suhu hingga 125°C namun, jika kabelnya ditutup dengan PVC, disarankan untuk tidak menggunakannya melebihi 100°C. [BAN24]



Gambar 2.7 Sensor DS18B20

Sumber: <https://shop.pimoroni.com>

2.1.5.4 Pompa Air Submersible

Pompa Submersible ini merupakan pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya ialah mengubah energi kinetis atau kecepatan putaran menjadi suatu energi potensial. Energi potensial ini yang digunakan untuk mendorong air atau cairan dari sumber air ke permukaan. Energi ini dihasilkan dari suatu impeller yang berputar dalam casing atau rumah pompa. Jadi cara kerja pompa submersible ini berbeda dengan jenis pompa Jet Pump. Pada pompa submersible ini kerjanya ialah dengan cara mendorong airnya menuju ke permukaan.[SUR23]



Gambar 2.8 Pompa Air Submersible

Sumber: <https://taffware.com>

Pompa air submersible lebih efisien karena pompa ini tidak boros energi untuk menarik cairan ke dalam pompa, seperti pada pompa jenis lainnya. Dan juga motor mesinnya dapat didinginkan langsung oleh cairan yang ada di sekitarnya, sehingga bisa mencegah terjadinya *overheating* pada pompa. Untuk pompa submersible harus tenggelam di dalam air atau cairan yang akan dipompakannya. Motor pompa dibungkus dan dikemas secara rapat dan kedap air.[SUR23]

2.1.5.5 Relay

Perangkat yang menggunakan sistem elektromagnetik disebut relay. Ia menggunakan energi listrik sebagai sumber tenaga dan bekerja dengan mengaktifkan sejumlah kontaktor atau pelapis elektronik yang dapat dikendalikan oleh rangkaian elektronik lainnya. Ketika arus mengalir, aksi induksi magnetik yang disebabkan oleh kumparan (induktor) menyebabkan kontaktor arus yang terdiri dari beberapa kontaktor menutup (ON) atau membuka. [TAM24]



Gambar 2.9 Relay

Sumber: <https://www.arduinoindonesia.id>

2.1.5.6 LCD 16x2 I2C

Modul LCD2004 yang menggunakan I2C atau TWI adalah suatu alat demonstrasi yang memanfaatkan layar LCD dot matrix dengan kapasitas 16X2 karakter, berdasarkan IC Hitachi HD44780, dan dilengkapi dengan bus serial I2C berkecepatan tinggi yang diproduksi oleh DFRobot. Alat demonstrasi ini dapat dihubungkan ke board Arduino dengan menggunakan dua pin yaitu pin SDA dan pin SCL, serta sumber daya DC sebesar +5 Volt dan ground. [SUS25]



Gambar 2.10 LCD I2C 16x2

Sumber: <https://www.sinauprogramming.com>

2.1.5.7 Perangkat Mobile

Menurut Purnama, D. G., Djuanda, D. M., Albart, N., K., Gita Purnama, D., Mahendra Djuanda, D. R., & Albart, N. [PUR23] Perangkat mobile adalah perangkat komputasi berukuran kecil yang dengan mudah digenggam dan dibawa kemanapun. Perangkat-perangkat yang termasuk katagori ini adalah telepon genggam (handphone), ebook reader, pemutar media portable dan lain sebagainya.

2.1.5.8 Aplikasi Mobile

Menurut Kamilla, A. C., Priyani, N., Pranatawijaya, V. H., & Sari, N. N. K [KAM24] Aplikasi mobile adalah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk digunakan pada perangkat seluler, seperti smartphonedan tablet. Dalam beberapa tahun terakhir, aplikasi mobiletelah menjadi teknologi yang paling populer dan banyak digunakan. Hal ini terutama didorong oleh perkembangan pesat dalam teknologi smartphone yang semakin canggih, yang menyediakan platform yang kuat untuk menjalankan berbagai jenis aplikasi dengan berbagai fungsi dan tujuan. Aplikasi mobilememungkinkan pengguna untuk melakukan berbagai aktivitas, mulai dari komunikasi, hiburan, belanja online, hingga produktivitas, dengan mudah dan nyaman melalui perangkat seluler mereka.

2.1.5.9 Dart

Menurut Kamilla, A. C., Priyani, N., Pranatawijaya, V. H., & Sari, N. N. K [KAM24] Dart adalah bahasa pemrograman yang telah dikembangkan oleh Google sejak tahun 2007 di bawah kepemimpinan Lars Bak dan Kasper Lund. Dart merupakan bahasa pemrograman yang berorientasi objek (OOP) dengan syntax yang mirip dengan C++, Java dan Javascript. Bahasa ini dirancang untuk mengoptimalkan sisi klien. Selain untuk pengembangan aplikasi seluler, Dart juga dapat digunakan untuk membuat berbagai jenis aplikasi, termasuk aplikasi web, layanan mikro, desktop, dan aplikasi lain yang menggunakan teknologi Internet of Things(IoT)

2.1.5.10 Flutter

Menurut Kamilla, A. C., Priyani, N., Pranatawijaya, V. H., & Sari, N. N. K [KAM24] Flutter adalah kerangka kerja open-source yang dikembangkan oleh Google untuk membangun antarmuka pengguna (UI) aplikasi secara cepat dan konsisten di berbagai platform, termasuk Android, IOS, dan web. Dengan menggunakan bahasa pemrograman Dart, Flutter memungkinkan pengembang untuk membuat aplikasi dengan antarmuka yang kaya dan responsif, serta performa yang tinggi. Flutter juga menyediakan berbagai komponen dan widgetyang dapat digunakan untuk mempercepat proses pengembangan aplikasi, sehingga memberikan pengalaman pengembangan yang efisien dan memudahkan pengembang untuk menciptakan aplikasi mobile yang berkualitas tinggi

2.1.5.11 Firebase

Firebase adalah layanan yang disediakan oleh Google untuk membantu pengembang aplikasi dalam proses pembuatan aplikasi secara lebih praktis dan aman, terutama pada aplikasi berbasis mobile. Dalam penelitian ini, Firebase dimanfaatkan untuk mengirim dan menerima data secara langsung serta menyediakan fitur notifikasi yang mudah diakses oleh pengguna.[DIN21]

2.1.5.12 Realtime

Real-time dalam konteks IoT melibatkan serangkaian proses mulai dari pengumpulan data dari sensor dan perangkat terhubung, pengiriman data secara cepat dan efisien ke platform pengolahan, penyimpanan data yang aman dan skalabel, hingga analisis data secara instan untuk mendukung pengambilan keputusan yang tepat waktu. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa aplikasi IoT dapat merespons data secara langsung dan memberikan layanan yang optimal kepada pengguna akhir. [ZAH24]

2.2 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang menjadi inspirasi tugas akhir atau penelitian yang mirip atau sama dengan topik tugas akhir adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Peneliti Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Peneliti	Alasan digunakan
1	Tio Muhamad Nur (2023).	Prototipe Solar Tracker Dual Axis Dengan Sistem Monitoring Iot Berbasis Cloud	Digunakan karena memiliki konsep yang sama yaitu menerapkan konsep Internet of Things.
2	Muhammad Mikail Zeiyan (2025).	Pengembangan Dan Implementasi Sistem Pemantauan Aktivitas Produksi Weaving Berbasis Cyber-Physical System / Iot	Digunakan karena memiliki konsep yang sama yaitu menerapkan konsep Internet of Things.
3	Nurul Fauziah (2022).	Integrasi Payment Gateway Untuk Donasi Menggunakan Framework Flutter (Studi Kasus Donasi HMTIF UNPAS)	Digunakan karena memiliki konsep yang sama yaitu pembangunan aplikasi mobile.
4	Bambang Supriyanta, Mangaras Yanu Florestiyanto, Indah Widowati (2022)	BUDIDAYA MELON HIDROPONIK DENGAN SMART FARMING	Digunakan karena memiliki konsep yang sama yaitu membahas tentang sistem hidroponik
5	Imelda Zahra Tungga Dewi, Muhamad Faqih Ulinuha, Wahyu Ajis Mustofa, Ade Kurniawan, Frida Agung Rakhmad (2021)	Smart Farming: Sistem Tanaman Hidroponik Terintegrasi IoT MQTT Panel Berbasis Android	Digunakan karena membahas konsep hidroponik dan juga penggunaan Internet Of Things

BAB 3

SKEMA PENELITIAN

Bab ini berisi tentang penyusunan metodologi tugas akhir, kerangka pemikiran, profil tempat penelitian, analisis persoalan, analisis hasil rekomendasi.

3.1 Alur Penyelesaian Tugas Akhir

Alur penelitian adalah kerangka kerja yang menjelaskan tahapan dan langkah-langkah dalam penyelesaian tugas akhir. Dalam tugas akhir ini, alur penelitian dibagi menjadi tiga komponen utama, yaitu:

1. Tahap, yang menggambarkan gambaran umum mengenai apa yang akan dikerjakan dalam tugas akhir.
2. Langkah, yang merinci hal-hal spesifik yang akan dikerjakan sesuai dengan metode yang digunakan.
3. Literatur atau referensi, yang berisi sumber-sumber pengetahuan yang digunakan sebagai dasar dalam menyelesaikan tugas akhir.

Berikut merupakan kerangka penyelesaian tugas akhir pada penelitian ini:

Tabel 3.1 Alur Penyelesaian Tugas Akhir

Tahap	Langkah	Literatur
Tahap 1: Identifikasi Masalah Hasil: Teridentifikasinya permasalahan pada sistem hidroponik. Kontribusi: Digunakan sebagai dasar dalam menentukan solusi penelitian.	<pre> graph TD A[Identifikasi Masalah] --> B[Studi Literatur] </pre>	1.Sistem Hidroponik [SIR21],[SYI22] 2.Internet Of Things [SUS22]
Tahap 2: Studi Literatur dan Pengumpulan data Hasil: Didapatkan teori dan referensi yang relevan dengan penelitian. Kontribusi: Digunakan sebagai acuan dalam analisis dan perancangan sistem.	<pre> graph TD A[Studi Literatur] --> B[Observasi] B --> C[Wawancara] C --> D[1] </pre>	1.Internet Of Things [SUS22] 2. Waterfall [MUR22], [SUS25] 3.Sistem Hidroponik [SIR21],[SYI22] 4.Mikrokontroller [RAH21], [HAR25] 5.Sensor dan Aktuator [MUH23], [MAH25], [BAN24], [SUR23], [TAM24], [SUS25] 6.Perangkat Mobile [PUR23] 7.Aplikasi Mobile [KAM24] 8.Dart [KAM24] 9.Flutter [KAM24] 10.Firebase [DIN21] 11.Realtime [ZAH24]

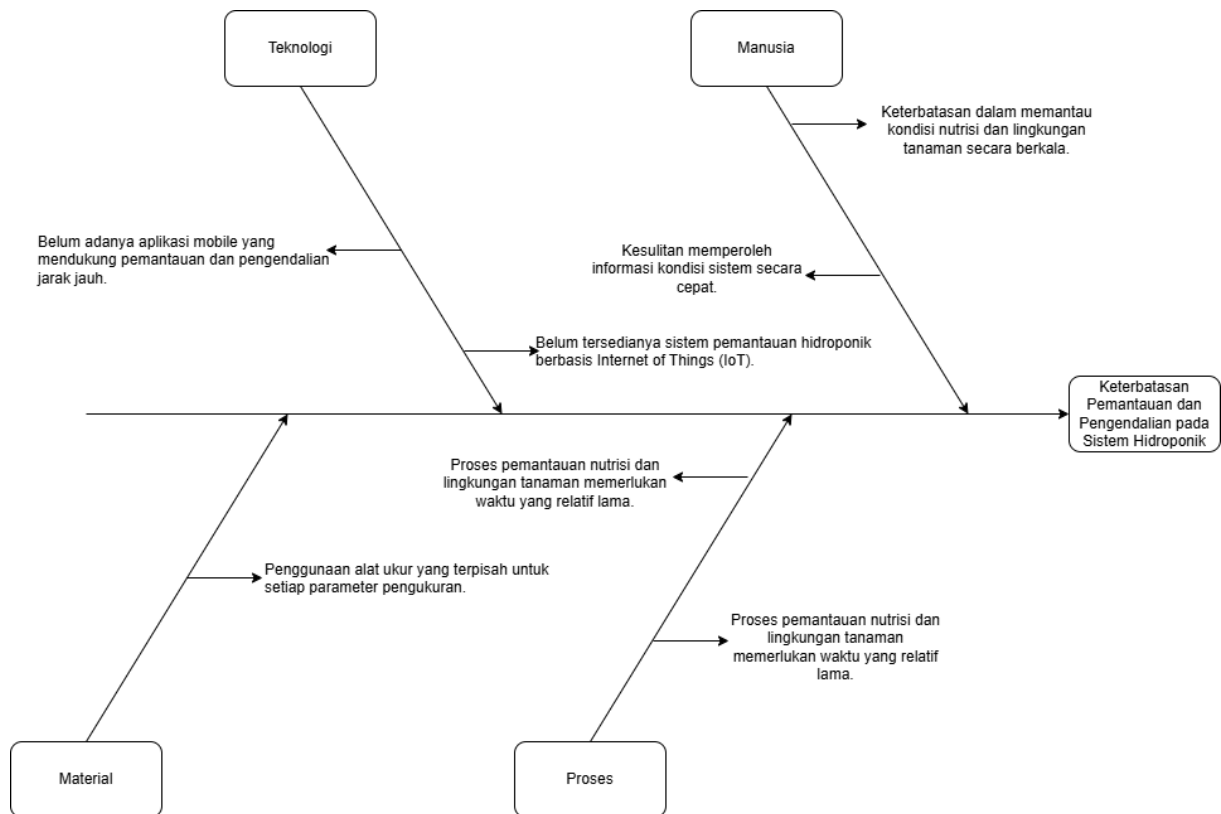
Tahap	Langkah	Literatur
Tahap 3: Analisis Kebutuhan Sistem Hasil: Spesifikasi Kebutuhan Sistem Kontribusi: Digunakan sebagai dasar dalam proses perancangan sistem	<pre> graph TD 1{{1}} --> A[Melakukan analisis kebutuhan sistem] A --> B[Membuat Gambaran umum rancangan sistem berdasarkan kebutuhan] B --> C[] style C fill:none,stroke:none </pre>	1. Mikrokontroler [RAH21], [HAR25] 2. Sensor dan Aktuator [MUH23], [MAH25], [BAN24], [SUR23], [TAM24], [SUS25] 3. Perangkat Mobile [PUR23]
Tahap 4: Perancangan, Implementasi dan Pengujian Sistem Hasil: Terbentuknya sistem smart hidroponik berbasis IoT serta diketahui performa sistem berdasarkan hasil pengujian sistem Kontribusi: Digunakan untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai dengan fungsi yang diharapkan	<pre> graph TD C[] --> D[Perancangan Sistem] D --> E[Implementasi Sistem] E --> F[Pengujian Sistem] F --> G[] style G fill:none,stroke:none </pre>	1. Internet Of Things [SUS22] 2. Sistem Hidroponik [SIR21],[SYI22] 3. Firebase [DIN21] 4. Perangkat Mobile [PUR23] 5. Aplikasi Mobile [KAM24] 6. Sensor dan Aktuator [MUH23], [MAH25], [BAN24], [SUR23], [TAM24], [SUS25]
Tahap 5: Kesimpulan dan Saran Hasil: Kesimpulan dan Saran penelitian.	<pre> graph TD G[] --> H[Kesimpulan dan Saran] </pre>	

3.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah bertujuan untuk mengetahui suatu permasalahan pada penelitian tugas akhir. Analisis permasalahan dilakukan dengan menggunakan diagram sebab akibat atau biasa disebut dengan metode *Fishbone Diagram*.

