

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang sistem monitoring dan kontrol kualitas air akuarium ikan hias berbasis Internet of Things (IoT) telah banyak dilakukan, dengan fokus yang berbeda-beda, mulai dari sistem monitoring lokal hingga sistem monitoring jarak jauh menggunakan IoT. Analisis terhadap beberapa penelitian terdahulu ditampilkan dalam bentuk narasi analitis berikut, serta diperjelas dalam bentuk tabel perbandingan.

Penelitian oleh Nugroho (2021) menunjukkan bahwa sistem monitoring kualitas air dapat dibangun secara sederhana menggunakan Arduino Uno, sensor pH, dan sensor suhu, dengan hasil ditampilkan pada LCD 16x2. Sistem ini sudah mampu memberikan data secara real-time, namun hanya bersifat lokal dan belum memiliki konektivitas internet maupun fitur kontrol otomatis. Hal ini menunjukkan keterbatasan dalam pemantauan jarak jauh serta penyesuaian kondisi pH secara mandiri [6].

Penelitian oleh Sari dan Putra (2022) menggunakan ESP8266 dan aplikasi Blynk untuk membangun sistem monitoring berbasis IoT. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi antara perangkat keras dan platform IoT memungkinkan pemantauan kualitas air secara real-time melalui smartphone, memperluas fleksibilitas pengguna. Namun, sistem ini masih belum mencakup mekanisme kontrol otomatis, sehingga hanya sebatas sistem monitoring [7].

Sedangkan penelitian oleh Lestari (2023) menunjukkan bahwa dengan menggunakan ESP8266 dan ThingSpeak, sistem dapat menyimpan data dan menampilkan visualisasi grafik pH dan suhu air. Hal ini menjadi nilai tambah dalam analisis tren jangka panjang, namun fitur pengendalian otomatis pH belum diimplementasikan [8].

Dari ketiga penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun perkembangan sistem monitoring kualitas air terus berkembang menuju arah IoT dan integrasi cloud, mayoritas masih berfokus pada pemantauan data, bukan kontrol otomatis pH.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

N o	Peneliti dan Tahun	Fokus Penelitian	Alat yang Digunakan	Kelebihan	Kekurangan
1	Nugroho (2021)	Monitoring pH & suhu berbasis lokal	Arduino Uno, sensor pH, sensor suhu, LCD 16x2	Sistem sederhana, murah, data real- time	Tidak berbasis IoT, tidak ada kontrol otomatis
2	Sari & Putra (2022)	Monitoring pH & suhu berbasis IoT	ESP8266, sensor pH, aplikasi Blynk	Real-time monitoring jarak jauh via smartphone	Tidak ada fitur kontrol otomatis atau penyimpanan data
3	Lestari (2023)	Smart Aquarium dengan penyimpanan data	ESP8266, sensor pH, ThingSpeak	Dapat menyimpan dan menganalisis data jangka panjang	Tidak ada kontrol otomatis terhadap pH

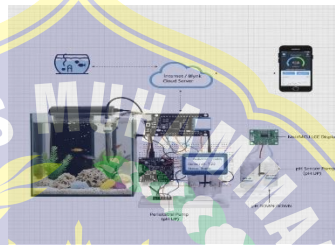
Dengan merujuk pada penelitian sebelumnya, maka penelitian ini akan mengembangkan sistem yang tidak hanya melakukan monitoring, tetapi juga mengimplementasikan kontrol otomatis pH menggunakan pompa dosing berbasis logika kontrol sederhana, dan tetap berbasis IoT untuk akses data jarak jauh.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Internet of Things (IoT)

IoT adalah konsep di mana perangkat fisik dapat saling terhubung melalui internet untuk bertukar data dan melakukan aksi otomatis. Menurut ulasan komprehensif oleh Ahmad (2023), IoT memungkinkan perangkat-perangkat seperti sensor

dan kamera untuk diterapkan di area yang sulit diakses guna melakukan pengumpulan data secara real-time atas variabel lingkungan seperti kualitas udara, kualitas air, atau suhu. Data yang terkumpul kemudian dapat dikirim dan dianalisis dengan cepat untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dan efisien [9]. Dalam penelitian ini, IoT digunakan untuk menghubungkan sistem monitoring pH dengan cloud platform, memungkinkan pemantauan dari mana saja melalui smartphone dan memberikan notifikasi jika pH di luar batas ideal.



