

Integrasi Sistem kendali fuzzy logic Pada Kolam ikan Menggunakan Sensor pH

1st Aria Yudha Dinata

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

ariayudha@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Erwin Susanto

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

erwinelektro@telkomuniversity.ac.id.

3rd Porman Pangaribuan

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

porman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pengelolaan kualitas air kolam ikan merupakan faktor krusial dalam keberhasilan budidaya ikan. Salah satu parameter yang paling penting adalah pH air, yang harus dijaga dalam rentang optimal untuk memastikan kesehatan dan pertumbuhan ikan. Sistem kendali pH kolam ikan ini dirancang untuk memonitor dan menyesuaikan tingkat pH secara otomatis agar tetap berada dalam batas yang diinginkan. Sistem ini menggunakan sensor pH berbasis teknologi DFRobot untuk melakukan pengukuran pH secara real-time, dan dilengkapi dengan kontroler mikrokontroler yang mengendalikan injeksi bahan kimia penstabil pH berdasarkan data yang diterima. Data pengukuran dari sensor dibandingkan dengan nilai pH yang ditetapkan, dan jika terdapat penyimpangan, sistem akan mengaktifkan pompa untuk menambahkan larutan penstabil hingga pH mencapai nilai optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu menjaga pH dalam kisaran yang sesuai dengan kebutuhan ikan. Implementasi sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan kolam ikan, serta mengurangi risiko kematian ikan akibat fluktuasi pH yang tidak terkontrol.

Kata kunci— Sistem kendali pH, Kolam ikan, Kualitas air

I. PENDAHULUAN

Budidaya ikan merupakan salah satu sektor penting dalam bidang perikanan yang memiliki potensi besar untuk memenuhi kebutuhan protein bagi masyarakat [1]. Untuk mencapai hasil yang optimal dalam budidaya ikan, kualitas air di kolam budidaya harus dijaga dengan baik. Salah satu parameter kunci dalam kualitas air adalah tingkat keasaman atau pH. pH air yang tidak stabil dapat menyebabkan stres pada ikan, mengganggu proses fisiologis, dan bahkan meningkatkan risiko kematian ikan [2].

Kolam ikan yang dikelola secara konvensional sering kali mengalami fluktuasi pH yang tidak terkontrol akibat perubahan faktor lingkungan seperti hujan, limpasan air, atau pemberian pakan. Fluktuasi pH yang tiba-tiba dan tidak terpantau dapat berdampak buruk pada ikan, terutama bagi spesies yang sensitif terhadap perubahan pH. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem kendali pH yang mampu memonitor dan menstabilkan pH air secara otomatis [3] untuk menjaga keseimbangan ekosistem kolam dan mendukung pertumbuhan optimal ikan.

Teknologi otomatisasi dalam pengendalian pH telah berkembang pesat, salah satunya dengan penggunaan sensor pH yang dapat memantau kondisi air secara real-time. Sensor pH berbasis DFRobot adalah salah satu perangkat yang memiliki keunggulan dalam hal akurasi dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang beragam [4]. Dengan mengintegrasikan sensor ini ke dalam sistem yang dikendalikan oleh mikrokontroler, proses pemantauan dan penyesuaian pH dapat dilakukan secara efisien dan tepat waktu.

Pada penelitian ini, dikembangkan sebuah sistem kendali pH otomatis untuk kolam ikan yang dirancang untuk menjaga pH air dalam rentang optimal. Sistem ini bekerja dengan cara membaca nilai pH dari sensor, membandingkannya dengan setpoint yang diinginkan, dan menyesuaikan tingkat pH dengan menambahkan larutan penstabil jika diperlukan. Sistem ini diharapkan dapat membantu petani ikan dalam mengelola kualitas air kolam secara lebih efektif, mengurangi risiko kematian ikan, dan meningkatkan produktivitas budidaya.

II. KAJIAN TEORI

A. pH dan Pengaruhnya pada Budidaya Ikan

pH adalah ukuran tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan, yang dinyatakan dalam skala logaritmik dari 0 hingga 14. Dalam budidaya ikan, pH air adalah salah satu parameter kualitas air yang sangat penting. Nilai pH yang ideal untuk budidaya ikan bervariasi tergantung pada spesies ikan, namun umumnya berada dalam kisaran 6,5 hingga 8,5. pH air yang terlalu rendah (asam) atau terlalu tinggi (basa) dapat menyebabkan stres pada ikan, mempengaruhi metabolisme, dan meningkatkan kerentanan terhadap penyakit [2]. Oleh karena itu, menjaga pH dalam rentang yang optimal sangat penting untuk memastikan kesehatan dan pertumbuhan ikan. Rendah sehingga dapat mempengaruhi akurasi perhitungan.

