

# **RANCANG BANGUN SISTEM FILTRASI KOLAM IKAN MENGUNAKAN *MOVING BED KALDNES* DENGAN METODE FUZZY**

**Rani Kusumawati**

Jurusan Teknologi Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Bisnis, Institut Teknologi Telkom Surabaya, Jl.  
Ketintang No.156, Surabaya, 60231, Indonesia  
ranikusuma@student.ittelkom-sby.ac.id

## **Abstrak**

*Limbah kolam ikan lele merupakan salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan untuk tanaman. Namun terdapat zat yang terkandung dalam limbah kolam ikan lele tidak sesuai dengan kebutuhan lingkungan yaitu kadar amonia yang tinggi dan konsentrasi oksigen terlarut yang rendah. Untuk itu, dapat dilakukan dengan sistem filtrasi dan pemberian Effective Microorganism-4 (EM4) pada limbah kolam ikan lele. Sistem filtrasi yang digunakan adalah moving bed kaldnes dengan memanfaatkan kaldnes k1, dan aerator. Pada limbah kolam ikan lele akan diisi kaldnes k1 sebanyak 20%. Apabila kadar amonia menjadi 0,02 mg/L dan konsentrasi oksigen terlarut adalah 4 mg/L maka kecepatan aerator akan menurun. Untuk pemberian EM4, penulis memanfaatkan pompa wiper yang akan menyala selama 2 detik ketika kadar amonia tinggi. Sistem pada penelitian ini menggunakan fuzzy mamdani pada aerator dan aturan if-else pada wiper menggunakan EM4. Data dari sensor MQ135 dan sensor oksigen terlarut diunggah ke firebase.*

**Kata kunci:** IoT, Moving Bed Filter, Kaldnes

## **1. Pendahuluan (Introduction)**

Ikan lele merupakan salah satu jenis ikan tawar yang mudah dipelihara. Ikan lele dapat bertahan terhadap kondisi air yang buruk sehingga tidak memerlukan perawatan ekstra. Kampus Institut Teknologi Telkom Surabaya pun melakukan budidaya ikan lele yang dilakukan di rooftop kampus. Budidaya ini dilakukan untuk penelitian kampus. Budidaya ikan lele menghasilkan limbah yang berasal dari feses dan sisa pakan ikan.

Amonia adalah suatu bahan pencemaran yang sangat berbahaya karena dalam jumlah yang besar dapat mengakibatkan kematian organisme (Aka & Suhendrayatna, 2017). Dalam limbah kolam ikan lele terdapat kandungan amonia yang cukup tinggi dan tidak baik untuk lingkungan. Limbah budidaya lele paling banyak mengandung amonia sebesar 6,12 mg pond-1, di antaranya mengandung unsur nitrogen (Amalia, 2014). Selain itu, konsentrasi oksigen terlarut (DO atau Dissolved oxygen) yang mengalami penurunan dalam suatu perairan menandakan terjadinya penguraian zat-zat organik dan menghasilkan gas berbau busuk yang dapat membahayakan organisme (Simanjuntak, 2007).

Untuk itu, perlu dilakukan pengolahan limbah ikan lele. Pengolahannya terdapat 2 cara yaitu aerob dan anaerob. Pada Tugas Akhir ini, proses yang dilakukan adalah dengan proses aerob yang merupakan proses biologis yang memerlukan oksigen dalam melakukan prosesnya. Penggunaan proses aerob karena reaksi yang berlangsung lebih cepat daripada proses anaerob dan dapat mendegerasi polutan organik hingga tingkat konsentrasi yang sangat rendah (Nusa et al., 2015). Tugas Akhir ini menggunakan sistem moving bed bermedia kaldnes k1 dan pemberian EM4 untuk menurunkan kadar amonia dan meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut.