3.2.1 Analisis Sebab Akibat

Analisis sebab akibat adalah metode untuk mengidentifikasi hubungan antara suatu masalah (akibat) dengan faktor-faktor yang menyebabkannya. Tujuan utama dari analisis ini adalah menemukan akar permasalahan sehingga dapat dicari solusi yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan yang ada dalam penelitian ini. Metode analisis dalam penelitian ini adalah menggunakan *fishbone* diagram. Berikut adalah analisis permasalahan sistem dengan menggunakan *fishbone* diagram:



Gambar 3.1 Analisis Sebab Akibat Fishbone Diagram

Berdasarkan *fishbone diagram* diatas, dapat dilihat bahwa terdapat kendala yang dirasakan dalam pelaksanaan ujian yang dilakukan secara konvensional, yaitu:

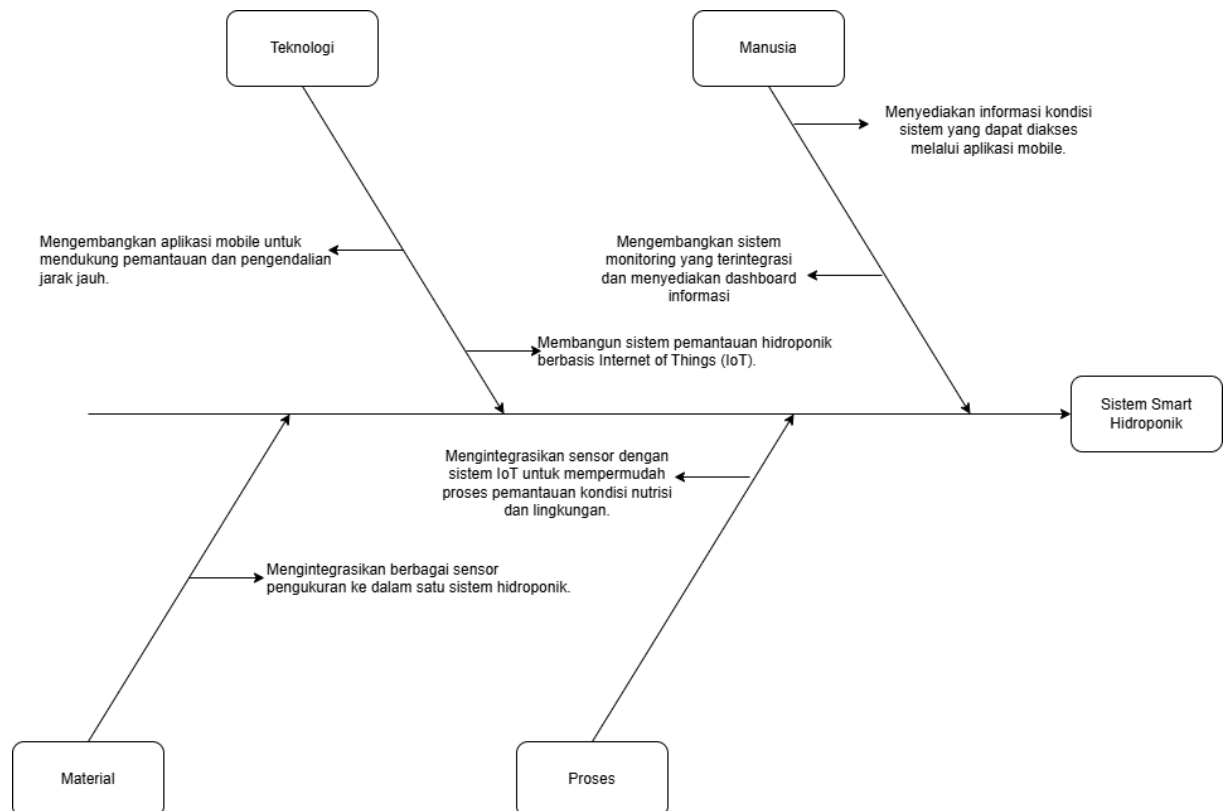
Tabel 3.2 Tabel Sebab Akibat

Komponen Utama	Detail Komponen	Penjelasan
Manusia	1. Keterbatasan dalam memantau kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman secara berkala 2. Kesulitan memperoleh informasi kondisi sistem secara cepat.	1. Pengguna tidak selalu dapat melakukan pemantauan secara rutin karena keterbatasan waktu dan aktivitas lainnya. 2. Informasi kondisi tanaman dan nutrisi tidak dapat diperoleh secara langsung sehingga berpotensi menimbulkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan.

Komponen Utama	Detail Komponen	Penjelasan
Proses	1. Proses pemantauan nutrisi dan lingkungan tanaman memerlukan waktu yang relatif lama.	1. Pengukuran setiap parameter harus dilakukan secara terpisah sehingga membutuhkan waktu lebih banyak.
Material	1. Penggunaan alat ukur yang terpisah untuk setiap parameter pengukuran.	1. Setiap parameter memerlukan perangkat yang berbeda sehingga meningkatkan kompleksitas proses pemantauan.
Teknologi	1. Belum tersedianya sistem pemantauan hidroponik berbasis Internet of Things (IoT). 2. Belum adanya aplikasi mobile yang mendukung pemantauan dan pengendalian jarak jauh.	1. Data kondisi hidroponik belum dapat dikumpulkan dan dikirim secara terpusat melalui jaringan internet. 2. Pengguna tidak dapat memantau maupun mengendalikan sistem hidroponik melalui perangkat mobile dari lokasi yang berbeda.

3.2.2 Solusi Masalah

Solusi masalah berfungsi untuk merepresentasikan solusi yang tepat dalam mengatasi suatu permasalahan agar mencapai tujuan yang diinginkan.



Gambar 3.2 Solusi Masalah Fishbone Diagram

Gambar diatas menunjukkan *alternative* solusi untuk permasalahan yang ada dengan merancang sistem aplikasi ujian daring berbasis web, yang akan dijelaskan pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Tabel Solusi Masalah

Komponen Utama	Detail Komponen	Penjelasan
Manusia	1. Mengembangkan sistem monitoring yang terintegrasi dan menyediakan dashboard informasi 2. Menyediakan informasi kondisi sistem yang dapat diakses melalui aplikasi mobile.	1. Sistem monitoring yang terintegrasi memungkinkan seluruh informasi mengenai kondisi sistem dikumpulkan dan ditampilkan dalam satu dashboard 2. Memudahkan pengguna memperoleh informasi kondisi sistem melalui smartphone.
Proses	1. Mengintegrasikan sensor dengan sistem pemantauan untuk mempermudah proses pemantauan kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman.	1. Data hasil pengukuran dapat dipantau melalui satu sistem yang terintegrasi.
Material	1. Mengintegrasikan berbagai sensor pengukuran ke dalam satu sistem hidroponik.	1. Memungkinkan beberapa parameter dipantau dalam satu perangkat.
Teknologi	1. Membangun sistem pemantauan hidroponik berbasis Internet of Things (IoT). 2. Mengembangkan aplikasi mobile untuk mendukung pemantauan dan pengendalian jarak jauh.	1. Memungkinkan data hasil pengukuran dikirim dan diakses melalui internet. 2. Memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem melalui aplikasi mobile.

3.3 Gambaran Produk Tugas Akhir

Produk yang dihasilkan pada penelitian ini berupa sistem smart hidroponik berbasis Internet of Things yang dapat melakukan monitoring dan kontrol nutrisi tanaman melalui aplikasi mobile secara realtime.

Sistem ini menggunakan sensor TDS untuk membaca kadar nutrisi pada air hidroponik. Data hasil pembacaan sensor akan dikirimkan melalui jaringan internet menggunakan mikrokontroler ESP32 menuju aplikasi mobile sehingga pengguna dapat melakukan monitoring dan kontrol dari jarak jauh.

Fitur utama sistem meliputi:

1. Monitoring kadar nutrisi tanaman
2. Monitoring realtime suhu dan udara melalui aplikasi mobile
3. Kontrol pompa nutrisi
4. Sistem berbasis Internet of Things

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan informasi yang relevan, diperlukan teknik pengumpulan data baik dari segi teori maupun informasi yang diperoleh dari organisasi yang menjadi objek penelitian, yang nantinya akan digunakan untuk mendukung analisis. Teknik pengumpulan data yang digunakan penulis yaitu:

1. Studi Literatur

Melakukan studi literatur dari beberapa referensi baik dari buku maupun jurnal sebagai bahan materi yang digunakan untuk memahami teori-teori yang dibahas pada pengerjaan tugas akhir.

2. Observasi

Melakukan observasi secara langsung terhadap sistem yang sedang berjalan secara relevan di tempat penelitian yang sudah ditentukan.

3. Wawancara

Penulis melakukan wawancara untuk mengumpulkan informasi dengan mengajukan beberapa pertanyaan secara lisan. Hasil dari wawancara akan dijadikan acuan dalam merancang smart hidroponik dan aplikasi monitoring.

3.5 Lokasi dan Objek Penelitian

Tugas akhir ini tidak terlepas dari sebuah organisasi atau instansi yang merupakan subjek penelitian untuk menyelesaikan tugas akhir. Profil tempat penelitiannya adalah sebagai berikut:

Nama Organisasi : TumbuhIn

Lokasi : Jl Cilame Desa Gandasoli Kabupaten Kuningan Jawa Barat



Gambar 3.3 Logo TumbuhIn

Tumbuh.in merupakan usaha yang bergerak di bidang budidaya tanaman hidroponik yang didirikan pada tahun 2025. Usaha ini berfokus pada kegiatan produksi tanaman hidroponik dengan memanfaatkan metode budidaya tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam. Dalam proses budidayanya, Tumbuh.in menerapkan sistem hidroponik yang mengandalkan larutan nutrisi untuk

memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman sehingga pertumbuhan tanaman dapat berlangsung dengan baik.

Sejak berdiri, Tumbuh.in menjalankan berbagai kegiatan budidaya mulai dari penyemaian benih, pemindahan bibit, pemeliharaan tanaman, hingga proses panen. Kegiatan pemeliharaan meliputi pemantauan kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman untuk memastikan tanaman dapat tumbuh secara optimal. Dengan menerapkan sistem hidroponik, Tumbuh.in berupaya menghasilkan tanaman yang berkualitas serta menjaga keberlangsungan proses budidaya agar dapat berjalan secara efektif dan terkontrol.

Dalam penelitian ini, Tumbuh.in dipilih sebagai lokasi penelitian karena memiliki aktivitas budidaya hidroponik yang memerlukan pemantauan kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman secara berkala. Kondisi tersebut sesuai dengan kebutuhan penelitian yang berfokus pada pengembangan sistem pemantauan nutrisi dan lingkungan tanaman hidroponik berbasis Internet of Things (IoT). Dengan adanya penelitian ini, diharapkan proses pemantauan kondisi tanaman di Tumbuh.in dapat dilakukan dengan lebih mudah dan mendukung kegiatan budidaya yang berlangsung.

Visi : Menjadi usaha hidroponik yang menghasilkan tanaman berkualitas melalui pengelolaan budidaya yang baik dan berkelanjutan.

Misi :

1. Menghasilkan tanaman hidroponik yang sehat dan berkualitas.
2. Menjaga kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman agar tetap optimal.
3. Meningkatkan efektivitas proses budidaya hidroponik.
4. Memberikan hasil panen yang memenuhi kebutuhan konsumen.

BAB 4

ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian sistem smart hidroponik berbasis Internet of Things (IoT). Tahapan ini dilakukan untuk menghasilkan sistem yang mampu melakukan monitoring dan kontrol nutrisi tanaman melalui aplikasi mobile sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan.

4.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem merupakan tahap awal yang dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan dalam pembangunan sistem smart hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT). Tahap ini bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada proses monitoring kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman hidroponik, sehingga sistem yang dibangun dapat memberikan solusi yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Analisis kebutuhan menjadi bagian penting dalam penelitian karena berfungsi sebagai dasar dalam menentukan fitur, fungsi, dan komponen yang akan digunakan pada sistem.

Proses analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dengan pihak pengelola hidroponik sebagai objek penelitian untuk memperoleh informasi mengenai kondisi sistem yang sedang berjalan, kendala yang dihadapi, serta kebutuhan yang diharapkan dalam proses monitoring dan pengelolaan nutrisi tanaman. Berdasarkan hasil wawancara tersebut, diperoleh gambaran mengenai kebutuhan sistem yang kemudian dikelompokkan menjadi kebutuhan fungsional dan kebutuhan non-fungsional. Kebutuhan fungsional berkaitan dengan fitur dan proses yang harus dijalankan oleh sistem, sedangkan kebutuhan non-fungsional berkaitan dengan perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung jalannya sistem.

4.1.1 Hasil Wawancara

Untuk mengetahui kebutuhan sistem yang akan dibangun, dilakukan wawancara dengan pihak pengelola usaha hidroponik Tumbuh.in. Wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai proses pemantauan kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman yang sedang berjalan, kendala yang dihadapi, serta kebutuhan yang diperlukan dalam pengembangan sistem smart hidroponik berbasis Internet of Things (IoT).

Tabel 4.1 Hasil Wawancara

No	Pertanyaan	Jawaban Narasumber
1	Bagaimana proses pemantauan kondisi nutrisi dan lingkungan pada sistem hidroponik yang saat ini diterapkan?	Pemantauan dilakukan dengan melakukan pengecekan langsung pada instalasi hidroponik untuk melihat kondisi nutrisi dan tanaman.
2	Parameter apa saja yang biasanya diperhatikan untuk mengetahui kondisi nutrisi dan lingkungan hidroponik?	Parameter yang diperhatikan meliputi kadar nutrisi larutan dan suhu air
3	Seberapa sering melakukan pengecekan kondisi nutrisi dan lingkungan hidroponik?	Pengecekan dilakukan beberapa kali dalam sehari, terutama untuk memastikan kondisi tanaman masih tetap baik.
4	Apa saja kendala yang dihadapi dalam proses pemantauan yang saat ini diterapkan?	Pemantauan membutuhkan waktu karena harus dilakukan secara langsung dan pengecekan nutrisi dan tanaman tidak bisa dilakukan jika saya sedang liburan
5	Apakah pernah terjadi permasalahan akibat keterlambatan mengetahui perubahan kondisi nutrisi atau lingkungan?	Pernah, terutama ketika perubahan kondisi nutrisi terlambat, sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman.
6	Bagaimana mengetahui apabila terjadi perubahan kondisi nutrisi atau lingkungan?	Perubahan kondisi biasanya diketahui setelah dilakukan pengecekan langsung pada sistem hidroponik.
7	Apakah akan terbantu jika tersedia aplikasi mobile untuk monitoring?	Sangat membantu apalagi jika kondisi sistem dapat dipantau dari jarak jauh tanpa harus datang langsung ke lokasi.
8	Fitur apa saja yang diharapkan tersedia pada aplikasi monitoring?	Fitur monitoring data nutrisi dan suhu air, dan sangat membantu jika ada suhu lingkungan, dan kontrol nutrisi.
9	Bagaimana pendapat Bapak/Ibu mengenai sistem yang dapat melakukan pengaturan pemberian nutrisi secara otomatis berdasarkan kondisi nutrisi yang telah ditentukan?	Sistem seperti itu akan sangat membantu karena saya dapat mengontrol kondisi nutrisi di tandon, jadi saya bisa tahu ketika air nutrisi berkurang
10	Apakah sistem monitoring dan pengelolaan nutrisi melalui aplikasi mobile akan bermanfaat?	Ya, karena dapat mempermudah proses pemantauan dan membantu pengelolaan sistem hidroponik menjadi lebih efisien.

4.1.2 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional merupakan kebutuhan yang menjelaskan fungsi-fungsi yang harus dimiliki oleh sistem smart hidroponik. Adapun kebutuhan fungsional sistem yang diusulkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Tabel Kebutuhan Fungsional

No	Kebutuhan Fungsional
KF-01	Sistem dapat membaca nilai nutrisi tanaman menggunakan sensor TDS.
KF-02	Sistem dapat membaca suhu dan kelembapan udara menggunakan sensor DHT22.
KF-03	Sistem dapat membaca suhu air menggunakan sensor DS18B20.
KF-04	Sistem dapat menampilkan data hasil pembacaan sensor pada perangkat monitoring lokal.
KF-05	Sistem dapat mengirim data sensor ke Firebase melalui jaringan internet.
KF-06	Aplikasi mobile dapat menampilkan data sensor yang diterima dari Firebase.
KF-07	Aplikasi mobile dapat menampilkan kondisi suhu air, suhu udara, kelembapan udara dan kondisi nutrisi secara realtime.
KF-08	Pengguna dapat mengontrol pompa air melalui aplikasi mobile.
KF-09	Pengguna dapat mengontrol pompa nutrisi melalui aplikasi mobile.
KF-10	Sistem dapat menerima dan menjalankan perintah kontrol dari aplikasi mobile.

4.1.3 Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional merupakan kebutuhan yang mendukung jalannya sistem baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak.

