

**SISTEM KONTROL DAN MONITORING KUALITAS AIR
PADA AIR KOLONG BEKAS TAMBANG TIMAH UNTUK
BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR BERBASIS *IOT***

PROYEK AKHIR

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



Diusulkan oleh

AHMAD AREN NIM 1052231

IRFANI ADITYA NIM 1052244

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

SISTEM KONTROL DAN MONITORING KUALITAS AIR
PADA AIR KOLONG BEKAS TAMBANG TIMAH UNTUK
BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR BERBASIS IOT

Oleh:

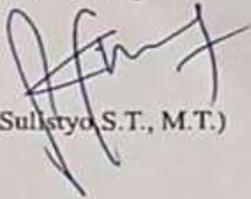
Ahmad Aren / 1052231

Irfani Aditya / 1052244

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

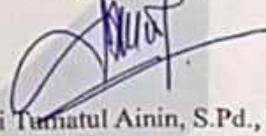
Menyetujui,

Pembimbing 1



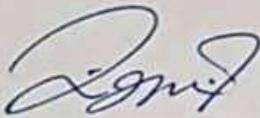
(Eko Sullstyo, S.T., M.T.)

Pembimbing 2



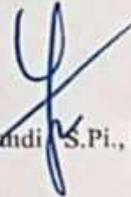
(Dewi Tamatul Ainin, S.Pd., M.Si)

Penguji 1



(Zanu Saputra, S.ST., M.Tr.T.)

Penguji 2



(Misri Yandi, S.Pi., M.Si)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Ahmad Aren NIM : 1025531
Nama Mahasiswa 2 : Irfani Aditya NIM : 1052244

Dengan Judul : Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Pada Air
Kolong Bekas Tambang Timah Untuk Budidaya Ikan Air
Tawar Berbasis *IoT*

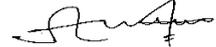
Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 02 Juli 2025

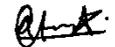
Nama Mahasiswa :

Tanda Tangan

1. Ahmad Aren

()

2. Irfani Aditya

()

ABSTRAK

Kolong bekas tambang timah di Bangka Belitung memiliki potensi untuk dijadikan kolam budidaya ikan air tawar, namun kualitas air sering kali tidak memenuhi standar budidaya akibat nilai pH yang rendah, suhu yang tidak stabil, dan curah hujan yang memengaruhi kondisi air. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantauan dan pengendalian kualitas air yang berbasis Internet Of Things (IoT) guna mengelola parameter pH, suhu, ketinggian air, dan cuaca secara otomatis. Sistem ini terdiri dari sensor pH, suhu (DS18B20), ultrasonik (HC-SR04), dan ombrometer analog, dengan Arduino UNO berfungsi sebagai pembaca data sensor dan ESP32 sebagai pengirim data ke Firebase Realtime Database, yang kemudian ditampilkan melalui aplikasi Android. Metode ini juga mencakup pengaturan aktuator seperti pompa dan penebar kapur otomatis berdasarkan parameter yang ditentukan oleh pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan akurat dan stabil, dengan rata-rata kesalahan pH sebesar 2,38%, suhu 1,52%, dan ketinggian air 0,486%, serta berhasil mendeteksi kondisi cuaca dan mengontrol perangkat secara responsif. Sistem ini efektif dalam mendukung pemeliharaan kualitas air kolong secara efisien dan real-time..

Kata kunci: Budidaya ikan, ESP32, IoT, kolong tambang timah, kualitas air, pH

ABSTRAK

Former tin mining pits in Bangka Belitung possess the potential to be transformed into freshwater fish farming ponds; however, the water quality frequently fails to meet cultivation standards due to low pH levels, fluctuating temperatures, and rainfall that impacts water conditions. This study seeks to develop a water quality monitoring and control system utilizing the Internet Of Things (IoT) to automatically regulate pH, temperature, water level, and weather parameters. The system is composed of pH, temperature (DS18B20), ultrasonic (HC-SR04), and analog ombrometer sensors, with an Arduino UNO serving as the sensor data reader and an ESP32 acting as the data transmitter to the Firebase Realtime Database, which is subsequently displayed through an Android application. Additionally, this method incorporates the configuration of actuators such as pumps and automatic lime spreaders based on user-defined parameters. The test outcomes indicate that the system operates accurately and consistently, with an average pH error of 2.38%, temperature error of 1.52%, and water level error of 0.486%, while successfully detecting weather conditions and controlling devices in a responsive manner. This system proves to be effective in facilitating the maintenance of water quality in the pits efficiently and in real time.

Keywords: ESP32, fish farming, IoT, pH, tin mining pond, water quality

KATA PENGANTAR

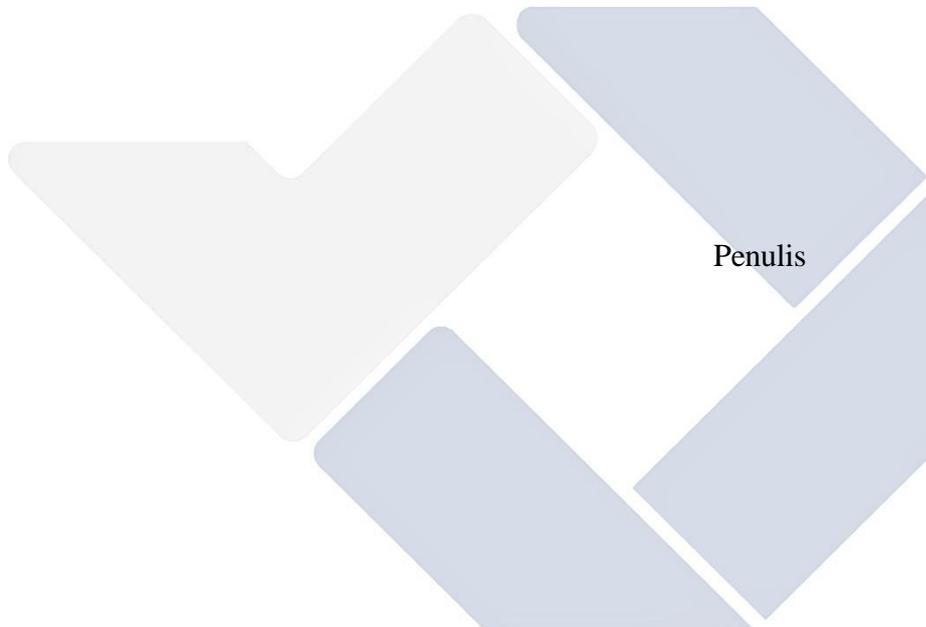
Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, yang memungkinkan penulis untuk menyelesaikan laporan proyek akhir berjudul “Sistem Monitoring dan Kontrol Kualitas Air Kolong Bekas Tambang Timah Berbasis *IoT* untuk Budidaya Ikan Air Tawar” dengan baik dan lancar. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi di jenjang pendidikan yang sedang penulis jalani. Fokus utama dari proyek ini adalah merancang dan mengembangkan sistem berbasis *Internet Of Things (IoT)* yang dapat memantau dan mengendalikan kualitas air secara otomatis dan real-time pada kolong bekas tambang timah, sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai media untuk budidaya ikan air tawar. Penulis menyadari bahwa laporan ini tidak akan terwujud tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan semangat yang tiada henti.
2. Bapak Direktur Polman Babel, I Made Andik Setiawan, S.ST., M.Eng.,Ph.D. yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas selama pelaksanaan proyek akhir ini.
3. Bapak Ketua Jurusan Teknik Elektro, Zanu Saputra, M.Tr. T., yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta memberikan bimbingan dan arahan yang sangat berarti selama penyusunan laporan ini.
4. Bapak Eko Sulistyio, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1 dan Ibu Dewi Tumatul Ainin, S.Pd., M.Si, selaku dosen pembimbing 2, yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses pengerjaan proyek ini.
5. Bapak dosen penguji, yang telah memberikan arahan, kritik, dan saran yang sangat membangun demi kesempurnaan laporan ini.
6. Rekan-rekan seperjuangan yang telah membantu dan menjadi tempat bertukar pikiran selama proses penelitian dan penyusunan laporan ini.

7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang turut berkontribusi dalam penyelesaian proyek ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi yang berguna bagi semua pihak yang berkepentingan.

Sungailiat, 15 April 2025



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	4
BAB II DASAR TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Tambang Timah.....	7
2.3 Budidaya Ikan Air Tawar	8
2.4 Sistem Monitoring Kualitas Air Kolong.....	9
2.5 Sistem Otomatisasi	10
2.6 <i>Internet Of Things (IoT)</i>	11
2.7 ESP 32.....	12
2.8 Arduino Uno R3.....	13
2.9 Sensor pH.....	14
2.10 Sensor Suhu Air`	15
2.11 Sensor Curah Hujan Ombrometer	15

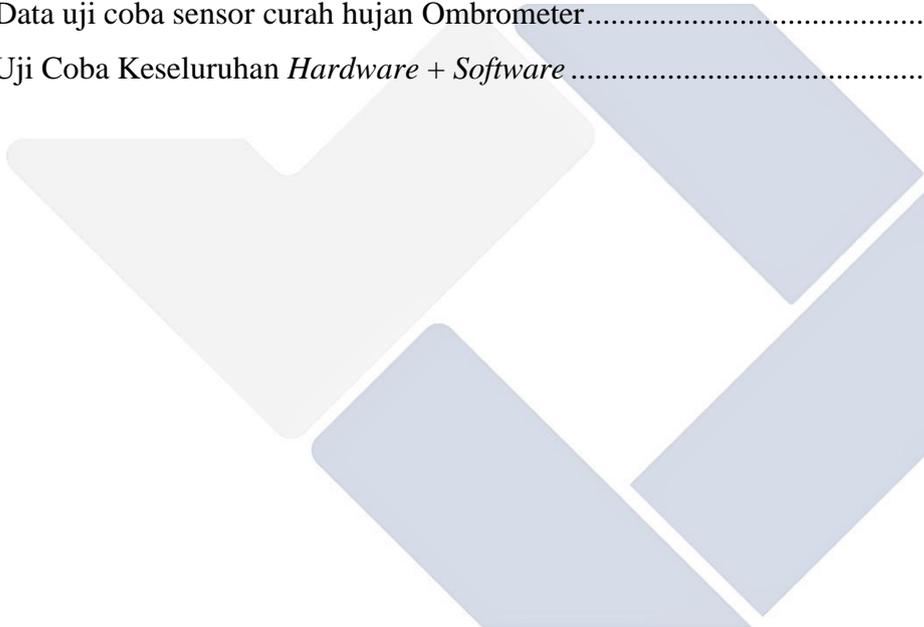
2.12	Aktuator.....	16
BAB III METODE PELAKSANAAN		
3.1	Pengumpulan dan Pengolahan Data	18
3.2	Perancangan <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Kolong Untuk Budidaya Ikan Air Tawar Berbasis <i>IoT</i>	19
3.2.1	Perancangan <i>Hardware</i>	20
3.2.2	Perancangan <i>Software</i>	20
3.3.	Perakitan <i>Hardware</i>	20
3.4.	Pembuatan <i>Software</i>	21
3.5.	Uji Coba <i>Hardware</i>	22
3.5.1.	Uji Coba Input.....	22
3.5.2.	Uji Coba Output	22
3.5.3.	Uji Coba <i>Software</i>	22
3.6.	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	23
3.7.	Analisis Data dan Pembuatan Makalah.....	23
BAB IV PEMBAHASAN.....		
4.1.	Deskripsi Alat	24
4.2.	Perancangan dan Pembuatan <i>Hardware</i> Elektrik	24
4.3.	Perancangan dan Pembuatan <i>Hardware</i> Non Elektrik	27
4.3.1.	Tampak Depan.....	27
4.3.2.	Tampak Dalam	28
4.4	Perancangan dan Pengujian <i>Software</i> Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air	
	29	
4.4.1.	Pembuatan <i>Software</i> Interface Pada <i>Smartphone</i>	29
4.4.2.	Pembuatan <i>Firebase</i>	32
4.5.	Pengujian Sensor	32
4.5.1	Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	32
4.5.2	Pengujian Sensor pH-4502 C	34

4.5.3 Pengujian Sensor Suhu DS18B20	36
4.5.4 Pengujian Sensor Curah Hujan (Ombrometer).....	38
4.6. Pengujian <i>Software</i>	40
4.7. Pengujian Keseluruhan Sistem.....	42
BAB V PENUTUP	44
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	46



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1 Daftar Penelitian Terdahulu	6
2. 2 Parameter Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Air Tawar, Menurut SNI 7550 : 2009	9
2. 3 Syarat Mutu Kualitas Air Budidaya Ikan Air Tawar	10
4. 1 Data hasil uji sensor ultrasonic	32
4. 2 Data pengujian sensor pH	34
4. 3 Data Hasil Uji Coba Sensor Suhu	36
4. 4 Data uji coba sensor curah hujan Ombrometer	38
4. 5 Uji Coba Keseluruhan <i>Hardware + Software</i>	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 ESP32	13
2. 2 Arduino UNO R3	14
2. 3 Sensor pH.....	14
2. 4 Sensor Suhu Air	15
2. 5 Curah Hujan Ombrometer.....	16
3. 1 Flowchart alur pengerjaan.....	18
3. 2 Diagram Blok Alat	19
4. 1 Rancangan Rangkaian Electrical	25
4. 2 Rangkaian Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air.....	26
4. 3 Tampak Depan Kontruksi	27
4. 4 Tampak Dalam Kontruksi	28
4. 5 Tampilan splashscreen	29
4. 6 Tampilan Menu Login.....	30
4. 7 Tampilan Menu Utama.....	31
4. 8 Tampilan Menu Kontrol Aktuator (Relay).....	31
4. 9 Struktur Firebase	32
4. 10 Pengujian sensor ultrasonic.....	33
4. 11 Pengujian Sensor pH.....	35
4. 12 Pengujian sensor suhu.....	37
4. 13 Pengujian sensor ombrometer.....	39
4. 14 Hasil Pembacaan Data Realtime Serial Monitor	40
4. 15 Cuplikan Pembacaan Data Realtime Firebase	40
4. 16 Pembacaan Data Realtime Oleh Aplikasi Smartphone	41
4. 17 Tampilan Pembacaan Perintah Parameter Dari Software	41
4. 18 Tampilan Aplikasi Disaat Mengirim Perintah Parameter.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2: Program Arduino Uno dan ESP 32

Lampiran 3: Cek Plagiarisme

Lampiran 4: Surat Pernyataan



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Bangka Belitung merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang menjadi penghasil timah terbesar ke dua didunia setelah Malaysia. Bangka Belitung menjadi sektor utama penghasil timah di Indonesia . Baik pertambangan di darat maupun di laut, aktivitas penambangan timah pasti memengaruhi keseimbangan ekosistem lingkungan. Pencemaran dan kerusakan lingkungan yang sering terjadi setelah tambang termasuk penurunan kualitas air bersih, tanah, dan udara, kerusakan ekosistem darat dan laut, kerusakan bentang alam, pembentukan lubang atau kolong-kolong bekas tambang, dan banyak lagi. Lahan pasca tambang timah didominasi oleh hamparan tailing, *overburden*, dan kolong. Tailing timah mempunyai karakteristik fisika dan kimia tanah serta kondisi iklim mikro yang jelek [1]. Kolong-kolong ini tersebar luas dan sebagian besar tidak dimanfaatkan secara optimal, bahkan cenderung terbengkalai.

