

ANALISIS KINERJA SISTEM MONITORING DAN PENGENDALIAN PH AIR PADA AKUARIUM IKAN CHANNA BERBASIS ESP32 DENGAN INTEGRASI IOT MENGGUNAKAN TELEGRAM

Raditya Putra Herdianto, Pramono, Nibras Faiq Muhammad

Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa

Jl. Bhayangkara No.55, Tipes, Kec. Serengan, Kota Surakarta, Jawa Tengah

220103134@udb.ac.id

ABSTRAK

Kualitas air merupakan faktor penting dalam pemeliharaan ikan Channa, terutama pada parameter derajat keasaman air (*potential of Hydrogen* atau pH) yang berpengaruh terhadap kesehatan dan pertumbuhan ikan. Pemantauan pH yang masih dilakukan secara manual memiliki keterbatasan karena perubahan kondisi air dapat terjadi sewaktu-waktu dan berpotensi mengganggu kondisi ikan apabila tidak segera diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem monitoring dan pengendalian pH air akuarium berbasis ESP32 dengan integrasi *Internet of Things* menggunakan Telegram Bot sebagai media monitoring dan notifikasi. Sistem dirancang menggunakan sensor pH PH4502C sebagai pendeteksi nilai pH air, ESP32 sebagai pengendali utama, serta *dosing pump* pH Up dan pH Down yang dikontrol melalui modul relay dengan metode *feedback control*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap pH meter digital serta mengamati respons sistem dalam proses monitoring dan pengendalian otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor pH memiliki selisih rata-rata sekitar 0,08 dibandingkan pH meter digital. Selain itu, sistem mampu mengirimkan data dan notifikasi ke Telegram secara *real-time* serta mengaktifkan *dosing pump* secara otomatis ketika nilai pH berada di luar batas yang ditentukan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat digunakan untuk membantu menjaga kestabilan pH air akuarium secara otomatis dan lebih efisien.

Kata kunci : pH air, ESP32, *Internet of Things*, ikan Channa, Telegram Bot, monitoring otomatis

1. PENDAHULUAN

Kualitas air merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap keberhasilan pemeliharaan ikan hias di dalam akuarium. Salah satu parameter yang perlu diperhatikan adalah derajat keasaman air atau *potential of Hydrogen* (pH) karena kondisi pH yang tidak sesuai dapat memengaruhi kesehatan, pertumbuhan, dan tingkat kelangsungan hidup ikan. Setiap jenis ikan memiliki kebutuhan pH yang berbeda sesuai dengan habitat alamnya. Ikan Channa (*snakehead*) termasuk ikan air tawar yang cukup sensitif terhadap perubahan kualitas air, khususnya pada parameter pH. Rentang pH yang sesuai untuk pemeliharaan ikan Channa berada pada kisaran 6,0–7,5 dengan kondisi ideal antara 6,5–7,0. Apabila nilai pH berada di bawah atau di atas rentang tersebut dalam waktu yang lama, kondisi ikan dapat terganggu dan berpotensi menimbulkan stres hingga kematian [1].

Salah satu kendala yang sering ditemui dalam pemeliharaan ikan Channa adalah proses pemantauan nilai pH air yang belum dapat dilakukan secara terus-menerus serta belum adanya sistem otomatis yang mampu menjaga kestabilan kondisi air akuarium. Pemantauan yang masih dilakukan secara manual dinilai kurang efisien karena perubahan kualitas air dapat terjadi sewaktu-waktu dan sering kali terlambat diketahui oleh pengguna. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi kesehatan ikan apabila tidak segera ditangani. Oleh sebab itu, dibutuhkan sebuah sistem yang mampu melakukan proses monitoring dan

pengendalian pH air secara otomatis serta dapat bekerja secara *real-time* untuk membantu menjaga kualitas air tetap stabil [2].

Kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan peluang dalam pengembangan sistem monitoring yang dapat bekerja secara terhubung dan otomatis. Pemanfaatan mikrokontroler ESP32 yang telah dilengkapi fitur WiFi memungkinkan proses pengiriman data dilakukan secara *real-time* ke media monitoring. Pada sistem ini, sensor pH PH4502C digunakan untuk mendeteksi nilai pH air akuarium, kemudian data hasil pembacaan diproses oleh ESP32 untuk ditampilkan kepada pengguna. Selain berfungsi sebagai alat monitoring, sistem juga dilengkapi dengan *dosing pump* yang digunakan untuk menambahkan cairan pH Up maupun pH Down secara otomatis ketika nilai pH air berada di luar batas yang telah ditentukan sehingga kondisi air dapat tetap terjaga dengan lebih stabil [3].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem monitoring dan pengendalian pH air pada akuarium ikan Channa berbasis ESP32 dengan integrasi IoT. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pemantauan kualitas air, menjaga kestabilan pH secara otomatis, serta memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan pemeliharaan ikan hias berbasis teknologi. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi dasar pengembangan sistem monitoring kualitas air yang lebih kompleks di masa mendatang [4].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas pengembangan sistem monitoring dan pengendalian pH air berbasis *Internet of Things* dengan memanfaatkan sensor pH, mikrokontroler, serta media notifikasi digital sebagai sarana pemantauan jarak jauh. Sistem tersebut dikembangkan untuk membantu pengguna mengetahui kondisi kualitas air akuarium secara *real-time* sehingga keadaan air tetap sesuai dengan kebutuhan ikan yang dipelihara. Selain mampu melakukan pembacaan data sensor, sistem monitoring juga perlu memiliki kemampuan dalam mengolah hasil pembacaan menjadi informasi yang lebih mudah dipahami agar pengguna dapat mengetahui perubahan kondisi pH air dengan lebih cepat dan tepat.