Gambar 2.1 *Internet of Things (Iot)*
Sumber : (Google, 2024)

2.2.2 Platform IoT (Blynk)

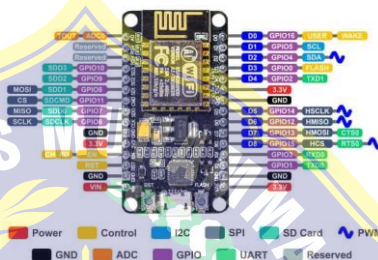
Blynk adalah platform IoT yang digunakan dalam penelitian ini karena antarmuka yang user-friendly dan dukungan penuh terhadap ESP8266. Melalui Blynk, data sensor pH dan suhu dikirim ke aplikasi mobile secara real-time. Selain itu, pengguna juga dapat melihat grafik perubahan pH dan mengatur batas nilai pH secara langsung [10].



Gambar 2.2 Platform IoT (Blynk)
Sumber : (Google, 2024)

2.2.3 Mikrokontroler ESP8266

ESP8266 adalah mikrokontroler dengan modul Wi-Fi terintegrasi, ideal untuk sistem berbasis IoT. Ia berfungsi sebagai pusat kontrol yang membaca data dari sensor, mengirimkannya ke server IoT, dan mengaktifkan aktuator (pompa) berdasarkan kondisi yang telah ditentukan. Mikrokontroler ini mendukung protokol komunikasi Wi-Fi IEEE 802.11 b/g/n dan memiliki kemampuan pemrosesan data secara efisien [11].



Gambar 2.3 Spesifikasi Mikrokontroler ESP8266

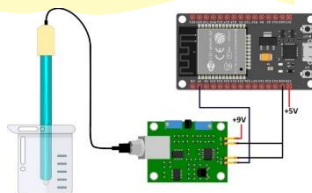
Sumber : Make-It.ca

2.2.4 Sensor Ph

Sensor pH-4502C bekerja dengan prinsip elektrokimia, di mana probe mendeteksi konsentrasi ion H^+ dalam air dan menghasilkan tegangan sebanding. Tegangan ini dikonversi oleh mikrokontroler menjadi nilai pH. Rentang pH yang umum untuk akuarium ikan hias air tawar adalah 6.5 – 7.5 [12].

Prinsip kerja sensor pH-4502C:

Sensor menghasilkan output tegangan antara -2V sampai +2V yang sebanding dengan nilai pH 0–14. Mikrokontroler akan membaca nilai ini melalui ADC dan mengkalibrasi menjadi nilai pH aktual.



Gambar 2.4 Kalibrasi Sensor pH

Sumber : LAB ROBOTIKA

2.2.5 Pompa Dosing



Gambar 2.5 Pompa Dosing

Sumber : Kamoer Pump

Pompa dosing adalah aktuator yang digunakan untuk menambahkan cairan penyeimbang pH secara otomatis. Pompa dikontrol melalui mikrokontroler yang akan aktif jika nilai pH terdeteksi di luar rentang normal. [13].

Logika Kontrol :

- o Jika $\text{pH} < 6.5 \rightarrow$ Aktifkan pompa cairan basa
- o Jika $\text{pH} > 7.5 \rightarrow$ Aktifkan pompa cairan asam
- o Jika pH antara $6.5 - 7.5 \rightarrow$ Pompa mati (kondisi ideal)

Dengan mekanisme ini, sistem dapat menjaga kestabilan pH tanpa intervensi manusia secara langsung.

2.2.6 Ikan Channa



Gambar 2.6 Ikan Channa

Sumber : radargarut.id

Ikan dari genus *Channa*, sering dikenal di Indonesia sebagai ikan gabus atau “snakehead fish”, adalah ikan air tawar yang termasuk dalam famili Channidae. Sebagai contoh, penelitian di Indonesia menyebut bahwa ikan gabus dari famili tersebut tersebar luas di perairan tawar di Sumatera, Jawa, dan Kalimantan sebagai spesies asli, sedangkan di Sulawesi dan Papua beberapa populasi dievaluasi sebagai ikan introduksi [4]. Ikan ini memiliki tubuh memanjang, kepala menyerupai ular, dan bersifat karnivora serta agresif [15]. *Channa* mampu bertahan di lingkungan dengan kadar oksigen rendah karena memiliki organ labirin yang memungkinkan bernapas langsung di udara [15]. Habitat ideal ikan ini berada di sungai, rawa, dan danau dengan arus tenang serta memiliki pH air berkisar 6,5-7,5 [17]. Selain sebagai ikan konsumsi yang kaya akan protein dan albumin, *Channa striata* juga bermanfaat untuk kesehatan karena kandungan albuminnya yang tinggi [16]. Beberapa spesies lain seperti *Channa bleheri* dan *Channa andrao* bahkan digemari sebagai ikan hias karena corak warnanya yang menarik [15]. Adaptabilitas yang tinggi menjadikan *Channa* bernilai ekonomi penting di Asia Tenggara [15].