4.1.3.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Tabel 4.3 Kebutuhan Perangkat Keras

No	Perangkat Keras	Fungsi
1	ESP32	Mikrokontroller utama system
2	Sensor TDS	Mengukur kadar nutrisi larutan
3	Sensor DHT22	Mengukur suhu dan kelembapan
4	Sensor DS18B20	Mengukur suhu air
5	Relay 2 Channel	Mengendalikan pompa air dan pompa nutrisi
6	Pompa Air Submersible	Sirkulasi air hidroponik
7	Pompa Nutrisi	Penambahan nutrisi
8	LCD 16x2 I2C	Menampilkan data sensor
9	Smartphone Android	Menjalankan aplikasi monitoring
10	Kabel Jumper	Menghubungkan sensor-sensor dengan ESP32
11	Power Supply 12v	Mengalirkan arus Listrik ke komponen

4.1.3.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Tabel 4.4 Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Perangkat Lunak	Fungsi
1	Arduino IDE	Pemrograman ESP32
2	Flutter	Pengembangan Aplikasi Mobile
3	Firebase Realtime Database	Penyimpanan dan sinkronisasi data
4	Android Studio	Pemrograman aplikasi monitoring
5	Sistem Operasi Windows 11	Lingkungan pengembangan sistem

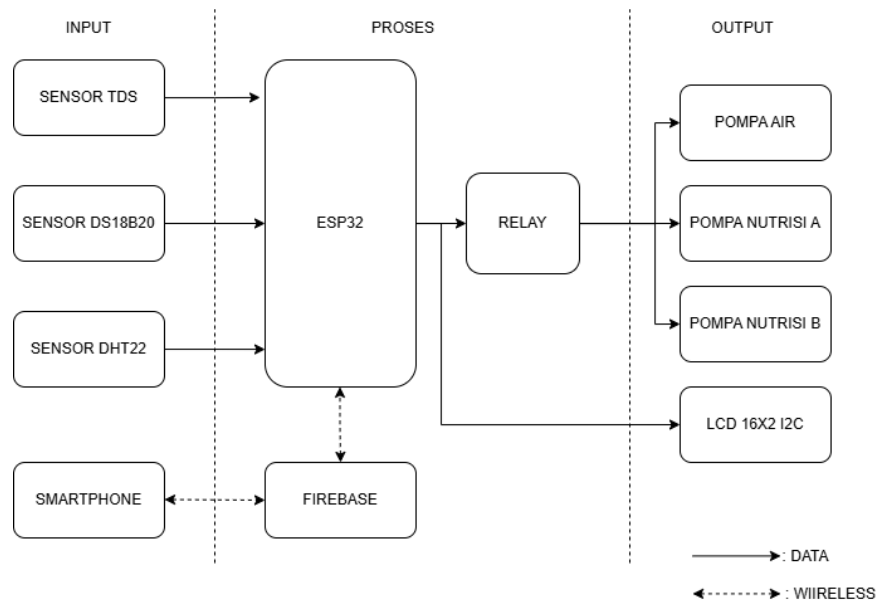
4.2 Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum sistem menjelaskan cara kerja sistem smart hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) yang dibangun dalam penelitian ini. Sistem dirancang untuk melakukan monitoring kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman serta memberikan fasilitas kontrol pompa melalui aplikasi mobile. Sistem terdiri dari sensor DHT22, sensor DS18B20, sensor TDS, mikrokontroler ESP32, Firebase, relay, pompa air, pompa nutrisi, dan aplikasi mobile berbasis Flutter.

Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air, sedangkan sensor TDS digunakan untuk mengukur kadar nutrisi pada larutan hidroponik. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 dan dikirimkan ke Firebase melalui jaringan internet. Selanjutnya data tersebut ditampilkan pada aplikasi mobile sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem secara realtime.

Selain fungsi monitoring, sistem juga menyediakan fitur kontrol pompa air dan pompa nutrisi melalui aplikasi mobile. Perintah yang diberikan pengguna akan dikirimkan ke Firebase dan diteruskan ke ESP32 untuk mengendalikan relay yang terhubung dengan pompa. Dengan demikian, proses monitoring dan kontrol dapat dilakukan secara terintegrasi melalui satu sistem yang dapat diakses dari jarak jauh.

4.2.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem menunjukkan hubungan antar komponen yang digunakan pada sistem smart hidroponik berbasis Internet of Things (IoT). Sistem terdiri dari komponen input, proses, dan output yang saling terhubung untuk mendukung proses monitoring dan kontrol pada sistem hidroponik.

Pada bagian input terdapat sensor TDS, sensor DS18B20, dan sensor DHT22 yang terhubung dengan ESP32. Sensor TDS berfungsi untuk mengukur kadar nutrisi larutan hidroponik, sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air, sedangkan sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di sekitar tanaman.

ESP32 berperan sebagai pusat pengendali sistem yang menerima data dari seluruh sensor. ESP32 juga terhubung dengan Firebase melalui jaringan internet untuk mendukung pertukaran data dengan aplikasi mobile yang dijalankan pada smartphone pengguna.

Pada bagian output, ESP32 terhubung dengan modul relay yang digunakan untuk mengendalikan pompa air, pompa nutrisi A, dan pompa nutrisi B. Selain itu, ESP32 juga terhubung dengan LCD 16x2 I2C yang berfungsi untuk menampilkan informasi kondisi sistem secara langsung.

Hubungan antar komponen tersebut membentuk suatu sistem yang terintegrasi sehingga proses monitoring kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman serta kontrol pompa dapat dilakukan melalui aplikasi mobile maupun perangkat yang terhubung pada sistem.

4.2.2 Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem smart hidroponik dimulai ketika sensor TDS, sensor DS18B20, dan sensor DHT22 melakukan pembacaan kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman. Data hasil pembacaan sensor kemudian dikirimkan ke ESP32 untuk diproses.

ESP32 menerima data dari seluruh sensor dan menampilkan informasi tersebut pada LCD 16x2 I2C. Selanjutnya data sensor dikirimkan ke Firebase melalui jaringan internet sehingga dapat diakses oleh aplikasi mobile.

Pengguna dapat memantau nilai nutrisi, suhu air, suhu udara, dan kelembapan udara melalui aplikasi mobile yang terhubung dengan Firebase. Ketika pengguna melakukan kontrol terhadap pompa air atau pompa nutrisi melalui aplikasi mobile, perintah tersebut akan dikirimkan ke Firebase.

ESP32 secara berkala membaca data kontrol yang tersimpan pada Firebase. Apabila terdapat perintah untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa, ESP32 akan mengendalikan relay sesuai perintah yang diterima. Relay kemudian akan mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air, pompa nutrisi A, maupun pompa nutrisi B.

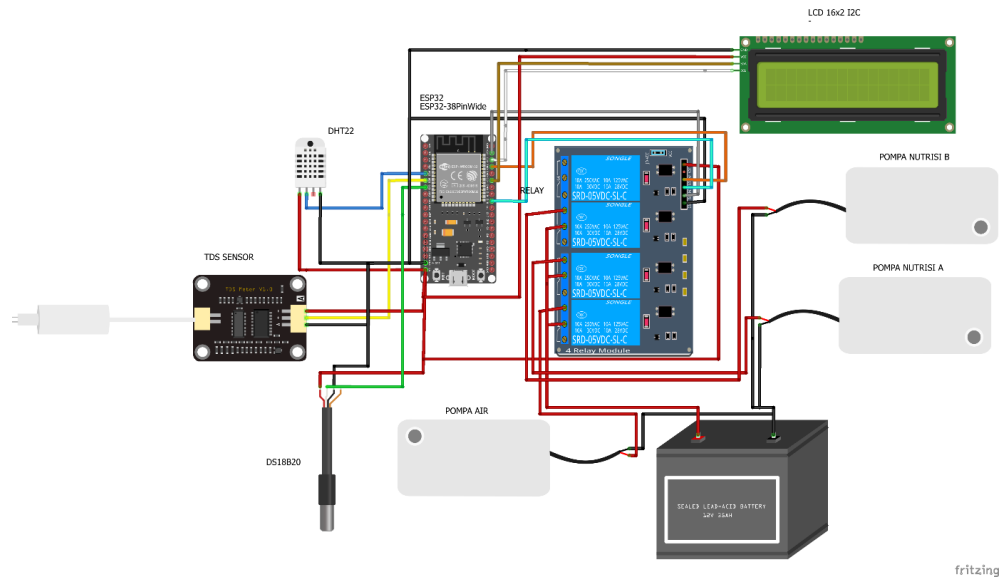
Dengan alur tersebut, sistem dapat melakukan monitoring kondisi hidroponik dan kontrol pompa secara terintegrasi melalui aplikasi mobile.

4.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan rancangan sistem smart hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) yang akan dibangun. Tahap ini meliputi perancangan perangkat keras, konfigurasi komponen, perancangan alur sistem, perancangan basis data, serta perancangan antarmuka aplikasi mobile. Hasil dari perancangan ini akan digunakan sebagai acuan dalam proses implementasi sistem sehingga seluruh komponen dapat terintegrasi dan berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan.

4.3.1 Rancangan Rangkaian Sistem

Perancangan rangkaian sistem menggambarkan hubungan antar komponen perangkat keras yang digunakan pada sistem smart hidroponik. Rangkaian terdiri dari ESP32 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan sensor TDS, sensor DS18B20, sensor DHT22, modul relay, LCD 16x2 I2C, serta pompa air dan pompa nutrisi.



Gambar 4.2 Rancangan Rangkaian Sistem

Berdasarkan Gambar 4.2, rangkaian sistem terdiri dari ESP32 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan sensor TDS, sensor DS18B20, sensor DHT22, LCD 16x2 I2C, dan modul relay. Sensor digunakan untuk memperoleh data kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman, sedangkan relay digunakan untuk mengendalikan pompa air serta pompa nutrisi. Seluruh komponen dirancang agar dapat bekerja secara terintegrasi dalam mendukung proses monitoring dan kontrol pada sistem smart hidroponik berbasis Internet of Things (IoT).

4.3.2 Konfigurasi Pin ESP32

Konfigurasi pin dilakukan untuk menentukan hubungan antara pin pada ESP32 dengan sensor, LCD, dan modul relay yang digunakan pada sistem smart hidroponik. Konfigurasi ini bertujuan agar setiap komponen dapat berkomunikasi dengan ESP32 sesuai fungsi yang telah ditentukan.

Tabel 4.5 Konfigurasi Pin ESP32

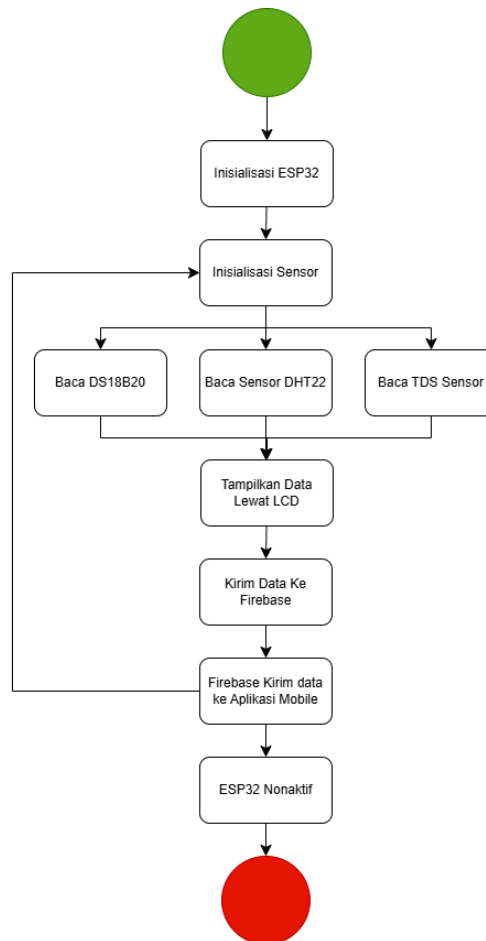
No	Komponen	Pin ESP32
1	Sensor DHT22	GPIO 15
2	Sensor DS18B20	GPIO 4
3	Sensor TDS	GPIO 34
4	Relay Pompa Air	GPIO 25
5	Relay Pompa Nutrisi A dan B	GPIO 26
7	LCD SDA	GPIO 21
8	LCD SCL	GPIO 22

Berdasarkan Tabel 4.5, sensor DHT22, sensor DS18B20, dan sensor TDS terhubung ke pin input ESP32 untuk proses pembacaan data. Modul relay terhubung ke pin output ESP32 untuk mengendalikan pompa air dan pompa nutrisi. Sementara itu, LCD 16x2 I2C menggunakan jalur komunikasi I2C melalui pin SDA dan SCL untuk menampilkan informasi kondisi sistem.

4.3.3 Flowchart Sistem

Perancangan flowchart sistem dilakukan untuk menggambarkan alur proses yang terjadi pada sistem smart hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT). Flowchart digunakan untuk menunjukkan proses kerja setiap bagian sistem mulai dari proses monitoring sensor, pengiriman data ke Firebase, hingga proses pengendalian pompa melalui aplikasi mobile. Untuk memudahkan pemahaman, flowchart sistem dibagi menjadi beberapa bagian sesuai fungsi utama sistem.

4.3.3.1 Flowchart Monitoring Sensor



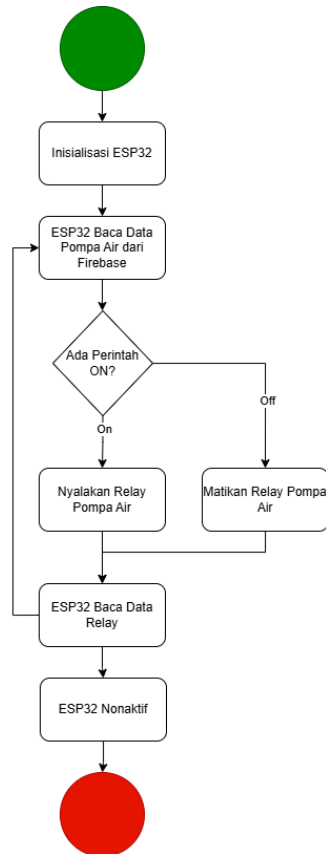
Gambar 4.3 Flowchart Monitoring Sensor

Flowchart monitoring sensor menggambarkan proses pengambilan data kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman hidroponik yang dilakukan secara berkala oleh sistem. Proses diawali ketika ESP32 melakukan inisialisasi seluruh komponen yang digunakan, yaitu sensor TDS, sensor DS18B20, sensor DHT22, LCD 16x2 I2C, serta koneksi internet yang digunakan untuk menghubungkan sistem dengan Firebase. Setelah seluruh komponen berhasil diinisialisasi, sistem akan mulai melakukan pembacaan data dari setiap sensor yang terhubung.

Sensor TDS digunakan untuk membaca nilai konsentrasi nutrisi larutan hidroponik, sensor DS18B20 digunakan untuk membaca suhu air, sedangkan sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu dan kelembapan udara di sekitar tanaman. Data hasil pembacaan sensor kemudian diproses oleh

ESP32 dan ditampilkan pada LCD sebagai media monitoring lokal. Selanjutnya data dikirimkan ke Firebase melalui jaringan internet agar dapat ditampilkan pada aplikasi mobile sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem secara jarak jauh secara *realtime*.

4.3.3.2 Flowchart Kontrol Pompa Air

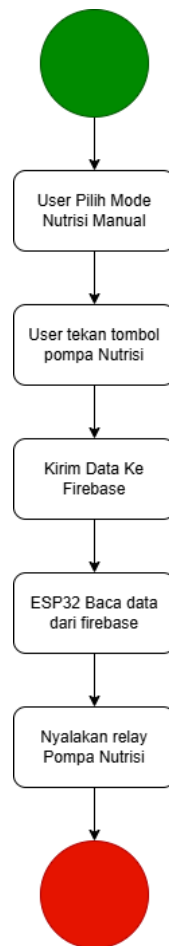


Gambar 4.4 Flowchart Kontrol Pompa Air

Flowchart kontrol pompa air menggambarkan proses pengendalian pompa air yang dilakukan melalui aplikasi mobile. Proses dimulai ketika pengguna mengakses aplikasi mobile dan memberikan perintah untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air melalui tombol kontrol yang tersedia pada dashboard aplikasi. Perintah yang diberikan pengguna kemudian dikirimkan ke Firebase dan disimpan pada node kontrol yang telah ditentukan pada basis data sistem.

ESP32 secara berkala melakukan pengecekan terhadap data kontrol yang tersimpan pada Firebase untuk mengetahui apakah terdapat perubahan status pompa air. Apabila status pompa berada pada kondisi aktif, ESP32 akan memberikan sinyal output ke modul relay sehingga relay akan mengaktifkan pompa air. Sebaliknya, apabila status pompa dalam kondisi nonaktif, ESP32 akan memutus sinyal ke relay sehingga pompa air akan berhenti bekerja. Proses ini berlangsung secara berulang selama sistem tetap berjalan.

4.3.3.3 Flowchart Mode Nutrisi Manual

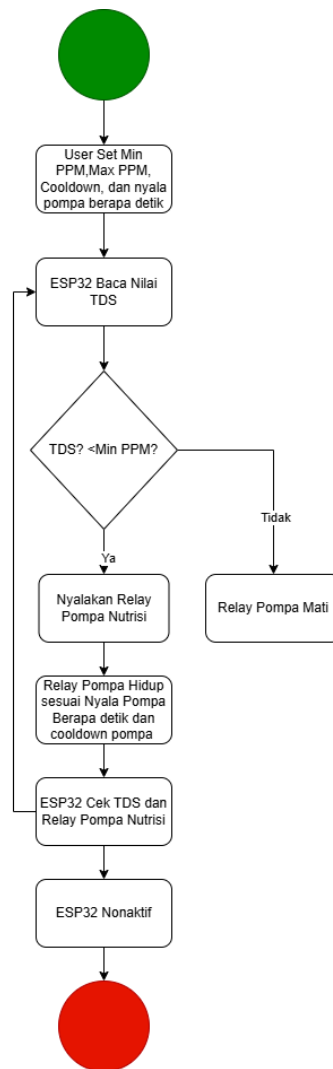


Gambar 4.5 Flowchart Mode Nutrisi Manual

Flowchart mode nutrisi manual menggambarkan proses pengendalian pompa nutrisi yang dilakukan secara langsung oleh pengguna melalui aplikasi mobile. Proses dimulai ketika pengguna memilih mode manual pada aplikasi kemudian memberikan perintah untuk mengaktifkan pompa nutrisi sesuai kebutuhan. Perintah tersebut akan dikirimkan ke Firebase sebagai media pertukaran data antara aplikasi mobile dengan perangkat keras yang digunakan pada sistem.