Penerapan sistem monitoring dan pengendalian otomatis pada akuarium ikan Channa menjadi salah satu upaya untuk menjaga kestabilan kualitas air secara lebih efisien. Nilai pH yang diperoleh dari sensor digunakan sebagai parameter utama dalam mengetahui tingkat keasaman air, sedangkan proses pengendalian dilakukan menggunakan *dosing pump* untuk menambahkan cairan pH Up maupun pH Down secara otomatis agar kondisi air tetap berada pada rentang ideal. Pada penelitian ini diterapkan metode *rule-based* sebagai dasar pengolahan data sensor dan pengendalian sistem penyesuaian pH air. Dengan metode tersebut, proses monitoring dan pengendalian dapat berjalan lebih terstruktur melalui integrasi teknologi *IoT* dan Telegram Bot sehingga pengguna dapat memantau kondisi akuarium secara lebih mudah dan *real-time*.

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait sistem monitoring dan pengendalian pH air berbasis *Internet of Things* terus mengalami perkembangan seiring meningkatnya kebutuhan akan pemeliharaan kualitas air yang lebih efektif. Teknologi tersebut banyak diterapkan untuk memantau kondisi air akuarium secara *real-time* dengan memanfaatkan sensor pH, mikrokontroler, serta media komunikasi digital. Sistem yang dikembangkan umumnya mampu membantu pengguna memperoleh informasi kondisi air secara cepat sehingga kualitas air dapat tetap terjaga sesuai kebutuhan ikan yang dipelihara [5].

Berbagai pengembangan sistem monitoring pH air memanfaatkan sensor pH yang diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32 untuk membaca tingkat keasaman air secara otomatis. Data hasil pembacaan sensor kemudian dikirimkan ke aplikasi atau layanan notifikasi digital agar pengguna dapat melakukan pemantauan dari jarak jauh menggunakan *smartphone*. Selain berfungsi sebagai alat monitoring, beberapa sistem juga dilengkapi dengan fitur pengendalian otomatis menggunakan *dosing pump* untuk membantu menyesuaikan kondisi pH air agar tetap stabil [6].

Pemanfaatan Telegram sebagai media monitoring dan notifikasi juga banyak digunakan

karena dinilai praktis dan mudah diakses pengguna. Informasi kondisi pH air dapat dikirimkan secara langsung melalui pesan otomatis sehingga pengguna dapat mengetahui perubahan kualitas air tanpa harus melakukan pengecekan secara manual. Di sisi lain, pengembangan sistem berbasis ESP32 juga mulai diarahkan pada penggunaan *dashboard* berbasis web maupun aplikasi untuk menampilkan hasil monitoring secara lebih interaktif dan mudah dipahami [7].

Dalam penerapannya pada akuarium ikan Channa, kestabilan pH air menjadi faktor penting yang memengaruhi kondisi dan kesehatan ikan. Oleh karena itu, sistem monitoring dan pengendalian otomatis diperlukan agar perubahan kualitas air dapat segera diketahui dan ditangani. Penelitian ini menerapkan metode *rule-based* untuk mengolah data hasil pembacaan sensor pH sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengendalian *dosing pump*. Dengan pendekatan tersebut, sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga mampu melakukan pengendalian kondisi pH air secara otomatis sehingga kualitas air akuarium tetap berada pada kondisi yang ideal [4].

2.2. Internet Of Things

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk bertukar data dan bekerja secara otomatis. Perangkat yang termasuk dalam IoT dapat berupa sensor, aktuator, mikrokontroler, maupun perangkat elektronik lainnya yang mampu mengumpulkan, mengirim, dan menerima informasi secara *real-time*. Dalam sistem IoT, sensor berfungsi untuk mendeteksi kondisi tertentu dari lingkungan, mikrokontroler digunakan untuk memproses data, sedangkan jaringan internet menjadi media komunikasi antarperangkat dan pengguna. Data yang diperoleh kemudian dapat ditampilkan pada aplikasi atau platform digital sehingga memungkinkan proses monitoring dan pengendalian dilakukan dari jarak jauh secara efisien. Penerapan IoT saat ini banyak digunakan pada berbagai bidang seperti kesehatan, pertanian, industri, rumah pintar, hingga sistem monitoring lingkungan karena mampu meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan otomatisasi kerja sistem [8].

2.3. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang banyak digunakan dalam implementasi sistem IoT karena memiliki fitur WiFi dan *Bluetooth* yang terintegrasi. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali yang menerima data dari sensor, memproses data tersebut, serta mengirimkannya ke platform komunikasi berbasis internet. Selain itu, ESP32 juga mampu mengendalikan perangkat output berdasarkan logika program yang telah ditentukan, sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem monitoring dan pengendalian otomatis [9].



