

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS PENELITIAN

A. Kajian Teori

1. Kualitas Air dalam Budidaya Ikan

Kondisi kualitas air memiliki peranan penting terhadap keberlangsungan hidup dan proses pertumbuhan ikan. Parameter kualitas air, seperti suhu, tingkat keasaman, kadar amonia, dan keberadaan zat pencemar yang terdapat di dalam air berpotensi menyebabkan perubahan pada kadar oksigen terlarut. Perubahan suhu yang sangat cepat atau ekstrem dapat menyebabkan ikan menjadi stres, pertumbuhan yang tidak optimal, atau bahkan kematian ikan. Kadar pH air berpengaruh pada seberapa baik nutrisi dan racun larut, dan juga kesehatan secara keseluruhan dari ikan tersebut. Zat amonia yang berasal dari kotoran ikan merupakan zat berbahaya yang mengakibatkan tingkat oksigen terlarut pada air rendah bisa berakibat pada pertumbuhan ikan yang lambat, lebih mudah terkena penyakit, dan kematian (Chen, 2024).



Gambar 2. 1 Kolam Ikan

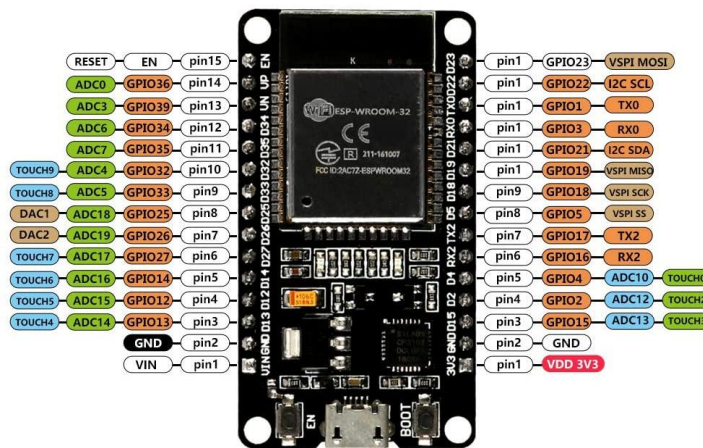
2. Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang menghubungkan beberapa perangkat dan sistem global secara digital melalui jaringan internet untuk saling tukar data. Teknologi ini memanfaatkan sensor serta perangkat lunak komunikasi dalam proses pengendalian, penghubungan, dan pertukaran data antar perangkat berbasis jaringan internet. Penerapan Internet of Things mencakup fitur – fitur seperti berbagi informasi, pengendalian jarak jauh, pemrosesan data dari sensor ke berbagai objek seperti bahan makan, perangkat elektronik, hingga makhluk hidup (Syahfitri, 2025).

3. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan perangkat mikrokontroler 32-bit yang dibekali prosesor dual-core serta teknologi konektivitas nirkabel Wi-Fi dan Bluetooth. Dengan dukungan kemampuan pemrosesan dan memori internal yang memadai, perangkat ini dapat dihubungkan dengan beragam sensor dan komponen eksternal melalui pin input atau output (I/O). Pemrograman ESP32 juga relatif mudah dilakukan sehingga dapat dimanfaatkan dalam berbagai pengembangan sistem berbasis mikrokontroler. Pada penelitian ini, ESP32 ditempatkan sebagai pengendali utama sistem yang berfungsi mengakuisisi dan memproses data sensor, menangani pertukaran informasi, serta mengoperasikan perangkat keluaran, termasuk relay. Integrasi Wi-Fi dan Bluetooth pada ESP32 mendukung penerapannya dalam sistem Internet of Things (IoT), sedangkan penggunaan Arduino IDE memberikan kemudahan dalam proses pemrograman. Dari sisi konektivitas, ESP32 mendukung

standar Wi-Fi IEEE 802.11 b/g/n dengan frekuensi operasi 2,4 GHz dan Bluetooth versi 4.2 yang memiliki dukungan Bluetooth Low Energy (BLE). Fitur tersebut memungkinkan perangkat melakukan komunikasi nirkabel secara efisien dengan penggunaan daya yang relatif rendah. (Ariesta Wenno et al., 2025).