Setelah data kontrol berhasil dikirimkan, ESP32 akan membaca perubahan data yang tersimpan pada Firebase. Ketika status pompa nutrisi berada dalam kondisi aktif, ESP32 akan memberikan sinyal kepada modul relay untuk menyalakan pompa nutrisi sehingga proses penambahan nutrisi ke dalam tandon hidroponik dapat dilakukan. Apabila pengguna menghentikan proses tersebut melalui aplikasi mobile, status kontrol pada Firebase akan berubah dan ESP32 akan mematikan relay sehingga pompa nutrisi berhenti bekerja sesuai perintah yang diberikan pengguna.

4.3.3.4 Flowchart Mode Nutrisi Otomatis



Gambar 4.6 Flowchart Mode Nutrisi Otomatis

Flowchart mode nutrisi otomatis menggambarkan proses pengendalian pemberian nutrisi secara otomatis berdasarkan parameter yang telah ditentukan oleh pengguna melalui aplikasi mobile. Pada proses ini pengguna terlebih dahulu mengatur nilai minimum PPM, nilai maksimum PPM, durasi aktif pompa nutrisi, serta jeda waktu antar pemberian nutrisi melalui dashboard aplikasi. Parameter tersebut kemudian disimpan pada Firebase dan digunakan oleh ESP32 sebagai acuan dalam menjalankan proses kontrol otomatis pada sistem hidroponik.

ESP32 akan membaca nilai nutrisi larutan hidroponik menggunakan sensor TDS secara berkala kemudian membandingkan nilai tersebut dengan batas minimum yang telah ditentukan. Apabila nilai nutrisi berada di bawah batas minimum, ESP32 akan mengaktifkan relay sehingga pompa nutrisi menyala selama durasi waktu yang telah ditentukan pengguna. Setelah pompa berhenti, sistem akan menunggu sesuai waktu jeda sebelum kembali melakukan pengecekan nilai nutrisi. Proses ini akan berlangsung secara berulang sehingga kadar nutrisi pada larutan hidroponik dapat dipertahankan sesuai parameter yang telah ditentukan secara otomatis tanpa memerlukan pengawasan secara langsung.

4.3.4 Perancangan Basis Data Firebase

Perancangan basis data dilakukan untuk menentukan struktur penyimpanan data yang digunakan pada Firebase Realtime Database. Basis data ini berfungsi sebagai media pertukaran data antara ESP32 dan aplikasi mobile sehingga proses monitoring dan kontrol dapat dilakukan secara terintegrasi. Data hasil pembacaan sensor disimpan pada Firebase dan dapat diakses oleh aplikasi mobile, sedangkan data kontrol dari aplikasi mobile digunakan oleh ESP32 untuk mengendalikan pompa.

Struktur basis data Firebase terdiri dari dua bagian utama, yaitu data sensor dan data kontrol. Data sensor digunakan untuk menyimpan hasil pembacaan sensor TDS, sensor DS18B20, dan sensor DHT22. Sementara itu, data kontrol digunakan untuk menyimpan status pompa yang akan dibaca oleh ESP32 untuk mengendalikan relay dan untuk menyimpan durasi pompa nutrisi nyala dan durasi jeda pompa nutrisi.

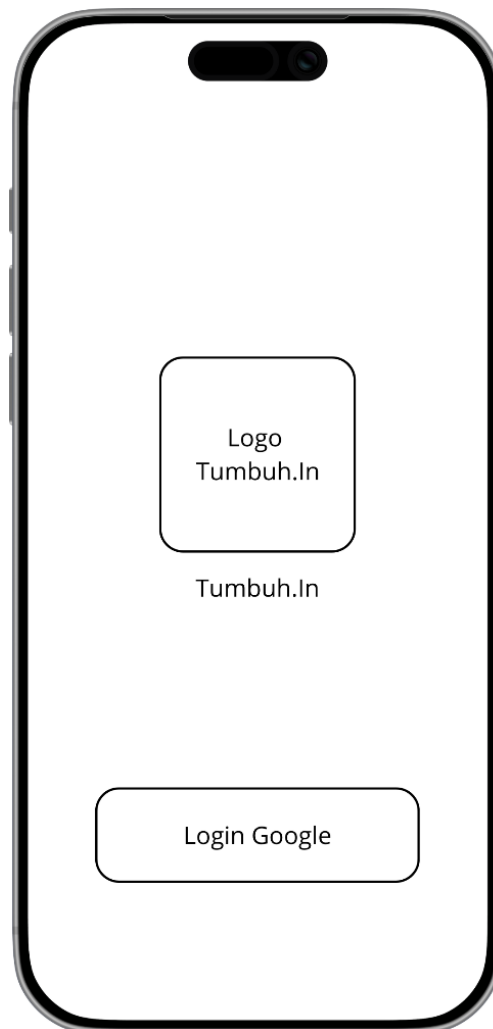
Tabel 4.6 Struktur Data Firebase

Node	Keterangan
hydroponic	Node utama dari seluruh sistem hidroponik.
controls	Group node yang berisi konfigurasi dan status Pompa nutrisi dan pompa air.
controls/nutrient	Menyimpan parameter kontrol nutrisi
controls/nutrient/active	Status aktif/tidaknya otomatisasi pengontrol nutrisi
controls/nutrient/cooldowns_seconds	Jeda waktu tunggu (dalam detik) sebelum sistem membaca sensor kembali setelah pemompaan.
controls/nutrient/max_ppm	Batas maksimal nilai kepekatan nutrisi (PPM) yang diinginkan.
controls/nutrient/min_ppm	Batas minimal nilai kepekatan nutrisi (PPM) untuk memicu pompa nutrisi aktif.
controls/nutrient/mode	Mode pengoperasian sistem nutrisi
controls/nutrient/pump_on_seconds	Durasi lamanya pompa nutrisi menyala dalam satu siklus (dalam detik).
controls/pump	Menyimpan status aktif/mati pompa air utama
sensors	Group node yang menampung seluruh data hasil pembacaan sensor.
sensors/humidity_air	Menyimpan nilai kelembapan udara
sensors/tds	Menyimpan nilai nutrisi/kepekatan larutan hidroponik (dalam satuan PPM).
sensors/temperature_air	Menyimpan nilai suhu udara sekitar.
sensors/temperature_water	Menyimpan nilai suhu air nutrisi.

4.3.5 Perancangan Antarmuka Aplikasi

Perancangan antarmuka aplikasi dilakukan untuk menggambarkan desain tampilan aplikasi mobile yang digunakan dalam sistem smart hidroponik berbasis Internet of Things (IoT). Antarmuka dirancang agar pengguna dapat melakukan autentikasi, memantau kondisi sistem, serta melakukan pengaturan dan pengendalian perangkat secara mudah melalui smartphone.

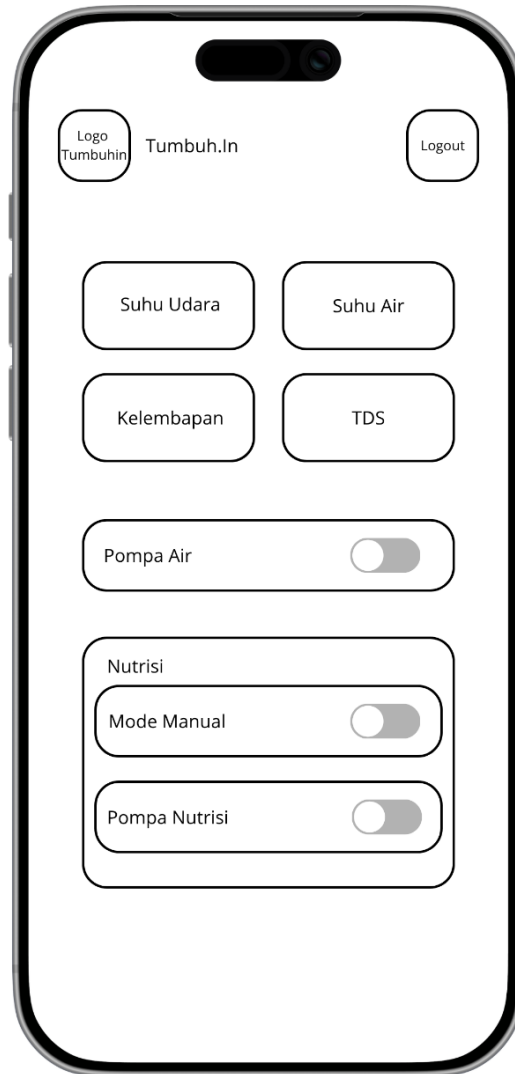
4.3.5.1 Rancangan Halaman Login



Gambar 4.7 Halaman Login

Halaman login merupakan tampilan awal aplikasi yang digunakan untuk proses autentikasi pengguna sebelum masuk ke dalam sistem. Pada penelitian ini proses autentikasi dilakukan menggunakan akun Google sehingga pengguna dapat mengakses aplikasi dengan proses login yang lebih sederhana. Halaman ini berfungsi untuk memastikan bahwa akses terhadap sistem hanya dapat dilakukan oleh pengguna yang telah terdaftar.

4.3.5.2 Rancangan Halaman Dashboard Mode Manual



Gambar 4.8 Halaman Dashboard Mode Manual

Dashboard mode manual merupakan halaman utama aplikasi yang digunakan untuk menampilkan data hasil monitoring sistem serta melakukan pengendalian perangkat secara manual. Pada halaman ini aplikasi menampilkan data sensor berupa nilai TDS, suhu udara, kelembapan udara, dan suhu air yang diperoleh dari sistem hidroponik. Selain itu, pengguna dapat menyalakan atau menonaktifkan pompa air serta mengaktifkan pompa nutrisi secara manual sesuai kebutuhan melalui aplikasi mobile.

4.3.5.3 Rancangan Halaman Dashboard Mode Otomatis



Gambar 4.9 Halaman Dashboard Mode Otomatis

Dashboard mode otomatis merupakan halaman aplikasi yang digunakan untuk melakukan pengaturan sistem pemberian nutrisi secara otomatis. Pada halaman ini pengguna dapat menentukan parameter sistem berupa nilai minimum PPM, nilai maksimum PPM, jeda waktu pompa (*cooldown*), serta durasi aktif pompa nutrisi dalam satuan detik. Sistem akan menggunakan parameter tersebut sebagai acuan dalam proses pengendalian nutrisi secara otomatis. Selain itu, halaman ini juga menampilkan data monitoring sensor berupa nilai TDS, suhu udara, kelembapan udara, dan suhu air, serta menyediakan pengaturan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air.

4.4 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap penerapan dari hasil perancangan yang telah dibuat sebelumnya. Pada tahap ini seluruh komponen perangkat keras, basis data, dan aplikasi mobile direalisasikan menjadi sistem smart hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang digunakan untuk melakukan monitoring kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman serta pengendalian pompa melalui aplikasi mobile.

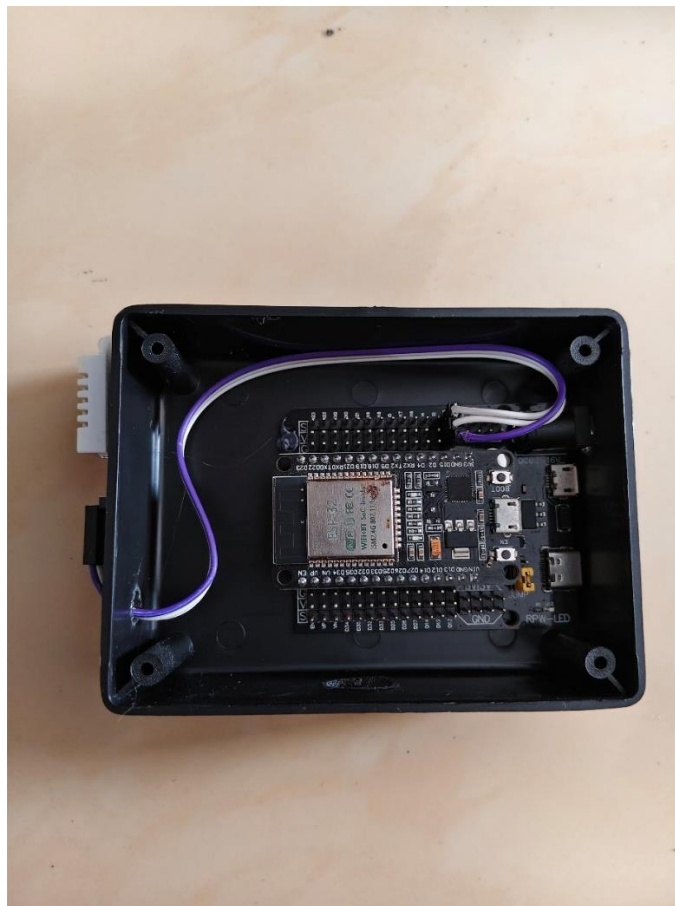
4.4.1 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan seluruh komponen elektronik sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat sebelumnya. Pada tahap ini seluruh komponen seperti sensor, mikrokontroler, modul relay, LCD, dan pompa diintegrasikan menjadi satu sistem yang berfungsi untuk melakukan monitoring kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman serta pengendalian perangkat pada sistem smart hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT).

4.4.1.1 Implementasi ESP32 dengan Sensor DHT22

Implementasi sensor DHT22 dilakukan dengan menghubungkan pin data sensor ke pin GPIO 15 pada ESP32. Sensor DHT22 digunakan untuk membaca dua parameter lingkungan sekaligus, yaitu suhu udara dan kelembapan udara di sekitar area tanaman hidroponik. Pemilihan sensor ini dilakukan karena mampu memberikan pembacaan data suhu dan kelembapan dengan tingkat kestabilan yang cukup baik untuk kebutuhan monitoring lingkungan.

Data hasil pembacaan sensor DHT22 diproses oleh ESP32 sebagai bagian dari sistem monitoring lingkungan. Informasi suhu dan kelembapan udara yang diperoleh kemudian digunakan untuk ditampilkan pada LCD, dikirimkan ke Firebase melalui jaringan internet, serta ditampilkan pada aplikasi mobile sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan tanaman secara *realtime*.

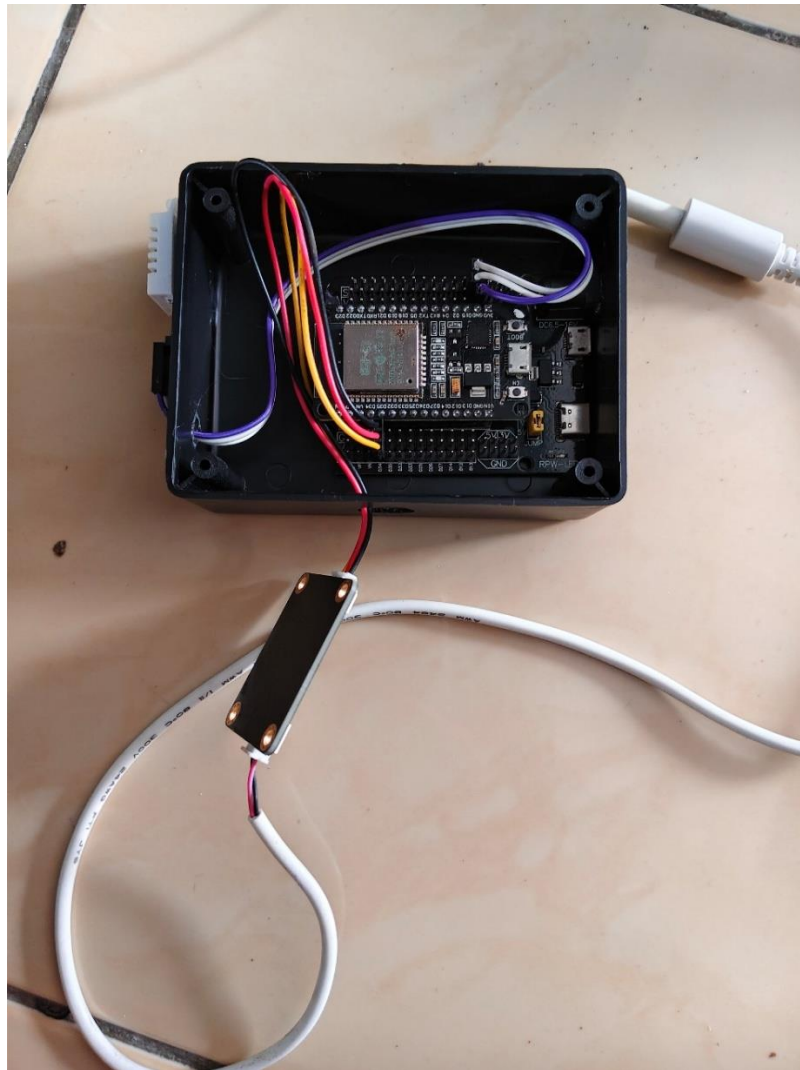


Gambar 4.10 ESP32 Dengan Sensor DHT22

4.4.1.2 Implementasi ESP32 dengan Sensor TDS

Implementasi sensor TDS dilakukan dengan menghubungkan pin output sensor ke pin analog GPIO 34 pada ESP32. Sensor TDS digunakan untuk membaca konsentrasi nutrisi pada larutan hidroponik dalam satuan *parts per million* (PPM). Nilai nutrisi ini menjadi salah satu parameter utama dalam penelitian karena berhubungan langsung dengan ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman.