Gambar 1. Mikrokontroler ESP32

2.4. Sensor PH4502C

Sensor *pH* digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air berdasarkan konsentrasi ion hidrogen. Sensor ini bekerja dengan menghasilkan sinyal analog yang kemudian dikonversi menjadi data digital oleh mikrokontroler. Nilai *pH* merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas air, khususnya dalam pemeliharaan ikan hias seperti ikan Channa yang sensitif terhadap perubahan lingkungan. Oleh karena itu, penggunaan sensor *pH* sangat penting dalam sistem monitoring kualitas air [10].



Gambar 2. Sensor ph4502c

2.5. Telegram Bot sebagai Media Monitoring

Telegram merupakan aplikasi *messaging* yang dapat dimanfaatkan sebagai media komunikasi dalam sistem IoT melalui penggunaan *bot*. *Telegram bot* memungkinkan sistem untuk mengirimkan data hasil monitoring, notifikasi, serta menerima perintah dari pengguna secara *real-time*. Dengan memanfaatkan *Application Programming Interface* (API) dari Telegram, pengguna dapat memantau kondisi *pH* air serta mengontrol sistem dari jarak jauh dengan mudah dan efisien [11].

2.6. Metode Pengendalian (Feedback Control)

Metode pengendalian yang digunakan dalam sistem ini adalah metode *feedback control*, yaitu sistem memberikan respon berdasarkan hasil pembacaan sensor. Ketika nilai *pH* berada di luar batas yang telah ditentukan, mikrokontroler akan mengaktifkan aktuator berupa *dosing pump* untuk menambahkan larutan *pH Up* atau *pH Down*. Proses ini berlangsung secara otomatis hingga nilai *pH* kembali ke kondisi ideal. Metode ini efektif dalam menjaga kestabilan kualitas air tanpa memerlukan intervensi manual secara terus-menerus [12].

2.7. Dosing Pump

Dosing pump merupakan aktuator yang digunakan untuk menambahkan larutan kimia ke dalam air dengan jumlah tertentu secara terkontrol. Dalam sistem ini, *dosing pump* digunakan untuk menambahkan larutan penyeimbang *pH* ketika nilai *pH* air berada di luar rentang yang diinginkan. Penggunaan *dosing pump* memungkinkan proses pengendalian berjalan secara otomatis dan lebih presisi [13].



Gambar 3. Dosing pump

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk merancang dan menguji sistem monitoring serta pengendalian *pH* air pada akuarium ikan Channa berbasis *Internet of Things*. Sistem dikembangkan dengan memanfaatkan sensor *pH*, mikrokontroler ESP32, dan *dosing pump* sebagai aktuator otomatis. Tahapan penelitian dilakukan secara bertahap mulai dari identifikasi kebutuhan sistem hingga evaluasi hasil pengujian. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Identifikasi Kebutuhan

Tahap identifikasi kebutuhan dilakukan untuk menentukan kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan sistem. Analisis kebutuhan meliputi sensor *pH*, mikrokontroler ESP32, relay, *dosing pump*, jaringan internet, serta media monitoring berupa Telegram sebagai sarana notifikasi dan pemantauan sistem secara *real-time*.

b. Perancangan Sistem

Tahap perancangan dilakukan dengan menyusun arsitektur sistem, rangkaian perangkat keras, serta alur kerja sistem monitoring dan pengendalian *pH*. Pada tahap ini juga dirancang logika pengendalian berbasis *feedback control* untuk mengatur aktivasi *dosing pump* berdasarkan hasil pembacaan sensor *pH*.

c. Implementasi Sistem

Tahap implementasi dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh perangkat keras dan perangkat lunak sesuai rancangan. Program pada ESP32 dikembangkan untuk membaca data sensor *pH*, mengirimkan data ke Telegram, serta mengaktifkan *dosing pump* *pH Up* atau *pH Down* ketika nilai *pH* berada di luar batas yang telah ditentukan.

d. Pengujian Sistem

Tahap pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem yang telah dikembangkan. Pengujian meliputi pembacaan sensor pH, pengiriman data ke Telegram, respons aktuator, serta kestabilan sistem dalam menjaga nilai pH air akuarium. Hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan alat ukur pH digital untuk mengetahui tingkat akurasi sistem.

e. Evaluasi Sistem

Tahap evaluasi dilakukan dengan menganalisis hasil pengujian untuk mengetahui kesesuaian kerja sistem terhadap rancangan awal. Evaluasi dilakukan terhadap tingkat akurasi sensor, respons sistem pengendalian, kestabilan koneksi IoT, serta kemampuan sistem dalam mempertahankan kondisi pH air sesuai rentang ideal ikan Channa.

3.2. Kebutuhan Sistem

Kebutuhan sistem pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung proses monitoring dan pengendalian pH air secara otomatis. Perangkat keras digunakan untuk membaca nilai pH air, memproses data, dan mengendalikan *dosing pump*. Sementara itu, perangkat lunak digunakan untuk proses pemrograman, komunikasi data, serta pengiriman notifikasi melalui Telegram Bot agar monitoring dapat dilakukan secara *real-time*.

