

Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Budidaya Ikan Lele Dalam Ember Otomatis Berdasarkan Amonia dan pH Berbasis IOT Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

SISTEM INFORMASI KONTROL KUALITAS AIR BUDIDAYA IKAN LELE DALAM EMBER OTOMATIS BERDASARKAN AMONIA DAN PH BERBASIS IOT MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI

Muhammad Imamuddin

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Hasyim Asy'ari
Email : uud7231@gmail.com

Chamdan Mashuri

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Hasyim Asy'ari
Email : chamdanmashuri@unhasy.ac.id

Reza Augusta Jannatul Firdaus

Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Hasyim Asy'ari
Email : rezafirdaus@unhasy.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Berdasarkan Amonia dan pH otomatis dalam budidaya ikan lele dalam ember berbasis IoT, dengan menggunakan metode fuzzy Mamdani. Latar belakang penelitian ini melibatkan Kelompok Masyarakat Sido Mulyo Dukuhdimoro yang mengalami penurunan hasil panen akibat permasalahan kualitas air, penanganan amonia saat ini masih dilakukan secara manual dan tidak efektif, sehingga diperlukan teknologi yang dapat mengatasi masalah tersebut. Salah satu solusi yang diajukan adalah penggunaan sistem IoT yang memanfaatkan sensor amonia dan pH air untuk memantau kondisi air secara real-time. Penggunaan logika fuzzy Mamdani juga diusulkan untuk meningkatkan sistem pengaturan kontrol amonia dan pH air secara otomatis. Berdasarkan percobaan dan implementasi oleh peneliti, disimpulkan bahwa metode fuzzy Mamdani berhasil memonitor dan mengendalikan kualitas air pada budidaya ikan lele berbasis IoT. Dalam 9 kali percobaan blackbox testing, ditemukan 2 kali ketidaksesuaian pada sistem informasi derajat kualitas air akibat selisih sensor dan data pembanding. Namun, sistem kontrol kualitas air berdasarkan amonia dan pH berjalan baik. Uji coba kalibrasi amonia dan pH menggunakan rumus Mutual Acceptance of Data (MAD) menghasilkan selisih sebesar 0,01428 untuk sensor amonia (6 kali percobaan dengan amonia test kit) dan 0,01666 untuk sensor pH (7 kali percobaan dengan pH meter digital). Sistem kontrol otomatis berhasil menjaga kondisi amonia dan pH pada rentang yang aman untuk ikan lele, yaitu 0-0,6 ppm untuk amonia dan pH 6,5-8,5. (BBPBAT, 2005).

Kata Kunci: Sistem informasi kontrol kualitas air, *Internet of Things*, Sensor ammonia dan pH, Fuzzy Mamadani, Kelompok Masyarakat Sido Mulyo.

Abstract

This research aims to develop an Automatic Water Quality Control Information System based on IoT for catfish farming in buckets, using the fuzzy Mamdani method to measure Ammonia and pH levels. The background of this study involves the Sido Mulyo Dukuhdimoro Community Group, which has experienced a decline in harvest yields due to water quality issues. The current handling of Ammonia is done manually and is ineffective, necessitating technology that can address this problem. One proposed solution is the use of an IoT system that utilizes Ammonia and pH sensors to monitor water conditions in real-time. The use of fuzzy Mamdani logic is also suggested to enhance the automatic control system for Ammonia and pH levels. Based on experiments and implementations by the researchers, it is concluded that the fuzzy Mamdani method successfully monitors and controls water quality in IoT-based catfish farming. In 9 instances of blackbox testing, 2 discrepancies were found in the information system's water quality degree due to sensor differences and reference data. However, the water quality control system based on Ammonia and pH performed well. Calibration tests for Ammonia and pH using the Mutual Acceptance of Data (MAD) formula resulted in a difference of 0.01428 for Ammonia sensors (6 tests with an Ammonia test kit) and 0.01666 for pH sensors (7 tests with a digital pH meter). The automatic control system successfully maintains Ammonia and pH levels within a safe range for catfish, which is 0-0.6 ppm for Ammonia and pH 6.5-8.5. (BBPBAT, 2005).

Keywords: Ammonia, pH, Sido Mulyo Community Group, BUDIKDAMBER, Catfish, Fuzzy Mamdani Logic, Automatic Control System, IoT.