ESP32 menerima data analog dari sensor TDS kemudian memproses data tersebut menjadi nilai PPM yang dapat dibaca oleh sistem. Data hasil pembacaan digunakan untuk proses monitoring kondisi nutrisi, ditampilkan pada LCD, dikirimkan ke Firebase, serta menjadi acuan dalam proses pengendalian nutrisi baik melalui pengendalian manual maupun pengendalian otomatis berdasarkan parameter yang telah ditentukan pengguna.

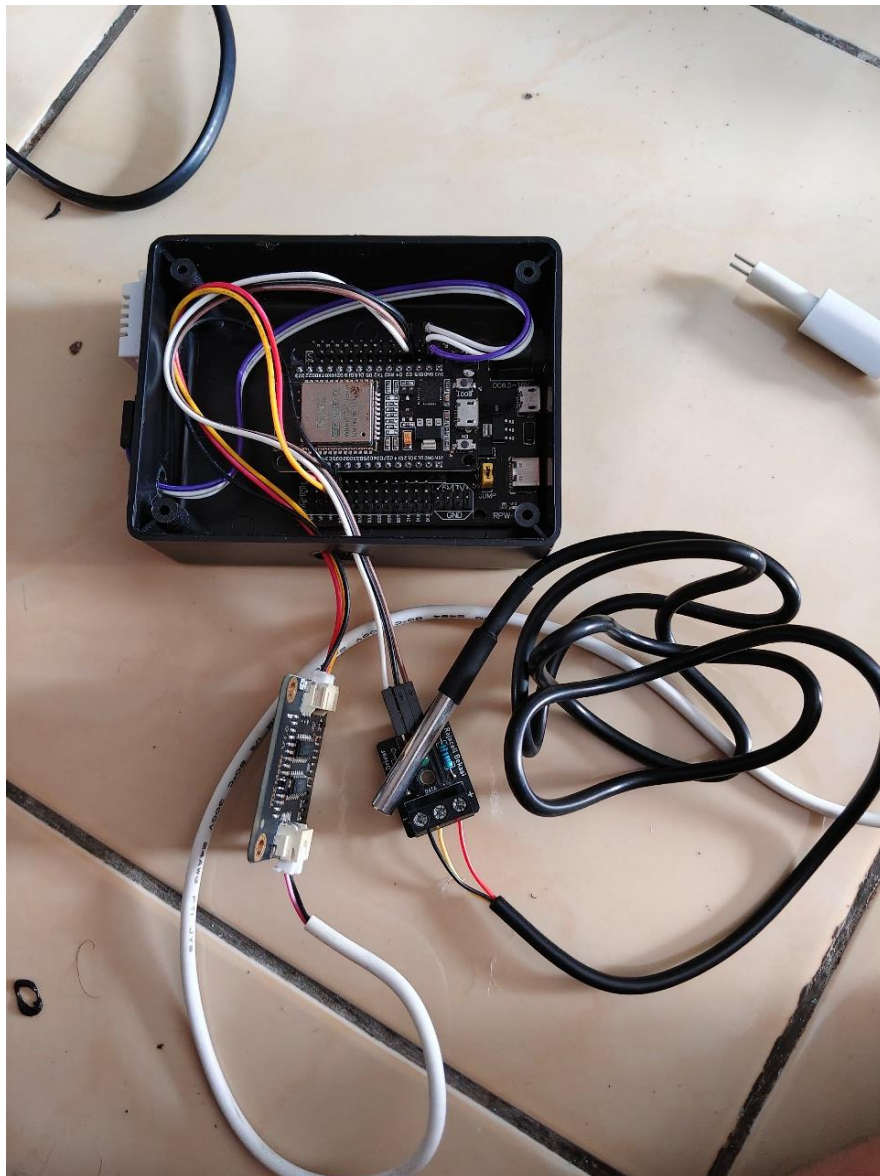


Gambar 4.11 ESP32 Dengan Sensor TDS

4.4.1.3 Implementasi ESP32 dengan Sensor DS18B20

Implementasi sensor DS18B20 dilakukan dengan menghubungkan pin data sensor ke pin GPIO 4 pada ESP32. Sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air pada tandon hidroponik yang berisi larutan nutrisi. Pemantauan suhu air diperlukan karena perubahan temperatur air dapat memengaruhi kondisi larutan nutrisi dan pertumbuhan tanaman pada sistem hidroponik.

Data suhu air yang dibaca sensor DS18B20 diproses oleh ESP32 dan digunakan sebagai salah satu parameter monitoring pada sistem. Nilai suhu air kemudian ditampilkan pada LCD, dikirimkan ke Firebase, dan ditampilkan pada aplikasi mobile sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi air pada sistem hidroponik secara jarak jauh tanpa perlu melakukan pengecekan langsung.

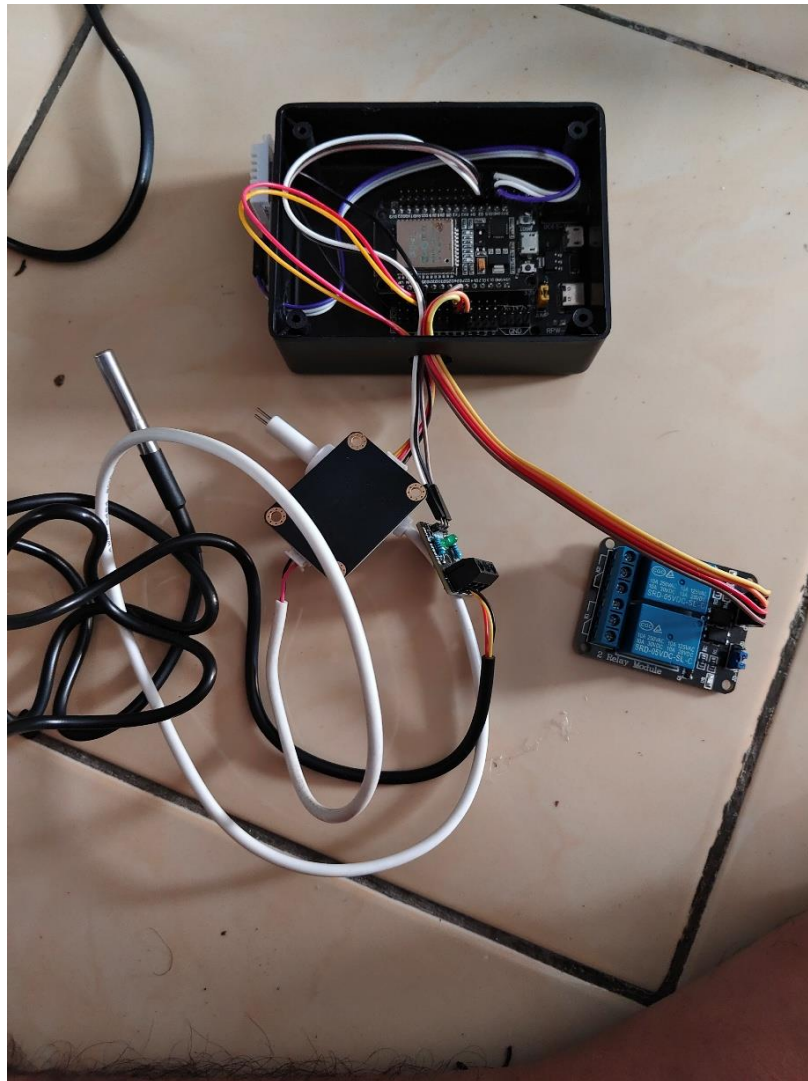


Gambar 4.12 ESP32 Dengan Sensor DS18B20

4.4.1.4 Implementasi ESP32 dengan Modul Relay

Implementasi modul relay dilakukan dengan menghubungkan pin input relay ke pin output digital ESP32. Pada sistem ini relay digunakan sebagai komponen aktuator yang berfungsi untuk menerima sinyal kontrol dari ESP32 dan meneruskan perintah untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat elektronik yang terhubung. Relay digunakan karena ESP32 tidak dapat memberikan daya secara langsung untuk mengoperasikan pompa.

Pada penelitian ini digunakan dua jalur relay yang terhubung dengan ESP32, yaitu GPIO 25 yang digunakan untuk pengendalian pompa air dan GPIO 26 yang digunakan untuk pengendalian pompa nutrisi. Status relay akan berubah berdasarkan logika program yang dijalankan oleh ESP32 maupun perintah kontrol yang diberikan pengguna melalui aplikasi mobile sehingga sistem dapat melakukan pengendalian perangkat secara otomatis maupun melalui kontrol pengguna.

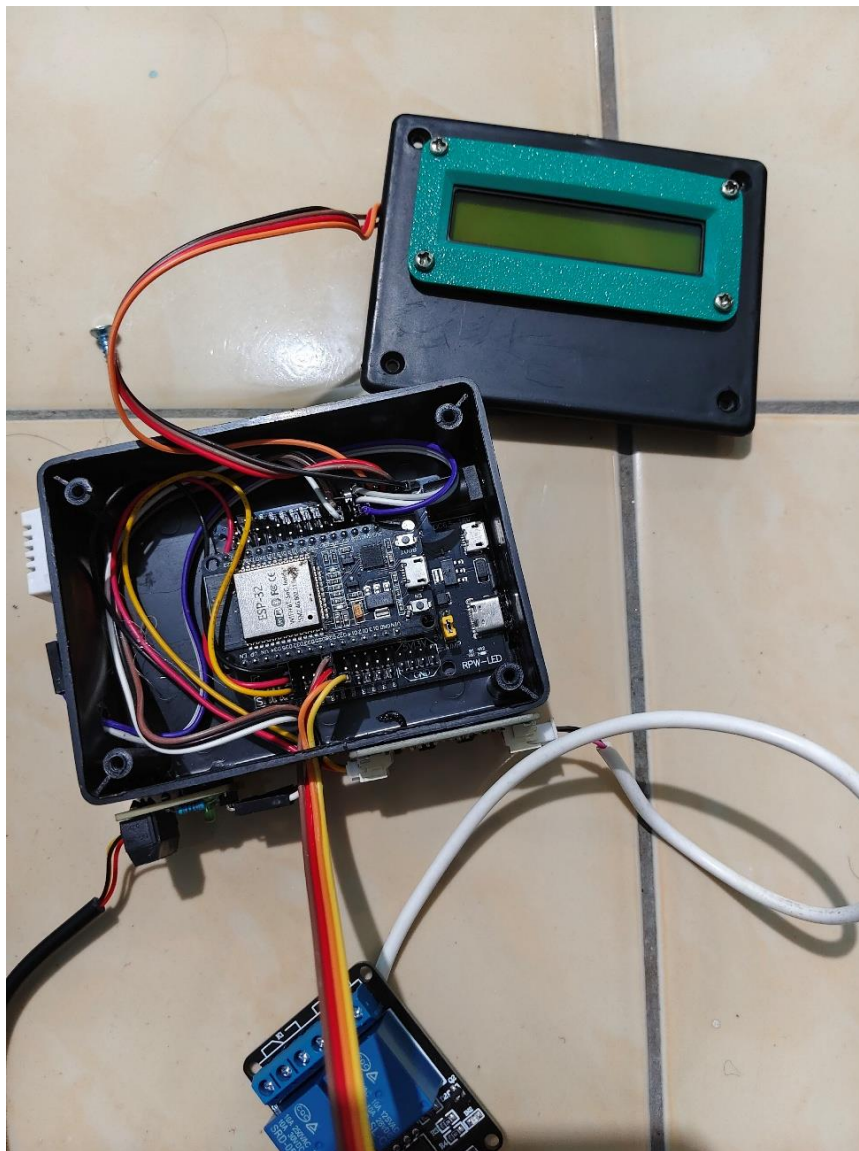


Gambar 4.13 ESP32 Dengan Modul Relay

4.4.1.5 Implementasi ESP32 dengan LCD 16x2 I2C

Implementasi LCD 16x2 I2C dilakukan dengan menghubungkan modul LCD pada port I2C bawaan yang tersedia pada *extension board* ESP32. Penggunaan LCD bertujuan untuk menyediakan media monitoring lokal sehingga pengguna tetap dapat melihat kondisi sistem secara langsung pada perangkat tanpa harus membuka aplikasi mobile.

LCD digunakan untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor yang diproses oleh ESP32. Informasi yang ditampilkan meliputi nilai nutrisi larutan hidroponik, suhu air, suhu udara, dan kelembapan udara. Dengan adanya LCD, sistem dapat memberikan informasi kondisi hidroponik secara langsung sebagai pendukung proses monitoring pada perangkat utama.



Gambar 4.14 ESP32 Dengan LCD 16x2 I2C

4.4.1.6 Implementasi Relay dengan Pompa Air dan Pompa Nutrisi

Implementasi pompa dilakukan dengan menghubungkan pompa air dan pompa nutrisi sebagai perangkat output utama yang dikendalikan melalui modul relay. Pada sistem ini pompa air digunakan untuk mendukung proses sirkulasi air pada instalasi hidroponik, sedangkan pompa nutrisi digunakan untuk menambahkan larutan nutrisi ke dalam tandon ketika sistem melakukan proses pengendalian nutrisi. Relay berfungsi sebagai penghubung antara ESP32 dengan perangkat pompa sehingga proses pengaktifan dan penonaktifan pompa dapat dilakukan secara elektronik melalui sistem.

Pada implementasi pompa nutrisi, digunakan dua pompa yaitu pompa nutrisi A dan pompa nutrisi B yang terhubung melalui terminal sehingga kedua pompa berada pada satu jalur listrik yang sama. Dengan konfigurasi tersebut, kedua pompa nutrisi dapat bekerja secara bersamaan menggunakan satu jalur kontrol relay tanpa memerlukan relay terpisah untuk masing-masing pompa. Sementara itu, pompa air menggunakan jalur relay tersendiri yang dikendalikan secara independen. Konfigurasi ini memungkinkan sistem melakukan pengendalian pompa air dan pompa nutrisi secara terpisah sesuai kebutuhan pengoperasian sistem hidroponik.

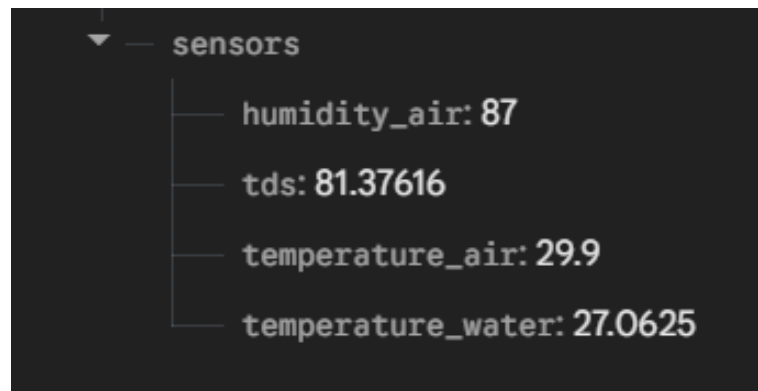


Gambar 4.15 Modul Relay dengan Pompa Air dan Nutrisi

4.4.2 Implementasi Basis Data Firebase

Implementasi basis data pada sistem smart hidroponik dilakukan menggunakan Firebase Realtime Database yang berfungsi sebagai media penyimpanan dan pertukaran data antara perangkat ESP32 dengan aplikasi mobile. Firebase digunakan untuk menyimpan data hasil pembacaan sensor, data kontrol pompa, serta parameter pengendalian nutrisi yang digunakan dalam sistem. Data yang tersimpan pada Firebase diperbarui secara berkala oleh ESP32 maupun aplikasi mobile melalui jaringan internet sehingga memungkinkan proses monitoring kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman serta pengendalian perangkat dapat dilakukan secara terintegrasi dan diakses secara jarak jauh.

4.4.2.1 Implementasi Data Sensor

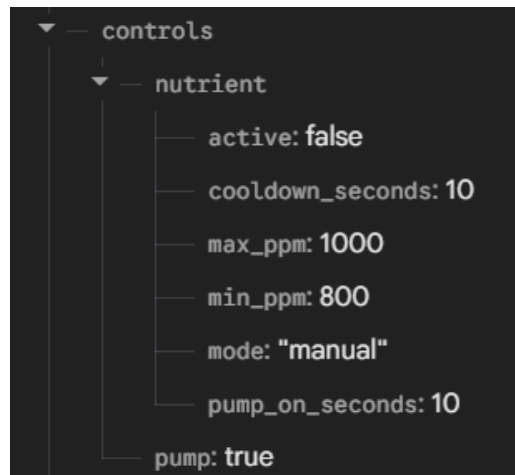


Gambar 4.16 Struktur Data Sensor Firebase

Implementasi data sensor pada Firebase digunakan untuk menyimpan seluruh data hasil pembacaan sensor yang diperoleh dari ESP32. Data yang disimpan meliputi nilai nutrisi larutan hidroponik dari sensor TDS, suhu air dari sensor DS18B20, serta suhu dan kelembapan udara dari sensor DHT22. Data tersebut dikirimkan secara berkala oleh ESP32 melalui jaringan internet.