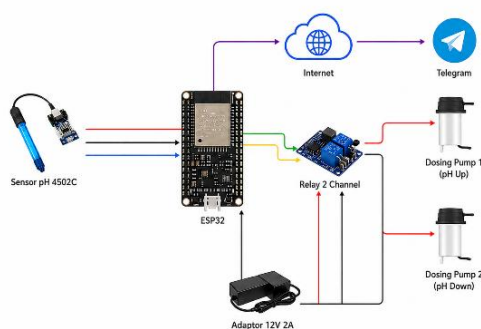
Tabel 1. Kebutuhan Perangkat Keras

No	Komponen	Spesifikasi
1	Mikrokontroler	ESP 32 Devkit V1
2	Sensor	Sensor pH4502C
3	Akuator	Dosing Pump
4	Modul Relay	Relay 2 Channel
5	Catu Daya	Adaptor 12V
6	Media Monitoring	Smartphone

Tabel 2. Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Komponen	Spesifikasi
1	Sistem Operasi	Windows 11
2	Text Editor	Arduino IDE
3	Platform Monitoring	Telegram Bot
4	Bahasa Pemrograman	C++
5	Jaringan Komunikasi	Wifi

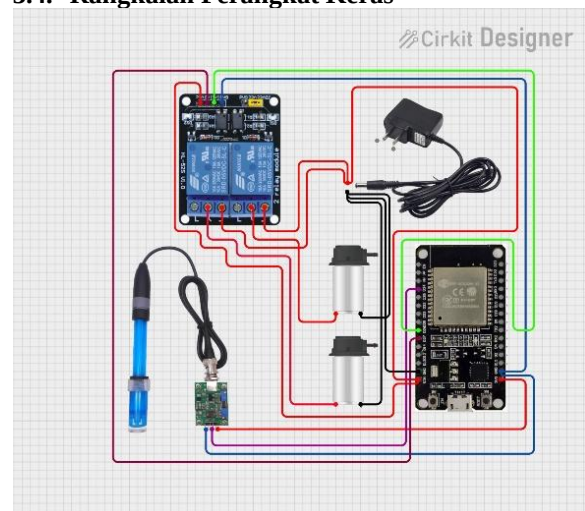
3.3. Arsitektur Sistem



Gambar 4. Arsitektur Sistem

Gambar 4 menunjukkan arsitektur sistem monitoring dan pengendalian pH air pada akuarium ikan Channa berbasis *Internet of Things* yang dirancang menggunakan *software* Cirkuit Designer sebelum tahap implementasi dilakukan. Pada sistem ini, ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali yang terhubung dengan sensor pH PH4502C, modul relay 2 channel, dan dua buah *dosing pump* 12V untuk proses pengaturan pH air secara otomatis, sedangkan adaptor 12V 2A digunakan sebagai sumber daya utama perangkat. Sensor pH bertugas membaca kondisi pH air secara *real-time*, kemudian data tersebut diproses oleh ESP32 untuk menentukan tindakan pengendalian yang sesuai. Ketika nilai pH berada di bawah batas yang ditentukan, relay akan mengaktifkan *dosing pump* pH Up untuk menambahkan cairan penambah pH, sedangkan apabila nilai pH terlalu tinggi maka sistem akan menyalakan *dosing pump* pH Down untuk membantu menurunkan kadar pH air hingga kembali stabil. Selain melakukan pengendalian otomatis, ESP32 juga memanfaatkan koneksi internet untuk mengirimkan data monitoring dan notifikasi melalui Telegram Bot sehingga pengguna dapat memantau kondisi akuarium dari jarak jauh menggunakan *smartphone*. Perancangan arsitektur sistem ini dilakukan agar proses pemasangan perangkat menjadi lebih terstruktur, mempermudah implementasi, serta mengurangi kemungkinan kesalahan koneksi antar komponen sehingga seluruh sistem dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan monitoring dan pengendalian pH air yang dirancang.

3.4. Rangkaian Perangkat Keras

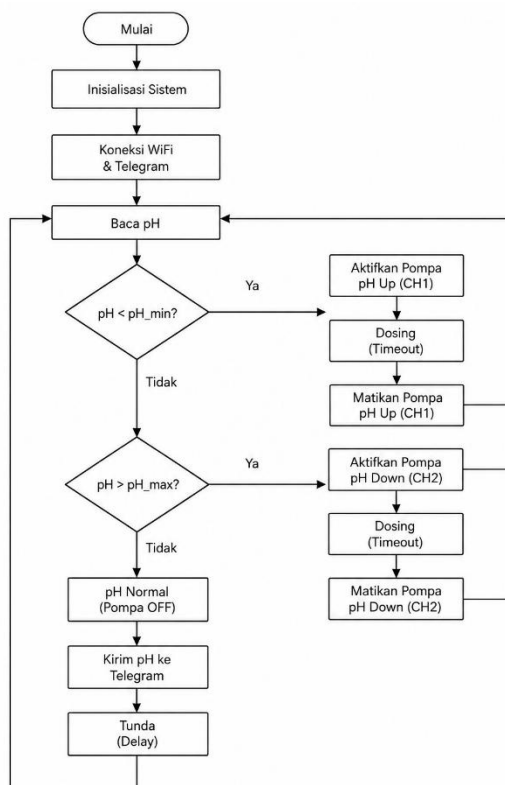


Gambar 5. Rangkaian Perangkat Keras

Gambar 5 memperlihatkan rangkaian perangkat keras pada sistem monitoring dan pengendalian pH air akuarium berbasis *Internet of Things* yang menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali utama. ESP32 terhubung dengan sensor pH PH4502C, modul relay 2 channel, adaptor 12V 2A, dan dua buah *dosing pump* yang berfungsi untuk proses penyesuaian pH air secara otomatis. Pada konfigurasi yang digunakan, pin VCC sensor pH dihubungkan ke pin 3V3 ESP32