PENDAHULUAN

Latar belakang penelitian ini melibatkan Kelompok Masyarakat Sido Mulyo Dukuhdimoro yang mengalami penurunan hasil panen budidaya ikan lele dalam ember akibat permasalahan kualitas air. Kualitas air yang baik sangat penting untuk budidaya ikan lele dengan sukses, karena berdampak langsung pada pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Selain menjaga kebersihan kualitas air agar tetap baik, permasalahan lain yang sering timbul dan perlu diwaspadai adalah peningkatan kadar pH dan amonia pada kolam buatan tersebut. Peningkatan kadar amonia dan pH ini bisa berbahaya bagi ikan-ikan yang dipelihara. Kadar amonia yang terlalu tinggi dapat mengganggu pencernaan ikan dan menyebabkan kematian, yang tentunya merugikan pembudidaya ikan (Wiranto & Hermida, 2010).

Kadar amonia bisa diatasi dengan metode mengurangi atau menguras air kolam. Namun, karena penanganan amoniak saat ini masih dilakukan secara manual oleh pembudidaya ikan, dimana proses manual memerlukan waktu dan tenaga ekstra, terutama jika kolam memiliki ukuran besar atau jika jumlah kolam banyak dan juga kemungkinan human error juga bisa terjadi dalam proses ini (Daulay, 2018). Metode ini tidak sedikit efektif, sehingga diperlukan teknologi yang dapat mengatasi masalah tersebut. Dalam hal ini, teknologi tersebut akan membantu pembudidaya ikan dalam menghadapi masalah tersebut dan mengurangi risiko kematian ikan.

Salah satu solusi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut adalah penggunaan Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Berdasarkan Amonia dan pH secara otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dalam budidaya ikan lele dalam ember. Dalam pengembangan teknologi peternakan modern, IoT telah menjadi solusi efektif dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem pengendalian amonia dan pH air secara otomatis pada budidaya ikan lele. Dalam sistem IoT, sensor amonia dan pH air digunakan untuk memantau kondisi amonia dan pH secara real-time, sehingga memberikan informasi yang akurat mengenai kondisi air dalam budidaya ikan lele dalam ember. Peran Internet of Things (IoT) dalam pengembangan sistem peternakan semakin penting, karena memungkinkan penggunaan sensor dan kontroler jarak jauh yang dapat memantau kondisi pertanian secara real-time (Hariyanto dkk., 2020).

Selain itu, logika fuzzy Mamdani dapat digunakan untuk meningkatkan sistem pengaturan kontrol amonia dan pH air secara otomatis, sehingga sistem dapat beroperasi dengan lebih optimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Berdasarkan Amonia dan pH otomatis dalam budidaya ikan lele dalam ember berbasis IoT, dengan menggunakan metode fuzzy Mamdani. Penelitian ini akan dilakukan pada Budidaya ikan lele dalam Ember Kelompok Masyarakat Sido Mulyo Dukuhdimoro. Metode fuzzy Mamdani dipilih karena kemampuannya dalam mengolah data yang tidak pasti dan menghasilkan output yang tepat dan akurat.

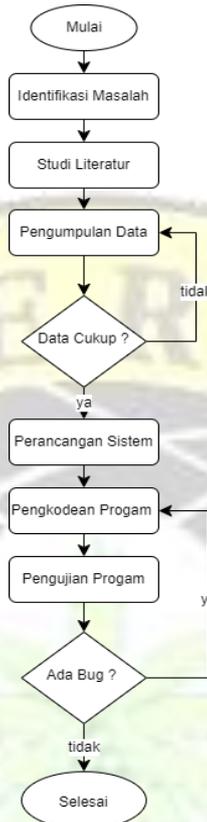
Penggunaan Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Berdasarkan Amonia dan pH secara otomatis dalam budidaya ikan lele dalam ember berbasis IoT dengan metode fuzzy Mamdani memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan. Salah satu keunggulannya adalah kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi dalam mengatur kualitas air dalam budidaya ember, memberikan informasi secara real-time, dan mengoptimalkan hasil panen. Namun, sistem ini juga memiliki kelemahan, seperti biaya pengadaan dan perawatan yang signifikan. Oleh karena itu, penting untuk memberikan perlindungan dan perawatan yang baik agar sistem ini dapat berfungsi secara optimal.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengumpulan data kualitas air dengan menggunakan sensor yang sesuai. Data tersebut kemudian akan diproses dan dianalisis menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk mengembangkan model kontrol yang tepat. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi penting bagi para petani ikan lele dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas budidaya mereka. Kesimpulannya, pengembangan Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Budidaya Ikan Lele dalam Ember Otomatis Berdasarkan Ammonia dan pH berbasis IoT menggunakan metode Fuzzy Mamdani merupakan langkah inovatif dalam meningkatkan kualitas budidaya ikan lele. Dengan penerapan teknologi ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi perkembangan sektor perikanan budidaya di Indonesia dan memperkuat peran teknologi informasi dalam mendukung keberlanjutan lingkungan hidup.

Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Budidaya Ikan Lele Dalam Ember Otomatis Berdasarkan Amonia dan ph Berbasis IOT Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

METODE

Pada penelitian ini metodologi yang dipakai sebagai berikut :



Gambar 1 Prosedur Penelitian

Gambar 1 adalah diagram alur penelitian yang digunakan untuk merancang sistem, yang terdiri dari beberapa tahapan :

1. Identifikasi Masalah

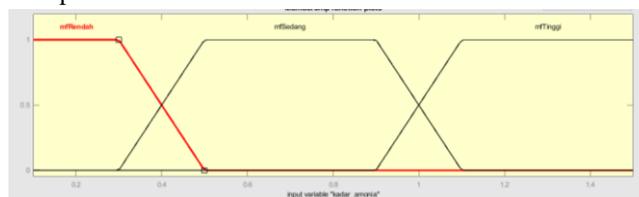
Masalah utama yang dihadapi dalam studi kasus Budikdamber ikan lele Kelompok masyarakat Sido Mulyo adalah sulitnya menjaga Amonia yang ditandai bau menyengat dan ph air yang ditandai dengan munculnya buih buih gelembung pada permukaan kolam buatan selama masa pemeliharaan yang menyebabkan turunnya hasil panen sehingga penghasilan petani ikan lele menurun.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari, membaca, dan mempelajari teori-teori yang berkaitan dengan masalah Budikdamber Kelompok Masyarakat Sido Mulyo. Literatur yang digunakan memuat materi tentang mikro kontroler arduino, sistem kontrol amonia, sistem kontrol pH air ikan lele dan metode fuzzy mamdani.

3. Pengumpulan Data

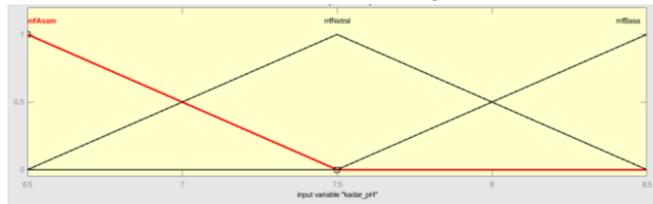
Proses pengumpulan data digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang persyaratan kualitas air ikan lele pada budikdamber yang dimaksudkan untuk penelitian. Data yang diperoleh untuk diproses terdiri dari titik Amonia dan pH. Kemudian, logika fuzzy mamdani digunakan untuk menghasilkan variabel yang akan digunakan untuk menghasilkan output yang diharapkan.



Gambar 2. menunjukkan data yang diperoleh dari klasifikasi Amonia

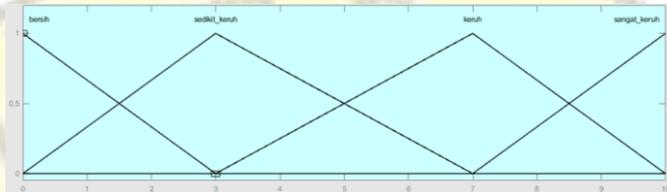
Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Budidaya Ikan Lele Dalam Ember Otomatis Berdasarkan Amonia dan pH Berbasis IOT Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

Gambar 2 menampilkan keanggotaan variabel Amonia inputan fuzzy yang memiliki variabel rendah, sedang, dan tinggi. Dengan semesta pembicaraan rendah bernilai 0,1-0,5, sedang bernilai 0,3-1,1, dan tinggi bernilai 0,9-1,5.