B. Fuzzy Logic dalam Sistem Kendali pH

Fuzzy Logic atau logika fuzzy adalah pendekatan dalam sistem kendali yang memungkinkan penanganan ketidakpastian dan variabilitas yang ada di lingkungan nyata. Berbeda dengan logika biner tradisional yang hanya mengenal dua kondisi (benar atau salah, 0 atau 1), logika

fuzzy memungkinkan derajat keanggotaan yang berbeda dalam rentang nilai antara 0 dan 1, sehingga dapat lebih baik menangani kompleksitas sistem dinamis seperti pengelolaan pH dalam kolam ikan [5].

Dalam sistem kendali pH berbasis fuzzy logic, nilai pH yang diukur oleh sensor akan diproses untuk menentukan kondisi "fuzzy" dari pH tersebut, seperti "asam," "netral," atau "basa." Setelah itu, aturan-aturan fuzzy yang telah ditentukan akan diterapkan untuk menentukan tindakan korektif yang diperlukan, misalnya, berapa banyak larutan asam atau basa yang harus ditambahkan ke dalam air untuk mengembalikan pH ke rentang yang diinginkan [6].

Penggunaan fuzzy logic dalam sistem kendali pH memiliki beberapa keuntungan. Pertama, ia mampu menangani ketidakpastian yang disebabkan oleh perubahan lingkungan yang tidak terprediksi, seperti variasi suhu atau jumlah pakan yang diberikan. Kedua, sistem fuzzy logic dapat bekerja secara lebih fleksibel dibandingkan dengan sistem kendali konvensional, karena tidak memerlukan model matematika yang presisi dari sistem yang dikendalikan. Hal ini sangat bermanfaat dalam aplikasi seperti budidaya ikan, di mana kondisi lingkungan bisa sangat variabel dan sulit untuk dimodelkan secara akurat [7].

Sistem kendali pH berbasis fuzzy logic biasanya terdiri dari tiga bagian utama: fuzzifikasi (mengubah input crisp atau tajam menjadi variabel fuzzy), inferensi fuzzy (menggunakan aturan-aturan fuzzy untuk menentukan output), dan defuzzifikasi (mengubah output fuzzy kembali menjadi keputusan atau tindakan yang nyata) [8]. Dalam konteks pengendalian pH, sistem ini memungkinkan penyesuaian pH yang lebih halus dan responsif terhadap perubahan lingkungan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kesejahteraan dan produktivitas ikan dalam kolam.

Fuzzy Logic atau logika fuzzy adalah pendekatan dalam sistem kendali yang memungkinkan penanganan ketidakpastian dan variabilitas yang ada di lingkungan nyata. Berbeda dengan logika biner tradisional yang hanya mengenal dua kondisi (benar atau salah, 0 atau 1), logika fuzzy memungkinkan derajat keanggotaan yang berbeda dalam rentang nilai antara 0 dan 1, sehingga dapat lebih baik menangani kompleksitas sistem dinamis seperti pengelolaan pH dalam kolam ikan [8].

Dalam sistem kendali pH berbasis fuzzy logic, nilai pH yang diukur oleh sensor akan diproses untuk menentukan kondisi "fuzzy" dari pH tersebut, seperti "asam," "netral," atau "basa." Setelah itu, aturan-aturan fuzzy yang telah ditentukan akan diterapkan untuk menentukan tindakan korektif yang diperlukan, misalnya, berapa banyak larutan asam atau basa yang harus ditambahkan ke dalam air untuk mengembalikan pH ke rentang yang diinginkan [6].

Penggunaan fuzzy logic dalam sistem kendali pH memiliki beberapa keuntungan. Pertama, ia mampu menangani ketidakpastian yang disebabkan oleh perubahan lingkungan yang tidak terprediksi, seperti variasi suhu atau jumlah pakan yang diberikan. Kedua, sistem fuzzy logic dapat bekerja secara lebih fleksibel dibandingkan dengan sistem kendali konvensional, karena tidak memerlukan model matematika yang presisi dari sistem yang dikendalikan. Hal ini sangat bermanfaat dalam aplikasi seperti budidaya ikan, di mana kondisi lingkungan bisa sangat variabel dan sulit untuk dimodelkan secara akurat [7].