sebagai sumber tegangan, pin GND dihubungkan ke GND, sedangkan pin AO/PO dihubungkan ke GPIO34 untuk membaca data analog nilai pH air. Modul relay 2 channel memperoleh catu daya melalui pin VIN (5V) dan GND ESP32, kemudian pin IN1 dihubungkan ke GPIO26 untuk mengendalikan *dosing pump* pH Up dan pin IN2 dihubungkan ke GPIO27 untuk mengontrol *dosing pump* pH Down. Kedua *dosing pump* menggunakan adaptor 12V 2A sebagai sumber daya utama, di mana terminal positif masing-masing pompa terhubung ke relay channel 1 dan relay channel 2, sedangkan terminal negatif pompa dihubungkan ke ground adaptor. Selain menyuplai daya pompa, adaptor juga digunakan untuk memberikan tegangan pada ESP32 melalui pin VIN sehingga seluruh komponen dapat bekerja dalam satu sistem dengan ground yang saling terhubung. Dengan konfigurasi tersebut, ESP32 dapat menerima hasil pembacaan sensor pH secara *real-time* dan mengaktifkan *dosing pump* sesuai kondisi pH air sehingga proses monitoring dan pengendalian pH dapat berlangsung secara otomatis dan stabil.

3.5. Flowchart Sistem



Gambar 6. Flowchart Sistem

Gambar 6 menunjukkan alur kerja sistem monitoring dan pengendalian pH air pada akuarium ikan Channa berbasis *Internet of Things* yang dimulai dari proses inisialisasi ESP32, sensor pH PH4502C, modul relay, koneksi WiFi, dan Telegram Bot. Setelah sistem berhasil terhubung ke jaringan internet, sensor pH akan membaca nilai pH air secara berkala dan hasil

pembacaan tersebut diproses oleh ESP32 sebagai dasar pengambilan keputusan. Apabila nilai pH berada di bawah batas minimum, maka relay channel 1 akan diaktifkan untuk menyalakan *dosing pump* pH Up selama waktu tertentu agar nilai pH meningkat, sedangkan jika nilai pH berada di atas batas maksimum maka relay channel 2 akan mengaktifkan *dosing pump* pH Down untuk membantu menurunkan kadar pH air hingga kembali normal. Ketika nilai pH berada pada kondisi ideal, seluruh *dosing pump* berada dalam keadaan tidak aktif dan sistem akan mengirimkan data monitoring pH ke Telegram Bot sebagai media pemantauan pengguna secara *real-time*. Setelah proses pengiriman data selesai, sistem akan melakukan *delay* beberapa detik sebelum kembali melakukan pembacaan sensor sehingga proses monitoring dan pengendalian pH air dapat berjalan otomatis dan berulang secara terus-menerus sesuai kebutuhan sistem.

3.6. Metode Pengendalian Feedback Control

Metode pengendalian yang diterapkan pada sistem ini menggunakan metode *feedback control*, yaitu proses pengendalian yang bekerja berdasarkan hasil pembacaan sensor pH sebagai umpan balik sistem. Sensor pH PH4502C akan membaca kondisi pH air akuarium secara *real-time*, kemudian data tersebut diproses oleh ESP32 untuk dibandingkan dengan batas minimum dan maksimum pH yang telah ditentukan. Apabila nilai pH berada di bawah batas normal, maka ESP32 akan mengaktifkan relay channel 1 untuk menyalakan *dosing pump* pH Up agar cairan penambah pH dapat dialirkan ke dalam air. Sebaliknya, ketika nilai pH melebihi batas maksimum, relay channel 2 akan diaktifkan untuk menjalankan *dosing pump* pH Down guna membantu menurunkan kadar pH air hingga kembali stabil. Setelah proses *dosing* selesai dilakukan, sistem akan kembali membaca nilai pH air untuk memastikan kondisi air telah berada pada rentang ideal. Dengan metode *feedback control* ini, proses monitoring dan pengendalian pH air dapat berlangsung secara otomatis, berulang, dan lebih stabil tanpa memerlukan pengawasan manual secara terus-menerus.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Sistem

Implementasi sistem menghasilkan perangkat monitoring dan pengendalian pH air akuarium ikan Channa berbasis *Internet of Things* yang mengintegrasikan sensor pH PH4502C, ESP32, modul relay 2 channel, *dosing pump*, dan Telegram Bot dalam satu sistem otomatis. Sensor pH berfungsi untuk membaca tingkat keasaman air secara *real-time*, kemudian data hasil pembacaan diproses oleh ESP32 sebagai pengendali utama untuk menentukan tindakan sesuai batas pH yang telah ditetapkan. Apabila nilai pH berada di bawah rentang ideal, sistem akan mengaktifkan *dosing pump* pH Up melalui relay untuk membantu meningkatkan nilai pH air. Sebaliknya,

ketika nilai pH melebihi batas yang ditentukan, sistem akan menyalakan *dosing pump* pH Down untuk menurunkan kadar pH hingga kembali stabil. Selain melakukan pengendalian otomatis, sistem juga mengirimkan informasi hasil monitoring ke Telegram sehingga pengguna dapat memantau kondisi akuarium dari jarak jauh.