Gambar 3. menunjukkan data yang diperoleh dari klasifikasi pH

Gambar 3 menampilkan keanggotaan variabel pH inputan fuzzy yang memiliki variabel asam, netral, dan basa. Dengan semesta pembicaraan asam bernilai 6,5-7,5, netral bernilai 6,5-8,5, dan basa bernilai 7,5-8,5.



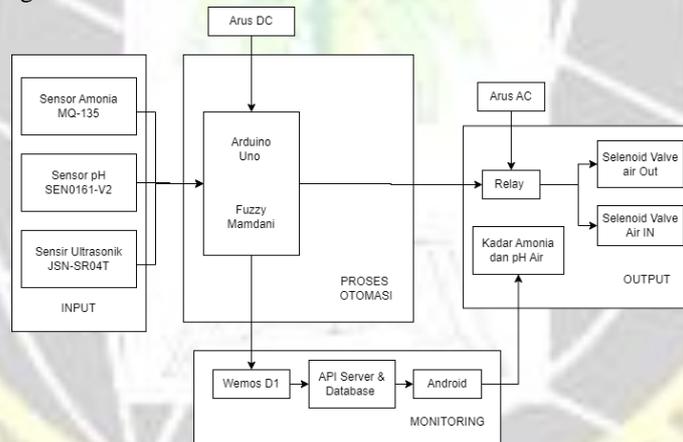
Gambar 4. Fungsi keanggotaan variabel output

Gambar 4 menampilkan fungsi keanggotaan variabel output fuzzy yang memiliki variabel baik, sedikit buruk, buruk, dan sangat buruk. Dengan semesta pembicaraan dibagi menjadi 4 bagian yaitu baik (0-3), sedikit buruk (0-7), buruk (3-10), sangat buruk (7-10),

4. Perancangan Sistem

Perancangan sistem terdiri dari gambaran umum atas keseluruhan sistem kontrol kualitas air budidaya ikan lele dalam ember otomatis berdasarkan amonia dan Ph. Perancangan sistem disini dibagi menjadi 3 bagian utama, yaitu perancangan perangkat keras, perancangan sistem, dan perancangan fuzzy.

Berikut blok diagram perangkat keras

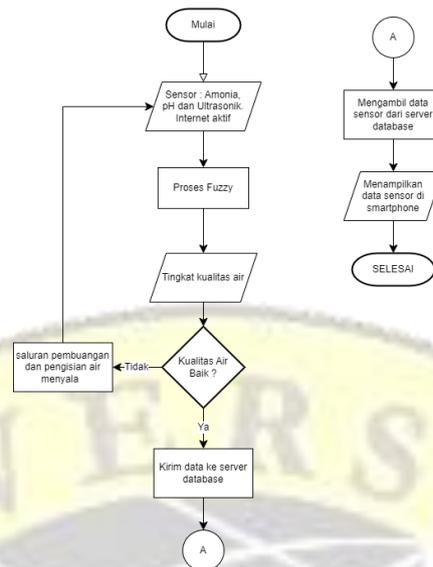


Gambar 5 Diagram Blok Hardware

Di sini, Sensor Amonia, sensor pH dan sensor ultrasonik digunakan sebagai input untuk sistem. Arduino Uno kemudian mengolah data input ini untuk mengukur derajat kualitas air dengan metode Fuzzy Mamdani. Selain itu, modul Wi-Fi Wemos D1 mengirimkan data input ke database Blynk. Dengan menggunakan data database Blynk, android memantau tingkat amonia dan pH. Output dari proses pada Arduino dikirim ke relay pada sistem yang kemudian membuka arus listrik dimana arus listrik tersebut digunakan untuk menyalakan selenoid valve air masuk dan keluar. Jumlah air yang dikuras telah diatur oleh Arduino menggunakan informasi dari sensor ultrasonik, sehingga kran air dapat beroperasi dan mengisi dan menguras air secara akurat.