Sistem kendali pH berbasis fuzzy logic biasanya terdiri dari tiga bagian utama: fuzzifikasi (mengubah input crisp atau tajam menjadi variabel fuzzy), inferensi fuzzy (menggunakan aturan-aturan fuzzy untuk menentukan output), dan defuzzifikasi (mengubah output fuzzy kembali menjadi keputusan atau tindakan yang nyata) [8]. Dalam konteks pengendalian pH, sistem ini memungkinkan penyesuaian pH yang lebih halus dan responsif terhadap perubahan lingkungan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kesejahteraan dan produktivitas ikan dalam kolam.

C. Komponen Utama

1. Arduino Mega 2560

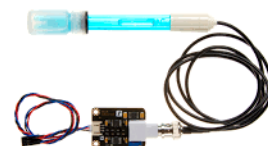


GAMBAR 1
Arduino Mega 2560

Arduino adalah platform mikrokontroler open-source yang dirancang dan dikembangkan untuk mempermudah pembuatan proyek elektronik. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan berbagai model yang menyediakan fitur input/output digital dan analog, memungkinkan kontrol dan interaksi dengan berbagai perangkat elektronik. Dalam pengembangan aplikasi menggunakan Arduino, bahasa pemrograman yang umumnya digunakan adalah C++ melalui lingkungan pengembangan Arduino IDE. Namun, beberapa model Arduino juga mendukung bahasa lain seperti Python melalui pustaka tertentu.

Dalam konteks kontrol nilai pH dalam air, Arduino dapat digunakan untuk mengelola dan mengontrol sistem kendali pH secara otomatis. Arduino akan menerima data dari sensor pH yang mengukur tingkat pH air secara real-time. Berdasarkan data yang diterima, Arduino akan mengolah informasi tersebut untuk menentukan apakah diperlukan penambahan bahan kimia penstabil pH. Melalui proses ini, Arduino akan mengirimkan perintah kepada aktuator, seperti pompa, untuk menambahkan bahan kimia yang diperlukan guna menjaga pH air pada nilai yang diinginkan. Dengan kemampuannya untuk berinteraksi dengan sensor dan aktuator serta kemudahan dalam pemrograman, Arduino memungkinkan pengembang untuk merancang sistem kontrol pH yang efisien dan responsif.

2. Sensor pH df robot



GAMBAR 2
Sensor pH Df robot

Sensor pH dari DF Robot adalah sensor yang dirancang untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi perbedaan tegangan yang dihasilkan oleh elektroda pH yang terendam dalam larutan, yang kemudian dikonversi menjadi nilai pH. Sensor ini memberikan output berupa nilai analog yang dapat dibaca oleh mikrokontroler seperti Arduino. Nilai tersebut kemudian diolah untuk menentukan tingkat pH dari larutan yang diukur [9].

Sensor pH DF Robot dilengkapi dengan sirkuit pengondisi sinyal untuk memperkuat dan menstabilkan sinyal yang diterima, sehingga hasil pengukuran menjadi lebih akurat. Pengguna juga dapat mengkalibrasi sensor ini menggunakan larutan buffer pH standar untuk memastikan pengukuran yang presisi. Dengan kemampuan untuk secara real-time memantau perubahan pH dalam berbagai aplikasi, sensor ini sering digunakan dalam sistem kendali pH, seperti dalam akuakultur, hidroponik, dan aplikasi laboratorium lainnya [10].

D. Komponen Elektronika Pendukung

1. Relay



GAMBAR 3
relay

Relay adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar elektromekanis yang dapat dikendalikan oleh sinyal listrik dari mikrokontroler, seperti Arduino Mega. Relay memungkinkan kontrol perangkat dengan tegangan dan arus yang lebih tinggi daripada yang dapat langsung dihubungkan ke mikrokontroler.

Dalam sistem kendali pH air, relay digunakan untuk mengatur lama waktu menyala pompa yang bertugas menambahkan larutan penstabil pH ke dalam air. Arduino Mega menerima data dari sensor pH yang memantau tingkat pH air secara real-time. Berdasarkan nilai pH yang terukur, Arduino Mega kemudian menghitung durasi yang diperlukan untuk menyalakan pompa agar pH air kembali ke tingkat yang diinginkan.