Gambar 2. 2 ESP 32

4. Sensor pH

Sensor pH merupakan instrumen elektronik yang berfungsi mendeteksi konsentrasi hidrogen pada suatu larutan sebagai dasar untuk mengidentifikasi tingkat keasaman atau kebasaan. Penentuan nilai pH dilakukan dengan mengacu pada konsentrasi ion hidrogen (H^+) yang terdapat dalam larutan tersebut. (Abdullah & Putri, 2020). Sensor ini bekerja dengan mengubah aktivitas ion hidrogen menjadi sinyal listrik, yang kemudian diproses dan ditampilkan dalam bentuk nilai pH. Semakin rendah nilai pH, semakin menunjukkan sifat asam suatu larutan, sedangkan peningkatan nilai pH mengindikasikan sifat basa. Dalam bidang kualitas air, khususnya pada

budidaya ikan air tawar, sensor pH berperan penting karena pH air memengaruhi pertumbuhan, kesehatan, dan kelangsungan hidup ikan.



Gambar 2. 3 Sensor pH

5. Sensor Suhu

Suhu merupakan tingkatan derajat panas atau dingin suatu objek. Sensor suhu perangkat elektronik yang dirancang untuk mendeteksi dan mengukur perubahan temperatur suatu objek atau lingkungan, kemudian mengubah hasil deteksi tersebut menjadi sinyal listrik yang bisa dibaca oleh sistem digital seperti mikrokontroler. Sensor ini sering digunakan dalam sistem otomasi dan menerapkan teknologi Internet of Things (IoT) sehingga kondisi lingkungan dapat dipantau secara *real time*, karena mampu memberikan pembacaan suhu dengan akurasi yang baik dan mudah diintegrasikan dengan perangkat pengendali lainnya (Nawa Malini et al., 2024).



Gambar 2. 4 Sensor Suhu

6. Sensor Turbidity

Sensor turbidity adalah perangkat yang dirancang untuk mengukur kekeruhan air dengan cara mendeteksi hamburan atau penyerapan cahaya oleh partikel tersuspensi di dalamnya, semakin tinggi jumlah partikel tersuspensi, semakin besar cahaya yang terhambur, sehingga nilai kekeruhan yang terdeteksi semakin tinggi. Data yang dihasilkan biasanya dinyatakan dalam satuan NTU (Nephelometric Turbidity Unit); semakin tinggi nilai NTU, semakin keruh air tersebut. Sensor ini banyak digunakan dalam sistem monitoring kualitas air di akuarium, kolam budidaya, penyediaan air minum, lingkungan perairan, maupun sistem IoT yang memantau kondisi air secara real-time (Jannah & Firmawati, 2025). Sensor turbidity sangat penting karena kekeruhan air yang tinggi dapat menurunkan kualitas air, menghambat penetrasi cahaya, mengurangi kadar oksigen terlarut, serta berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan kesehatan ikan.



Gambar 2. 5 Sensor Turbidity

7. Sensor Amonia

Sensor amonia merupakan perangkat deteksi gas yang dirancang untuk mengukur konsentrasi gas amonia (NH_3) dengan berbagai teknologi seperti sensor oksida logam, sensor optik, sensor polimer, dan lain-lain. Sensor amonia ini bekerja secara real-time dengan mengubah respons fisik atau kimia menjadi sinyal listrik, yang kemudian dapat dibaca dan dianalisis dalam sistem monitoring kualitas udara atau proses industri (Abdul Hadi et al., 2024).



Gambar 2. 6 Sensor Amonia

8. Aplikasi Grafana

Grafana merupakan platform open-source untuk visualisasi dan monitoring data yang mendukung banyak *data source* (InfluxDB, Prometheus, MySQL, dll). Grafana sering digunakan untuk menampilkan data berbentuk grafik dan dashboard interaktif yang membantu analisis tren dan pola data secara real-time (Informatika et al., 2023). Grafana menyediakan layanan berbentuk dashboard yang mendukung penggunaan berbagai *Application Programming Interface* (API) untuk menghubungkan serta melakukan sinkronisasi terhadap beragam sumber data, sehingga informasi yang diperoleh dapat ditampilkan dan dipantau melalui *Dashboard*.. Penggunaan Grafana sangat reliable dalam melakukan monitoring karena memiliki fitur tambahan *variable template* yang dapat digunakan untuk parameter pencarian data atau pembuatan jarak waktu (Widagdo et al., 2019).