a. Karakteristik Biologis dan Perilaku

Ikan *Channa* bersifat predator dan teritorial. Beberapa karakteristik utamanya adalah:

- Agresif terutama terhadap sesama jenis
- Aktif di waktu pagi dan senja
- Bersifat soliter, tidak disarankan dalam satu akuarium lebih dari satu ekor
- Memiliki daya tahan tinggi terhadap kondisi lingkungan ekstrem

b. Habitat dan Parameter Kualitas Air Ideal

Habitat alami *Channa* berada di perairan air tawar dengan arus tenang seperti rawa dan sungai kecil. Parameter air yang ideal untuk pemeliharaan ikan *Channa* di akuarium antara lain:

Tabel 2.2 Parameter air yang ideal untuk pemeliharaan ikan *Channa* di akuarium

Parameter	Nilai Ideal
Suhu	25 – 30°C
pH	6,5 – 7,5
DO	> 4 mg/L
Amonia	< 0,02 mg/L

Kestabilan pH sangat penting bagi ikan *Channa* karena perubahan pH yang drastis dapat menyebabkan stres, menurunkan nafsu makan, hingga menyebabkan kematian ikan

c. Pola Pemeliharaan Ikan Chana

Pemeliharaan ikan *Channa* memerlukan:

- Akuarium minimal 40–80 cm untuk satu ekor
- Filter air untuk menjaga kualitas air
- Pergantian air rutin 20–30% per minggu
- Pemberian pakan berupa udang kecil, cacing beku, atau pelet khusus predator

2.2.7 Kualitas Air dalam Akuarium

Kualitas air merupakan faktor penting bagi kesehatan ikan hias. Parameter utama mencakup: pH, suhu, DO (oksigen terlarut), amonia, dan kekeruhan. Perubahan mendadak dalam nilai pH dapat menyebabkan stres bahkan kematian pada ikan. Oleh karena itu, kontrol otomatis pH sangat diperlukan untuk menjaga lingkungan akuarium tetap stabil dan ideal bagi ikan hias.

2.2.8 Metode Hysteresis

Kontrol otomatis pH dengan metode logika batas (*hysteresis*) merupakan pendekatan sederhana namun efektif untuk menjaga kestabilan pH tanpa osilasi berlebihan. Prinsipnya adalah dengan menentukan dua batas, yaitu batas atas (pH_{max}) dan batas bawah (pH_{min}). Ketika nilai pH turun di bawah batas bawah, sistem akan menambahkan larutan basa, sedangkan ketika pH melebihi batas atas, sistem akan menambahkan larutan asam.

Selama nilai parameter (seperti pH) berada di antara kedua batas dead-band/koreksi, maka sistem tidak melakukan aksi koreksi apa pun. Pendekatan ini memungkinkan sistem menghindari pengaktifan pompa atau aktuator secara terus-menerus akibat fluktuasi kecil pembacaan sensor [18]. Metode ini juga menghemat energi, memperpanjang umur aktuator, dan mudah diimplementasikan menggunakan mikrokontroler [19].

Secara umum, logika kontrol hysteresis dapat dijelaskan dengan persamaan berikut:

$$u(t) = \begin{cases} 1, & \text{jika } pH(t) < pH_{\min} \\ 0, & \text{jika } pH(t) > pH_{\max} \\ u(t-1), & \text{jika } pH_{\min} \leq pH(t) \leq pH_{\max} \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

Pendekatan ini memastikan bahwa variabel seperti pH tetap berada dalam rentang yang diinginkan secara stabil tanpa memerlukan algoritma kontrol kompleks seperti PID. Kontrol logika sederhana ini sangat berguna untuk aplikasi di mana koreksi hanya diperlukan ketika kondisi benar-benar melewati batas toleransi, bukan pada fluktuasi kecil [20].