Permasalahan utama yang dihadapi pada kolong bekas tambang timah adalah buruknya kualitas air. Salah satu parameter penting yang sering kali tidak memenuhi standar adalah nilai pH. Air di kolong tambang cenderung bersifat asam akibat reaksi kimia antara sisa-sisa logam berat dan air hujan yang mengandung senyawa asam. Hal ini menyebabkan air menjadi kurang layak untuk dimanfaatkan, khususnya dalam kegiatan budidaya ikan air tawar. Selain pH, suhu dan kebersihan air juga menjadi tantangan tersendiri dalam memanfaatkan kolong sebagai media budidaya yang ideal. Kualitas perairan di kolong pascatambang timah, khususnya di kolong berumur < 1 tahun cenderung berkualitas rendah, meskipun demikian sejumlah ikan ditemukan mampu hidup di kolong tersebut seperti ikan gabus (*Channa sp.*), sepat rawa (*Trichogaster sp.*), kemuning (*Puntius sp.*), nila (*Oreochromis sp.*), tempala (*Betta sp.*), merak atau cere (*Gambusia sp.*), seluang (*Rasbora sp.*), betok (*Anabas sp.*), selinca (*Belontia sp.*), berenet atau eyespot

rasbora (*Brevibora sp.*), mata tiga (ikan padi atau *javanese ricefish*) (*Oryzias sp.*), dan kepala timah (*Aplocheilus sp.*). Hal ini menunjukkan bahwa beberapa spesies ikan memiliki kemampuan bertahan hidup dan adaptasi yang baik di lingkungan berkualitas rendah. Sementara itu, ikan-ikan tersebut juga ditemukan di sejumlah kolong yang berumur > 20 tahun [2]. Kolong bekas tambang timah yang terbengkalai dengan kategori sedang dan tua mengandung pH 4 – 7 cocok diupayakan sebagai tempat budidaya ikan air tawar. Kolong bekas tambang timah yang terbengkalai 5 – 10 tahun masuk kategori sedang dan diatas itu masuk kategori tua[2]. Sementara itu, Kurniawan dan Ardiansyah (2012) menyatakan bahwa kolong di Pulau Bangka memiliki nilai pH antara 5 – 7, sedangkan pH tanah berkisar antara 4,7 – 4,8. Kurniawan (2012) menambahkan bahwa pH yang optimal untuk pertumbuhan ikan berada pada rentang 6,5 – 8, dan nilai pH di bawah 5 menjadi batas kematian bagi ikan dan udang [3]. Kendala dalam pemanfaatan kolong muncul pada musim penghujan, di mana tingkat kematian ikan meningkat secara signifikan jika kolong digunakan untuk budidaya. Kematian ikan ini mungkin disebabkan oleh perubahan nilai pH air akibat masuknya air hujan dalam jumlah yang besar. Air kolong yang cenderung asam menjadi semakin asam dan tidak dapat ditoleransi oleh ikan. Perairan kolong yang bersifat asam, ditambah dengan karakteristik tanah Pulau Bangka yang juga asam, mempercepat penurunan kualitas air. Wardhani et al. (2015) mengungkapkan bahwa hujan secara alami memiliki sifat asam (pH 5,6) karena karbondioksida (CO₂) di atmosfer dapat larut dalam air hujan dan membentuk senyawa asam [4]. Dari hasil studi lingkungan, penulis menemukan dua lokasi kolong bekas tambang timah yang berumur lebih dari 5 tahun di bangka, yaitu di Matras, Jl.Pantai Teluk Pikat dan daerah tambang 36 di kawasan Deniang laut Parit 40.

Jika dikelola dengan baik, kolong bekas tambang memiliki potensi besar untuk dijadikan kolam budidaya ikan yang produktif. Selain membantu mengatasi persoalan lingkungan, hal ini juga dapat membuka peluang usaha baru bagi masyarakat sekitar dan mendorong pertumbuhan ekonomi lokal. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi yang tidak hanya mampu memantau kualitas air secara

efektif, tetapi juga mampu melakukan tindakan otomatis untuk menjaga parameter air tetap ideal bagi ikan air tawar.

Seiring pesatnya perkembangan teknologi nirkabel di bidang perikanan ini memungkinkan untuk menggunakan sistem yang terintegrasi dengan *IoT (Internet of Thing)*. *Internet Of Things* adalah sebuah teknologi canggih yang pada dasarnya merujuk pada banyaknya device dan suatu system di seeluruh dunia yang saling terhubung satu sama lain dengan megggunakan internet dan bisa saling berbagi data, terknologi –teknologi ini memiliki seperti sensor dan *software* dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung dengan internet dan mendukung kinerja tanpa menggunakan bantuan kabel, dan berbasis *wireless IoT* memiliki hubungan yang erat dengan istilah *machine-to-machine* atau M2M [5].

Tujuan umum dari pelakasanaan dari penelitian ini adalah untuk membuat rancangan sebuah alat yang digunakan untuk memantau kondisi air pada kolam ikan dengan menggunakan teknologi *IoT*. Dalam konteks pemantauan kualitas air, *IoT* memainkan peran penting dengan menyediakan sistem pengawasan *real-time* yang efisien dan terpadu [6].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis merancang dan mengembangkan sebuah sistem kontrol dan monitoring kualitas air pada air kolong bekas tambang timah untuk budidaya ikan air tawar berbasis *IoT*. Sistem ini dirancang menggunakan berbagai sensor seperti sensor pH, sensor suhu, dan sensor curah hujan, yang terhubung ke mikrokontroler dan platform *IoT*. Fungsi utamanya adalah mendeteksi kondisi air kolong dan secara otomatis mengaktifkan pompa air, servo pengatur zat penyeimbang (seperti kapur), serta memberikan informasi kepada pengguna melalui antarmuka digital. Dengan sistem ini, diharapkan kualitas air di kolong bekas tambang dapat dikontrol secara berkelanjutan sehingga memenuhi standar untuk budidaya ikan air tawar. Tidak hanya itu, sistem ini juga dapat menjadi solusi jangka panjang bagi pemanfaatan lahan-lahan terbengkalai pasca tambang agar kembali bernilai guna dan produktif. Inovasi ini diharapkan mampu menjadi salah satu bentuk kontribusi nyata dalam mengatasi permasalahan lingkungan serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam proyek ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem monitoring kualitas air kolong yang dapat bekerja secara otomatis dan real-time?
2. Bagaimana mengontrol kualitas air, terutama pH, agar tetap sesuai dengan standar untuk budidaya ikan air tawar?
3. Bagaimana memanfaatkan data sensor curah hujan dalam sistem agar tetap menjaga kestabilan pH air?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini adalah:

1. Merancang sistem monitoring kualitas air kolong yang dapat bekerja secara otomatis dan real-time
2. Mengontrol kualitas air, terutama pH, agar tetap sesuai dengan standar untuk budidaya ikan air tawar
3. Memanfaatkan data sensor curah hujan dalam sistem agar tetap menjaga kestabilan pH air

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari proyek ini adalah:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem monitoring dan kontrol kualitas air berbasis *IoT*.
2. Membantu peternak ikan air tawar dalam menjaga kestabilan pH, suhu, dan ketinggian air kolam.
3. Memudahkan proses pemantauan dan pengendalian kualitas air secara real-time melalui aplikasi berbasis *Firebase*.
4. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam bidang otomasi sistem akuakultur.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

1. Pengukuran parameter kualitas air berupa pH, suhu, dan ketinggian air.
2. Penggunaan sensor pH, sensor suhu DS18B20, sensor ultrasonik HC-SR04, dan sensor ombrometer analog.

3. Pengiriman data sensor ke *Firestore* Realtime Database menggunakan modul ESP32 melalui koneksi WiFi.
4. Kontrol aktuator berupa empat relay (buang, kapur, tambah, cadangan) secara otomatis maupun manual.
5. Sistem hanya diterapkan pada skala kecil atau simulasi kolam untuk kolong bekas tambang timah untuk budidaya ikan air tawar.



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan merupakan langkah yang sangat penting dalam sebuah penelitian. Pada tahap ini penulis mengkaji ulang semua research atau literatur yang berkaitan dengan penelitian ini. Hal ini membantu penulis dalam menyusun dasar – dasar teori yang kuat terkait dengan topik penelitian untuk proses identifikasi dalam penelitian yang masih bisa dikembangkan. Berikut data penelitian terdahulu yang relevan pada pengembangan proyek akhir ini :

Tabel 2. 1 Daftar Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Hasil
1	Kurniawan dan Ardiansyah (2012) – <i>Analisis Kualitas Air Kolong di Pulau Bangka</i>	Nilai pH kolong berada antara 5–7, dan pH tanah antara 4,7–4,8. pH optimal untuk pertumbuhan ikan berada pada kisaran 6,5–8, sementara pH di bawah 5 berisiko menyebabkan kematian pada ikan dan udang. Kolong yang sudah berumur >5 tahun cenderung memiliki kualitas air yang lebih stabil.
2	Wardhani et al. (2015) – <i>Sifat Asam Hujan dan Dampaknya terhadap Kualitas Air</i>	Menjelaskan bahwa hujan bersifat asam secara alami (pH 5,6) karena kandungan CO ₂ di atmosfer. Air hujan yang masuk ke kolong dapat menurunkan pH air secara signifikan dan mempengaruhi ekosistem air.
3	Andri Kurniawan et al. (2020) – <i>Analisis Korelasi Parameter Kualitas</i>	Menunjukkan bahwa kolong tua (>10 tahun) memiliki parameter kualitas air yang lebih baik, seperti pH yang stabil dan kandungan logam berat yang rendah,

- Perairan Kolong dengan Umur Kolong* dibandingkan dengan kolong muda (<5 tahun) yang masih terkontaminasi.
- 4 Arief Selay et al. (2022) – *Penerapan Internet of Things (IoT) dalam Monitoring Lingkungan* Menunjukkan bahwa teknologi Internet of Things (*IoT*) sangat efektif untuk pemantauan lingkungan secara real-time. Sistem berbasis *IoT* mampu menghubungkan sensor dengan platform digital untuk memantau kondisi lingkungan secara efisien dan otomatis.
-

2.2 Tambang Timah

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan salah satu daerah penghasil timah terbesar di Indonesia. Produksi logam timah di Provinsi ini mencapai 44.495 ton per tahun atau senilai Rp 600 miliar lebih, yang dihasilkan dari dua perusahaan yang berada di wilayah Babel, yaitu PT Timah dan PT Kobatin [7].

Aktivitas pertambangan timah yang dilakukan pastinya mempunyai efek yang besar terhadap keseimbangan ekosistem lingkungan baik pertambangan di darat ataupun di laut . Pencemaran lingkungan serta kerusakan lingkungan yang sering terjadi di wilayah pasca tambang dan sekitarnya seperti, menurunnya kualitas air bersih, menurunnya kualitas tanah, menurunnya kualitas udara, rusaknya ekosistem baik di darat maupun di laut, rusaknya bentang alam, munculnya lubang-lubang atau kolong-kolong bekas tambang, dan lain sebagainya [6]. Pasca penambangan timah menyisakan kolong, air asam tambang dan tailing dengan status logam berat yang tinggi. Banyaknya penambangan timah di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung menyebabkan melimpahnya bahan cemaran logam berat yang berpotensi mencemari lingkungan sekitarnya [8]. Pernyataan Bapak Randi Aprianto, S.TP,M.AP selaku Lurah Kelurahan Pasir Putih mengatakan “Air yang berasal dari lubang tambang/camuy tersebut mengandung berbagai logam berat dan bersifat asam, yang dapat merembes melalui air tanah dan

dapat mencemari air tanah sekitar yang dapat membahayakan masyarakat disekitar aliran air tanah kolong [9]

2.3 Budidaya Ikan Air Tawar

Berbagai upaya telah dilakukan untuk memanfaatkan kolong ini. Salah satu cara pemanfaatannya adalah untuk budidaya ikan, terutama pada kolong yang telah berumur tua. Kolong tua umumnya memiliki kondisi perairan yang lebih baik dan sesuai untuk budidaya ikan. Kolong tua memiliki pH normal di atas 5 dan kandungan logam berat yang rendah. Di sisi lain, kolong muda sering kali memiliki pH yang rendah dan kandungan logam berat yang tinggi. Meskipun demikian, ada juga kolong-kolong muda yang memiliki karakteristik perairan yang layak untuk budidaya ikan. Kolong dikategorikan sebagai muda jika berumur kurang dari 5 tahun sejak penambangan terakhir, sementara kolong sedang berumur antara 5 hingga 10 tahun, dan kolong tua berumur lebih dari 10 tahun [10].

Dalam bidang budidaya perikanan kualitas air memegang peranan penting karena seluruh siklus hidup biota yang dipelihara berada dalam air. Selain air harus jernih, bebas pencemaran, air yang dikhususkan untuk budidaya harus pula memperhatikan fisik dan kimia air tertentu. Sifat fisika dan kimia air untuk budidaya ikan air tawar yang harus diketahui yaitu suhu, pertukaran air, kedalaman, kekeruhan, kandungan oksigen terlarut, derajat keasaman air serta logam berat terutama Merkuri (Hg)[11]. Berdasarkan standar parameter kualitas air pada budidaya ikan air tawar dapat dilihat pada 2.1.

Jenis Parameter	Satuan	Kisaran
Suhu	°C	25 – 32
pH	-	6.5 - 8.5
Oksigen Terlarut	mg/l	≥3
Amoniak	mg/l	<0.02
Kecerahan	Cm	30 – 40
Cadmium	ppm	0.01
Timbal	ppm	0.03
Hg	ppm	0.001

NH3	mg/lt	<0.016
Kekeruan	cm	40-50
Karbondioksida (CO2)	mg/lt	<15
Nitrit (NO2)	ppm	<0.05
Alkalinitas	mg/lt	>20
Kesadahan Total	mg/lt	>20

Tabel 2. 2 Parameter kualitas air pada budidaya ikan air tawar, Menurut SNI 7550 : 2009

2.4 Sistem Monitoring Kualitas Air Kolong

Kualitas air memainkan peran yang sangat penting bagi kehidupan organisme dalam suatu ekosistem, termasuk dalam bidang budidaya ikan. Jika kualitas air tidak memenuhi standar baku mutu, proses budidaya ikan dapat terganggu, yang berdampak pada ketahanan pangan dan kesehatan ikan. Selain itu, kualitas air yang buruk dapat meningkatkan risiko penyakit pada ikan, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kematian ikan [12]. Berikut baku mutu kualitas air untuk budidaya ikan air tawar.