Gambar 2. 7 Grafana

9. Sensor Water Level

Sensor Water level merupakan alat tahu perangkat yang berfungsi untuk mendeteksi atau mengukur ketinggian permukaan air. Cara kerja sensor ini adalah dengan mengukur perubahan ketinggian air menjadi sinyal listrik, yang dapat diproses oleh mikrokontroler. Output pada sensor ini berupa tegangan analog (Fadilah Sucaga et al., 2025). Ada beberapa jenis sensor water level yaitu :

a) Sensor Water level Resistif

Memiliki prinsip kerja menggunakan jalur konduktor yang terkena air, ketika air menghantarkan listrik maka nilai resistansi berubah dan outputnya berupa tegangan analog.

b) Sensor Ultrasonik

Prinsip kerjanya mengukur jarak antara sensor dan permukaan air menggunakan gelombang suara. Memiliki kelebihan tahan lama dan akurasi cukup tinggi serta kekurangannya sensitif terhadap gelombang air dan terganggu oleh suhu dan kelembapan.

c) Sensor Float Switch

Memiliki prinsip kerja pelampung akan naik turun mengikuti air dan mengaktifkan saklar on atau off. Kelebihan dari sensor jenis ini adalah sederhana, lebih tahan lama dan tidak memerlukan pemrosesan yang rumit, memiliki kekurangan memberikan kondisi yang tidak detail dan kurang fleksibel untuk monitoring presisi.

d) Sensor Kapasitif

Sensor jenis ini memiliki prinsip kerja mengukur perubahan kapasitansi akibat perubahan level air. Memiliki kelebihan tidak harus kontak langsung dengan air dan lebih tahan terhadap korosi. Kekurangan dari sensor ini harganya yang lebih mahal dan perlu kalibrasi.



Gambar 2. 8 Sensor Water Level

10. Relay

Relay merupakan perangkat elektromekanikal yang terdiri atas dua elemen utama, yakni elektromagnet (*coil*) dan mekanisme mekanis. Pengoperasian relay dapat dilakukan dengan menggunakan arus listrik yang relatif kecil (*low power*), sedangkan kontak saklarnya mampu mengendalikan

atau menghantarkan arus listrik pada rangkaian dengan tegangan yang lebih tinggi. Secara umum, relay diklasifikasikan ke dalam dua jenis, yaitu:

- a) Normally Closed (NC) yaitu switch atau saklar dalam kondisi sebelum diaktifkan berada posisi tertutup atau posisi kontak ditekan menjadi open circuit.
- b) Normally Open (NO) yaitu switch atau saklar dalam kondisi sebelum diaktifkan berada posisi terbuka atau posisi awal open circuit.

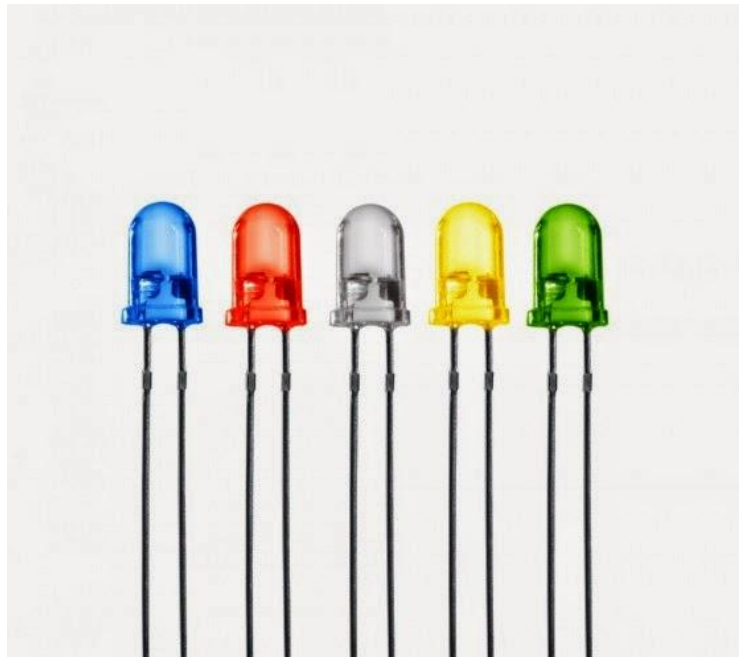
Relay terdapat dua parameter yang dikenal sebagai *Pole* dan *Throw*. Istilah *Pole* digunakan untuk menyatakan banyaknya kontak yang tersedia pada relay, sementara *Throw* menunjukkan jumlah keadaan yang dapat dimiliki oleh sebuah kontak. Secara fungsional, relay memungkinkan rangkaian bertegangan atau berarus tinggi dikendalikan melalui sinyal dengan tegangan rendah. Penggunaan relay juga dapat membantu menjaga keamanan motor dan komponen lainnya dengan mengurangi risiko kerusakan akibat tegangan berlebih maupun hubungan pendek (*short circuit*). (Saleh & Haryanti, 2017).