Arduino Mega mengirimkan sinyal kontrol ke relay untuk menyalakan atau mematikan pompa sesuai dengan kebutuhan. Misalnya, jika pH air terlalu rendah (asam), Arduino Mega akan mengaktifkan relay untuk menyalakan pompa selama beberapa detik atau menit, menambahkan larutan alkali ke dalam air untuk meningkatkan pH. Sebaliknya, jika pH terlalu tinggi (basa), sistem akan menambahkan larutan asam sesuai durasi yang telah ditentukan.

Dengan menggunakan relay, sistem dapat secara presisi mengontrol lama waktu menyala pompa, yang sangat penting untuk menjaga stabilitas pH air dalam rentang optimal. Pengaturan ini memastikan bahwa penyesuaian pH dilakukan secara efisien dan efektif, menghindari fluktuasi drastis yang dapat berdampak negatif pada lingkungan air atau organisme yang hidup di dalamnya.

2. Pompa dc 12v



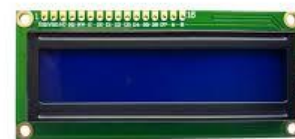
Gambar 4
Pompa dc 12v

Pompa DC 12V adalah perangkat yang digunakan untuk memindahkan cairan dengan memanfaatkan sumber daya listrik bertegangan 12 volt. Pompa ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena ukurannya yang relatif kecil, efisiensi tinggi, dan kemampuannya untuk beroperasi pada tegangan rendah. Pompa DC 12V dapat digunakan untuk sirkulasi air, sistem irigasi, akuarium, dan berbagai aplikasi lain yang memerlukan pengaliran cairan secara otomatis.

Pompa ini biasanya memiliki desain sederhana dengan motor DC yang menggerakkan impeller untuk mendorong cairan melalui saluran keluar. Keunggulan pompa DC 12V meliputi kemudahan dalam instalasi dan pengendalian, serta kompatibilitasnya dengan sumber daya dari baterai atau adaptor daya DC, yang membuatnya fleksibel untuk digunakan dalam aplikasi portabel atau di lokasi tanpa akses listrik AC.

Pompa DC 12V juga dapat dikendalikan dengan mikrokontroler atau saklar elektronik seperti relay, memungkinkan integrasi dalam sistem otomatisasi, seperti pengaturan irigasi otomatis atau pengendalian pH dalam sistem akuakultur. Kelebihan lainnya adalah kemampuan pompa ini untuk bekerja dengan arus rendah, sehingga aman digunakan dalam berbagai kondisi, termasuk di lingkungan yang basah atau dekat dengan air.

3. Liquid Crystal Device



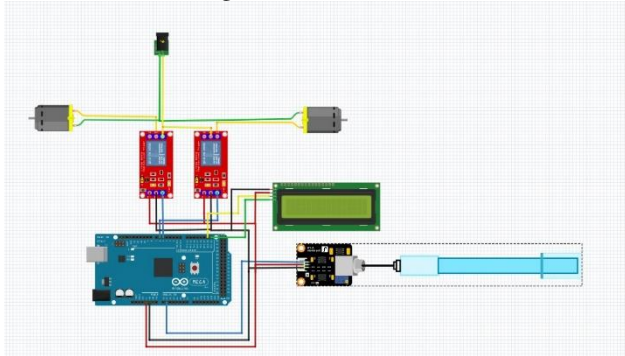
GAMBAR 5
LCD

CD 16x2 adalah modul tampilan yang dapat menampilkan hingga 32 karakter (16 karakter per baris, dua baris). Modul ini menggunakan teknologi LCD untuk menampilkan teks secara jelas dan hemat daya. LCD 16x2 sering digunakan dalam berbagai proyek elektronik karena mudah digunakan dengan mikrokontroler seperti Arduino. Modul ini biasanya dilengkapi dengan backlight untuk visibilitas yang baik dalam kondisi rendah cahaya dan mendukung pengaturan

kontras untuk optimalisasi tampilan. LCD 16x2 cocok untuk aplikasi yang memerlukan tampilan informasi sederhana dan efisien.

Tegangan oprasi	5V DC
Resolusi	16x2 piksel
Jenis Backlight	LED

E. Skematik Rangkaian



GAMBAR 6
Skematik Rangkaian Sistem

Gambar di atas adalah skematik wiring yang akan diintegrasikan menjadi satu alat. Dalam sistem ini, semua komponen dihubungkan menggunakan sumber daya 5V dan ground yang sama untuk memastikan kestabilan arus listrik. Namun, masing-masing sensor dan relay memiliki pin input yang berbeda pada Arduino. Sensor pH dihubungkan ke pin A 1. Distribusi pin yang berbeda ini memungkinkan Arduino untuk menerima dan memproses data dari setiap sensor secara independen, sehingga memastikan pengukuran yang akurat dan respons yang tepat terhadap perubahan kondisi air kolam.