Wadah/Jenis ikan	Parameter Kualitas Air					Nomor SNI
	Suhu(°C)	Kecerahan (cm)	pH	Oksigen terlarut (mg/l)	Amoniak (NH3)	
Kolam air tenang :						
Nila	25-32	30-40	6,5-8,5	Min.3	Maks.0,02	SNI 7550
Mas	25-32	25-60	6-8	Min.4	Maks.1	SNI 7875
Lele	25-32	25-50	6,5-8,5	Min.4	Maks.0,01	SNI 01-6484.5
Gurame	25-32	40-60	6,5-8,5	Min.2	-	SNI 01-7241
Patin pasupati	27-31	30-40	6,5-8,5	Min.3	Maks.0,01	SNI 7551
Patin siam	24-30	20-30	6-8,5	Min.3	-	SNI 8001
Papuyu	26-31	-	5-7	Min.2	Maks.0,1	SNI 8002
Udang galah	24-30	20-40	6,5-8,5	Min.3	-	SNI 7999
Kolam air deras :						
Nila	25-30	-	6,5-7,5	-	-	SNI 8124

Kolam Jaring Apung (KJA) :

Nilai	25-30	65-80	6,5-8,6	Min.5	Maks.0,02	SNI 01-6495.1
Mas strain majalaya	25-30	-	6,5-8,5	Min.3	Maks.0,02	SNI 8123
Mas	25-30	65-80	6,5-8,6	Min.5	Maks.0,02	SNI 6494
Patin 27-32	27-32	>30	6,5-8,6	Min.3	Maks.0,01	SNI 7471.4

Tabel 2. 3 Syarat Mutu Kualitas Air Budidaya Ikan Air Tawar
Sumber : Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 8228 Bagian 4 Tahun 2015

2.5 Sistem Otomatisasi

Sistem kontrol otomatis adalah sistem yang bisa berproses dan mengatur secara otomatis berdasarkan masukan input tanpa perlu bantuan manusia. Sistem ini berkerja berdasarkan parameter-parameter yang sudah diatur dari inputan/sensor yang ada pada alat. Semua perangkat saling terintegritas sehingga dapat berkerja secara otomatis.

Pada sistem kontrol dan monitoring kualitas air pada air kolong bekas tambang timah berbasis *IoT*, system otomatisasi terjadi pada saat inputan data sensor ketinggian air atau pH air melebihi batas. Dimulai dari pengecekan air oleh sensor – sensor, ketika data sensor melebihi parameter, maka system otomatisasi akan bekerja, dimulai dari proses pengurusan air oleh pompa 1 tipe YP-104 dengan durasi 4,22 menit untuk menguras 20% air pada media simulasi kolong berukuran 2x1x0,35 (meter). Setelah pengurusan air selesai, maka dilanjutkan dengan pengisian air bersih dari air sumber oleh pompa 2 tipe YP-103 dengan waktu 43,5 detik untuk mengisi air sebanyak 20% dari wadah air sumber dengan ukuran tinggi 40cm dan diameter 50cm. Setelah pengisian air selesai, maka dilanjutkan dengan proses pengadukan kapur oleh motor DC 12v gearbox selama ± 7 detik. Apabila proses pengadukan kapur selesai, maka pompa 3 akan menyalurkan kapur untuk menetralsir kandungan pH air dengan pengecekan berkala, Ketika pH sudah masuk kedalam *range* normal, maka kapur akan berhenti disalurkan, proses akan mulai kembali disaat data melewati parameter melalui pengecekan berkala oleh sensor.

2.6 *Internet Of Things (IoT)*

Internet Of Things (IoT) merupakan sebuah perangkat yang dapat saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung. Dengan demikian, manusia hanya perlu mengontrol atau memantau perangkat tersebut melalui koneksi internet, sehingga peran manusia sebagai penghubung menjadi minimal. Penelitian berjudul “Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Budidaya Ikan Lele dengan Media Kolam Berbasis IoT” mengembangkan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang memungkinkan pemantauan kualitas air menggunakan smartphone. Sistem ini mencakup sensor kekeruhan, sensor suhu, dan sensor pH untuk mendapatkan data real-time mengenai kondisi air kolam. Penggunaan teknologi IoT dalam budidaya ikan memungkinkan peningkatan efisiensi dan produktivitas [13]

Keunggulan penerapan *IoT* dalam proyek ini mencakup kemampuannya untuk memantau kualitas air secara real-time dan responsif, sebagaimana dibuktikan oleh penelitian Zanu et al. (2025), menyatakan ”penerapan IoT pada pemantauan kualitas air kolam ikan lele berhasil meningkatkan efisiensi operasional dan memungkinkan pengelolaan yang lebih responsif terhadap perubahan lingkungan”[14], contohnya saat curah hujan tinggi yang menyebabkan penurunan pH, di mana sistem akan melaksanakan proses pengurusan dan penambahan kapur sesuai dengan batas parameter yang telah ditentukan. Hal ini tentunya sangat membantu dalam menjaga kestabilan kualitas air secara berkelanjutan tanpa memerlukan pemantauan langsung oleh operator di lokasi.

Namun, sebagaimana dicatat oleh Depandi et al., (2021), menyatakan kelemahan dari sistem berbasis *IoT* yang dimana ”Sistem berbasis IoT (Internet of things) pada dasarnya membutuhkan konektivitas dan ketersediaan yang tinggi pada sebuah layanan jaringan”[15]. Apabila koneksi tidak stabil, maka pengiriman data ke *cloud* akan terhambat dan pemantauan tidak dapat dilakukan secara optimal.. Aspek keamanan data juga perlu diperhatikan, karena penyimpanan data di platform cloud seperti *firebase* berisiko jika tidak dilengkapi dengan sistem autentikasi dan enkripsi yang memadai.

Penggunaan *IoT* pada proyek ini, sebagai sistem monitoring dan kontrol kualitas air yang berupa pH , suhu, ketinggian, dan curah hujan yang akan mempengaruhi kadar pH pada air. Data diproses oleh sensor dan dari sensor akan dikirim ke arduino. Arduino akan berkomunikasi dengan ESP 32 yang melakukan pertukaran data melalui pin *TX* dan *RX*. ESP 32 menerima data sensor dan aktuator dari arduino agar dapat mengirim data ke *firebase* dan selanjutnya aplikasi akan membaca data dari *database* untuk ditampilkan pada *software* sebagai sistem monitoring dan kontrol agar menjaga kondisi air tetap dalam kondisi baik untuk budidaya ikan air tawar.

2.7 ESP 32

ESP32 merupakan mikrokontroler berkinerja tinggi yang dirancang oleh Espressif Systems dan telah menjadi pilihan yang populer dalam pengembangan sistem *Internet of Things (IoT)*. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan prosesor dual-core Xtensa® 32-bit LX6, konektivitas *Wi-Fi* dan Bluetooth yang terintegrasi, serta banyak pin input/output (*I/O*) digital dan analog, sehingga sangat fleksibel untuk berbagai kebutuhan pemantauan dan pengendalian perangkat.

Dalam konteks proyek sistem pemantauan kualitas air kolong bekas tambang timah, ESP32 berfungsi sebagai pengirim data utama dari sensor ke *platform cloud (Firebase Realtime Database)*. Data yang dikumpulkan oleh Arduino Uno R3 dari berbagai sensor seperti pH, suhu, ketinggian air, dan curah hujan, dikirim melalui koneksi serial (pin TX-RX) ke ESP32. Setelah itu, ESP32 akan mengunggah data tersebut secara real-time ke *firebase*, di mana aplikasi android kemudian akan membaca dan menampilkannya kepada pengguna. Selain itu, ESP32 juga berfungsi untuk menerima perintah dari *firebase* (seperti parameter batas ketinggian air atau perintah untuk menyalakan pompa), dan meneruskannya ke arduino untuk dieksekusi oleh aktuator.

Keunggulan ESP32 dibandingkan modul lain seperti ESP8266 terletak pada kemampuan komputasinya yang lebih tinggi, konektivitas ganda (*Wi-Fi + Bluetooth*), serta efisiensi daya yang lebih baik. Dalam implementasi sistem ini, ESP32 telah terbukti mampu menjalankan fungsi komunikasi data secara cepat dan

stabil, baik saat kondisi normal maupun saat sensor mengalami perubahan cepat akibat hujan atau fluktuasi pH air.

Namun, meskipun memiliki banyak kelebihan, ESP32 tetap memiliki tantangan dalam hal konfigurasi dan kebutuhan daya. Karena memiliki dua inti prosesor dan berbagai fitur bawaan, ESP32 membutuhkan konsumsi daya lebih tinggi dibandingkan mikrokontroler biasa, terutama saat *Wi-Fi* aktif. Selain itu, proses konfigurasi awal seperti pengaturan Firebase, pengelolaan keamanan data, dan sinkronisasi dengan Arduino memerlukan pemahaman teknis yang cukup dalam. Oleh karena itu, penggunaan ESP32 dalam sistem ini perlu didukung oleh perancangan *software* yang baik dan dokumentasi jaringan yang tepat agar komunikasi data dapat berjalan optimal.



Gambar 2. 1 ESP32

2.8 Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 merupakan salah satu papan mikrokontroler yang paling banyak digunakan, berbasis ATmega328P, dalam berbagai proyek elektronika dan sistem otomatisasi. Arduino Uno R3 dilengkapi dengan 14 pin digital input/output (di mana 6 di antaranya dapat berfungsi sebagai output PWM), 6 input analog, kristal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack daya, header ICSP, dan tombol reset.

Papan ini dirancang untuk memudahkan pengguna dalam menciptakan dan mengembangkan sistem tertanam (embedded systems) karena didukung oleh komunitas yang besar, dokumentasi yang komprehensif, serta kompatibilitas dengan berbagai sensor dan aktuator. Arduino Uno R3 dapat diprogram menggunakan Arduino IDE yang berbasis bahasa pemrograman C/C++.

Dalam proyek ini, Arduino Uno R3 berperan sebagai pemroses utama untuk membaca sensor seperti sensor pH, sensor suhu, dan sensor ultrasonik, sebelum data tersebut dikirim ke ESP32 untuk dikomunikasikan ke *Firestore*.

Arduino bertanggung jawab dalam mengelola logika dasar pemrosesan data sensor dan memberikan sinyal kepada aktuator berdasarkan parameter tertentu.



Gambar 2. 2 Arduino UNO R3

2.9 Sensor pH

Sensor pH ini merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tingkat asam air kolong, yang dimana pH air kolong sangat berpengaruh pada kesehatan ikan; apabila terlalu asam ikan akan stress dan kurus serta kemungkinan akan mati. Salah satu parameter kualitas air adalah pH atau tingkat keasaman. Salah satu penelitian menjelaskan bahwa organisme hidup di air tawar hanya dapat bertahan pada pH antara 6,8 - 8,0, dan perubahan pH yang terjadi pada air dapat berlangsung kapan saja[16].

Sensor pH yang digunakan pada proyek ini yaitu jenis 4502 C, Sensor pH akan mengukur kadar pH pada air kolong lalu memberikan data ke *IoT*, ketika $pH < 6$ - >8 , maka air kolong akan dikuras $\pm 20\%$ dan diganti dengan air dari sumber $\pm 20\%$.



Gambar 2. 3 Sensor pH

2.10 Sensor Suhu Air`

Suhu adalah besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu benda atau lingkungan. Sensor suhu adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu DS18B20 suhu beroperasi dalam kisaran -55°C sampai 125°C , dan memiliki tingkat keakuratan $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dalam kisaran -10°C sampai 85°C . Sensor suhu air juga sangat penting dalam ekosistem budidaya ikan air tawar, karena suhu yang terlalu rendah atau tinggi dapat menyebabkan ikan mengalami masalah kesehatan serta bisa menyebabkan kematian pada ikan. Pada proyek kali ini Sensor DS18B20 bekerja dengan menggunakan prinsip perubahan resistansi. Ketika suhu naik, resistansi sensor akan berubah, dan hal ini akan menghasilkan perubahan tegangan pada pin data. Mikrokontroler atau komputer kemudian dapat membaca perubahan tegangan tersebut dan mengonversinya menjadi suhu yang sesuai.



Gambar 2. 4 Sensor Suhu Air

2.11 Sensor Curah Hujan Ombrometer

Ombrometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur intensitas serta jumlah curah hujan di suatu daerah. Dalam konteks elektronika dan otomasi sistem pemantauan berbasis *IoT*, ombrometer sering kali diubah menjadi sensor curah hujan digital atau analog yang dapat memberikan sinyal sesuai dengan kondisi cuaca, seperti tidak hujan, hujan ringan, atau hujan lebat. Sensor ini umumnya beroperasi dengan prinsip tipping bucket (ember jungkit), di mana air hujan akan ditampung dalam wadah kecil, dan setiap tipping (jungkit) mewakili volume curah hujan tertentu.

Dalam proyek ini, sensor ombrometer dimanfaatkan untuk mendeteksi adanya hujan serta intensitasnya, karena hujan memiliki dampak yang signifikan terhadap

nilai pH air kolong. Seperti yang dijelaskan dalam penelitian Wardhani et al. (2015), air hujan memiliki sifat asam ($\text{pH} \pm 5,6$) karena mengandung senyawa karbonat yang berasal dari larutan gas CO_2 di atmosfer. Ketika air hujan masuk ke dalam kolong bekas tambang, nilai pH air akan mengalami penurunan yang drastis dan dapat membahayakan kelangsungan hidup ikan air tawar. Oleh karena itu, keberadaan sensor curah hujan dalam sistem ini sangat penting sebagai indikator awal untuk mencegah perubahan kualitas air secara mendadak.



Gambar 2. 5 Curah Hujan Ombrometer

2.12 Aktuator

Aktuator merupakan elemen dalam sistem otomasi yang berfungsi untuk mengubah sinyal elektronik dari mikrokontroler menjadi gerakan mekanis atau fisik. Dalam sistem kontrol dan pemantauan kualitas air yang berbasis Internet of Things (IoT), aktuator memiliki peran yang sangat penting untuk melakukan tindakan nyata terhadap lingkungan berdasarkan data yang diperoleh dari sensor.

Dua jenis aktuator utama yang digunakan dalam proyek ini adalah pompa air dan motor servo, yang masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam pengelolaan kualitas air kolong bekas tambang timah.