Gambar 2. 9 Relay

11. Led

LED atau *Light Emitting Diode* merupakan perangkat elektronika yang berbahan dasar dari dioda dengan semikonduktor yang dapat menghasilkan serta memancarkan cahaya dengan karakteristik monokromatik ketika diberikan tegangan maju (*forward voltage*). Doping semikonduktor adalah proses menambah ketidakmurnian (*impurity*) ke semikonduktor murni, pembentukan sambungan anoda (P) dan katoda (N) bertujuan menghasilkan struktur semikonduktor yang memiliki sifat kelistrikan sesuai dengan karakteristik yang diharapkan. Pada saat LED memperoleh tegangan dengan arah dari anoda (P) ke katoda (N), daerah kelebihan lubang, atau daerah bermuatan positif, akan menerima elektron yang lebih banyak dari bahan tipe-n. Ketika elektron bertemu dengan *hole*, *photon* dan akan dilepaskan, yang menghasilkan cahaya monokromatik (satu warna)(Firmansyah et al., 2022).



Gambar 2. 10 LED

12. Buzzer

Buzzer adalah perangkat elektronika yang cara kerjanya sama dengan *loudspeaker* yang dapat mengubah aliran listrik menjadi getaran suara (Fauza et al., 2021). Buzzer berfungsi untuk indikator atau alarm dalam suatu sistem elektronik untuk memberikan peringatan atau informasi kepada pengguna. Buzzer ada beberapa jenis :

a) Active Buzzer

Merupakan buzzer yang langsung bisa menghasilkan bunyi saat diberi tegangan. Buzzer jenis ini sudah memiliki rangkaian osilator di dalamnya jadi mudah digunakan dan tidak perlu pengaturan frekuensi namun tidak bisa mengatur nada atau variasi suara.

b) Passive Buzzer

Buzzer jenis ini tidak memiliki osilator internal sehingga membutuhkan sinyal frekuensi dari mikrokontroler untuk menghasilkan suara. Kelebihan dari buzzer ini bisa menghasilkan berbagai nada dan lebih fleksibel tetapi perlu program yang lebih kompleks.

c) Piezoelectric Buzzer

Buzzer ini menggunakan material piezoelektrik untuk menghasilkan suara dari tegangan listrik. Ukuran buzzer ini lebih kecil dan konsumsi daya lebih rendah, tetapi suara yang dihasilkan relatif kecil.

d) Magnetic Buzzer

Cara kerja buzzer ini menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan diafragma sehingga menghasilkan suara. Suara yang dihasilkan lebih keras dan konsumsi daya lebih besar.



Gambar 2. 11 Buzzer

13. Pompa Air Listrik

Pompa air listrik merupakan alat yang digunakan untuk mengalirkan air dari satu tempat menuju tempat lain melalui proses pemompaan dengan memanfaatkan energi mekanis dengan menggunakan energi listrik sebagai penggerak motor. Pompa ini banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti rumah tangga, pertanian, dan industri. Pompa air listrik membantu mengakses air lebih cepat, mudah dan mengurangi tenaga(Damari, 2022).



Gambar 2. 12 Pompa Air

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Tabel 2. 1 Kajian Penelitian