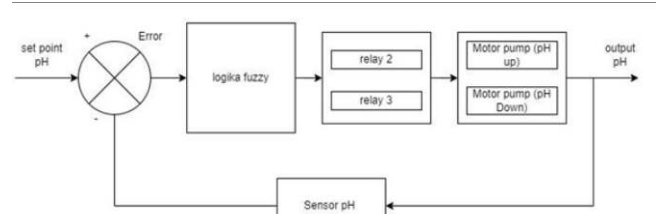
Selain itu, sistem ini menggunakan 1 sumber daya input 220V lalu di konversi menjadi tegangan 12V DC dan di rangkai paralel untuk mendukung operasinya. Sumber daya digunakan untuk menggerakkan pompa yang terhubung melalui relay, memungkinkan pompa dihidupkan dan dimatikan sesuai perintah dari Arduino berdasarkan nilai pH dalam air.

III. METODE

Jurnal ini membahas tentang metode untuk menjalankan sistem kendali fuzzy logic untuk kolam ikan menggunakan sensor pH dan robot yang berfungsi untuk mendeteksi nilai pH dalam air, hasil data yang didapatkan sensor akan terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino mega 2560. Selanjutnya, setelah terintegrasi sistem dapat melakukan *control* dengan menambah cairan pH *buffer up* atau *down* dari *input* dari sensor pH dan robot.

Arduino mega 2560 akan diprogram guna menerima data dari pendeteksian sensor, data ini akan diolah dengan logika FUZZY berupa nilai error dan nilai delta error berisi hasil deteksi nilai pH dalam air. Berdasarkan hasil yang di dapat, Arduino akan mengontrol seluruh komponen pendukung untuk mengaktifkan alat kendali dan mulai melakukan aksi dengan mengaktifkan lama menyala pompa berdasarkan data yang telah diolah dengan logika FUZZY.

A. Diagram Blok Sistem



GAMBAR 7
Diagram Fungsi Sistem

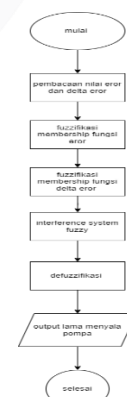
Diagram blok ini menggambarkan sistem kontrol pH menggunakan logika fuzzy yang melibatkan beberapa komponen penting. Sistem ini dimulai dengan input berupa set point pH yang diinginkan dan pH aktual dari sistem yang diukur oleh sensor pH. Kedua nilai ini digunakan untuk menghitung dua input penting: nilai error dan delta error.

Nilai error adalah selisih antara set point pH dan pH aktual, yang menunjukkan seberapa jauh pH aktual dari nilai yang diinginkan. Delta error, di sisi lain, merupakan perubahan nilai error dalam periode waktu tertentu dan memberikan informasi tentang laju perubahan pH.

Nilai error dan delta error ini kemudian dimasukkan ke dalam blok logika fuzzy, yang memproses kedua nilai tersebut untuk menentukan tindakan korektif yang diperlukan. Berdasarkan hasil dari logika fuzzy, relay yang sesuai diaktifkan untuk mengendalikan motor pompa. Sistem ini memiliki dua motor pompa, satu untuk menaikkan pH (pH Up) dan satu lagi untuk menurunkan pH (pH Down). Motor pompa yang diaktifkan akan bekerja untuk mengoreksi pH sistem, baik dengan menambah atau mengurangi nilai pH hingga mendekati set point yang diinginkan.

Setelah motor pompa beroperasi, pH aktual yang baru dihasilkan dan diukur kembali oleh sensor pH, dan siklus ini terus berulang hingga pH sistem stabil pada nilai yang diinginkan. Sistem ini secara efektif menjaga pH dalam rentang yang diinginkan melalui penyesuaian yang berkelanjutan berdasarkan logika fuzzy yang menggunakan input dari error dan delta error.