Dalam sistem ini terdapat tiga pompa dan 1 motor, yaitu:

1. Pompa 1, yang berfungsi untuk menguras air dari kolong jika nilai pH atau ketinggian air berada di luar rentang standar yang telah ditentukan.
2. Pompa 2, yang digunakan untuk mengisi air baru ke dalam kolong setelah proses pengurasan selesai, demi menjaga kestabilan kualitas air.
3. Motor DC 12 V Gearbox,, yang digunakan untuk mengaduk cairan kapur sebelum disalurkan ke air

4. Pompa 3, yang digunakan untuk menyalurkan larutan kapur yang telah diaduk ke dalam kolong sebagai penetral pH ketika nilai pH terlalu rendah atau tinggi.

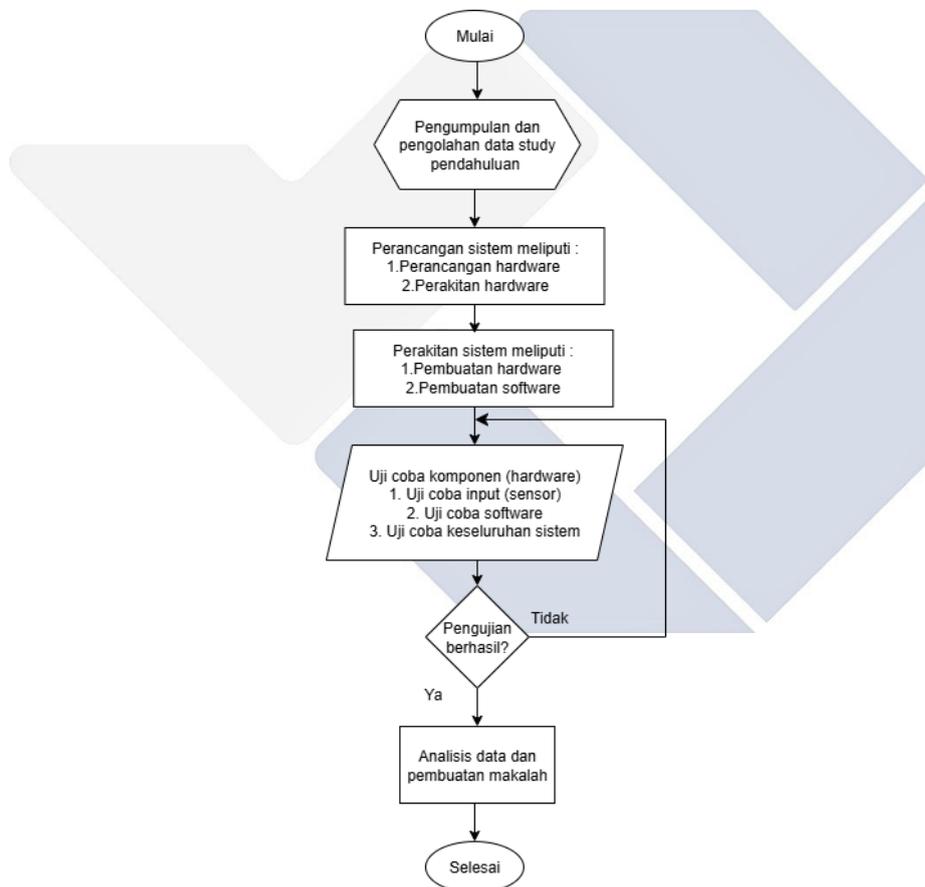
Pompa yang digunakan terdiri dari jenis pompa submersible AC dan DC, tergantung pada kebutuhan arus dan posisi pemasangan di media simulasi. Pompa-pompa ini dikendalikan melalui modul relay 4 channel yang diaktifkan oleh mikrokontroler (Arduino atau ESP32) berdasarkan nilai ambang batas dari sensor yang telah ditentukan oleh pengguna melalui aplikasi Android.



BAB III

METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Research and Development* (R&D). Metode ini merancang dan mengembangkan sebuah sistem monitoring dan kontrol. Proses pengembangan dilakukan secara bertahap mulai dari perancangan perangkat keras (*hardware*), pemrograman perangkat lunak (*software*), pengujian, hingga evaluasi kinerja sistem. berikut adalah tahapan penelitian yang disajikan dalam bentuk flowchart:



Gambar 3. 1 Flowchart alur pengerjaan

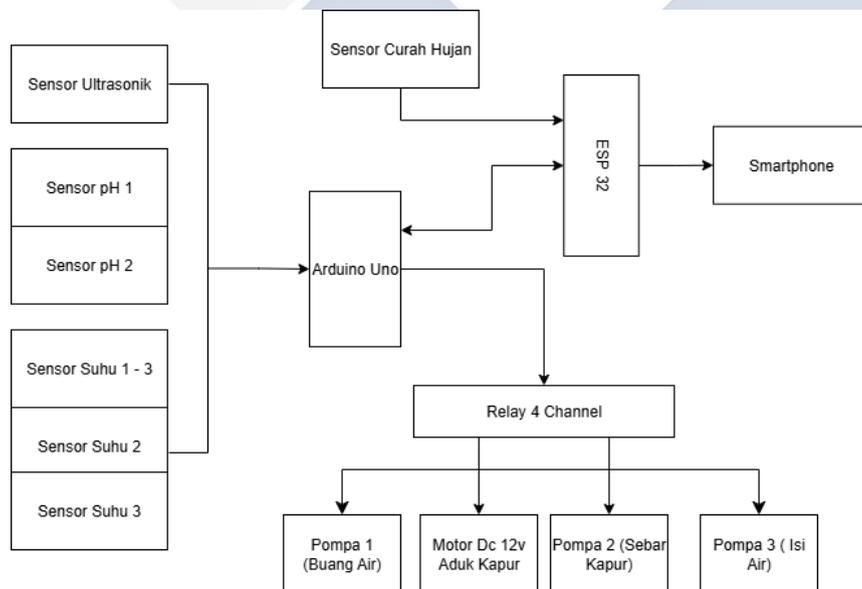
3.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap ini melibatkan survei langsung ke lokasi kolong bekas tambang timah yang sudah terbengkalai selama 5 tahun atau lebih, dikarenakan kolong timah yang berumur kisaran 5 tahun keatas termasuk kolong yang baik untuk budidaya ikan air

tawar menurut beberapa sumber jurnal maupun artikel yang telah diteliti sebelumnya. Setelah survei, peneliti melakukan studi literatur dengan mengumpulkan informasi dari jurnal penelitian mengenai sistem kontrol dan monitoring kualitas air untuk budidaya ikan air tawar berbasis *IoT*. Dari kegiatan ini, diharapkan peneliti dapat memperoleh data mengenai pH kolong yang optimal untuk budidaya ikan air tawar, serta suhu dan ketinggian air pada kolong, sehingga dapat melakukan tinjauan pustaka terkait sistem kontrol dan monitoring kualitas air pada air kolong bekas tambang timah berbasis *IoT*. Tahap selanjutnya adalah pengolahan data yang telah dikumpulkan dari berbagai sumber untuk menghasilkan gagasan baru dalam pembuatan proyek akhir ini.

3.2 Perancangan *Hardware* dan *Software* Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Kolong Untuk Budidaya Ikan Air Tawar Berbasis *IoT*

Tahap perancangan *hardware* ini berfungsi untuk mengetahui bentuk fisik alat berupa kolam, dan peletakan sensor di kolam. Daripada itu, pada alat ini akan dibuat sistem kontrol yang dapat mengatur kualitas air kolong. Sedangkan untuk perancangan *software* berfungsi untuk merancang sistem monitoring dan kontrol *IoT* pada *smartphone*.



Gambar 3. 2 Diagram Blok Alat

3.2.1 Perancangan *Hardware*

Pada tahap desain *hardware* dibagi menjadi dua kategori, yaitu desain *hardware* elektrik dan *hardware* non-elektrik. Desain *hardware* elektrik mencakup perancangan ESP 32 dan arduino yang berfungsi sebagai mikrokontroler dalam rangkaian alat ini.

Perancangan *hardware non-elektrik* dilakukan dengan membuat desain alat menggunakan aplikasi sketch-up. Adapun perancangan *hardware non-elektrik* yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Kolong tambang akan dibuat berbentuk persegi panjang dengan bahan terpal dan penyangga pipa . Kemudian untuk ukuran wadah yaitu panjang 2 meter, lebar 1 meter, serta tinggi 35 cm.
2. Penempatan sensor : Sensor pH, sensor ultrasonic, sensor curah hujan , sensor suhu DS18B20 pada kolam dan penempatan mikrokontroler (ESP 32), relay, *breadboard* pada *box panel electric*.
3. Pemasangan selang dimulai dari pompa air yang dapat menghubungkan air dari sumber air menuju kolong dan kemudian dari kolong ke pembuangan air.
4. Panell komponen dibuat dengan box dari triplek disisi kolam sebagai pusat kontrol elektrik

3.2.2 Perancangan *Software*

Pada tahap ini perancangan *software* dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

1. Pemrograman pada arduino uno untuk memaparkan data pH, suhu, dan ketinggian air serta mengontrol pergantian air dan set poin nilai parameter ketinggian air
2. Perancangan aplikasi monitoring pada android studio pada *smartphone* sehingga dapat memaparkan data sensor dan melakukan set point parameter ketinggian air melalui *smartphone*

3.3. Perakitan *Hardware*

Pada tahap perakitan *hardware* dibagi menjadi 2 bagian, yaitu *hardware electrical* dan *non-electrical*. Perakitan *hardware electrical* meliputi pemasangan mikrokontroller : ESP 32 dan Arduino, sensor : pH-4502 C , suhu DS18B20,

ombrometer, dan ultrasonik HC-SR04. Aktuator terdiri dari 3 pompa dan 1 motor DC 12v. Perakitan *hardware non-electrical* meliputi pemasangan konstruksi yang terdiri dari :

1. Pemasangan kolam simulasi dari terpal dengan kerangka pipa sebagai media simulasi kolong bekas tambang timah berukuran panjang 2 meter, lebar 1 meter dan kedalaman 35 cm dan drum sebagai media air sumber. Kolam simulasi dilengkapi box panel listrik dibagian depan dengan wadah cairan kapur disebelah kiri box panel listrik.
2. Pemasangan setiap part didalam sistem, 2 sensor pH dan 3 sensor suhu pada air kolam, sensor ultrasonik pada tengah kolam dengan tiang penyanggah dari pipa, dan sensor ombrometer dibagian tepi kolam. Pompa 1 diletakkan pada kolam simulasi untuk membuang air, pompa 2 diletakkan pada media air sumber untuk pengisian air, motor diletakkan pada wadah cairan kapur untuk pengadukan kapur, dan pompa 3 diletakkan juga pada wadah kapur untuk penyaluran kapur.

3.4. Pembuatan Software

Pembuatan *software* meliputi beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Pembuatan program arduino uno sebagai pusat kendali kurang lebih 85% bagian komponen, yaitu mengirimkan data pembacaan sensor pH-4502 C, suhu DS18B20, dan ketinggian (ultrasonik HC-SR-04) ke ESP 32.
2. Pembuatan program ESP 32 untuk menerima data sensor dari arduino dan menampilkan hasil pembacaan sensor ombrometer (curah hujan) lalu mengirimkannya ke *firebase* untuk ditampilkan di aplikasi
3. Pembuatan program aplikasi di android studio untuk tampilan *display interface* pengguna dan sebagai media kontrol jarak jauh yang meliputi :
 - a. Tampilan *splashscreen* , yaitu tampilan pertama disaat aplikasi dibuka
 - b. Tampilan menu login , yaitu tampilan untuk login pengguna
 - c. Tampilan menu utama (dashboard kontrol), yaitu tampilan keseluruhan yang menampilkan hasil data dari ESP 32.
 - d. Tampilan kontrol manual, yaitu menu untuk mengontrol penyalan aktuator secara manual

3.5. Uji Coba *Hardware*

Uji coba *hardware* dilakukan untuk memastikan bahwa sistem control perangkat keras sudah siap untuk diintegrasikan dengan *platform IOT (software)*. Adapun beberapa tahap dalam uji coba *hardware* meliputi : Uji coba input dan uji coba output.

3.5.1. Uji Coba Input

Uji coba input merupakan pengujian yang dilakukan terhadap komponen – komponen yang menjadi sumber masukan atau parameter dalam sistem control dan monitoring. Hal ini meliputi komponen – komponen berikut :

1. Sensor pH-4502 C
Meliputi proses kalibrasi dan uji coba akurasi pembacaan pH pada air.
2. Sensor DS18B20
Meliputi pengujian akurasi pembacaan dan kepekaan sensor terhadap perubahan suhu yang terjadi.
3. Sensor Ultrasonik HC - SR04
Meliputi pengujian akurasi pembacaan dan kepekaan sensor terhadap perubahan ketinggian yang terjadi pada air
4. Sensor Ombrometer (Curah Hujan).
Meliputi pengujian akurasi pembacaan dan kepekaan sensor terhadap perubahan cuaca terkhusus hujan yang terjadi.

3.5.2. Uji Coba Output

Uji coba output merupakan pengujian terhadap keseluruhan integrasi komponen *hardware* yang dimana, parameter diatur dari sensor – sensor yang telah berhasil diuji untuk pengaktifan output (aktuator) yang digunakan. Disini output yang digunakan merupakan 2 unit pompa AC untuk proses pengurasan dan penambahan air pada sistem , satu unit motor DC untuk pengatukan cairan kapur, dan satu unit pompa DC untuk penebaran kapur penetralisir pH.

3.5.3. Uji Coba *Software*

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengiriman data dari sistem ke aplikasi dan dari aplikasi ke sistem melalui *firebase* yang meliputi :

1. Uji coba kecocokan data di aplikasi dan serial monitor

2. Uji coba input parameter ketinggian air dan mengirimkannya ke *firebase*

3.6. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan merupakan tahap akhir dari sistem monitoring dan kontrol pada proyek yang dibuat. Pada proses ini dilakukan pengujian apakah sinkronisasi data yang dikirim ke platform *IoT (software)* tepat secara *real time*. Media kolam digunakan sebagai simulasi pengganti dari kolong bekas tambang timah. Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui alat yang dibuat apakah berkerja dengan baik dengan hasil data yang dapat dibandingkan dengan penelitian – penelitian sebelumnya.

3.7. Analisis Data dan Pembuatan Makalah

Tahap selanjutya adalah tahap terakhir dari keseluruhan proyek akhir ini, yaitu melakukan analisa terhadap data yang telah dihasilkan dari pengujian yang sudah dilakukan secara keseluruhan. Jika hasil yang diterima belum sesuai dengan target yang diinginkan maka dilakukan pengujian kembali hingga dihasilkan nilai yang diinginkan. Setelah data terkumpul dan berhasil Analisa, maka dilanjutkan dengan pembuatan makalah proyek akhir , yang meliputi pendahuluan, landasan teori, metode pelaksanaan, pembahasan, kesimpulan dan saran, serta daftar pustaka .