Berikut flowchart yang digunakan oleh sistem:

Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Budidaya Ikan Lele Dalam Ember Otomatis Berdasarkan Amonia dan pH Berbasis IOT Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani



Gambar 6 Flowchart sistem

Gambar di atas menunjukkan flowchart sistem yang akan dibangun untuk memantau kualitas air. Input untuk sistem ini berasal dari sensor amonia Mq-135 dan sensor pH 4502C. Setelah data diperoleh, kemudian data-data tersebut diolah menggunakan metode fuzzy mamdani sehingga menghasilkan 4 kriteria tingkat kualitas air, dimana tingkat kualitas tersebut adalah baik, sedikit buruk, buruk, dan yang terakhir sangat buruk. Tingkat kualitas air yang diperoleh dari proses ini digunakan untuk menentukan apakah sirkulasi air harus dihidupkan atau tidak.

Berikut flowchart proses fuzzy mamdani yang digunakan oleh sistem

Perancangan Metode Fuzzy Mamdani yang kemudain diterapkan di Arduino uno pada proses penentuan tingkat kualitas air, dimulai dari pembentukan himpunan fuzzy yang sebelumnya mendapat input dari variable amonia dan pH lalu aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan yang terakhir defuzzifikasi.



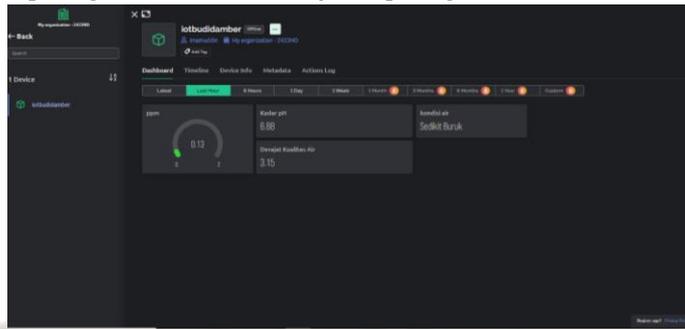
Gambar 7 Flowchart Proses Fuzzy Mamdani

Gambar 7 di atas menunjukkan mikrokontroler Arduino yang berfungsi sebagai pengendali sistem untuk menjalankan proses fuzzy. Pembentukan himpunan fuzzy dari amonia dan pH adalah tahap pertama. Setelah itu, fungsi implikasi digunakan untuk aturan yang dibuat dengan metode min. Setelah fungsi implikasi, komposisi aturan fuzzy dilakukan dengan metode max. Setelah komposisi aturan selesai, metode centroid digunakan untuk defuzzifikasi sehingga menghasilkan derajat kualitas air.

Berikut desain user interface sistem informasi IoT

Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Budidaya Ikan Lele Dalam Ember Otomatis Berdasarkan Amonia dan pH Berbasis IOT Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

Perancangan perangkat lunak menggunakan website dan aplikasi mobile Blynk yang digunakan sebagai sistem informasi IoT, perancangan perangkat lunak akan ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 8 Desain perangkat lunak



Gambar 9 Desain perangkat lunak

Sistem informasi kontrol derajat kualitas air ditunjukkan pada gambar 8 dan 9 di atas yang menampilkan beberapa widget yang menampilkan status pembacaan setiap sensor. Widget ppm untuk membaca level amonia, kadar pH untuk membaca pH, dan Derajat Kualitas Air untuk membaca level kualitas air

5. Pengkodean Program

Pengkodean program disini menggunakan software IDE Arduino untuk mengatur dan mengunggah kodingan ke perangkat arduino dan aplikasi Blynk yang digunakan untuk melakukan kontroling jarak jauh serta menggunakan aplikasi pihak ketiga Matlab untuk keperluan pembandingan dengan data alat monitoring arduino.

6. Pengujian Program

Pengujian program yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Black Box Testing*, metode ini dipilih untuk menemukan inkonsistensi dalam perangkat lunak.

Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Budidaya Ikan Lele Dalam Ember Otomatis Berdasarkan Amonia dan ph Berbasis IOT Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini akan membahas tentang pengujian sistem dan implementasi sistem yang telah dibuat.