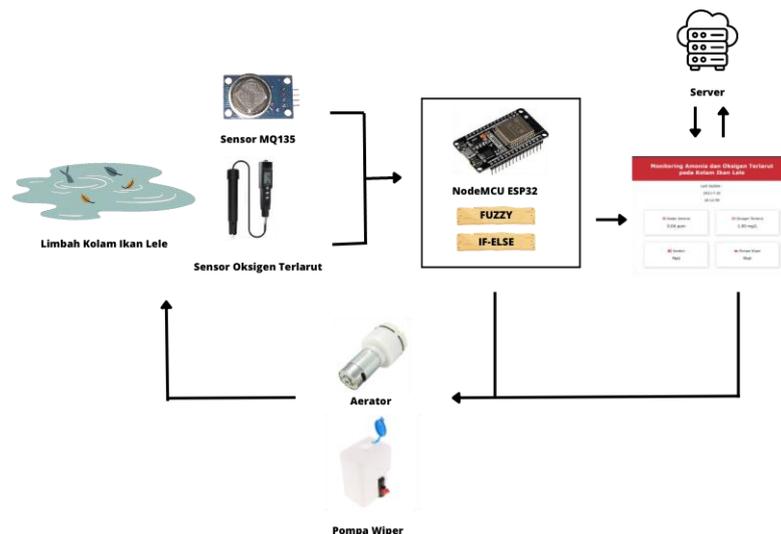
Pada penelitian ini limbah kolam ikan lele diolah menggunakan sistem Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR), yang merupakan salah satu unit pengolahan biologis dengan memanfaatkan biofilm dan memiliki sistem pertumbuhan fluidized yang terikat (mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang biak pada media). MBBR menggunakan aerator sehingga terjadi proses aerobik untuk suplai oksigen dan menggerakkan media didalamnya (Subagyo & Ulli Kadaria, 2022). Limbah kolam

ikan lele diberi *kaldnes* k1 sebanyak 20% dari limbah kolam ikan berdasarkan penelitian (Subagyo & Ulli Kadaria, 2022) yang dinilai efektif menurunkan kadar amonia. Media *kaldnes* k1 bergerak bebas dengan bantuan aerator. Aerator mengeluarkan gelembung udara pada limbah kolam ikan lele melalui air stone yang menyebabkan penurunan kadar amonia dan peningkatan konsentrasi oksigen terlarut. Perubahan kadar amonia dan konsentrasi oksigen terlarut dapat dimonitoring menggunakan NodeMCU ESP32 dengan mengimplementasikan metode fuzzy mamdani. Pemilihan metode ini dikarenakan metode ini merupakan salah satu metode yang sangat fleksibel, memiliki kemampuan untuk mentolerir data yang ada.

Sistem monitoring menggunakan NodeMCU ESP32 yang terintegrasi dengan sensor MQ135 sebagai sensor amonia dan sensor oksigen terlarut. Aerator mengalami penurunan kecepatan apabila kadar amonia dan oksigen terlarut sesuai dengan baku mutu pada (*PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 82 TAHUN 2001*, n.d.) yaitu kadar amonia kurang dari 0,02 mg/L dan konsentrasi oksigen terlarut kurang dari 4 mg/L. Aerator memiliki kondisi yaitu mati, rendah, dan tinggi. Pemberian EM4 dilakukan dengan memanfaatkan pompa wiper yang menyala selama 2 detik ketika kadar amonia bernilai 0.2 ppm. Seluruh data monitoring dikirim ke web. Web akan berkomunikasi dengan perangkat IoT melalui MQTT untuk mendapatkan data monitoring.