BAB IV

PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan Langkah dalam pengerjaan proyek akhir yang sudah dipaparkan pada bab sebelumnya. Secara umum uraian bab ini mengenai ;

1. Deskripsi Alat
2. Perancangan dan pembuatan *hardware* "Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Air Kolong Bekas Tambang Timah untuk Budidaya Ikan Air Tawar Berbasis *IoT*"
3. Perancangan dan pembuatan *software* sistem kontrol (*IoT*) *interface*.
4. Pengujian sistem
5. Hasil alat

4.1. Deskripsi Alat

Sistem kontrol dan monitoring kualitas air pada air kolong bekas tambang timah untuk budidaya ikan air tawar menggunakan media kolam dengan ukuran panjang 2 meter x lebar 1 meter x tinggi 50cm sebagai bentuk konstruksi simulasi dari kolong bekas tambang timah , dengan berbasis *Internet Of Things (IoT)* alat ini dimanfaatkan untuk melakukan pemantauan kualitas air pada kolong bekas tambang timah dengan 4 inputan yaitu sensor pH, sensor suhu, sensor ketinggian (jarak), dan sensor curah hujan. Selain input, ada juga output yang meliputi 3 aktuator, yaitu 2 unit pompa untuk menguras dan mengisi air pada kolong bekas tambang timah juga 1 unit motor servo untuk penebaran kapur penetralisir pH.

4.2. Perancangan dan Pembuatan *Hardware* Elektrik

Perancangan rangkaian elektrik dilakukan untuk mempermudah dalam proses pembuatan alat . Rancangan ini menjadi sketsa dalam penempatan setiap komponen yang ada, baik itu dari komponen input, mikrokontroller, *gateway*, hingga *interface controller (IoT)*. Komponen yang digunakan yaitu ;

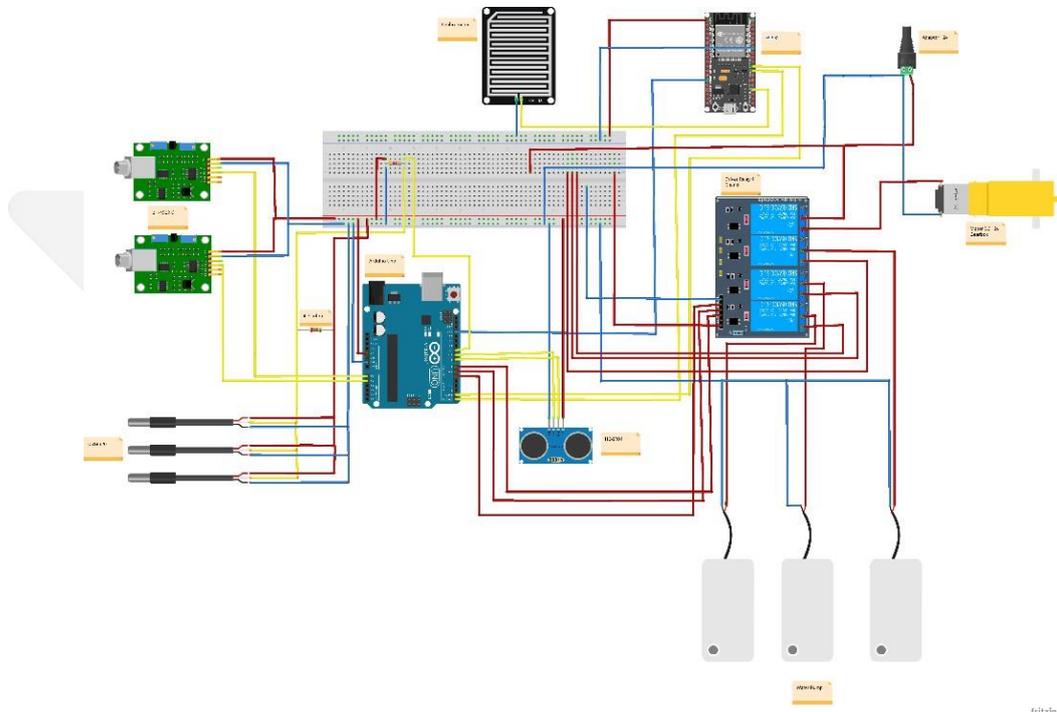
- Input : 2 buah sensor pH – 4502 C , 3 buah sensor suhu DS18B20, sensor ombrometer (curah hujan) , sensor ultrasonic.

- Aktuator : 2 buah pompa AC, 1 buah pompa DC, dan 1 buah motor DC *gearbox*
- Mikrokontroler : Arduino dan ESP 32

Proses perancangan perangkat keras elektrik untuk sistem kontrol dan pemantauan kualitas air adalah sebagai berikut:

1. Desain skema rangkaian menggunakan aplikasi Fritzing.

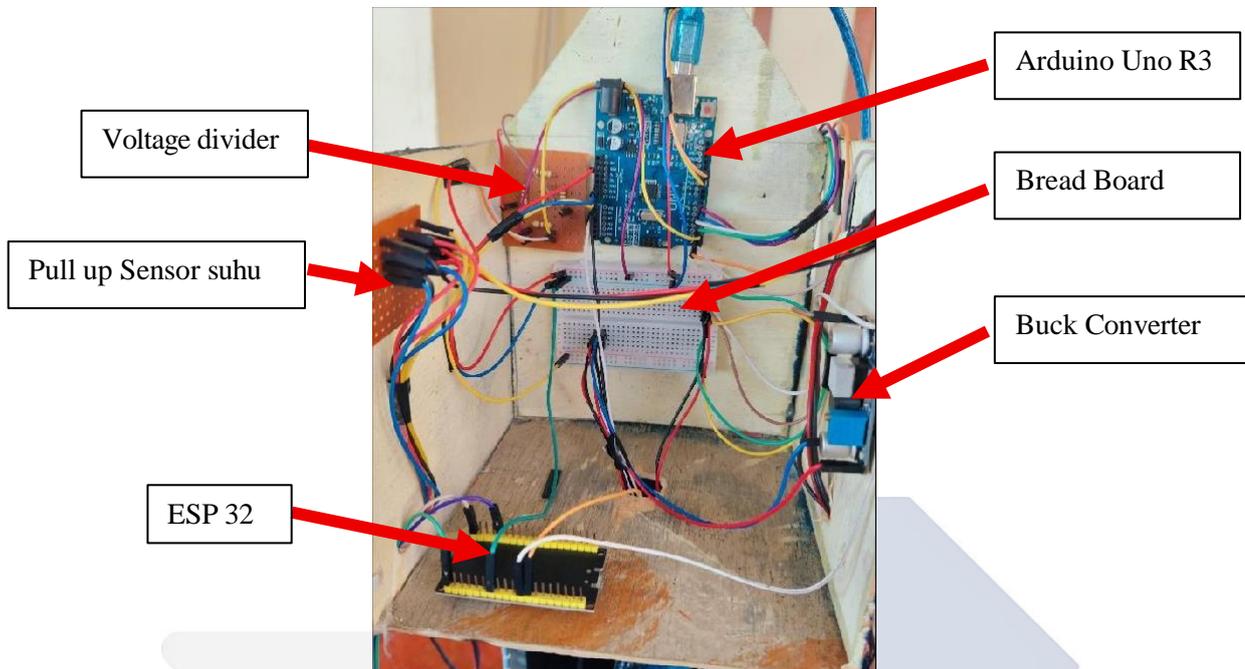
Pembuatan desain ini bertujuan untuk mempermudah proses perakitan perangkat keras elektrik. Rangkaian dan skema pengkabelan dari komponen yang digunakan dapat dilihat pada 4.1



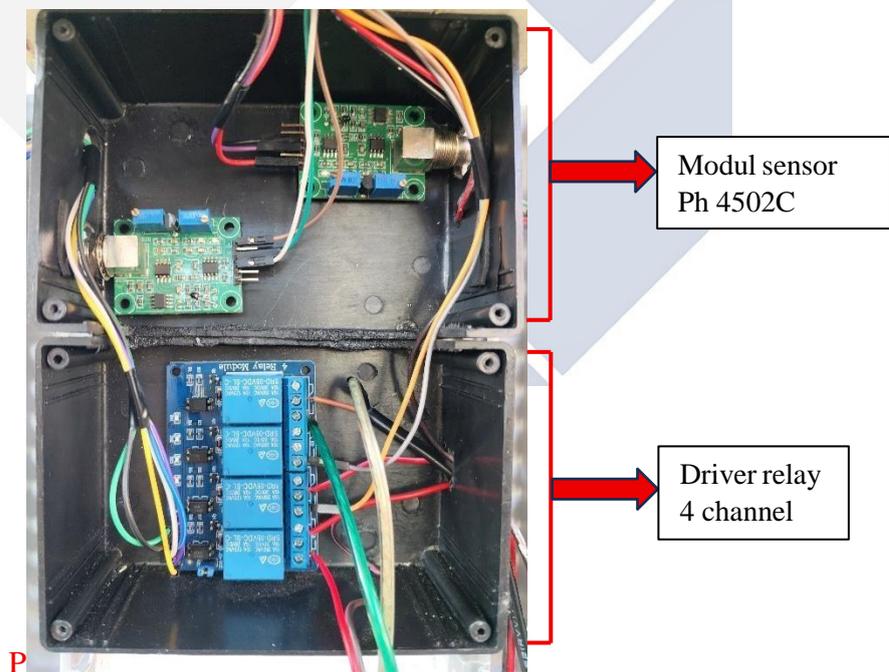
Gambar 4. 1 Rancangan Rangkaian Electrical

2. Memasang semua komponen di dalam box panel dengan cara menghubungkan sensor pH, sensor suhu, sensor ultrasonik, relay 4 channel, motor, dan pompa ke Arduino. Sensor ombrometer dihubungkan ke pin serial ESP 32 dan koneksi transfer data melalui pin RX/TX dari arduino/ESP 32.

a. Panel utama



b. Box modul pH dan driver relay



Gambar 4. 2 Rangkaian Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air :
a) Panel utama, b) Box modul pH dan driver relay

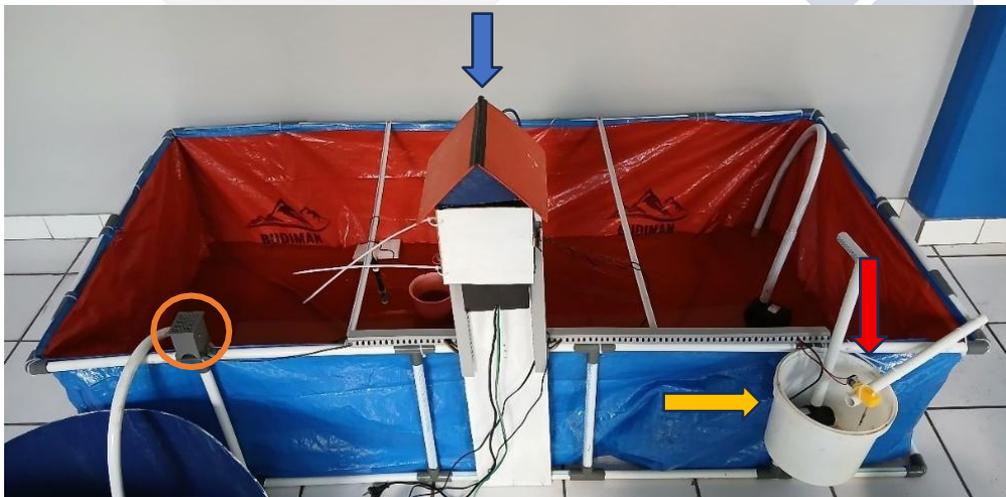
Di atas memperlihatkan bagian dalam panel kontrol sistem otomatisasi yang terdiri dari rangkaian elektronika dan mikrokontroler. Beberapa komponen utama

seperti Arduino Uno, ESP32, modul relay, breadboard, dan banyak kabel jumper yang menghubungkan sensor-sensor ke mikrokontroler dapat terlihat. Penempatan komponen dilakukan secara vertikal dengan dua tingkat: bagian atas digunakan untuk sirkuit pengendali dan pemrosesan data (seperti Arduino dan ESP32), sedangkan bagian bawah menampung modul sensor pH, dan tingkat 3 berisikan *driver* relay kontrol.

Rangkaian ini berfungsi sebagai pusat kendali sistem monitoring dan otomasi, di mana sensor-sensor seperti pH, suhu, ultrasonik, dan ombrometer mengirimkan data ke mikrokontroler untuk diproses dan diteruskan ke *platform IoT*. Relay yang terhubung berfungsi untuk mengendalikan aktuatur pompa dan motor secara otomatis berdasarkan data sensor. Penataan kabel yang cukup padat menunjukkan kompleksitas sistem, namun tetap menunjukkan struktur yang berfungsi secara modular dan integratif.

4.3. Perancangan dan Pembuatan *Hardware Non Elektrik*

4.3.1. Tampak Depan

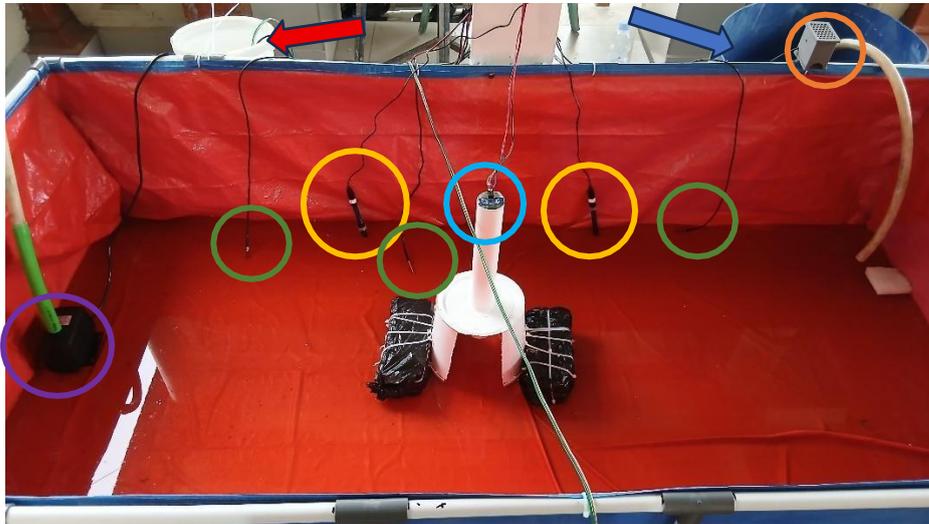


Gambar 4. 3 Tampak Depan Kontruksi

Keterangan :

1. Panah warna biru merupakan rumah panel rangkaian elektrik
2. Lingkaran orange merupakan sensor hujan ombrometer
3. Panah merah motor pengaduk cairan kapur
4. Panah kuning merupakan wadah cairan kapur

4.3.2. Tampak Dalam



Gambar 4. 4 Tampak Dalam Kontruksi

Keterangan :

1. Lingkaran warna kuning menandai 2 sensor pH-4502 C pada konstruksi
2. Lingkaran warna hijau menandai 3 sensor suhu DS18B20 pada konstruksi
3. Lingkaran warna biru menandai posisi / letak sensor ultrasonnik (ketinggian air)
4. Warna ungu menandakan pompa 1 untuk menguras air
5. Warna coklat menandakan sensor curah hujan (ombrometer)
6. Panah biru menandakan pompa 2 untuk mengisi air dari air sumber
7. Panah warna merah menandakan lokasi motor pengaduk cairan kapur dan pompa 3 untuk menyalurkan kapur.

di atas adalah konstruksi dari alat yang telah dibuat, yang terlihat terdiri dari simulasi kolong uji yang terbuat dari terpal berwarna oranye dan biru, dibentuk dengan rangka pipa PVC sebagai penopang. Di dalamnya terdapat beberapa komponen sistem, seperti pompa air, sensor-sensor (seperti sensor suhu dan sensor pH), serta pipa-pipa distribusi air yang terhubung ke panel.