Data sensor yang telah tersimpan pada Firebase kemudian digunakan sebagai sumber data utama pada aplikasi mobile. Informasi tersebut ditampilkan pada dashboard aplikasi sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem hidroponik secara *realtime* tanpa perlu melakukan pengecekan secara langsung pada instalasi hidroponik.

4.4.2.2 Implementasi Data Kontrol



Gambar 4.17 Struktur Data Kontrol Firebase

Implementasi data kontrol sistem pada Firebase digunakan untuk menyimpan seluruh data yang berkaitan dengan proses pengendalian perangkat pada sistem smart hidroponik. Data kontrol terdiri dari status pompa air yang digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air, serta data kontrol nutrisi yang digunakan untuk mengatur proses pengendalian pompa nutrisi pada sistem.

Selain data kontrol pompa, pada bagian ini juga terdapat beberapa parameter pengendalian nutrisi seperti mode pengendalian, nilai minimum nutrisi, nilai maksimum nutrisi, durasi aktif pompa, jeda waktu antar pemberian nutrisi, serta status pompa nutrisi. Data tersebut dapat diubah melalui aplikasi mobile kemudian dibaca oleh ESP32 sebagai acuan untuk menjalankan proses pengendalian perangkat sesuai logika sistem yang telah dirancang.

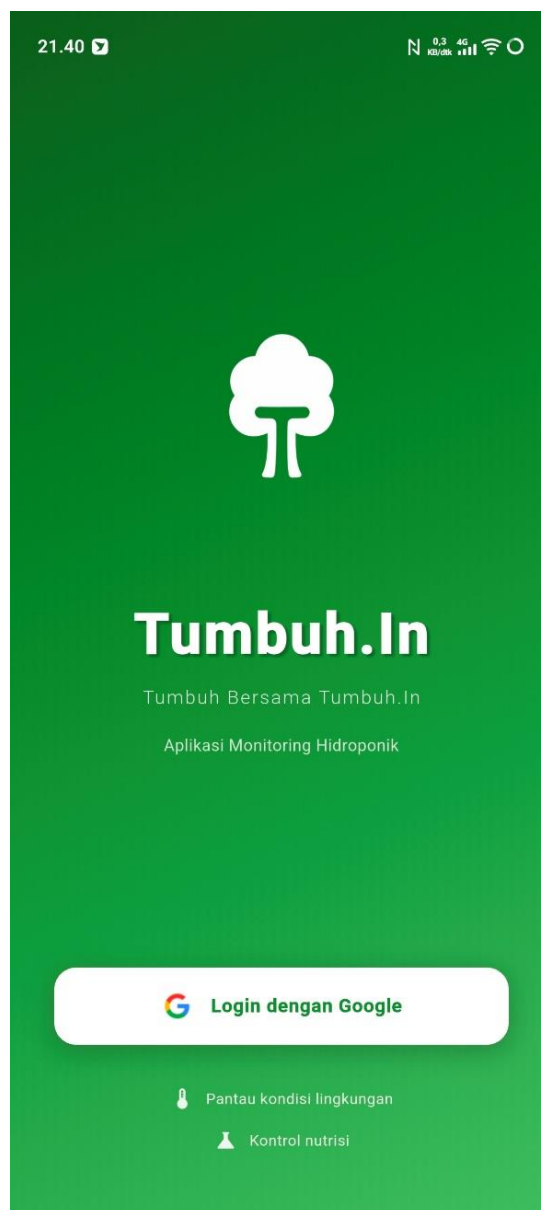
4.4.3 Implementasi Aplikasi Mobile

Implementasi aplikasi mobile dilakukan sebagai media antarmuka antara pengguna dengan sistem smart hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT). Aplikasi mobile dikembangkan menggunakan framework Flutter dan berfungsi untuk menampilkan data hasil monitoring kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman serta memberikan akses kepada pengguna untuk melakukan pengendalian perangkat pada sistem. Aplikasi terhubung dengan Firebase sehingga proses pertukaran data antara aplikasi dan perangkat ESP32 dapat dilakukan secara *realtime* melalui jaringan internet.

4.4.3.1 Implementasi Halaman Login

Implementasi halaman login merupakan tahap awal yang digunakan untuk memberikan akses pengguna ke dalam aplikasi mobile. Pada penelitian ini proses autentikasi dilakukan menggunakan layanan Google sehingga pengguna dapat melakukan login menggunakan akun Google yang dimiliki tanpa perlu membuat akun secara manual di dalam aplikasi.

Setelah proses autentikasi berhasil dilakukan, pengguna akan diarahkan menuju halaman dashboard utama aplikasi. Penggunaan login dengan akun Google bertujuan untuk mempermudah proses akses aplikasi sekaligus memastikan bahwa hanya pengguna yang memiliki akses yang dapat menggunakan sistem monitoring dan pengendalian smart hidroponik yang telah dibangun.

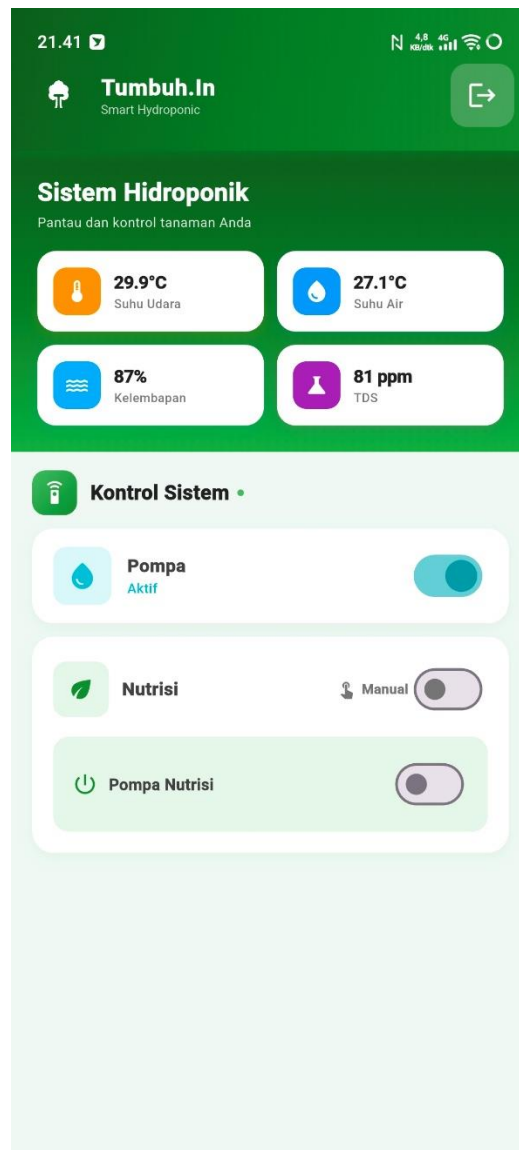


Gambar 4.18 Halaman Login

4.4.3.2 Implementasi Dashboard Nutrisi Mode Manual

Implementasi dashboard mode manual digunakan sebagai halaman aplikasi yang memungkinkan pengguna melakukan monitoring sistem sekaligus melakukan pengendalian perangkat secara langsung sesuai kebutuhan. Pada halaman ini pengguna dapat melihat data sensor yang diperoleh dari sistem meliputi nilai nutrisi larutan hidroponik, suhu air, suhu udara, dan kelembapan udara yang dikirimkan oleh ESP32 melalui Firebase.

Selain fungsi monitoring, pada dashboard mode manual tersedia fitur kontrol yang memungkinkan pengguna untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air serta menjalankan pompa nutrisi secara manual melalui aplikasi mobile. Setiap perintah yang diberikan pengguna akan dikirimkan ke Firebase kemudian dibaca oleh ESP32 untuk mengendalikan relay sehingga perangkat dapat bekerja sesuai perintah yang diberikan.

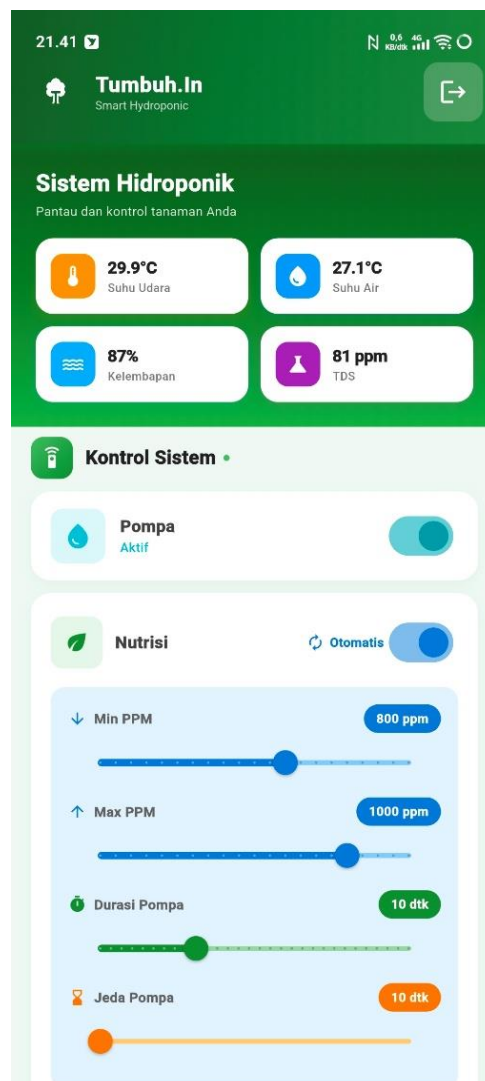


Gambar 4.19 Halaman Dashboard Nutrisi Mode Manual

4.4.3.3 Implementasi Dashboard Nutrisi Mode Otomatis

Implementasi dashboard mode otomatis digunakan sebagai halaman aplikasi yang berfungsi untuk melakukan monitoring sistem sekaligus pengaturan parameter pengendalian nutrisi otomatis. Pada halaman ini pengguna dapat memantau data hasil pembacaan sensor seperti nilai nutrisi larutan hidroponik, suhu air, suhu udara, dan kelembapan udara secara *realtime* melalui Firebase.

Selain menampilkan data monitoring, dashboard mode otomatis menyediakan beberapa parameter pengaturan yang digunakan dalam proses pengendalian nutrisi otomatis. Parameter tersebut meliputi nilai minimum PPM, nilai maksimum PPM, durasi aktif pompa nutrisi serta jeda waktu antar pemberian nutrisi. Data pengaturan yang dimasukkan pengguna akan disimpan pada Firebase dan digunakan oleh ESP32 sebagai acuan dalam menjalankan proses pengendalian nutrisi secara otomatis. Pada halaman ini pengguna juga tetap dapat melakukan kontrol pompa air secara langsung melalui aplikasi mobile.



Gambar 4.20 Halaman Dashboard Nutrisi Mode Otomatis

4.5 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem smart hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dibangun dapat berjalan sesuai dengan rancangan dan fungsi yang telah ditentukan sebelumnya. Proses pengujian dilakukan pada setiap bagian sistem mulai dari perangkat keras, komunikasi data, aplikasi mobile, hingga pengujian logika pengendalian nutrisi. Pengujian bertujuan untuk memastikan seluruh komponen sistem dapat bekerja secara terintegrasi sehingga sistem mampu menjalankan fungsi monitoring dan pengendalian dengan baik.

4.5.1 Rencana Pengujian

Rencana pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem *smart hidroponik* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dibangun dapat bekerja sesuai dengan fungsi dan tujuan penelitian. Pengujian dilakukan terhadap seluruh komponen sistem mulai dari perangkat keras, komunikasi data, aplikasi mobile, hingga proses pengendalian nutrisi. Tahap pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah seluruh komponen yang telah diintegrasikan mampu bekerja dengan baik sebagai satu kesatuan sistem.

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan menggunakan beberapa pendekatan sesuai dengan bagian sistem yang diuji. Pengujian fungsional digunakan untuk memastikan perangkat keras seperti sensor, relay, LCD, dan pompa dapat bekerja sesuai fungsi yang telah dirancang. Selain itu, pengujian integrasi dilakukan untuk memastikan proses komunikasi data antara ESP32, Firebase Realtime Database, dan aplikasi mobile dapat berjalan dengan baik melalui jaringan internet. Khusus pada aplikasi mobile, pengujian dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* untuk menguji fitur aplikasi berdasarkan input dan output yang dihasilkan.

Secara umum, proses pengujian pada penelitian ini meliputi pengujian perangkat keras dan sensor, pengujian integrasi data dengan Firebase, pengujian fungsionalitas aplikasi mobile, serta pengujian mode pengendalian nutrisi baik pada mode manual maupun mode otomatis. Melalui pengujian tersebut diharapkan seluruh bagian sistem dapat dievaluasi sehingga kinerja sistem yang dibangun dapat diketahui secara menyeluruh.

4.5.2 Pengujian Perangkat Keras dan Sensor

Pengujian perangkat keras dan sensor dilakukan untuk memastikan seluruh komponen utama pada sistem smart hidroponik dapat bekerja sesuai fungsi yang telah dirancang. Pengujian dilakukan terhadap sensor yang digunakan sebagai perangkat input, modul relay sebagai perangkat pengendali output, serta LCD sebagai media monitoring lokal. Proses pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah setiap komponen mampu menjalankan fungsi pembacaan data maupun pengendalian perangkat dengan baik sebelum sistem dijalankan secara terintegrasi.

4.5.2.1 Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 dilakukan untuk memastikan sensor mampu membaca kondisi suhu udara dan kelembapan udara di sekitar sistem hidroponik dengan baik. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sensor DHT22 ke ESP32 kemudian mengamati hasil pembacaan data yang ditampilkan pada LCD 16x2 I2C sebagai media monitoring lokal. Pada sistem yang dibangun, hasil pembacaan sensor ditampilkan pada LCD dengan format A (*Air*) yang menunjukkan nilai suhu udara dan H (*Humidity*) yang menunjukkan nilai kelembapan udara. Berdasarkan hasil pengujian, sensor DHT22 berhasil membaca kedua parameter tersebut dan menampilkannya pada LCD sesuai kondisi lingkungan sekitar, sehingga sensor dapat bekerja sesuai fungsi yang telah dirancang pada sistem smart hidroponik.



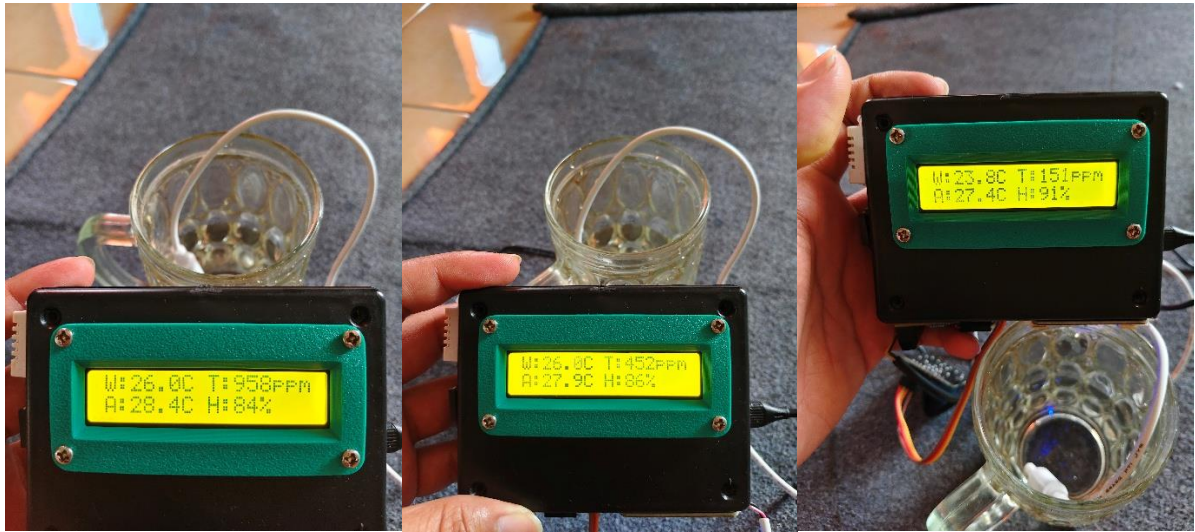
Gambar 4.21 Hasil Pembacaan Sensor DHT22

Tabel 4.7 Pengujian Sensor DHT22

Parameter	Tampilan LCD	Hasil Pembacaan	Status
Suhu Udara	A	27.1 C	Berhasil
Kelembapan Udara	H	86%	Berhasil

4.5.2.2 Pengujian Sensor TDS

Pengujian sensor TDS dilakukan untuk memastikan sensor mampu membaca kadar nutrisi larutan hidroponik dalam satuan *parts per million* (PPM) dengan baik. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor TDS pada sistem dengan alat ukur TDS meter sebagai pembanding. Pengujian dilakukan pada tiga sampel larutan nutrisi yang berbeda untuk mengetahui konsistensi hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur yang umum digunakan dalam pengukuran nutrisi hidroponik. Pada sistem yang dibangun, nilai hasil pembacaan sensor ditampilkan pada LCD sebagai media monitoring lokal sekaligus dikirimkan ke sistem untuk proses monitoring kondisi nutrisi.