B. Flowchart



GAMBAR 6
Flowchart Sistem

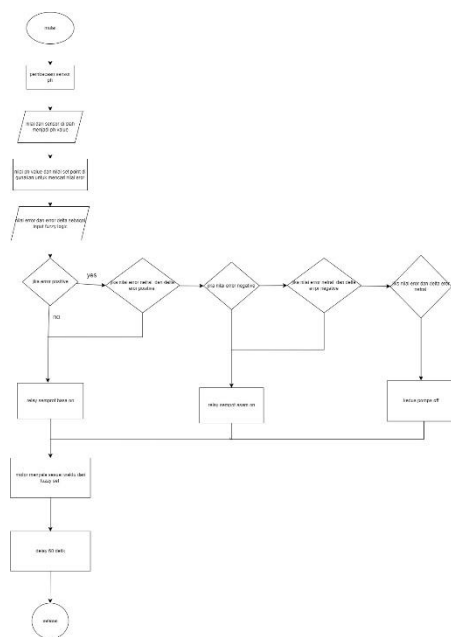
Gambar Sistem ini dirancang untuk mengendalikan pH air melalui pembacaan nilai **error** dan **delta error**. **Error** merujuk pada selisih antara nilai pH aktual yang diukur

dengan nilai pH setpoint yang diinginkan, sedangkan **delta error** mengacu pada perubahan atau laju perubahan error tersebut dari waktu ke waktu.

Kedua parameter ini, yaitu error dan delta error, menjadi masukan penting dalam sistem **logika fuzzy** yang diterapkan. Dalam sistem logika fuzzy, masukan ini diolah melalui serangkaian aturan berbasis logika fuzzy yang menentukan bagaimana sistem harus merespons terhadap perubahan pH yang terdeteksi. Proses ini dikenal sebagai **inferensi fuzzy**, di mana keputusan diambil berdasarkan kategori fuzzy, seperti 'pH terlalu rendah,' 'pH sedikit rendah,' atau 'pH optimal.'

Setelah proses inferensi fuzzy dilakukan, hasilnya kemudian diproses lebih lanjut dalam tahap yang disebut **defuzzifikasi**. Defuzzifikasi adalah proses mengubah hasil fuzzy ini menjadi nilai konkret yang dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat keras, dalam hal ini, pompa. Nilai konkret ini menentukan durasi waktu nyala pompa—apakah pompa perlu dinyalakan dalam waktu singkat, sedang, atau lama—untuk menambahkan larutan penstabil pH ke dalam air, sehingga pH dapat kembali ke level yang optimal.

Dengan demikian, sistem ini tidak hanya membaca dan menganalisis nilai pH, tetapi juga mengambil tindakan korektif yang tepat berdasarkan logika fuzzy yang telah diprogram, memastikan bahwa pH air tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan spesifik budidaya ikan.



GAMBAR 7
Flowchart Pengolahan Data Sistem

Gambar di atas menunjukkan flowchart proses sensor pH yang dimulai dari pembacaan data sensor pH. Nilai yang diperoleh dari sensor tersebut kemudian diolah untuk menghasilkan nilai pH yang disebut sebagai **pH value**. Nilai pH value ini kemudian dibandingkan dengan **setpoint** yang telah ditentukan untuk menghitung **Error** dan **Delta Error** (Δe).

1. **Error** adalah perbedaan antara nilai pH yang diinginkan (setpoint) dengan nilai pH yang terukur di kolam ikan. Error ini menunjukkan sejauh mana nilai pH air menyimpang dari setpoint.

2. **Delta Error** (Δe) merupakan perubahan nilai error dari waktu ke waktu, yang memberikan informasi mengenai kecepatan perubahan pH. Delta error ini berguna untuk memprediksi apakah nilai pH semakin mendekati atau menjauhi setpoint.

Berdasarkan nilai error yang dihasilkan:

- a. Jika **Error** bernilai positif, artinya pH air lebih rendah daripada setpoint (air terlalu asam). Dalam kondisi ini, sistem akan mengaktifkan pompa basa untuk menaikkan pH air.
- b. Jika **Error** bernilai negatif, artinya pH air lebih tinggi daripada setpoint (air terlalu basa). Sistem kemudian akan mengaktifkan pompa asam untuk menurunkan pH air.
- c. Jika **Error** bernilai netral (0), artinya pH air sudah sesuai dengan setpoint (nilai pH yang diinginkan telah tercapai). Dalam situasi ini, kedua pompa, baik pompa asam maupun pompa basa, akan dimatikan.