Selain itu, juga terlihat bagian atap pelindung yang berfungsi untuk menutupi sebagian sistem elektronik dan sensor dari paparan langsung sinar matahari atau hujan. Penataan kabel dan perangkat lainnya menunjukkan bahwa sistem ini telah dirakit secara fungsional untuk mendukung proses monitoring otomatis yang berkaitan dengan parameter kualitas air pada media budidaya.

4.4 Perancangan dan Pengujian *Software* Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air

4.4.1. Pembuatan *Software Interface* Pada *Smartphone*

Pembuatan *software interface* dilakukan untuk membuat tampilan aplikasi yang akan digunakan pengguna selama proses monitoring sistem. Pembuatan ini dilakukan menggunakan android studio yang berisikan 4 layout, yaitu layout *splashscreen*, layout login, layout dashboard utama, dan layout kontrol manual. Berikut proses pembuatan aplikasi menggunakan android studio .

1. Tampilan *Splashscreen*

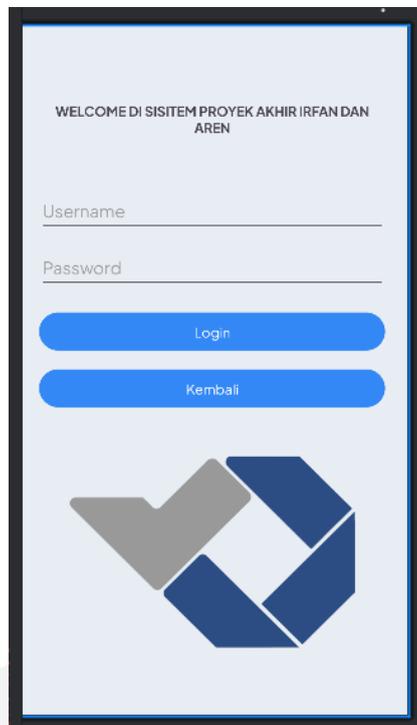
Splashscreen merupakan tampilan pertama yang muncul pada saat aplikasi dibuka, ini terjadi dengan delay 3 detik sebelum aplikasi berjalan ke menu selanjutnya , yaitu menu login.



Gambar 4. 5 Tampilan splashscreen

2. Menu Login

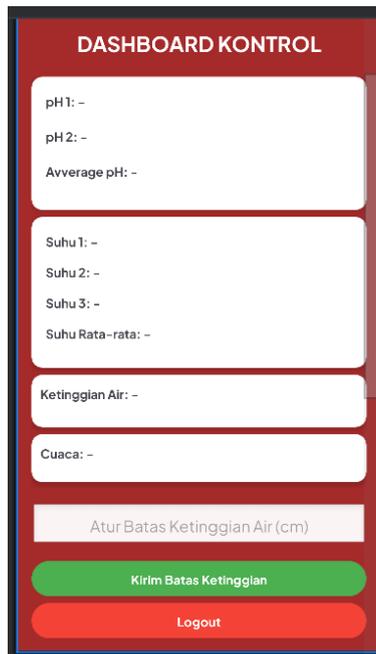
Tepat setelah *splashscreen* selesai, menu login akan muncul. Menu login merupakan tampilan untuk pengguna memasukkan email/*username* beserta password pada aplikasi , yang berisi *textView* untuk judul pada menu, *editText* untuk memasukan *username*/email dan password dan 2 button, yaitu login dan kembali. Setelah tombol login ditekan, maka aplikasi akan masuk ke dalam menu utama.



Gambar 4. 6 Tampilan Menu Login

3. Menu Utama

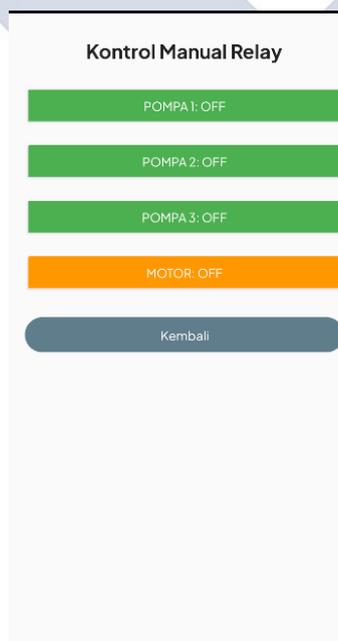
Menu utama merupakan pusat dashboard aplikasi yang berisi semua data dari *firebase* , *firebase* menerima data dari ESP32 lalu mengirimkannya di aplikasi. Menu utama ini menampilkan data – data tersebut termasuk mengatur parameter ketinggian air yang akan digunakan pada sistem. Menu ini berisikan data sensor pH 1 dan 2, beserta *avverage* (rata – rata) pembacaannya, data sensor suhu 1,2, dan 3, beserta *avverage* (rata – rata) pembacaannya, pembacaan sensor ultrasonik (ketinggian air), pembacaan sensor ombrometer (curah hujan), pengaturan pengiriman parameter ketinggian air , tombol kirim parameter ketinggian air yang akan mengirim batas tinggi air ke *firebase* lalu ke ESP32 (sistem), dan tombol kembali untuk ke menu login.



Gambar 4. 7 Tampilan Menu Utama

4. Menu Kontrol Aktuator Manual

Kontrol pompa manual digunakan untuk memberi perintah kepada arduino untuk menjalankan aktuator yang diinginkan secara manual. Aktuator terdiri dari 3 pompa dan 1 motor. Pada layout kontrol manual ini terdapat tombol dalam proses pengaktifannya.



Gambar 4. 8 Tampilan Menu Kontrol Aktuator (Relay)

4.4.2. Pembuatan *Firebase*

Firebase merupakan jembatan yang menghubungkan data dari ESP32 ke *software IoT*. *Firebase* berfungsi menyimpan data dari ESP32 dan data yang tersimpan di *firebase* akan dibaca oleh *software IoT* untuk ditampilkan ke pengguna. Berikut merupakan struktur *firebase* yang telah dibuat yang berisikan di dalam path monitoring terdapat seluruh data yang dikirim dari ESP 32 dan di path pengaturan merupakan data parameter ketinggian air yang diseting dari aplikasi untuk dikirim ke ESP 32.



Gambar 4. 9 Struktur *Firebase*

4.5. Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan satu persatu untuk melihat apakah sensor – sensor berfungsi seperti seharusnya sebelum diintegrasikan dengan komponen – komponen lain yang ada.

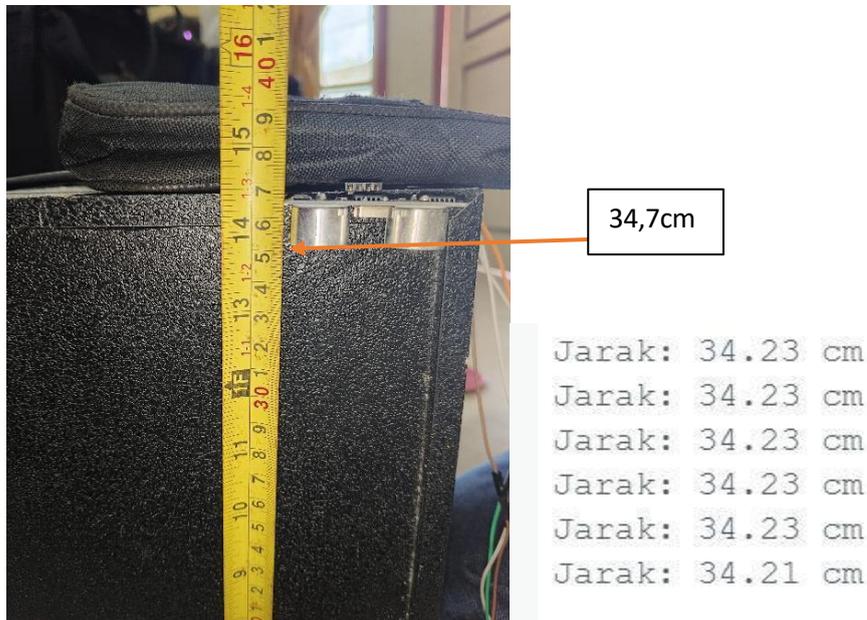
4.5.1 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur manual yang tersedia, disini alat pembanding yang digunakan adalah penggaris. Dibawah ini merupakan hasil data pengujian yang disajikan dalam bentuk.

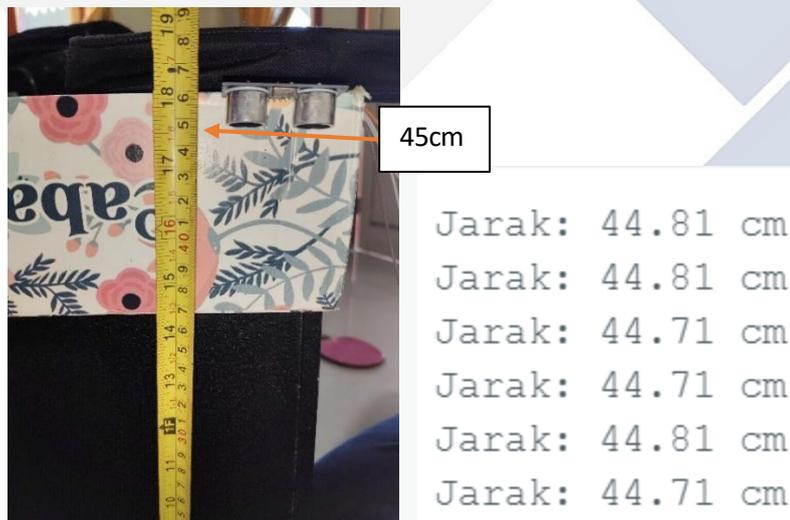
No	Pembacaan Sensor (cm)	Tinggi Media (cm)	Error (%)
1	34,23	34,8	1,35
2	15,90	16	0,63
3	28,99	29	0,03
4	44,81	45	0,42
5	22,98	23	0,09

Tabel 4. 1 Data hasil uji sensor ultrasonic

a) Pengujian 1 , sensor ultrasonik



b) Pengujian 2, sensor ultrasonik



Gambar 4. 10 Pengujian sensor ultrasonic :

a) Pengujian 1 , sensor ultrasonik, b) Pengujian 2, sensor ultrasonik

Berdasarkan hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 terhadap lima sampel pengukuran, sensor ini menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik dengan rata-rata kesalahan hanya sebesar 0,42%. Selisih antara pembacaan sensor dan tinggi media aktual berada dalam rentang yang sangat kecil (kurang dari 1 cm), yang menunjukkan bahwa sensor beroperasi dengan presisi tinggi. Kesalahan tertinggi tercatat sebesar 1,35% pada pengukuran pertama dengan ketinggian 34,8 cm, yang

kemungkinan disebabkan oleh gangguan lingkungan seperti pantulan gelombang yang tidak sempurna atau kondisi permukaan objek.

Secara keseluruhan, performa sensor HC-SR04 tergolong stabil dan konsisten dalam berbagai jarak pengukuran (34 – 45 cm), menjadikannya andal untuk aplikasi pemantauan ketinggian cairan, sistem parkir otomatis, serta alat ukur sederhana lainnya. Dengan tingkat kesalahan yang rendah, sensor ini sangat layak digunakan dalam berbagai proyek berbasis mikrokontroler yang memerlukan deteksi jarak secara real-time.

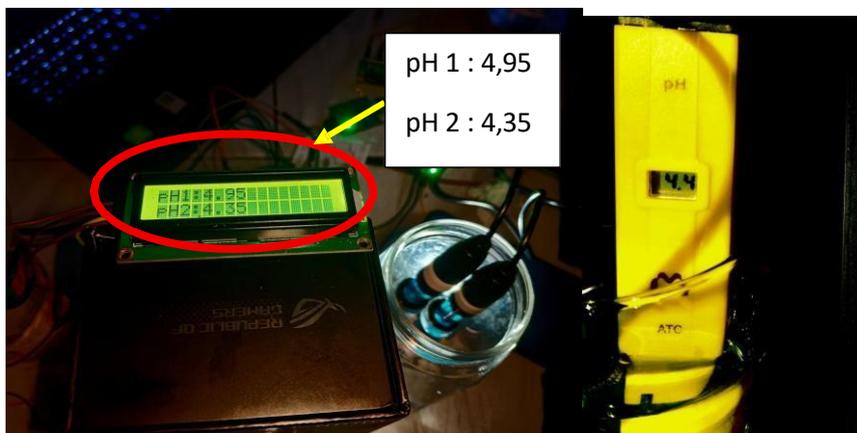
4.5.2 Pengujian Sensor pH-4502 C

Pengujian sensor pH dilakukan dengan menguji kedua sensor pH yang telah terkalibrasi dengan membaca selisih perbandingan hasil pembacaan dengan alat ukur untuk mendapatkan presentasi error dari pembacaan sensor. Pengujian ini dilakukan di beberapa media air dengan pH yang berbeda – beda. Berikut merupakan hasil data dari pengujian sensor pH yang disajikan dalam bentuk tabel.