Gambar 10 Implementasi sistem

Gambar 10 menunjukkan perangkat keras yang dipakai dalam penelitian ini, dibawah ini keterangan perangkat keras yang digunakan :

1. Box pusat kontrol
Pada bagian ini berisi arduino, relay, wemos d1 mini, dimana arduino digunakan sebagai kontroler utama sistem, relay digunakan untuk mengendalikan selenoid valve, dan wemos d1 mini sebagai perangkat IoT
2. Selenoid valve Nc
Selenoid ini berfungsi untuk mengalirkan air bersih dari bak air bersih
3. Selenoid valve Nc
Selenoid valve ini digunakan untuk menguras air pada bak media kontrol
4. Sensor jarak Ultrasonic JSN-SR04T
Sensor ini digunakan untuk memonitor ketinggian air media bak kontrol serta mengatur volume air yang akan dikuras
5. Sensor pH dan Amonia
Sensor ph digunakan untuk memantau kondisi ph air media bak kontrol, dan sensor amonia digunakan untuk memantau kadar amonia air media bak kontrol
6. Bak media kontrol
Bak media kontrol merupakan perumpamaan dari tempat ikan dipelihara
7. Bak air bersih
Bak air bersih disini merupakan stok air bersih yang digunakan untuk menetralkan media bak kontrol
8. Indikator led kualitas air
Indikator led ini berjumlah 4, dimana jika led yang menyala hanya 1 menandakan bahwa air pada bak media kontrol statusnya baik, 2 maka air sedikit buruk, 3 air dalam kondisi buruk, dan yang terakhir ketika 4 menyala semua maka air dalam kondisi sangat buruk.

Tabel 1 Pengujian akurasi sensor pH

No	Pengujian pada sensor	Pengujian pada pH meter digital	Keterangan
1	6.7	6.8	Selisih 0.1
2	6.7	6.8	Selisih 0.1
3	6.7	6.8	Selisih 0.1
4	6.7	6.8	Selisih 0.1
5	6.7	6.8	Selisih 0.1
6	6.7	6.8	Selisih 0.1
7	6.7	6.8	Selisih 0.1

Pada 7 kali pengujian sebagaimana tabel diatas didapati hasil sensor pH mendapatkan nilai 6.7 pada air yang bernilai 6.8, pengujian keakuratan sensor menggunakan metode MAD dimana nilai aktual yang didapat melalui pH meter digital dikurangi dengan nilai prediksi yang didapatkan dari sensor pH 4502c lalu kemudian kedua data tersebut dibagi dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan

Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Budidaya Ikan Lele Dalam Ember Otomatis Berdasarkan Amonia dan ph Berbasis IOT Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

$$MAD \frac{6.8 - 6.7}{7} = 0,01428$$

Dan didapatkan hasil 0,01428 dimana nilai tersebut merupakan selisih dari sensor pH 450C dan Sensor pH digital

Tabel 2 Pengujian akurasi sensor amonia

No	Pengujian pada sensor	Pengujian pada Amonia Testkit	Keterangan
1	0.4	0.5	Selisih 0.1
2	0.4	0.5	Selisih 0.1
3	0.4	0.5	Selisih 0.1
4	0.4	0.5	Selisih 0.1
5	0.4	0.5	Selisih 0.1
6	0.4	0.5	Selisih 0.1
7	0.4	0.5	Selisih 0.1

Pada 6 kali pengujian sebagaimana tabel diatas didapati hasil sensor amonia mendapatkan nilai 0.4 pada air yang bernilai 0.5ppm, pengujian keakuratan sensor menggunakan metode MAD dimana nilai aktual yang didapat melalui amonia test kit dikurangi dengan nilai prediksi yang didapatkan dari sensor mq-135 lalu kemudian kedua data tersebut dibagi dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan

$$MAD \frac{0.5 - 0.4}{6} = 0.01666$$

Dan didapatkan hasil 0,01666 dimana nilai tersebut merupakan selisih dari sensor mq-135 dan amonia test kit.