## 2. Metode Penelitian (Methods)

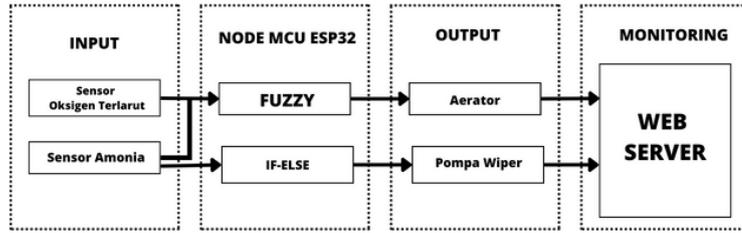
### 2.1 Alur Diagram Sistem



Gambar 1 Alur Diagram Sistem

Alur diagram sistem pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Sistem ini dapat melakukan monitoring untuk dapat memantau kadar amonia dan konsentrasi oksigen pada limbah kolam ikan lele. Sensor MQ135 merupakan sensor untuk inputan kadar amonia. Sedangkan sensor oksigen terlarut sebagai inputan konsentrasi oksigen terlarut. Sensor MQ135 dan sensor oksigen terlarut terhubung dengan NodeMCU ESP32. Data yang didapat dari kedua sensor diteruskan pada tahap proses yang dimana terdapat mikrokontroler untuk seluruh proses monitoring dan pengambilan keputusan. Dalam tahap selanjutnya, Fuzzy Logic di program pada NodeMCU ESP32 untuk mengontrol kecepatan aerator dan if-else digunakan untuk mengatur kondisi pompa wiper. Hasil tersebut dikirim melalui Wi-Fi ke realtime database firebase yang kemudian ditampilkan pada website. Selain dikirim melalui Wi-Fi, output dari Fuzzy akan diteruskan pada aerator dan membuat pergerakan aerator sesuai dengan rule base yang ditentukan. Pompa wiper juga akan menyala apabila sesuai dengan rule if-else. Di dalam website, sistem monitoring dapat dilakukan dengan pemantauan kadar amonia, konsentrasi oksigen terlarut, status kecepatan aerator dan status pompa wiper.

**2.2 Blok diagram sistem**

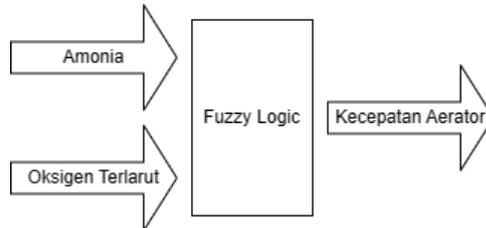


**Gambar 2** Blok Diagram

Menurut blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 2 di atas, penelitian ini memiliki dua input, yaitu sensor oksigen terlarut dan sensor amonia. Sensor amonia yang digunakan adalah sensor MQ135. Penulis menggunakan NodeMCU ESP32 yang berfungsi untuk menampung dan memproses data dengan metode fuzzy dan rule if-else. Mengatur fuzzy dan if-else dilakukan menggunakan Arduino IDE. Metode fuzzy digunakan untuk parameter amonia dan oksigen terlarut, yang kemudian menghasilkan bilangan fuzzy untuk mengontrol kecepatan aerator. Untuk pernyataan if-else digunakan untuk mengaktifkan pompa wiper ketika amonia tinggi. Seluruh inputan tersebut akan ditampilkan pada web monitoring.

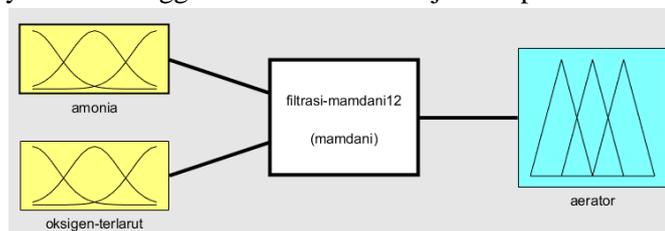
**2.3 Implementasi fuzzy**

Apabila pengambilan data sampel telah dilakukan, tahap selanjutnya adalah implementasi Sistem Monitoring. Dalam implementasi sistem monitoring dilakukan melalui website yang merupakan hasil dari sistem fuzzy dan sistem if-else. Dengan menggunakan metode fuzzy logic, maka kecepatan aerator dapat dikontrol dengan inputan parameter amonia dan oksigen terlarut. Model fuzzy yang digunakan adalah seperti pada Gambar 3 berikut.