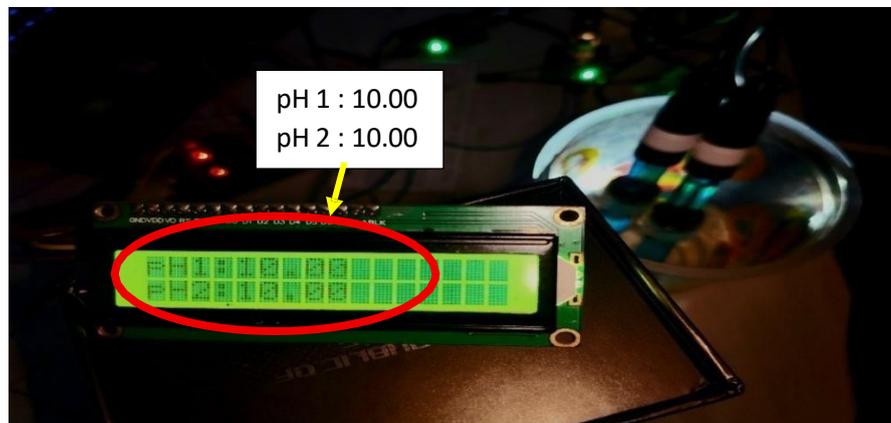
No	Pembacaan Sensor pH 1	Pembacaan Sensor pH 2	pH Meter	Error (%)
1	4,95	4,35	4,4	5,68
2	10	10	10,02	0,20
3	6,63	6,50	6,7	2,01
4	7,36	7,33	7,45	1,01
Persentase error total rata – rata nilai pH				2,33%

Tabel 4. 2 Data pengujian sensor pH

a. Nilai sensor pH pada LCD dan pH meter di larutan air dengan pH 4,4



b. Nilai pH ketika kedua sensor pH dicelupkan ke larutan buffer 10



c. Tampilan nilai pH 10 pada pH Meter



Gambar 4. 11 Pengujian Sensor pH :

- Nilai sensor pH pada LCD dan pH meter di larutan air dengan pH 4,4
- Nilai pH ketika kedua sensor pH dicelupkan ke larutan buffer 10
- Tampilan nilai pH 10 pada pH Meter

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor pH 1 dan pH 2 menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik dibandingkan dengan nilai acuan dari pH meter. Rata-rata persentase kesalahan dari keempat sampel hanya sebesar 2,63%, yang masih tergolong rendah dan dapat diterima untuk sistem pemantauan kualitas air berbasis mikrokontroler.

Pada pengujian pertama, kesalahan relatif tinggi (5,68%) disebabkan oleh perbedaan signifikan antara kedua sensor dengan nilai acuan — hal ini bisa terjadi

karena stabilitas larutan belum merata atau karena sensor belum sepenuhnya dikalibrasi pada saat itu. Sedangkan pada pengujian kedua (pH 10), kesalahan sangat kecil (0,20%) yang menunjukkan bahwa sistem membaca kondisi basa dengan baik. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemantauan pH dengan akurasi yang cukup memadai untuk keperluan kontrol otomatis air berbasis *IoT*. Koreksi atau kalibrasi lanjutan hanya perlu difokuskan pada rentang pH rendah (asam) untuk meningkatkan akurasi sensor.

4.5.3 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu dilakukan dengan menguji ketiga sensor suhu dengan alat ukur pembanding yaitu termometer digital untuk mengetahui tingkat keakuratan dari pembacaan sensor. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan erbagai jenis kondisi suhu air, dari air mineral normal, panas , hingga dingin Berikut hasil pengujian yang disajikan dalam bentuk tabel .

No	Pembacaan Sensor Suhu 1	Pembacaan Sensor Suhu 2	Pembacaan Sensor Suhu 3	Suhu Termometer	Error (%)
1	35,94	35	35,19	36,10	2,00
2	5,31	5,44	5,13	5,40	2,04
3	71,9	71,12	71,31	71,06	0,53
Persentase error total rata – rata sensor suhu					1,52

Tabel 4. 3 Data Hasil Uji Coba Sensor Suhu

a. Pengujian sensor suhu pada air panas



b. Pengujian sensor suhu pada air hangat



c. Pengujian sensor suhu pada air dingin



Gambar 4. 12 Pengujian sensor suhu :

- a) Pengujian sensor suhu pada air panas
- b) Pengujian sensor suhu pada air hangat
- c) Pengujian sensor suhu pada air dingin

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap tiga sensor suhu DS18B20, ditemukan bahwa rata-rata pembacaan sensor menunjukkan selisih yang kecil dibandingkan dengan nilai referensi dari termometer. Persentase kesalahan tertinggi terjadi pada pengukuran suhu rendah (sekitar 5°C) dengan kesalahan sebesar 2,04%, sedangkan kesalahan terendah terjadi pada pengukuran suhu tinggi (sekitar 71°C) dengan kesalahan sebesar 0,53%. Hal ini mengindikasikan bahwa

akurasi sensor cukup baik, terutama pada suhu tinggi di mana kestabilan pembacaan meningkat.

Secara keseluruhan, persentase kesalahan total rata-rata sensor hanya mencapai 1,52%, yang masih tergolong rendah dan menunjukkan bahwa sensor suhu DS18B20 cukup andal serta layak digunakan dalam aplikasi pemantauan suhu. Konsistensi pembacaan ketiga sensor yang saling berdekatan juga memperkuat validitas hasil, serta menunjukkan bahwa sensor ini mampu beroperasi secara stabil dalam berbagai rentang suhu.

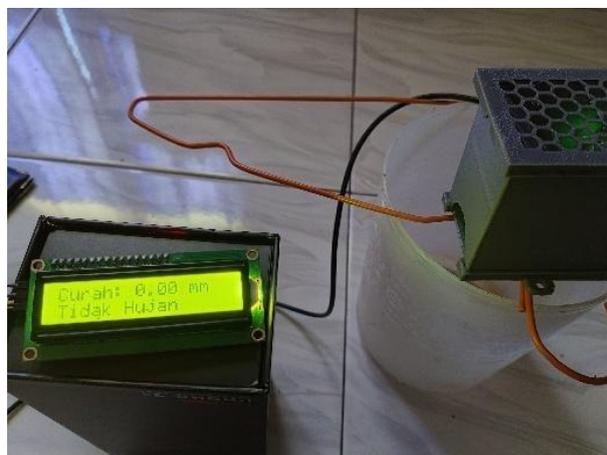
4.5.4 Pengujian Sensor Curah Hujan (Ombrometer)

Pengujian sensor curah hujan dilakukan untuk memastikan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik untuk mengirim data tentang kondisi hujan yang dibagi menjadi tiga kategori, tidak hujan, hujan ringan, dan hujan lebat karena hujan akan mempengaruhi kadar pH yang ada pada air kolong. Berikut merupakan data hasil pengujian yang disajikan dalam bentuk .

No	Pembacaan Sensor Ombrometer	Curah Hujan (mm)
1	Tidak Hujan	0,00
2	Hujan Sedang	1.40
3	Hujan Lebat	6,30

Tabel 4. 4 Data uji coba sensor curah hujan Ombrometer

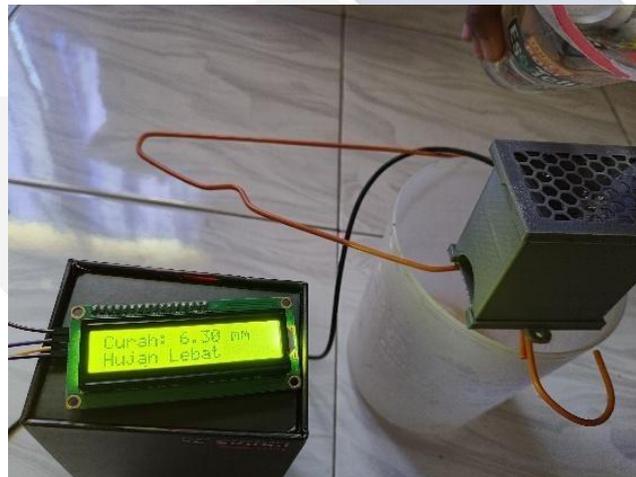
a. Pengujian Kondisi Tidak Hujan



b. Pengujian Kondisi Hujan Sedang



c. Pengujian Kondisi Hujan Lebat



Gambar 4. 13 Pengujian sensor ombrometer
a) Pengujian Kondisi Tidak Hujan
b) Pengujian Kondisi Hujan Sedang
c) Pengujian Kondisi Hujan Lebat

Berdasarkan hasil pengujian sensor Ombrometer, sensor ini dapat membedakan intensitas hujan menjadi tiga kategori, yaitu Tidak Hujan, Hujan Sedang, dan Hujan Lebat. Data menunjukkan bahwa ketika tidak ada hujan, sensor mencatat pembacaan curah hujan sebesar 0,00 mm, yang sesuai dengan kondisi aktual. Ketika terjadi hujan sedang, tercatat curah hujan sebesar 1,40 mm, dan pada kondisi hujan lebat, tercatat 6,30 mm.

Dari pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa sensor ombrometer mampu mengklasifikasikan intensitas hujan secara kualitatif dan kuantitatif dengan cukup

baik. Korelasi antara kategori pembacaan sensor dan nilai curah hujan menunjukkan bahwa sensor ini dapat digunakan untuk pemantauan cuaca sederhana serta sistem peringatan dini yang berbasis pada intensitas curah hujan.

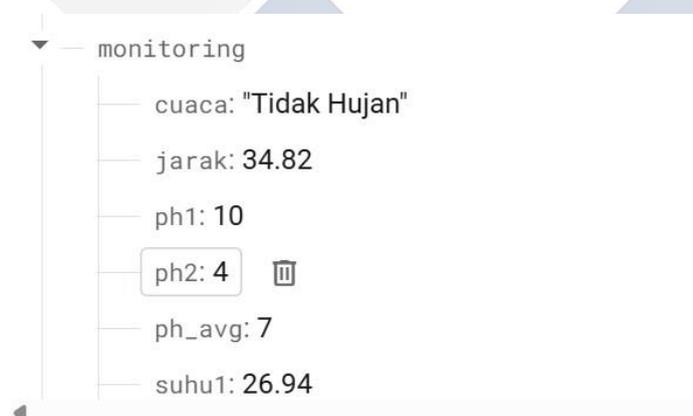
4.6. Pengujian *Software*

Pengujian *software* dilakukan dengan melihat kecocokan data yang ditampilkan antara serial monitor – *firebase* – aplikasi (*software IoT*). Apakah aplikasi mampu menampilkan data secara realtime berdasarkan hasil pembacaan sensor atau tidak.

```
12:16:33.892 -> ✓ Data sensor dikirim ke Firebase
12:16:34.934 -> 📡 Relay Semua: RELAYS:BUANG=OFF,KAPUR=OFF,TAMBAH=OFF,CADANGAN=OFF
12:16:50.991 -> 🌧️ Cuaca: Hujan Sedang | ADC: 4
12:16:52.222 -> 📡 Data Diterima: 10.00,4.00,7.00,26.94,27.00,27.00,35.33
12:16:55.448 -> ✓ Data sensor dikirim ke Firebase
12:16:56.536 -> 📡 Relay Semua: RELAYS:BUANG=OFF,KAPUR=OFF,TAMBAH=OFF,CADANGAN=OFF
```

Gambar 4. 14 Hasil Pembacaan Data Realtime Serial Monitor

Diatas merupakan tampilan serial monitor pada arduino IDE dalam proses uji coba dengan keseluruhan data dari sistem. Yang menjadi acuan apakah aplikasi(*software*) mampu membaca data secara realtime.



Gambar 4. 15 Cuplikan Pembacaan Data Realtime Firebase

diatas merupakan cuplikan pembacaan data oleh database dari ESP 32. Data yang diterima bernilai sama seperti serial monitor.



Gambar 4. 16 Pembacaan Data Realtime Oleh Aplikasi Smartphone diatas menunjukkan bahwa aplikasi mampu membaca data secara realtime dari *firebase* dan ESP 32. Dapat disimpulkan bahwa proses transfer data dari arduino > ESP 32 > *Firestore* > *Software*.



Gambar 4. 17 Tampilan Pembacaan Perintah Parameter Dari Software Diatas merupakan pembacaan database dari perintah parameter pH dan ketinggian air yang dikirim oleh *software*.



Gambar 4. 18 Tampilan Aplikasi Disaat Mengirim Perintah Parameter diatas menunjukkan perintah yang diberikan aplikasi untuk baris pertama (5) sebagai parameter pH minimum, baris kedua (10) sebagai parameter pH maksimum, dan baris terakhir atau ketika (8) sebagai ketinggian air. Dilihat dari data yang ditampilkan database, aplikasi mampu memberi perintah langsung ke database dengan tepat, komunikasi data dari aplikasi > *Firestore* > ESP32 > Arduino berjalan semestinya.

4.7. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk melihat hasil pembacaan data secara keseluruhan melalui aplikasi dan serial monitor.

Uji Coba Keseluruhan									
	pH1	pH2	pHA	Suhu1	Suhu2	Suhu3	SuhuA	Ketinggian	Hujan
Aplikasi	7.00	6.58	6.79	25.94	25.67	25.30	25.63	35.68 cm	Tidak
S.Monitor	7.00	6.58	6.79	25.94	25.67	25.30	25.63	35.68 cm	Tidak
Jeda 10 menit									
Aplikasi	7.40	6.40	6.90	25.80	25.42	26.05	25.75	35.68 cm	Tidak

S.Monitor	7.40	6.40	6.90	25.80	25.42	26.05	25.75	35.68 cm	Tidak
Jeda 15 menit (Diteteskan air 2 menit (ombrometer))									
Aplikasi	6.57	5.98	6.27	23.28	23.56	23.43	23.42	35.68 cm	Lebat
S.Monitor	6.57	5.98	6.27	23.28	23.56	23.43	23.42	35.68 cm	Lebat
Jeda 20 menit (Berhenti total penetesan air pada ombrometer)									
Aplikasi	6.70	5.40	6.05	23.45	23.32	23.34	23.37	35.68	Sedang
S.Monitor	6.70	5.40	6.05	23.45	23.32	23.34	23.37	35.68	Sedang

Tabel 4. 5 Uji Coba Keseluruhan *Hardware + Software*

Uji coba ini dilaksanakan untuk mengamati kinerja sistem *IoT* yang memantau kualitas air berbasis ESP32 dan Arduino. Sistem ini memantau pH, suhu, ketinggian air, serta kondisi cuaca menggunakan sensor ombrometer, dengan data yang dikirim ke *Firestore* dan ditampilkan di aplikasi Android.

Hasil dari uji coba menunjukkan bahwa data yang diperoleh dari aplikasi dan Serial Monitor selalu identik pada setiap interval waktu. Hal ini membuktikan bahwa komunikasi antara perangkat dan *Firestore* berjalan dengan baik dan sinkron.