Tabel 3 Pengujian keseluruhan sistem

Fuzzy rule	input		Perhitungan fuzzy mamdani dari sistem	Perhitungan fuzzy mamdani menggunakan matlab	Keterangan
	Amonia	pH			
1	0.2	6.6	Kurang baik/ sirkulasi berjalan	Kurang baik / sirkulasi berjalan	Sesuai
2	0.2	7.3	baik/ sirkulasi mati	baik/ sirkulasi mati	Sesuai
3	0.2	8.3	Kurang baik / sirkulasi berjalan	Kurang baik / sirkulasi berjalan	Sesuai
4	0.5	6.6	Buruk/Sirkulasi berjalan	Buruk/Sirkulasi berjalan	Sesuai
5	0.5	7.3	Kurang baik /Sirkulasi berjalan	Kurang baik /Sirkulasi berjalan	Sesuai
6	0.5	8.3	Buruk/Sirkulasi berjalan	Buruk/Sirkulasi Berjalan	Sesuai
7	1.1	6.6	Buruk/Sirkulasi berjalan	Sangat Buruk/Sirkulasi berjalan	perhitungan tidak sesuai
8	1.1	7.3	Buruk/Sirkulasi berjalan	Buruk/Sirkulasi berjalan	Sesuai
9	1.1	8.1	Buruk/Sirkulasi Berjalan	Sangat Buruk/Sirkulasi berjalan	perhitungan tidak sesuai,

Hasil data pengujian pada tabel 3 diketahui bahwa dari 9 kali percobaan terdapat ketidaksesuaian 2 kali terhadap sistem informasi Derajat Kualitas Air sedangkan pada sistem kontrol otomatis tidak memiliki ketidaksesuaian, sehingga dalam segi kontrol kualitas air sistem ini dapat dikatakan berhasil karena dapat menjaga kondisi amonia dan ph pada ambang batas yang aman dengan rentang 0-0,6 ppm dan pH 6.5-8.5

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan implementasi yang dilakukan oleh peneliti, dapat disimpulkan bahwa metode fuzzy Mamdani berhasil dalam memenuhi tujuan untuk memonitor dan mengendalikan kualitas air budidaya ikan lele. Pada 9 kali percobaan menggunakan blackbox testing, terdapat 2 kali ketidaksesuaian terhadap sistem informasi derajat kualitas air dikarenakan selisih yang didapat dari sensor dan data pembanding, sedangkan pada sistem kontrol kualitas air berdasarkan amonia dan pH semuanya berjalan dengan baik.

Pada uji coba kalibrasi amonia dan pH menggunakan rumus Mutual Acceptance of Data (MAD) didapatkan didapatkan hasil 0,01428 untuk sensor amonia pada 6 kali percobaan menggunakan amonia test kit sebagai data pembanding, serta untuk sensor pH mendapatkan nilai selisih sejumlah 0,01666 pada 7 kali percobaan menggunakan pH meter digital sebagai data pembanding, sedangkan pada 9 kali percobaan menggunakan blackbox testing, sistem kontrol otomatis dapat berjalan dengan baik dengan menjaga kondisi amonia dan pH pada ambang batas yang aman untuk ikan lele yaitu pada rentang 0-0,6 ppm dan pH 6.5-8.5 (BBPBAT, 2005)

Saran

Penelitian ini masih dapat untuk dilanjutkan dan dikembangkan dengan penambahan air basa atau air asam sebagai media penetral air sehingga lebih menghemat penggunaan air, serta pada segi prototype selenoid valve normally Closed tidak cocok untuk digunakan karena kurangnya tekanan air yang tersedia sehingga pengurusan maupun pengisian menjadi terlampau lama

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Perikanan Budidaya Air Tawar (BBPBAT). 2005. Budidaya Ikan Lele Sangkuriang, Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Cholillulah, M., Syauqy, D., & Tibyani. (2018). Implementasi Metode Fuzzy Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Amonia dan Kekeruhan. j-ptiik, 1813-1822.
- Daulay, N. K. (2018). Desain Sistem Pengurusan Dan Pengisian Air Kolam Pembenuhan Ikan Secara Otomatis Menggunakan Arduino Dengan Sensor Kekeruhan Air. VI(1), 58–63.
- G. Wiranto and I. D. P. Hermida. (2010) "Pembuatan Sistem Pemantauan Kualitas Air Secara Real Time Dan Aplikasinya Dalam," Teknol. Indones., vol. 33, no. 2, pp. 107–113.
- Harijanto, T., Widodo, A., & Setiyawan, F. (2020). Design of Smart Farm System Based on Internet of Things (IoT). Journal of Physics : Conference Series, 1534(1), 012069.