Gambar 4.22 Pengujian Sensor TDS di Ketiga Larutan



Gambar 4.23 Pengujian Pembanding TDS di Ketiga Larutan

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Sensor TDS

No	Sampel Larutan	Sensor TDS Sistem(ppm)	TDS Meter Pembanding(ppm)	Selisih(ppm)
1	Larutan 1	151	148	3
2	Larutan 2	452	455	3
3	Larutan 3	958	946	12

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada tiga sampel larutan nutrisi, sensor TDS pada sistem berhasil membaca kadar nutrisi dengan hasil yang mendekati nilai pengukuran pada TDS meter sebagai alat pembanding. Perbedaan hasil pengukuran yang diperoleh pada masing-masing sampel menunjukkan selisih yang relatif kecil sehingga sensor TDS dinilai mampu bekerja dengan baik dalam membaca kadar nutrisi larutan hidroponik. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa sensor TDS yang digunakan dapat mendukung proses monitoring nutrisi pada sistem smart hidroponik sesuai fungsi yang telah dirancang.

4.5.2.3 Pengujian Sensor DS18B20

Pengujian sensor DS18B20 dilakukan untuk memastikan sensor mampu membaca suhu air pada sistem hidroponik dengan baik. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sensor DS18B20 pada larutan nutrisi kemudian mengamati hasil pembacaan suhu air yang dihasilkan oleh sistem. Sensor DS18B20 berfungsi untuk memantau kondisi suhu air pada tandon nutrisi sebagai salah satu parameter penting dalam proses monitoring lingkungan pada sistem smart hidroponik yang dibangun.

Pada sistem yang dirancang, hasil pembacaan sensor DS18B20 ditampilkan pada LCD 16x2 I2C dengan format W (*Water*) yang menunjukkan nilai suhu air. Tampilan tersebut memudahkan pengguna untuk mengetahui kondisi suhu air secara langsung melalui perangkat tanpa harus membuka aplikasi mobile. Berdasarkan hasil pengujian, sensor berhasil membaca suhu air dan menampilkan data pada LCD sesuai kondisi aktual sehingga sensor dapat bekerja sesuai fungsi yang telah dirancang.



Gambar 4.24 Pengujian Sensor DS18B20

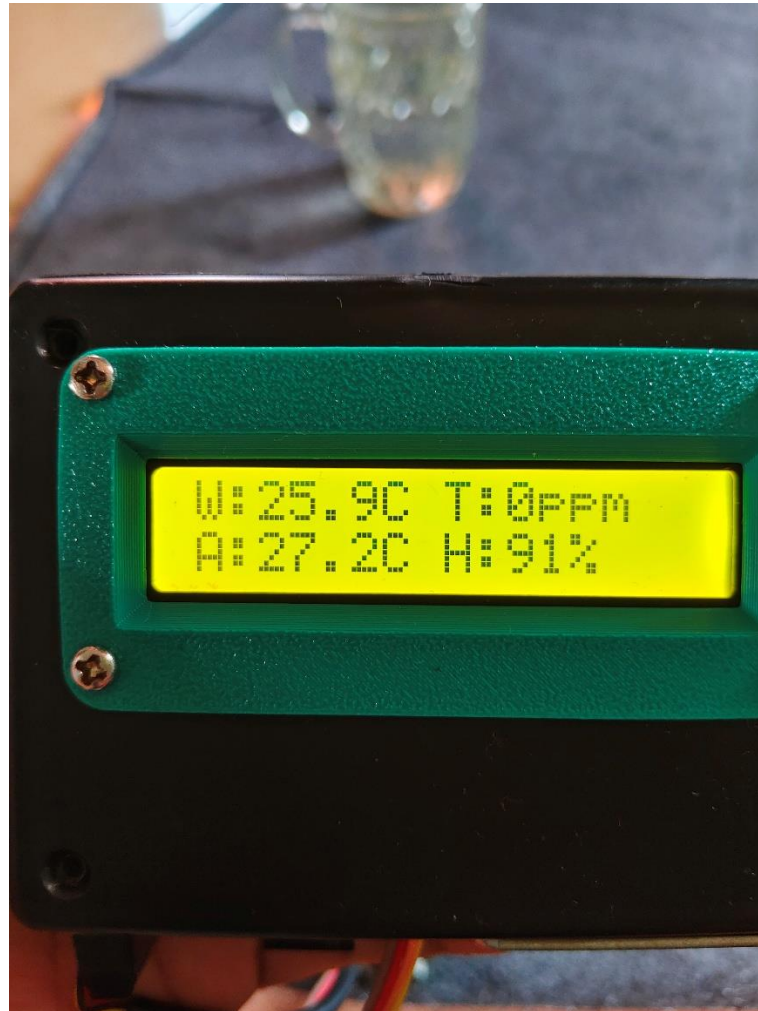
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Sensor DS18B20

Parameter	Tampilan LCD	Hasil Pembacaan	Status
Suhu Air	W	23.8 C	Berhasil

4.5.2.4 Pengujian LCD 16x2 I2C

Pengujian LCD 16x2 I2C dilakukan untuk memastikan perangkat LCD mampu menampilkan data hasil pembacaan sensor yang diproses oleh ESP32 dengan baik. LCD pada sistem smart hidroponik berfungsi sebagai media monitoring lokal yang digunakan untuk menampilkan informasi kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman secara langsung tanpa harus mengakses aplikasi mobile. Pengujian dilakukan dengan mengamati apakah data hasil pembacaan sensor dapat ditampilkan pada LCD sesuai dengan data yang diterima oleh sistem.

Pada sistem yang dibangun, LCD menampilkan beberapa parameter monitoring yaitu A (*Air*) yang menunjukkan suhu udara, H (*Humidity*) yang menunjukkan kelembapan udara, W (*Water*) yang menunjukkan suhu air, serta nilai TDS yang menunjukkan kadar nutrisi larutan hidroponik. Berdasarkan hasil pengujian, LCD berhasil menampilkan seluruh informasi sensor dengan baik sesuai data yang diproses oleh ESP32 sehingga LCD dapat berfungsi sebagai media monitoring lokal pada sistem smart hidroponik sesuai rancangan yang telah dibuat.



Gambar 4.25 Pengujian Tampilan LCD 16x2 I2C

Tabel 4.10 Hasil Pengujian LCD

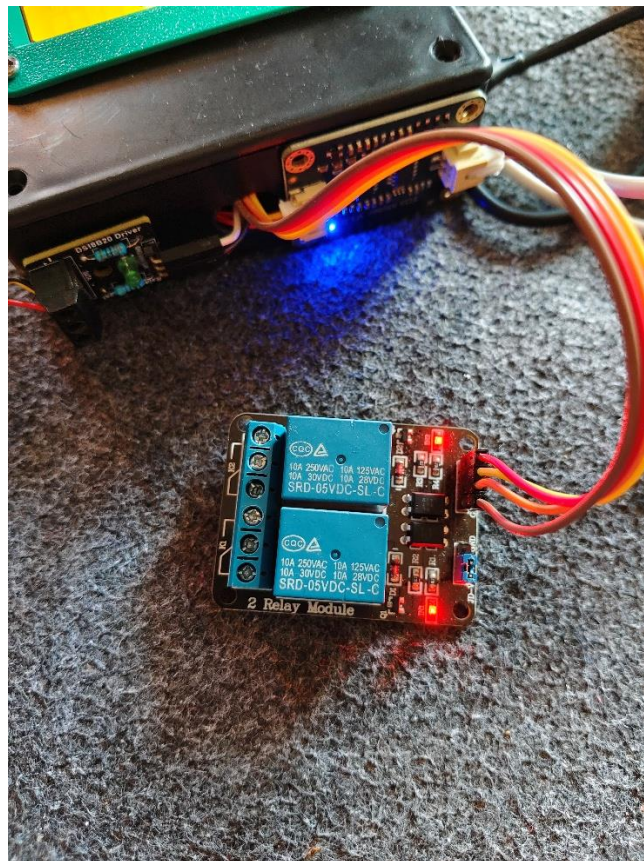
Parameter Yang Ditampilkan	Keterangan	Status
A	Menampilkan suhu udara	Berhasil
H	Menampilkan Kelembapan Udara	Berhasil
W	Menampilkan Suhu Air	Berhasil
T	Menampilkan kadar nutrisi	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, LCD 16x2 I2C berhasil menampilkan seluruh data hasil pembacaan sensor yang diterima dari ESP32 dengan baik. Informasi yang ditampilkan

meliputi suhu udara, kelembapan udara, suhu air, dan kadar nutrisi larutan hidroponik. Hal ini menunjukkan bahwa LCD mampu bekerja sesuai fungsi yang dirancang sebagai media monitoring lokal sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi sistem secara langsung melalui perangkat.

4.5.2.5 Pengujian Relay

Pengujian modul relay dilakukan untuk memastikan relay mampu menerima sinyal kontrol dari ESP32 dan menjalankan fungsi pengendalian perangkat output sesuai perintah yang diberikan sistem. Pada sistem smart hidroponik yang dibangun, relay digunakan sebagai saklar elektronik yang berfungsi untuk mengontrol pompa air dan pompa nutrisi berdasarkan perintah dari aplikasi mobile maupun logika pengendalian yang dijalankan oleh ESP32. Pengujian dilakukan dengan memberikan perintah aktivasi dan menonaktifkan relay melalui sistem kemudian mengamati perubahan kondisi relay pada masing-masing channel yang digunakan.



Gambar 4.26 Pengujian Modul Relay

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Relay

No	Relay	Perintah	Kondisi Relay	Status
1	Relay Pompa Air	ON	Aktif	Berhasil
2	Relay Pompa Air	OFF	Tidak Aktif	Berhasil
3	Relay Pompa Nutrisi	ON	Aktif	Berhasil
4	Relay Pompa Nutrisi	OFF	Tidak Aktif	Berhasil

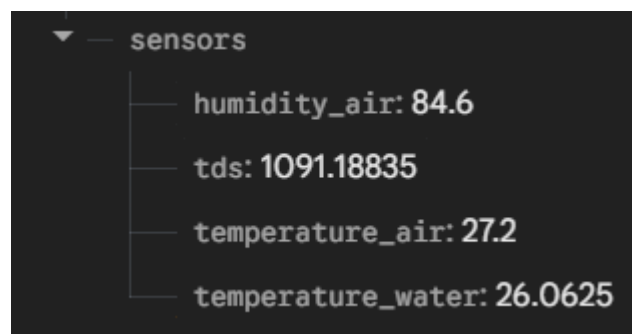
Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, modul relay mampu menerima sinyal kontrol yang dikirimkan oleh ESP32 dan menjalankan fungsi pengendalian perangkat output dengan baik. Relay berhasil mengaktifkan dan menonaktifkan jalur listrik yang terhubung dengan pompa air serta pompa nutrisi sesuai perintah yang diberikan sistem. Hal ini menunjukkan bahwa relay dapat berfungsi dengan baik sebagai komponen pengendali output pada sistem smart hidroponik yang dibangun.

4.5.3 Pengujian Komunikasi Data Firebase

Pengujian Firebase dilakukan untuk memastikan proses pengiriman dan penerimaan data antara ESP32 dan aplikasi mobile dapat berjalan dengan baik melalui Firebase Realtime Database. Pengujian dilakukan untuk melihat apakah data hasil pembacaan sensor dapat tersimpan pada Firebase serta apakah perubahan data kontrol dari aplikasi dapat diterima oleh ESP32 sesuai fungsi yang telah dirancang.

4.5.3.1 Pengujian Pengiriman Data Sensor ke Firebase

Pengujian dilakukan untuk memastikan ESP32 dapat mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke Firebase melalui koneksi internet. Data yang dikirim meliputi suhu udara, kelembapan udara, suhu air, dan nilai TDS. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh data sensor berhasil dikirim dan tersimpan pada Firebase secara *realtime* sesuai kondisi sistem.



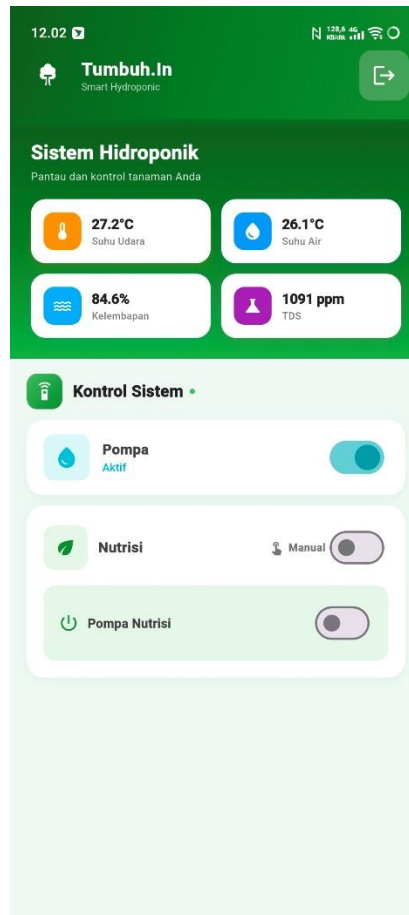
Gambar 4.27 Pengiriman Data Sensor Ke Firebase

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Data Sensor Ke Firebase

Data Sensor	Status
Suhu Udara	Berhasil
Kelembapan Udara	Berhasil
Suhu Air	Berhasil
Nilai TDS	Berhasil

4.5.3.2 Pengujian Data Firebase pada Aplikasi Mobile

Pengujian dilakukan untuk memastikan data yang tersimpan pada Firebase dapat ditampilkan pada aplikasi mobile dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengamati perubahan data sensor pada dashboard aplikasi setelah data dikirim oleh ESP32. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh data sensor berhasil ditampilkan pada aplikasi secara *realtime* sesuai data yang tersimpan pada Firebase.



Gambar 4.28 Tampilan Data Firebase pada Aplikasi Mobile

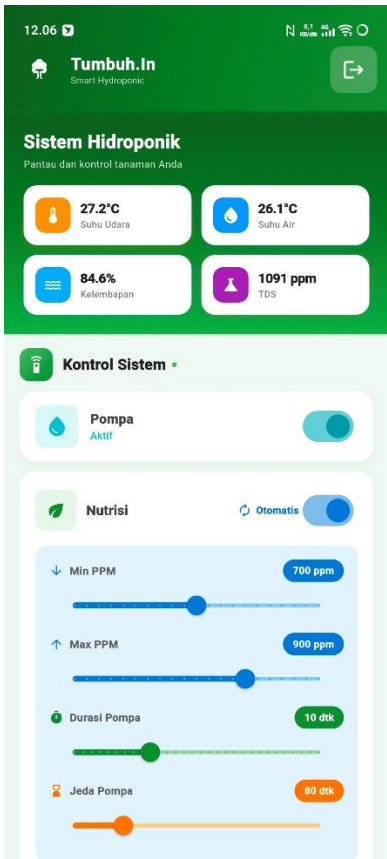
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Data Firebase pada Aplikasi Mobile

Data Monitoring	Status
Suhu Udara	Berhasil
Kelembapan Udara	Berhasil
Suhu Air	Berhasil
Nilai TDS	Berhasil

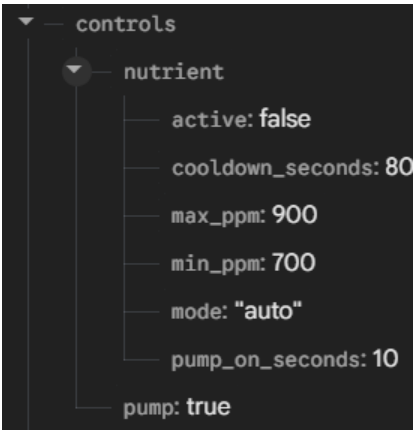
4.5.3.3 Pengujian Data Kontrol dari Aplikasi ke ESP32

Pengujian dilakukan untuk memastikan data kontrol yang dikirim melalui aplikasi mobile dapat diterima oleh ESP32 melalui Firebase. Pengujian dilakukan dengan memberikan perintah kontrol pompa air maupun pompa nutrisi melalui aplikasi kemudian mengamati respon sistem. Berdasarkan hasil

pengujian, ESP32 berhasil membaca perubahan data kontrol dari Firebase dan menjalankan perintah sesuai input yang diberikan pada aplikasi.