Gambar 7. Hasil Implementasi Perangkat Keras



Gambar 8. Tampak Depan Hasil Implementasi Perangkat Keras

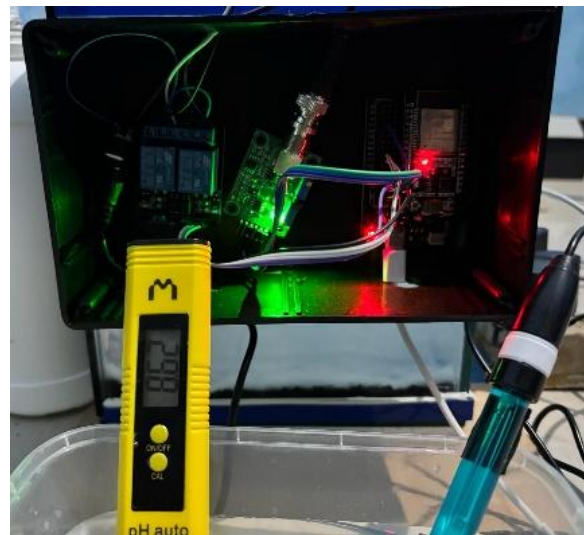
Pada Gambar 7 diperlihatkan tampak belakang perangkat sistem. Pada bagian ini terlihat posisi dua buah *dosing pump* yang dipasang di atas akuarium dan terhubung langsung dengan wadah cairan pH Up serta pH Down melalui selang. Wadah tersebut digunakan sebagai tempat penyimpanan larutan pengatur pH yang akan dipompa secara otomatis ketika sensor mendeteksi perubahan kondisi air. Selain itu, tampak juga jalur kabel penghubung antara sensor, *dosing pump*, ESP32, dan modul relay yang menjadi pusat pengendalian sistem. Susunan perangkat tersebut memungkinkan proses monitoring dan pengendalian

pH air dilakukan secara otomatis, berkelanjutan, dan dapat dipantau dari jarak jauh melalui Telegram.

Pada Gambar 8 ditunjukkan tampak depan perangkat sistem monitoring dan pengendalian pH air akuarium ikan *Channa* berbasis *Internet of Things*. Akuarium dilengkapi dengan sensor pH yang dipasang di dalam air untuk membaca nilai pH secara *real-time*. Pada bagian atas akuarium terdapat *dosing pump* yang berfungsi menyalurkan cairan pH Up dan pH Down ke dalam akuarium melalui selang kecil saat sistem melakukan proses pengendalian otomatis. Di sisi samping akuarium terlihat kotak *enclosure* yang digunakan sebagai tempat rangkaian elektronik seperti ESP32, modul relay, dan catu daya agar komponen lebih aman dari percikan air. Seluruh perangkat bekerja secara terintegrasi untuk menjaga kestabilan kondisi pH air sesuai batas yang telah ditentukan.

4.2. Pengujian Sensor PH

Pengujian sensor pH dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sensor PH4502C dalam mengukur nilai pH air serta mengetahui tingkat kesesuaiannya dengan alat ukur pH digital. Proses pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap nilai yang ditunjukkan oleh pH meter digital pada sampel air yang sama. Melalui pengujian ini, dapat diketahui tingkat akurasi sensor sekaligus memastikan bahwa data yang dihasilkan cukup andal untuk digunakan pada sistem monitoring dan pengendalian pH air berbasis ESP32.



Gambar 9. Rangkaian pengujian Ph

Gambar 9 memperlihatkan proses pengujian sensor pH PH4502C yang dilakukan dengan menggunakan pH meter digital sebagai alat referensi. Pada pengujian tersebut, sensor pH dan pH meter digital dicelupkan ke dalam wadah berisi sampel air yang sama sehingga kedua perangkat melakukan pengukuran pada kondisi yang identik. Hasil pengukuran pada pH meter digital menunjukkan nilai pH sebesar 8,62, sedangkan sensor PH4502C yang

terhubung dengan ESP32 digunakan untuk membaca dan mengirimkan data hasil pengukuran ke sistem. Nilai yang diperoleh dari sensor kemudian dibandingkan dengan hasil pembacaan pH meter digital untuk mengetahui tingkat ketelitian sensor. Berdasarkan proses pengujian yang dilakukan, sensor PH4502C mampu menghasilkan pembacaan yang mendekati nilai referensi sehingga dapat digunakan sebagai sumber data pada sistem monitoring dan pengendalian pH air. Selain itu, pengujian ini juga menunjukkan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi kondisi pH air secara real-time sebagai bagian dari mekanisme pengendalian otomatis yang diterapkan pada sistem.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor

No	Ph Meter Digital	Sensor PH4502C	Selisih	Error(%)
1	8.62	8.70	0,08	8%
2	8.64	8.72	0,08	8%
3	8.62	8.70	0,08	8%

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sensor pH PH4502C mampu membaca nilai pH air dengan cukup baik dan memiliki selisih pembacaan sekitar 0,06 di bawah alat ukur pH meter digital. Selisih tersebut menunjukkan bahwa sensor masih memiliki tingkat akurasi yang cukup stabil sehingga dapat digunakan sebagai masukan utama pada sistem monitoring dan pengendalian pH air otomatis.