No	Judul dan Peneliti	Hasil Penelitian	Keterbatasan	Perbedaan
1.	Sistem Pendeteksi Gas Amonia Menggunakan MQ-137 Pada Air Berbasis Internet of Things Dengan Aplikasi Blynk di Android. (Putri et al., 2023)	Menghasilkan alat Internet of Things monitoring dengan sensor gas amonia (MQ-137) dan terhubung dengan aplikasi blynk.	Terdapat input sensor gas amonia MQ-137 saja	Perbedaan pada penelitian ini alat <i>smart fish pond</i> memiliki pengembangan beberapa input sensor seperti sensor suhu, sensor pH, sensor turbidity, sensor amonia
2.	Smart Aquaculture in Internet of Things-based Catfish Farming. (Kusnanto et al., 2023)	Menghasilkan sebuah alat sistem monitoring perikanan yang memiliki <i>input</i> sensor meliputi sensor Ph (PH-4502C) sebagai alat ukur tingkat keasaman air, sensor suhu (DS18B20) sebagai alat ukur suhu air dan sensor jarak (HC-SR04) sebagai alat ukur tingkat ketinggian air, alat ini terkoneksi pada web monitoring (Thingspeak	Input sensor masih terbatas yaitu sensor ph, sensor suhu	Perbedaan pada penelitian ini alat <i>smart fish pond</i> memiliki pengembangan beberapa input sensor seperti sensor suhu, sensor pH, sensor amonia, dan turbidity
3.	Internet of Things (IoT)-Based Water Quality	Menghasilkan sistem pemantauan kualitas air di kolam ikan nila	Input sensor masih terbatas yaitu sensor ph, sensor	Perbedaan pada penelitian ini alat <i>smart fish pond</i> memiliki

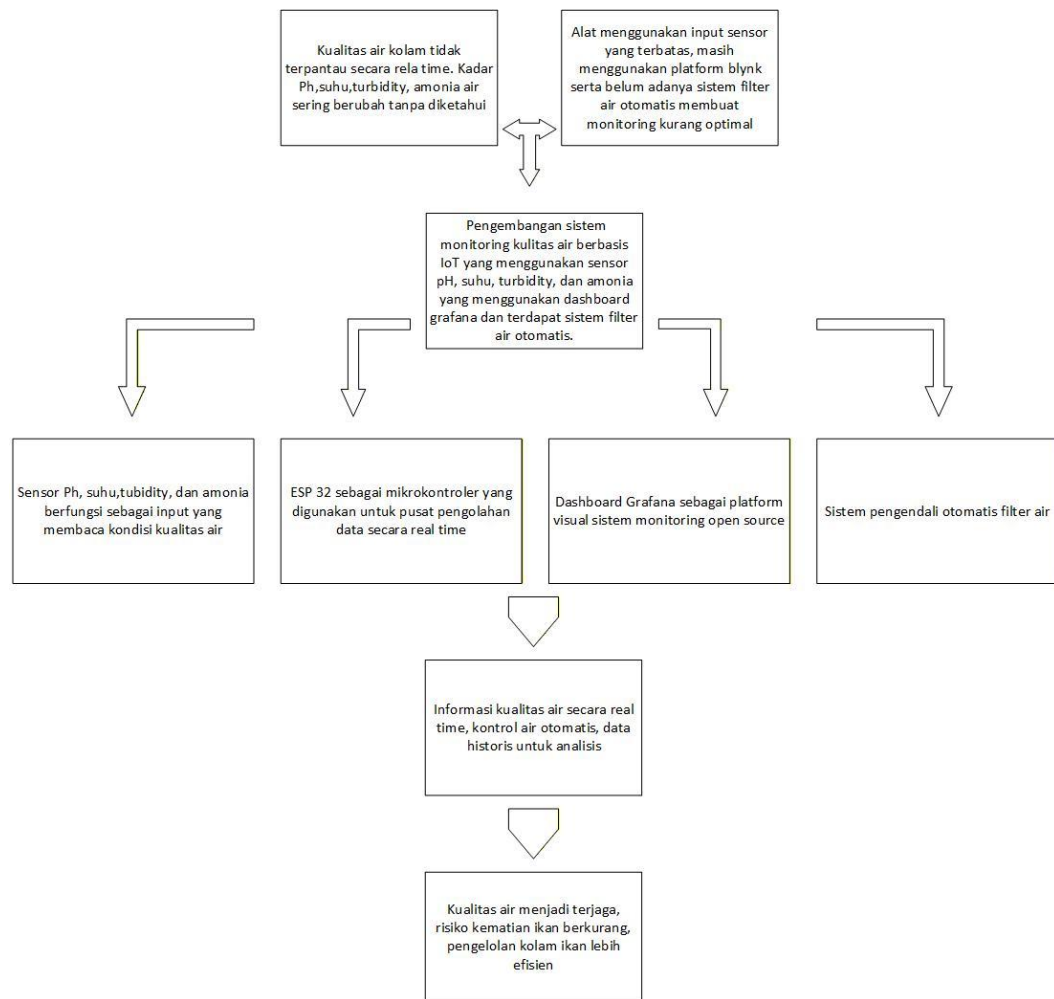
	Monitoring System Design for Tilapia Fish Farming Ponds. (Erawati et al., 2025)	dengan ESP32 dan sensor pH, suhu, dan turbidity yang ditransmisikan ke aplikasi Blynk secara real-time.	suhu dan turbidity.	pengembangan beberapa input sensor seperti sensor suhu, sensor pH, sensor amonia, dan turbidity
4.	Monitoring Kolam Ikan Nila Berbasis IoT dengan Sensor Amonia, Suhu, Ketinggian, dan Ph. (Soambaton et al., 2024)	Menghasilkan sistem memonitor kolam ikan nila dengan parameter sensor suhu, pH, dan amonia menggunakan ESP32 yang terhubung dengan Thingspek.	Input sensor masih terbatas yaitu sensor ph, sensor suhu dan amonia.	Perbedaan pada penelitian ini alat <i>smart fish pond</i> memiliki pengembangan beberapa input sensor seperti sensor suhu, sensor pH, sensor amonia, dan turbidity
5.	Rancang Bangun Alat Monitoring dan Penangan Kualitas (Ph dan Turbidity) Air pada Akuarium Ikan Koi Berbasis Internet of Things (IoT). (Manis et al., 2024)	Menghasilkan alat Internet of Things perikanan dengan input sensor Ph, Suhu, dan Turbidity yang terhubung dengan aplikasi <i>Blynk</i> ,	Penelitian ini masih menggunakan platform blynk yang fiturnya masih terbatas dan berbayar.	Perbedaan penelitian ini terdapat pada pengembangan platform dashboard monitoring yang menggunakan grafana yang lebih open source
6.	Penerapan Teknologi Internet of Things dalam Pemantauan Kualitas Air di Kolam Ikan. (Prasetyo Eka Putra et al., 2024)	Menghasilkan sistem monitoring dengan parameter sensor suhu, pH, amonia, dan turbidity dalam budidaya kolam ikan secara real-time.	Penelitian ini belum terdapat pengembangan output filter air otomatis.	Perbedaan pada penelitian ini terdapat pengembangan output dari alat smart perikanan ini yaitu fitur kontrol filter air secara otomatis.