1	error	delta error	motorasam	motorbasa
2	positive high (asam)	positive high	stop	high
3	positive high	positive low	stop	high
4	positive high	netral	stop	high
5	positive high	negative low	stop	high
6	positive high	negative high	stop	high
7	positive low	positive high	stop	low
8	positive low	positive low	stop	low
9	positive low	netral	stop	low
10	positive low	negative low	stop	low
11	positive low	negative high	stop	low
12	netral	positive high	stop	low
13	netral	positive low	stop	low
14	netral	netral	stop	stop
15	netral	negative low	low	stop
16	netral	negative high	low	stop
17	negative low	positive high	low	stop
18	negative low	positive low	low	stop
19	negative low	netral	low	stop
20	negative low	negative low	low	stop
21	negative low	negative high	low	stop
22	negative high	positive high	high	stop
23	negative high	positive low	high	stop
24	negative high	netral	high	stop
25	negative high	negative low	high	stop
26	negative high (basa)	negative high	high	stop

GAMBAR 8
Rulebase

Gambar di atas menggambarkan sekumpulan aturan logika yang dikenal sebagai **rule base**, yang digunakan untuk mengendalikan sistem berdasarkan nilai input yang terdeteksi. Dalam konteks sistem kontrol pH, rule base ini terdiri dari serangkaian aturan yang dirancang untuk mengatur bagaimana sistem merespons berbagai kondisi pH air yang terdeteksi, berdasarkan perhitungan nilai error.

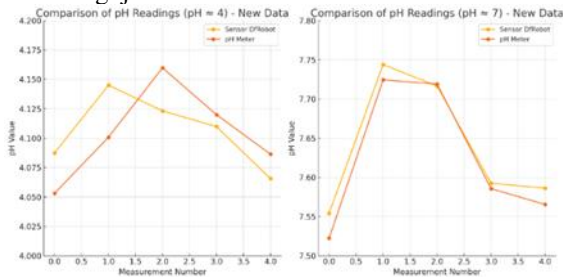
Setiap aturan dalam rule base ini merumuskan tindakan spesifik yang harus diambil oleh sistem ketika kondisi tertentu terpenuhi. Dalam sistem kontrol pH ini, rule base menentukan intervensi terhadap operasi pompa asam dan pompa basa berdasarkan nilai error yang terukur. Dengan kata lain, rule base ini memandu sistem dalam mengambil keputusan yang tepat guna mengoreksi pH air, baik dengan menambah asam untuk menurunkan pH atau menambah basa untuk menaikkan pH.

Aturan-aturan dalam rule base ini dirancang untuk memastikan bahwa sistem bertindak secara responsif dan efektif dalam menjaga nilai pH air tetap berada dalam rentang yang diinginkan. Dengan demikian, rule base berperan sebagai inti logika yang mengarahkan tindakan sistem untuk mencapai stabilitas pH yang optimal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian kali ini, menghasilkan berbagai data untuk menunjang alat kendali ph pada kolam ikan. Berhasilnya integrasi antara mikrokontroler arduino mega 2560 dan sensor pH df robot menghasilkan data pengujian pembacaan sensor dan kendali waktu respons pompa menyala.

A. Hasil Pengujian Pembacaan sensor



GAMBAR 9
Grafik Rata-rata Pengujian sensor pH

Grafik di atas memperlihatkan perbandingan antara nilai pH yang diukur oleh Sensor DfRobot dan pH Meter dalam dua skenario, yaitu untuk nilai pH sekitar 4 dan nilai pH sekitar 7. Berikut adalah analisis dari data tersebut:

1.pH=4:

- Pada grafik pertama, nilai pH yang diukur oleh Sensor DfRobot dan pH Meter cenderung sangat dekat satu sama lain. Ini menunjukkan bahwa Sensor DfRobot memiliki kemampuan yang baik dalam mengukur pH rendah, dengan hanya sedikit perbedaan dari pH Meter standar.
- Perbedaan antara kedua perangkat tersebut bervariasi dalam kisaran yang sangat kecil, menunjukkan bahwa kesalahan (error) antara pengukuran sensor dan pH Meter adalah minimal.

2.pH=7:

Grafik kedua menunjukkan hasil yang serupa untuk pH sekitar 7. Nilai yang diukur oleh Sensor DfRobot tetap konsisten dan sangat dekat dengan pH Meter. Meskipun ada sedikit variasi antara hasil pengukuran dari kedua perangkat, akurasi tetap tinggi, menunjukkan bahwa Sensor DfRobot dapat diandalkan untuk mengukur pH dalam rentang netral.