4.3. Pengujian Sistem Pengendalian

Pengujian sistem pengendalian dilakukan untuk mengetahui respons sistem terhadap perubahan nilai pH air. Pengujian dilakukan dengan memberikan kondisi pH berbeda untuk melihat apakah *dosing pump* pH Up dan pH Down dapat bekerja sesuai logika sistem yang telah dirancang.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pengendalian PH

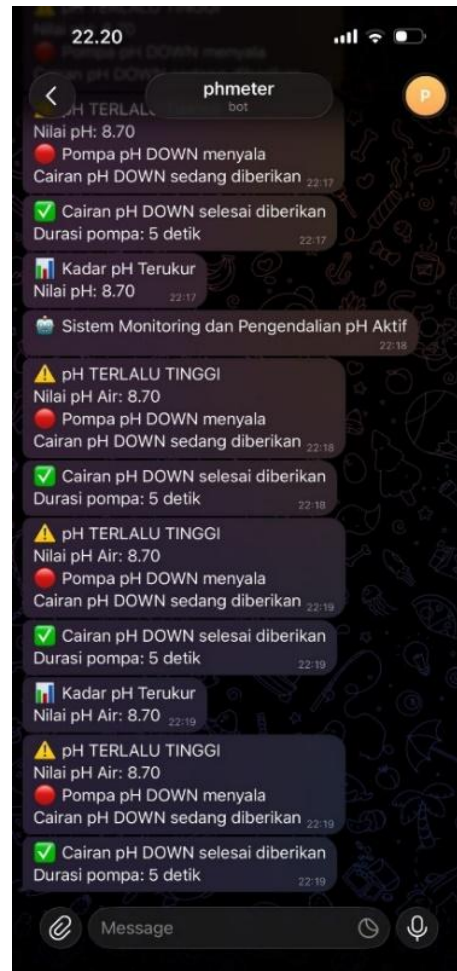
No	Nilai Ph	Kondisi Sistem	Pompa Aktif	Keterangan
1	8.70	Ph Tinggi	Ph Down	Sesuai
2	6.7	Normal	OFF	Sesuai
3	6.2	Ph Rendah	Ph Up	Sesuai

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengaktifkan *dosing pump* sesuai kondisi pH air. Ketika nilai pH berada di bawah batas minimum, *dosing pump* pH Up bekerja untuk menaikkan nilai pH air, sedangkan saat nilai pH terlalu tinggi sistem akan mengaktifkan *dosing pump* pH Down untuk menurunkan kadar pH hingga kembali stabil.

4.4. Monitoring dan Notifikasi Telegram

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring dan pengendalian pH air yang dikembangkan dapat bekerja sesuai fungsi yang telah dirancang. Sensor pH PH4502C mampu membaca perubahan nilai pH air secara langsung, kemudian data tersebut diproses oleh ESP32 untuk menentukan

tindakan pengendalian secara otomatis. Ketika nilai pH melebihi batas yang telah ditentukan, sistem akan mengaktifkan relay untuk menjalankan *dosing pump* pH Down sehingga cairan penurun pH dapat dialirkan ke dalam akuarium. Setelah proses penyesuaian selesai dilakukan, pompa akan dimatikan secara otomatis dan sistem kembali melakukan pembacaan nilai pH air secara berkala.



Gambar 10. Notifikasi Telegram

Gambar 10 memperlihatkan tampilan notifikasi Telegram Bot saat sistem mendeteksi kondisi pH air berada pada nilai 8.70 yang termasuk dalam kategori terlalu tinggi. Pada kondisi tersebut, sistem mengirimkan pesan peringatan kepada pengguna sekaligus menampilkan informasi bahwa *dosing pump* pH Down sedang aktif. Setelah durasi pemberian cairan selesai, Telegram Bot kembali mengirimkan notifikasi bahwa proses *dosing* telah berakhir. Selain sebagai media peringatan, Telegram Bot juga digunakan untuk menampilkan hasil monitoring nilai pH air secara *real-time* sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi akuarium tanpa harus melakukan pengecekan secara langsung. Berdasarkan hasil implementasi tersebut, integrasi antara sensor pH, ESP32, relay, *dosing pump*, dan Telegram Bot mampu mendukung proses monitoring serta pengendalian pH air secara otomatis sehingga kondisi air akuarium

dapat dijaga lebih stabil sesuai kebutuhan ikan Channa.