Gambar 4.29 Tampilan Data Firebase Control pada Aplikasi Mobile



Gambar 4.30 Tampilan Data Kontrol Di Firebase

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Data Kontrol Firebase

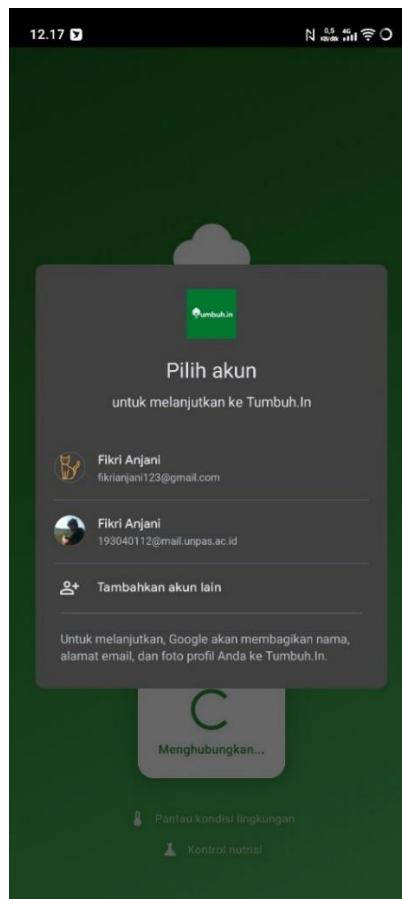
Perintah Kontrol	Status
Pompa Air	Berhasil
Pompa Nutrisi	Berhasil
Perubahan Mode Nutrisi	Berhasil

4.5.4 Pengujian Aplikasi Mobile

Pengujian aplikasi mobile dilakukan untuk memastikan seluruh fitur pada aplikasi dapat berjalan sesuai fungsi yang telah dirancang. Aplikasi mobile pada sistem smart hidroponik digunakan sebagai media monitoring kondisi nutrisi dan lingkungan tanaman serta sebagai media pengendalian perangkat dari jarak jauh. Pengujian dilakukan pada fitur utama aplikasi yang meliputi proses login, tampilan dashboard, serta fitur kontrol yang dapat digunakan oleh pengguna.

4.5.4.1 Pengujian Halaman Login

Pengujian halaman login dilakukan untuk memastikan proses autentikasi pengguna menggunakan akun Google dapat berjalan dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mencoba masuk ke aplikasi menggunakan akun Google yang telah terhubung dengan sistem. Berdasarkan hasil pengujian, proses login berhasil dilakukan dan pengguna dapat masuk ke halaman utama aplikasi sesuai fungsi yang telah dirancang.



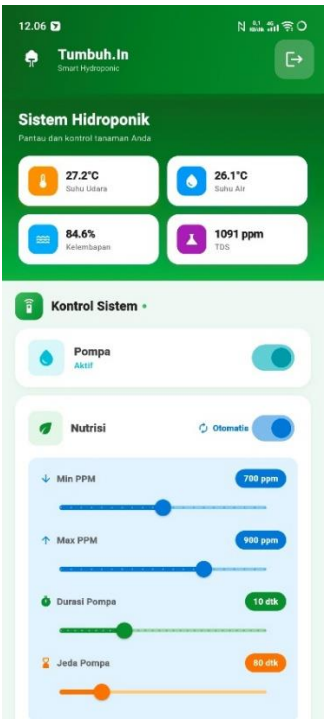
Gambar 4.31 Pengujian Halaman Login

Tabel 4.15 Pengujian Halaman Login Aplikasi

Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
Login Menggunakan akun Google	Pengguna berhasil masuk ke aplikasi	Berhasil

4.5.4.2 Pengujian Dashboard Aplikasi

Pengujian dashboard aplikasi dilakukan untuk memastikan halaman utama aplikasi dapat menampilkan seluruh komponen antarmuka sesuai rancangan yang telah dibuat. Dashboard pada aplikasi digunakan untuk menampilkan informasi monitoring sistem seperti suhu udara, kelembapan udara, suhu air, nilai nutrisi, serta menu pengaturan mode nutrisi. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh komponen pada dashboard berhasil ditampilkan dengan baik sehingga pengguna dapat mengakses informasi sistem melalui aplikasi mobile.



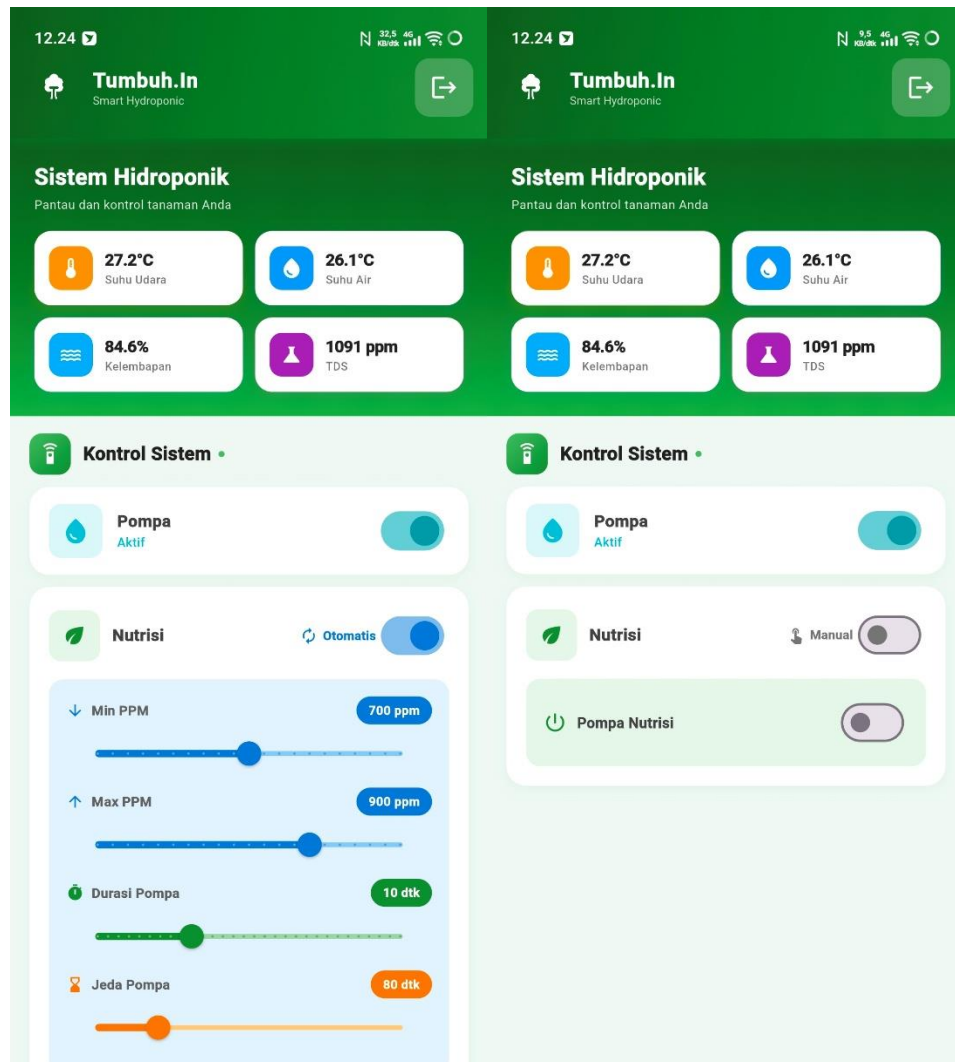
Gambar 4.32 Pengujian Dashboard Aplikasi Mobile

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Dashboard Aplikasi Mobile

Komponen Dashboard	Status
Informasi Sensor	Berhasil
Menu Mode Nutrisi	Berhasil
Tombol Kontrol Pompa	Berhasil

4.5.4.3 Pengujian Fitur Kontrol Aplikasi

Pengujian fitur kontrol aplikasi dilakukan untuk memastikan setiap fitur yang dapat diakses pengguna berjalan sesuai fungsi yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan mencoba fitur kontrol pompa air, pengaturan mode nutrisi manual, serta pengaturan mode nutrisi otomatis pada aplikasi mobile. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh fitur kontrol berhasil digunakan dengan baik dan dapat diakses sesuai fungsi masing-masing pada sistem.



Gambar 4.33 Pengujian Fitur Kontrol pada Aplikasi Mobile

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Fitur Kontrol pada Aplikasi Mobile

Fitur Aplikasi	Hasil Yang Diharapkan	Status
Kontrol Pompa Air	Pompa Air dapat Dikontrol	Berhasil
Mode Manual Nutrisi	Pengguna dapat menjalankan pompa nutrisi	Berhasil
Mode Otomatis Nutrisi	Pengguna dapat mengatur parameter nutrisi	Berhasil

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan terhadap "Sistem Smart Hidroponik Berbasis Internet of Things dengan Aplikasi Mobile untuk Monitoring dan Kontrol Nutrisi Tanaman" di Tumbuh.in, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan terhadap "Sistem Smart Hidroponik Berbasis Internet of Things dengan Aplikasi Mobile untuk Monitoring dan Kontrol Nutrisi Tanaman" di Tumbuh.in, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dirancang dan dibangun sebuah sistem perangkat keras smart hidroponik berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor DHT22 (suhu dan kelembapan udara), sensor DS18B20 (suhu air), sensor TDS (kadar nutrisi), serta modul relay untuk mengendalikan aktuator berupa pompa air dan pompa nutrisi (A dan B).
2. Integrasi antara perangkat keras, Firebase Realtime Database, dan aplikasi mobile berbasis Flutter telah berjalan dengan baik. Sistem mampu melakukan pengiriman data sensor dari perangkat ke Firebase secara *real-time* dan menampilkannya pada antarmuka aplikasi *mobile* smartphone Android dengan responsif.
3. Aplikasi *mobile* yang dikembangkan telah berhasil memfasilitasi kebutuhan pengguna di Tumbuh.in untuk melakukan pemantauan kondisi lingkungan hidroponik serta melakukan kontrol pompa jarak jauh. Dua mode pengoperasian nutrisi, yaitu mode manual (melalui tombol aplikasi) dan mode otomatis (berdasarkan batas parameter Min/Max PPM, *durasi pompa*, dan *cooldown* yang diinput oleh pengguna), telah berfungsi sepenuhnya sesuai dengan logika sistem yang dirancang.

5.2 Saran

Meskipun sistem ini telah berhasil memenuhi kebutuhan fungsional yang direncanakan, masih terdapat beberapa keterbatasan yang dapat ditingkatkan pada pengembangan selanjutnya. Adapun saran untuk penelitian di masa yang akan datang adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan Fitur Otomatisasi pH Air: Sistem selanjutnya dapat ditambahkan sensor pH meter beserta aktuator pompa untuk larutan pH *Up* dan pH *Down*, mengingat tingkat keasaman (pH) air juga merupakan faktor kritikal dalam penyerapan nutrisi tanaman hidroponik.
2. Implementasi Sistem Pengingat (Notification/Alert): Perlu ditambahkan fitur notifikasi berbasis Firebase Cloud Messaging (FCM) pada aplikasi *mobile* untuk memberikan peringatan dini kepada pengguna jika nilai sensor berada pada kondisi abnormal atau kritis.

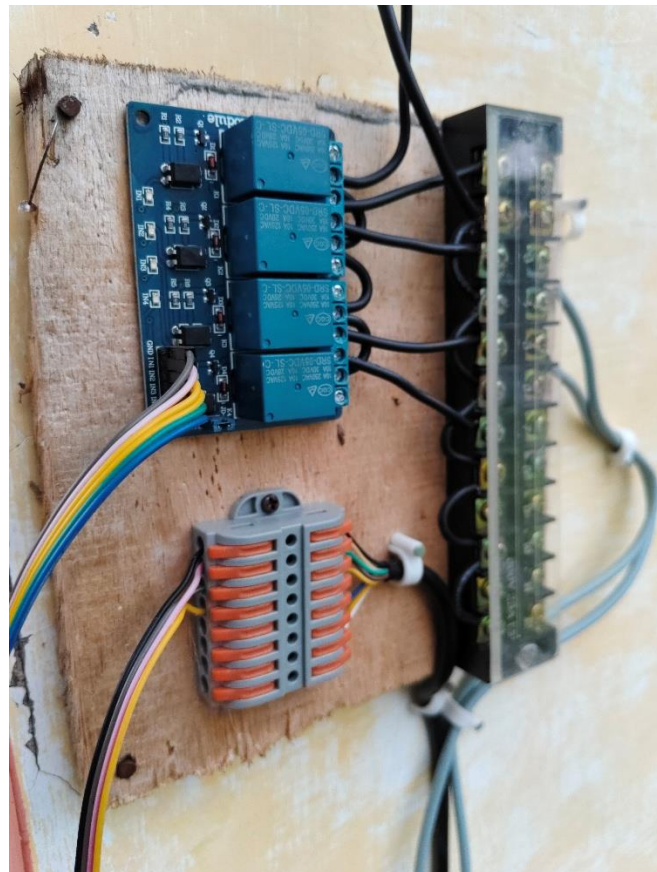
3. Penyediaan Sumber Daya Cadangan: Untuk mengantisipasi kegagalan sistem akibat pemadaman listrik lokal, penelitian selanjutnya dapat mengintegrasikan sistem catu daya cadangan seperti *Uninterruptible Power Supply* (UPS) atau memanfaatkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

DAFTAR PUSTAKA

- SIR21 Siregar, M. H. F. F., & Novita, A. (2021). Sosialisasi budidaya sistem tanam hidroponik dan vertikultur. *Ihsan: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1), 113-117..
- DEW21 Dewi, I. Z. T., Ulinuha, M. F., Mustofa, W. A., Kurniawan, A., & Rakhmadi, F. A. (2021). Smart farming: Sistem tanaman hidroponik terintegrasi IoT MQTT panel berbasis android. *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems-Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 9(1), 71-78.
- MUR22 Murdiani, D., & Sobirin, M. (2022). Perbandingan metodologi waterfall Dan rad (Rapid application development) dalam pengembangan sistem informasi. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, 4(4), 302-306.
- SYI22 Syidiq, I. H. A. (2022). HIDROPONIK UNTUK MENINGKATKAN EKONOMI KELUARGA. *Journal Science Innovation and Technology (SINTECH)*, 2(2), 16-19.
- SUS22 Susanto, F., Prasiani, N. K., & Darmawan, P. (2022). Implementasi Internet of Things dalam kehidupan sehari-hari. *Jurnal imagine*, 2(1), 35-40.
- RAH21 Rahmadani, F., Suhada, S., & Damanik, B. E. (2021). Sistem Mikrokontroler Untuk Menentukan Kualitas Air Yang Dapat di Gunakan Oleh Konsumen dengan Menggunakan Arduino. *J. Inf. Syst. Res*, 2(4), 254-259.
- HAR25 Harlan Kurnia AR (2025). Implementasi IoT pada sistem monitoring suhu dan kelembaban menggunakan ESP32, Firebase dan Kodular. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(1), 1781-1787.
- MAH25 Maharani, F., Nurakhman, I., Al-Farotzi, M. M., & Ridho, Z (2025). Design and Simulation of an Automatic Cooling System for Solar Panels Using DHT22 Sensor Based on Arduino Uno.
- BAN24 Banjardana, A., Andriani, T., Topan, P. A., & Aryanto, N. (2024). Prototipe sistem monitoring dan kontrol pH serta nutrisi tanaman hidroponik berbasis IoT untuk pertanian. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, 6(3), 455-464.
- SUR23 Suratno, S., & Cahyono, B. D. (2023). Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Catu Daya Pompa Air Submersible. *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, 7(2), 309-319.
- SUS25 Susanta, M. H. (2025). Prototype Alat Pengukur Jarak Aman kendaraan Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Layar LCD Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Cakrawala Akademika*, 1(6), 1859-1866.
- TAM24 Tambing, Y. (2024). Prototype sistem kontrol lampu berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(1).

- MUH23 *Mukhtar, A., Hermana, R., Burhanudin, A., & Setyoadi, Y. (2023). Sensor Dan Aktuator: Konsep Dasar Dan Aplikasi.*
- PUR23 *Purnama, D. G., Djuanda, D. M., Albart, N., K., Gita Purnama, D., Mahendra Djuanda, D. R., & Albart, N. (2023). Pengembangan aplikasi pencarian artikel ilmiah berbasis mobile. Technomedia J, 8(2), 135-150.*
- KAM24 *Kamilla, A. C., Priyani, N., Pranatawijaya, V. H., & Sari, N. N. K. (2024). Pengembangan Aplikasi Kasir Mobile Yang Efisien. JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 8(4), 5966-5971.*
- DIN21 *Dinata, R. K., & Risawandi, O. H. (2021). Aplikasi Mobile Salary Report Menggunakan Firebase Berbasis Android Pada PT ISMATIUR. Jurnal Elektronika dan Teknologi Informasi, 2(2), 22-28.*
- ZAH24 *Zahra, M. F., & Nasution, M. I. P. (2024). Manajemen Data Real-Time Untuk Aplikasi Internet Of Things (IOT). JURNAL PENELITIAN SISTEM INFORMASI (JPSI), 2(2), 111-120.*

LAMPIRAN





Rincian Biaya Komponen

No	Komponen	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	ESP32	1	Rp75.000	Rp75.000
2	Sensor TDS	1	Rp85.000	Rp85.000
3	Sensor Suhu Air DS18B20	1	Rp25.000	Rp25.000
4	Sensor DHT22	1	Rp25.000	Rp25.000
5	Modul Relay 2 Channel	1	Rp20.000	Rp20.000
6	Pompa Air 12V	1	Rp25.000	Rp25.000
7	Pompa Dosing Nutrisi 5V	2	Rp15.000	Rp30.000
8	Adaptor 12V 2A	1	Rp30.000	Rp30.000
TOTAL				Rp315.000

Keterangan:

- Harga merupakan estimasi dan dapat disesuaikan dengan kondisi aktual.
- Harga per tanggal 26 Juni 2026