C. Kerangka Berpikir

Peneliti melakukan observasi atau meninjau pada budidaya ikan air tawar yang memiliki permasalahan pada kualitas air yang memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan air tawar. Parameter penting kualitas air meliputi pH, suhu, kekeruhan (turbidity), dan kadar amonia. Pemantauan kualitas air secara manual memiliki keterbatasan karena tidak bersifat real-time dan kurang efisien. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem monitoring dan pengendalian kualitas air berbasis Internet of Things (IoT).

Pada penelitian sebelumnya masih menggunakan input sensor yang terbatas, masih pakai platform dashboard blynk yang fiturnya masih terbatas serta belum terdapat filter air otomatis menyebabkan proses monitoring kurang optimal. Oleh karena itu, peneliti mengembangkan sistem dengan sensor pH, sensor suhu, sensor turbidity, dan sensor amonia digunakan untuk mendeteksi kondisi air kolam secara real time. Data dari sensor dikirim ke mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data. Selanjutnya, data dikirim ke server dan disimpan dalam basis data untuk divisualisasikan melalui dashboard Grafana merupakan platform open source yang dapat menggunakan banyak fitur tanpa harus membayar sehingga dapat mempermudah dipantau secara *real-time*.

Apabila nilai parameter kualitas air berada di luar batas normal, sistem secara otomatis mengaktifkan filter air atau perangkat pengendalinya untuk menjaga kualitas air tetap optimal. Dengan adanya sistem ini, diharapkan kualitas air kolam dapat terjaga dengan baik, risiko kematian ikan dapat diminimalkan, dan efisiensi pengelolaan budidaya ikan dapat meningkat.



Gambar 2. 13 Kerangka Berpikir

D. Hipotesis

1. Sensor pH, suhu, turbidity, dan amonia mampu memantau kualitas air kolam ikan secara real-time dan akurat.
2. Visualisasi data menggunakan Grafana memudahkan pengguna dalam memantau perubahan kualitas air kolam ikan.
3. Sistem pompa air otomatis yang dikendalikan oleh ESP32 dapat menstabilkan kualitas air ketika parameter berada di luar batas normal.