4.5. Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, sistem monitoring dan pengendalian pH air berbasis ESP32 dapat bekerja sesuai rancangan. Sensor pH PH4502C mampu membaca nilai pH air dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil dibandingkan alat ukur digital. Sistem pengendalian juga berhasil mengaktifkan *dosing pump* pH Up dan pH Down secara otomatis berdasarkan kondisi pH air yang terbaca oleh sensor. Selain itu, integrasi Telegram Bot memungkinkan proses monitoring dilakukan secara *real-time* sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi akuarium tanpa harus melakukan pengecekan secara langsung. Dengan adanya sistem ini, proses monitoring dan pengendalian kualitas air akuarium menjadi lebih efektif, otomatis, dan membantu menjaga kestabilan kondisi air agar tetap sesuai untuk pemeliharaan ikan Channa.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, sistem monitoring dan pengendalian pH air pada akuarium ikan Channa berbasis ESP32 dengan integrasi *Internet of Things* berhasil dikembangkan dan mampu bekerja sesuai rancangan. Sensor pH PH4502C dapat digunakan untuk membaca kondisi pH air secara *real-time* dengan tingkat pembacaan yang cukup baik, kemudian data tersebut diproses oleh ESP32 untuk mengendalikan *dosing pump* pH Up dan pH Down secara otomatis sesuai batas pH yang telah ditentukan. Sistem juga mampu mengirimkan data monitoring dan notifikasi melalui Telegram Bot sehingga pengguna dapat memantau kondisi akuarium dari jarak jauh dengan lebih mudah dan cepat. Penerapan metode *feedback control* pada sistem membantu menjaga kestabilan pH air agar tetap berada pada rentang ideal untuk pemeliharaan ikan Channa. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti proses pengujian yang dilakukan pada skala prototipe dan penggunaan sensor pH yang masih memerlukan proses kalibrasi berkala agar hasil pembacaan tetap akurat. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan sistem kalibrasi otomatis, penyimpanan data monitoring berbasis *cloud*, serta pengembangan antarmuka monitoring yang lebih interaktif agar sistem dapat bekerja lebih optimal dan mudah digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Saputra, A. P. Sasmito, D. Rudhistiar, and F. T. Industri, "Rancang bangun pakan dan filterisasi pada budidaya ikan channa menggunakan metode fuzzy berbasis arduino," vol. 5, no. 2, 2021.
- [2] K. Indartono, B. A. Kusuma, A. P. Putra, and K. Kunci, "PERANCANGAN SISTEM PEMANTAU KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR Program Studi Informatika , Fakultas Ilmu Komputer , Universitas Amikom Purwokerto Abstraksi Keywords : Pendahuluan Tinjauan Pustaka," vol. 1, no. 2, pp. 11–17, 2020.
- [3] I. P. Y. pramesia Pratama, K. S. Wibawa, and I. M. A. D. Suarjaya, "Perancangan PH Meter Dengan Sensor PH Air Berbasis Arduino," *JITTER J. Ilm. Teknol. dan Komput.*, vol. 3, no. 2, p. 1034, 2022, doi: 10.24843/jtrti.2022.v03.i02.p02.
- [4] I. Gabus, D. Desa, M. Jaya, K. Ogan, and K. Ulu, "The Implementation of IoT to monitor water quality in snakehead (Channa striata) bio floc in Desa Marta jaya , Kabupaten Ogan Komering Ulu Penerapan IoT dalam menjaga kualitas air Kolam Bioflok Budidaya," vol. 8, no. 2, pp. 391–397, 2025.
- [5] M. R. Satriawan, "Monitoring pH Dan Suhu Air Pada Budidaya Ikan Mas Koki Berbasis IoT," vol. 5, pp. 12–17, 2023.
- [6] S. Farhansyah, I. Kamil, and M. Dwiyaniti, "SISTEM PEMANTAUAN pH PADA BUDI DAYA PERIKANAN BERBASIS IoT," vol. 6, pp. 199–201, 2021.
- [7] F. F. Hamid, L. Elektronika, J. Fisika, K. Unand, and L. Manis, "Sistem Kontrol Kualitas Air Pada Akuarium Ikan Hias Air Tawar dan Monitoring Via Telegram Berbasis IoT," vol. 12, no. 3, pp. 452–458, 2023.
- [8] F. Akbari, M. W. Kasrani, and D. P. Setianingsih, "Pengukuran dan Monitoring Kualitas Air Baku Olahan di WTP Berbasis IoT," *J. Tek. Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 8, no. 2, pp. 404–411, 2024, doi: 10.36277/jteuniba.v8i2.267.
- [9] J. Penerapan, T. Informasi, I. Hias, B. Iot, and F. David, "IT-EXPLORE," vol. 02, pp. 154–169, 2023.
- [10] A. Faridatu, G. Al Azhar, and I. Saukani, "Implementasi Sensor PH Untuk Budidaya Hidrokanik pada UMKM Bengkel Mimpi Berbasis IoT," vol. 3, no. 2, pp. 82–90, 2024.
- [11] P. P. Wisesha, N. Rahman, S. Muda, and F. Kholid, "Sistem Monitoring Suhu Pada Kegiatan Lapangan Personel TNI-AD Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Bot Telegram Secara Real Time," vol. 5, no. 2, pp. 299–308, 2024.
- [12] J. Jauh, A. Fish, and F. Berbasis, "Pengembangan aplikasi mobile feedez sebagai sistem kendali jarak jauh automatic fish feeder berbasis iot 1) 1,2)," vol. 11, no. 1, pp. 1742–1756, 2026.
- [13] L. Ardiansyah and F. O. F. Engineering, "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATION SYSTEM FOR A NUTRITION PUMP IN HYDROPONICS USING ARDUINO," 2021.