2.2.9 Metode Monitoring Berbasis IoT

Sistem kerja melalui tahapan berikut :

1. Sensor membaca nilai pH air.
2. Data diproses oleh ESP8266.
3. Data dikirim ke aplikasi Blynk melalui internet.
4. Pengguna dapat memantau kondisi pH secara real-time.
5. ESP8266 mengontrol pompa dosing berdasarkan logika hysteresis.

2.2.10 Konsep Larutan dalam Pengendalian pH

Larutan merupakan campuran homogen antara zat terlarut dan pelarut. Dalam sistem ini digunakan dua jenis larutan, yaitu:

- Larutan penurun pH (asam) untuk menurunkan pH jika terlalu basa.
- Larutan peningkat pH (basa) untuk menaikkan pH jika terlalu asam.

Penambahan larutan dilakukan menggunakan pompa dosing secara bertahap agar perubahan pH tidak terjadi secara mendadak dan tetap aman bagi ikan *Channa*.

➤ Jenis Larutan pH Up dan pH Down

Dalam sistem kontrol otomatis pH akuarium berbasis IoT, penggunaan larutan pengatur pH sangat penting sebagai media koreksi nilai pH agar tetap berada pada rentang ideal untuk ikan *Channa* ($\pm 6,5-7,5$). Larutan yang digunakan terbagi menjadi dua, yaitu larutan pH Up (basa) dan larutan pH Down (asam).

a. Larutan pH Up

Larutan pH Up merupakan larutan bersifat basa yang digunakan untuk menaikkan pH air jika kondisi air terlalu asam.

Berdasarkan panduan teknis akuarium dan literatur kualitas air, dosis aman larutan pH Up adalah:

- 1 mL larutan pH Up per 10 liter air untuk menaikkan pH sekitar 0,2 – 0,3 unit.

b. Larutan pH Down

Larutan pH Down digunakan untuk menurunkan pH air jika kondisi air terlalu basa. Dosis umum yang direkomendasikan:

- 1 mL larutan pH Down per 10 liter air menurunkan pH sekitar 0,2 – 0,4 unit.

c. Relevansi Pada Sistem Kontrol Otomatis IoT

Dalam sistem yang dirancang pada penelitian ini:

- Pompa dosing 1 digunakan untuk larutan pH Up
- Pompa dosing 2 digunakan untuk larutan pH Down

Untuk keamanan ikan *Channa*, volume larutan yang dipompa per siklus dibatasi maksimal 0,5–1 mL per 10 liter air setiap kali koreksi, lalu sistem menunggu proses stabilisasi pH sekitar 5–10 menit sebelum melakukan pembacaan ulang sensor.

Pendekatan bertahap ini penting untuk menghindari fluktuasi pH mendadak yang dapat menyebabkan stres fisiologis pada ikan hias [23].

2.2.11 Akurasi Sensor pH dan Pengaruh Faktor Lingkungan

Sensor pH bekerja berdasarkan perbedaan potensial elektrokimia antara elektroda kaca dan elektroda referensi sesuai dengan persamaan Nernst. Akurasi pembacaan sensor pH sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, antara lain:

1. Kalibrasi sensor. Sensor pH harus dikalibrasi secara rutin menggunakan larutan buffer standar (pH 4, 7, dan 10) agar hasil pengukuran tetap akurat [20].
2. Suhu. Suhu memengaruhi sensitivitas elektroda pH sekitar $\pm 0,198 \text{ mV/pH}$ untuk setiap perubahan 1°C pada suhu 25°C . Oleh karena itu, sistem biasanya dilengkapi dengan kompensasi suhu otomatis (*Automatic Temperature Compensation/ATC*) [17].
3. Konduktivitas larutan. Larutan dengan konduktivitas tinggi dapat menyebabkan gangguan potensial pada elektroda sehingga pembacaan menjadi tidak stabil [21].
4. Umur dan kondisi elektroda. Elektroda yang kotor atau menua dapat menyebabkan *drift* dan memperlambat waktu respon sensor [20].

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, sistem kontrol otomatis pH yang baik perlu menyediakan kompensasi suhu, kalibrasi rutin, dan pemilihan sensor berkualitas tinggi agar hasil pengendalian pH dengan metode hysteresis tetap akurat dan stabil.