B. respon sistem lama menyala pompa

TABLE 1
respons sistem

no	Nilai ph	Pompa asam	Pompa basa	Lama menyala
1	9.82	off	on	14,3 detik
2	8,57	off	on	13,3 detik
3	7	off	off	-
4	6.7	on	off	3,74
5	7,12	off	off	-

Berdasarkan tabel 1 pompa bergerak dengan lama menyala yang berbeda beda, pompa dapat bergerak sesuai dengan proses logika fuzzy yang telah di lewati Dalam sistem kontrol berbasis fuzzy *logic*, respons terhadap nilai input error dan delta error melibatkan beberapa tahap kritis. Pertama, nilai error dan delta error yang diukur diubah menjadi kategori fuzzy melalui proses fuzzifikasi. Selanjutnya, tahap rulebase memanfaatkan kategori fuzzy ini untuk menentukan aturan-aturan yang mengatur respons sistem. Aturan ini menghubungkan kondisi fuzzy dari error dan delta error dengan tindakan yang harus diambil, seperti mengaktifkan pompa asam atau basa. Proses inferensi kemudian menerapkan aturan-aturan ini untuk menentukan output fuzzy yang menggambarkan seberapa aktif pompa harus dijalankan. Terakhir, proses defuzzifikasi mengubah output fuzzy tersebut menjadi nilai crisp yang dapat digunakan secara praktis. Misalnya, jika hasil inferensi menunjukkan bahwa pompa asam perlu aktif pada tingkat tertentu, defuzzifikasi akan mengkonversi hasil ini menjadi durasi waktu spesifik untuk mengaktifkan pompa. Dengan cara ini, sistem kontrol dapat memberikan respons yang sesuai untuk menyeimbangkan parameter yang diinginkan berdasarkan nilai error dan delta error yang diukur.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa rancangan sistem kontrol pH yang menggunakan fuzzy logic dalam penelitian ini berhasil mengembangkan produk yang efektif dalam mengatur nilai pH air. Sistem ini mampu menjaga pH dalam kisaran yang diinginkan dengan waktu respon yang optimal serta tingkat kesalahan yang memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Alat ini dirancang untuk mendeteksi kadar pH dalam rentang 0 hingga 14, yang mencakup seluruh spektrum pH air dari sangat asam hingga sangat basa. Dengan kemampuan ini, sistem kontrol pH berbasis fuzzy logic tidak hanya menyediakan solusi yang akurat dan responsif tetapi juga fleksibel dalam menghadapi variasi pH yang luas, memastikan pengendalian kualitas air yang konsisten dan dapat diandalkan sesuai dengan kebutuhan spesifik pengguna atau aplikasi industri.

REFRENSI

- [1] J. K. Assa, "Aquaculture development and challenges in the 21st century," **Journal of Aquaculture Research and Development**, vol. 9, no. 5, pp. 310-315, May 2018.
- [2] R. H. Boyd, "Water quality management for pond fish culture," **Elsevier Publishing**, 1998.
- [3] L. Zhang, Y. Li, and G. Wang, "Automatic pH control in aquaculture systems: A review," **Aquacultural Engineering**, vol. 74, pp. 50-57, June 2016.

[4] DFRobot, "Gravity: Analog pH Sensor/Meter Kit V2," Available: <https://www.dfrobot.com/product-1120.html>. [Accessed: Sep. 2, 2024].

[5] L. A. Zadeh, "Fuzzy logic and its application to approximate reasoning," *Information Processing and Management*, vol. 24, no. 4, pp. 677-688, 1988.

[6] S. H. Huang and C. L. Hwang, "Application of fuzzy logic in water quality control systems," *Water Research*, vol. 36, no. 9, pp. 2293-2300, May 2002

[7] A. M. Ibrahim, "Fuzzy logic for real-time control of water quality in fish farms," *Aquaculture International*, vol. 25, no. 6, pp. 1445-1459, Dec. 2017

[8] J. R. Aguilar and M. A. Diaz, "Fuzzy logic in automation of aquaculture systems," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 47, no. 9, pp. 2533-2544, Sept. 2017.

[9] DF Robot, "Gravity: Analog pH Sensor / Meter Kit V2," DF Robot, 2023. [Online]. Available: <https://www.dfrobot.com/product-1025.html..>

[10] DF Robot, "Gravity: Analog pH Sensor / Meter Kit V2 – Arduino Compatible," DF Robot Wiki, 2023. [Online]. Available