Pada awal pengujian, nilai pH berada pada kisaran netral (6.79). Setelah 10 menit, pH sedikit meningkat (6.90), namun setelah hujan buatan (dari ombrometer) selama 2 menit, pH menurun drastis menjadi 6.27 dan semakin turun menjadi 6.05 saat hujan berhenti. Ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi pengaruh hujan terhadap penurunan pH dengan akurat.

Suhu air juga mengalami penurunan dari sekitar 25°C menjadi 23.42°C saat hujan, yang menandakan bahwa sensor suhu berfungsi responsif terhadap perubahan. Sementara itu, ketinggian air tetap stabil di 35.68 cm karena volume air hujan yang kecil. Sistem ini juga berhasil mengklasifikasikan kondisi cuaca dengan tepat: “Tidak Hujan”, “Hujan Lebat”, dan “Hujan Sedang”, sesuai dengan jumlah tipping dari ombrometer.

Secara keseluruhan, sistem ini terbukti mampu melakukan pemantauan kualitas air secara real-time, akurat, dan responsif terhadap perubahan lingkungan, sehingga siap digunakan dalam aplikasi budidaya ikan air tawar di kolong bekas tambang.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Hasil pengujian alat yang berjudul “Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Air Kolong Bekas Tambang Timah untuk Budidaya Ikan Air Tawar Berbasis *IoT*” menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring kualitas air kolong berbasis IoT telah berhasil dirancang dan diimplementasikan secara otomatis dan real-time. Sistem ini mampu memantau parameter penting seperti pH, suhu, ketinggian air, dan curah hujan secara efektif melalui integrasi sensor dan aplikasi Android.
2. Sistem berhasil mengontrol kualitas air kolong dengan mempertahankan nilai pH tetap berada dalam kisaran standar budidaya ikan air tawar. Ketika nilai pH tidak sesuai, sistem secara otomatis menjalankan aktuator seperti pompa penguras dan penambah air, serta penebar kapur untuk menetralkan pH.
3. Data sensor curah hujan dapat dimanfaatkan dalam sistem sebagai parameter yang memengaruhi kestabilan pH. Ketika terjadi hujan deras, sistem dapat merespon dengan proses pengendalian air secara otomatis untuk mencegah penurunan pH akibat masuknya air hujan yang bersifat asam.

5.2. Saran

Dari hasil pengerjaan alat ini , apabila alat ini akan dikembangkan lebih lanjut, saran dari penulis yaitu :

1. Membuat sistem kerja yang langsung pada implementasi dunia nyata, bukan hanya simulasi
2. Menambahkan indikator sistem yang bervariasi dengan mengembangkan *software IoT*

3. Menerapkan konstruksi yang lebih kompleks dengan perangkat – perangkat tambahan , seperti penerangan dan alarm



DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kurniawan *et al.*, “IDENTIFIKASI VEGETASI PADA KOLONG PASCATAMBANG TIMAH DI DESA NIBUNG DAN RIDING PANJANG KEPULAUAN BANGKA BELITUNG IDENTIFICATION OF VEGETATION IN POST-TIN MINING COLLECTORS IN NIBUNG AND RIDING PANJANG VILLAGES OF BANGKA BELITUNG ISLANDS.”
- [2] Andri Kurniawan, Eva Prasetiyono, and Denny Syaputra, “Analisis Korelasi Parameter Kualitas Perairan Kolong Pascatambang Timah dengan Umur Berbeda,” *Samakia : Jurnal Ilmu Perikanan*, vol. 11, no. 2, pp. 91–100, Oct. 2020, doi: 10.35316/jsapi.v11i2.824.
- [3] Euis Asriani, “DETERMINATION OF pH FOR PREDICTING WATERS QUALITY ON KOLONG OF TIN POST-MINING AT BANGKA ISLAND,” 2014.
- [4] E. Rizqi *et al.*, “Perencanaan Sistem Pemantauan Kondisi Air Pada Kolam Ikan Nila Berbasis Internet Of Thing,” *Journal of Mechanical and Electrical Technology*, vol. 1, no. 3, 2022.
- [5] Arief Selay *et al.*, “INTERNET OF THINGS,” 2022.
- [6] Asep Kurnia, “IDENTIFIKASI LOGAM BERAT PADA AIR KOLONG DAN MIKROBA POTENSIAL UNTUK BIOREMEDIASI DI LAHAN PASCA PENAMBANGAN TIMAH,” *Jurnal GEOMINERBA*, vol. 8, no. 1, pp. 36–43, 2023.
- [7] Annisa Fitria Jasmine Putri, Meisia Viona Valensia, Rafizah Purnama, and Jeanne Darc Noviyanti Manik, “DAMPAK KERUSAKAN LINGKUNGAN BIOTIK, ABIOTIK, DAN SOSIAL BUDAYA AKIBAT PERTAMBANGAN TIMAH ILEGAL DI KECAMATAN MENTOK,” *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, vol. 2, pp. 4473–4481, Oct. 2023.
- [8] S. H. ,M. H. SRI YULIANA, “DAMPAK DAN UPAYA PENANGGULANGAN PASCA TIMAH DI KOLONG TELUK BAYUT KELURAHAN PASIR PUTIH (SUDI KASUS DI KELURAHAN PASIR PUTIH PANGKALPINANG),” 2011.
- [9] Emia Pepayocha, Ardiansyah Kurniawan, and Endang Bidayani, “KOMPARASI USAHA PEMBESARAN IKAN NILA DI KOLAM TANAH DAN KERAMBA JARING APUNG PADA

KOLONG TAMBANG TIMAH: STUDI KASUS DI DESA AIR MESU PANGKALAN BARU, BANGKA TENGAH,” 2022.

- [10] Y. Koniyo, “ANALISIS KUALITAS AIR PADA LOKASI BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR DI KECAMATAN SUWAWA TENGAH,” *Jurnal Technopreneur (JTech)*, vol. 8, no. 1, pp. 52–58, May 2020, doi: 10.30869/jtech.v8i1.527.
- [11] A. D. Goi and M. Nasrul, “Pengaruh Kualitas Air terhadap Pertumbuhan dan Kesehatan Ikan Budidaya.”
- [12] PT. Sumber Aneka Karya Abadi, “Kualitas Air Budidaya Ikan Air Tawar,” 2024.
- [13] Merinda Tasya Aulia, Nani Anisah, Eko Sulistyono, and Irwan, “SISTEM KONTROL DAN MONITORING KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN LELE DENGAN MEDIA KOLAM BERBASIS IoT,” 2022.
- [14] Zanu Saputra, Parulian Silalahi, Steven Verentinus, and Wulan Safitri, “Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Lele Berbasis IoT,” 2025.
- [15] Irham Fadilah and Endah Fitriani, “Rancang Bangun Protokol Alternatif Saat Konektivitas Internet Terputus Pada Pertanian Berbasis IoT,” *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro dan Informatika*, vol. 3, no. 1, pp. 205–212, Jan. 2025, doi: 10.61132/jupiter.v3i1.705.
- [16] R. B. Pambudi, W. Yahya, and R. A. Siregar, “Implementasi Node Sensor untuk Sistem Pengamatan pH Air Pada Budidaya Ikan Air Tawar,” 2018. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>



LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Ahmad Aren
Tempat & Tanggal Lahir : Sungailiat, 23 November 2004
Alamat : Jl Nelayan 2
Telp : -
Hp : 085783053949
Email : arennevada96@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 6 Sungailiat 2010-2016
SMP Negeri 6 Sungailiat 2016-2019
SMAS Setia BudiSungailiat 2019-2022
Politeknik Manufaktur Negeri
Bangka Belitung 2022-Sekarang

3. Pendidikan Non-Formal : -

Sungailiat, 20 Juli 2025

Ahmad Aren

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Irfani Aditya
Tempat & Tanggal Lahir : Sungailiat, 25 Desember 2003
Alamat : Matras
Telp : -
Hp : 083827751943
Email : irfaniaditya25@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 20 Sungailiat	2010-2016
SMP Negeri 3 Sungailiat	2016-2019
SMK Negeri 1 Sungailiat	2019-2022
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2022-Sekarang

3. Pendidikan Non-Formal : -

Sungailiat, 20 Juli 2025

Irfani Aditya

Program Arduino

Temperature.h>

```
#define TRIG_PIN 7  
#define ECHO_PIN 6  
#define PH_PIN1 A0  
#define PH_PIN2 A1
```

```
#define RELAY_POMPA_BUANG 2  
#define RELAY_POMPA_ISI 3  
#define RELAY_MOTOR_ADUK 4  
#define RELAY_POMPA_KAPUR 5
```

```
#define ONE_WIRE_BUS 8  
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);  
DallasTemperature suhuSensor(&oneWire);
```

```
String kondisiHujan = "Tidak Hujan";  
bool hujan = false;
```

```

float batasKetinggianAir = 20.0;

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

  pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);
  pinMode(ECHO_PIN, INPUT);
  pinMode(RELAY_POMPA_BUANG, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_POMPA_ISI, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_MOTOR_ADUK, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_POMPA_KAPUR, OUTPUT);

  digitalWrite(RELAY_POMPA_BUANG, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_POMPA_ISI, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_MOTOR_ADUK, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_POMPA_KAPUR, HIGH);
}

float bacaUltrasonik() {
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW); delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH); delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
  long durasi = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);
  return durasi * 0.034 / 2.0;
}

float bacaPH(int pin) {
  int adc = analogRead(pin);
  float volt = adc * (5.0 / 1023.0);
  float ph = 7 + ((2.5 - volt) / 0.18); // Sesuaikan dengan
  kalibrasi Anda
  return ph;
}

void loop() {
  // terima data dari ESP32

```

```

if (Serial.available()) {
  String line = Serial.readStringUntil('\n');
  if (line.startsWith("BatasKetinggian:")) {
    batasKetinggianAir = line.substring(17).toFloat();
  } else {
    kondisiHujan = line;
    hujan = (kondisiHujan != "Tidak Hujan");
  }
}

```

```

if (!hujan) {
  float ph1 = bacaPH(PH_PIN1);
  float ph2 = bacaPH(PH_PIN2);
  float avgPh = (ph1 + ph2) / 2.0;

  suhuSensor.requestTemperatures();
  float s1 = suhuSensor.getTempCByIndex(0);
  float s2 = suhuSensor.getTempCByIndex(1);
  float s3 = suhuSensor.getTempCByIndex(2);
  float avgSuhu = (s1 + s2 + s3) / 3.0;

  float tinggi = bacaUltrasonik();

  // Kirim data ke ESP32
  Serial.print(ph1); Serial.print(",");
  Serial.print(ph2); Serial.print(",");
  Serial.print(avgPh); Serial.print(",");
  Serial.print(s1); Serial.print(",");
  Serial.print(s2); Serial.print(",");
  Serial.print(s3); Serial.print(",");
  Serial.print(avgSuhu); Serial.print(",");
  Serial.print(tinggi); Serial.print(",");
  Serial.println(kondisiHujan);

  // logika sistem
  if (avgPh < 6 || avgPh > 8) {

```

```

    digitalWrite(RELAY_POMPA_BUANG, LOW);
    delay(12000); digitalWrite(RELAY_POMPA_BUANG,
    HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(RELAY_POMPA_ISI, LOW); delay(10000);
    digitalWrite(RELAY_POMPA_ISI, HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(RELAY_MOTOR_ADUK, LOW);
    delay(3000); digitalWrite(RELAY_MOTOR_ADUK,
    HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(RELAY_POMPA_KAPUR, LOW);
    delay(5000); digitalWrite(RELAY_POMPA_KAPUR,
    HIGH);
    delay(10000);
}

// Tambahan logika isi air jika tinggi < batas
if (tinggi < batasKetinggianAir) {
    digitalWrite(RELAY_POMPA_ISI, LOW); delay(10000);
    digitalWrite(RELAY_POMPA_ISI, HIGH);
}

} else {
    delay(3000); // standby saat hujan
}
}

```

Program ESP 32

```

#include <WiFi.h>
#include <FirebaseESP32.h>

#define RXD2 16
#define TXD2 17
HardwareSerial ArduinoSerial(2);

```

```

#define FIREBASE_HOST "https://your-
  project.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "your_firebase_secret"
#define WIFI_SSID "your_wifi"
#define WIFI_PASSWORD "your_password"

#define OMBROMETER_PIN 34

FirebaseData fbdo;
FirebaseConfig config;
FirebaseAuth auth;

String hujanStatus = "Tidak Hujan";
float batasKetinggian = 20.0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  ArduinoSerial.begin(9600, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);
  pinMode(OMBROMETER_PIN, INPUT);

  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) delay(1000);

  config.database_url = FIREBASE_HOST;
  config.api_key = FIREBASE_AUTH;
  Firebase.begin(&config, &auth);
  Firebase.reconnectWiFi(true);
}

String bacaOmbrometer() {
  int nilai = analogRead(OMBROMETER_PIN);
  if (nilai < 500) return "Hujan Lebat";
  else if (nilai < 2000) return "Hujan Sedang";
  else return "Tidak Hujan";
}

void loop() {

```

```
hujanStatus = bacaOmbrometer();
ArduinoSerial.println(hujanStatus); // kirim status hujan ke
Arduino

// kirim batas ketinggian air ke Arduino
if (Firebase.getFloat(fbdo,
"/pengaturan/batas_ketinggian_air")) {
batasKetinggian = fbdo.floatData();
  ArduinoSerial.print("BatasKetinggian:");
  ArduinoSerial.println(batasKetinggian);
}

// baca data dari Arduino dan upload ke Firebase
if (ArduinoSerial.available()) {
  String data = ArduinoSerial.readStringUntil('\n');
  Firebase.setString(fbdo, "/monitoring/data", data);
}

delay(2000);
}
```

19% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 21 words)

Top Sources

- 18%  Internet sources
- 5%  Publications
- 8%  Submitted works (Student Papers)

SURAT PERNYATAAN

Saya/Kami yang bertandatangan dibawah ini telah menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul:
Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Pada Air Kolong Bekas Tambang Timah Untuk Budidaya
Ikan Air Tawar Berbasis IoT

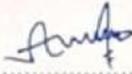
Oleh :

1. Ahmad Aren /NPM 1052231
2. Irfani Aditya /NPM 1052244

Dengan ini menyatakan bahwa isi laporan akhir proyek akhir sama dengan *hardcopy*.

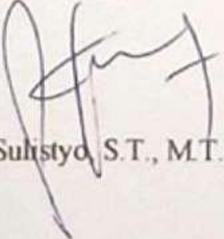
Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Sungailiat, 15 September 2025

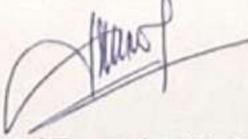
1. Ahmad Aren (.....)
2. Irfani Aditya (.....)

Mengetahui,

Pembimbing 1,


(Eko Sulistyco, S.T., M.T.)

Pembimbing 2


(Dewi Tumatul Ainin, M.Si)