**Gambar 3** Parameter Input dan Output

Dalam penelitian ini, dua variabel input dan satu variabel output digunakan sebagai variabel fuzzy. Amonia dan oksigen terlarut adalah variabel input dan kecepatan aerator merupakan variabel outputnya. Rancangan logika fuzzy dibuat menggunakan Matlab ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4** Perancangan logika fuzzy

Domain range input amonia terdapat pada Tabel 1 berikut. Dari tabel diketahui bahwa amonia terbagi dibedakan menjadi 3 klasifikasi, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Amonia rendah berkisar 0-0.5 ppm, amonia sedang berkisar 0.001-1.5 ppm, dan amonia tinggi berkisar 1-3 ppm.

**Tabel 1** Domain Range Input Amonia

Fuzzy Membership	Domain
Rendah	[0-0.5]
Sedang	[0.001-1.5]

Tinggi [1-3]

Fungsi keanggotaan :

$$\mu_{rendah}(a) = \begin{cases} 1 & ; a \leq 0.001 \\ \frac{(0.5-a)}{0.5-0.001} & ; 0.001 < a < 0.5 \\ 0 & ; a \geq 0.5 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{sedang}(a) = \begin{cases} 0 & ; a \leq 0.001 \text{ atau } a \geq 1.5 \\ \frac{(a-0.001)}{(0.5-0.001)} & ; 0.001 < a < 0.5 \\ 1 & ; 0.5 \leq a \leq 1 \\ \frac{(a-0.001)}{(1.5-0.001)} & ; 1 < a < 1.5 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{tinggi}(a) = \begin{cases} 0 & ; a \leq 1 \\ \frac{(a-1)}{(1.5-1)} & ; 1 < a < 1.5 \\ 1 & ; a \geq 1.5 \end{cases} \quad (3)$$

Domain range input amonia terdapat pada Tabel 2 berikut. Dari table diketahui bahwa oksigen terlarut dibedakan menjadi 3 klasifikasi, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Oksigen terlarut rendah berkisar 0-3 mg/L, oksigen terlarut sedang berkisar 1-7 mg/L, dan oksigen terlarut tinggi berkisar 5-10 mg/L.

Tabel 2 Domain Range Input Amonia

Fuzzy Membership	Domain
Rendah	[0-3]
Sedang	[1-7]
Tinggi	[5-10]

Fungsi keanggotaan :

$$\mu_{rendah}(a) = \begin{cases} 1 & ; a \leq 1 \\ \frac{(3-a)}{3-1} & ; 1 < a < 3 \\ 0 & ; a \geq 3 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{sedang}(a) = \begin{cases} 0 & ; a \leq 1 \text{ atau } a \geq 7 \\ \frac{(a-1)}{(3-1)} & ; 1 < a < 3 \\ 1 & ; 3 \leq a \leq 5 \\ \frac{(a-1)}{(7-1)} & ; 1 < a < 7 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{tinggi}(a) = \begin{cases} 0 & ; a \leq 5 \\ \frac{(a-5)}{(7-5)} & ; 5 < a < 7 \\ 1 & ; a \geq 7 \end{cases} \quad (6)$$

Domain range input amonia terdapat pada Tabel 3 berikut. Dari tabel diketahui bahwa aerator dibedakan menjadi 3 klasifikasi, yaitu mati, rendah, dan tinggi. Aerator rendah berkisar 0-63, aerator sedang berkisar 40-180, dan aerator tinggi berkisar 160-255.

Tabel 3 Domain Range Input Amonia

Fuzzy Membership	Domain
Mati	[0-63]

Rendah	[40-180]
Tinggi	[160-255]

Fungsi keanggotaan :

$$\mu_{mati}(a) = \begin{cases} 1 & ; a \leq 1 \\ \frac{(63-a)}{(63-40)} & ; 40 < a < 63 \\ 0 & ; a \geq 63 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{rendah}(a) = \begin{cases} 0 & ; a \leq 40 \text{ atau } a \geq 140 \\ \frac{(a-40)}{(63-40)} & ; 40 < a < 63 \\ 1 & ; 63 \leq a \leq 160 \\ \frac{(a-40)}{(180-40)} & ; 1 < a < 180 \end{cases} \quad (8)$$

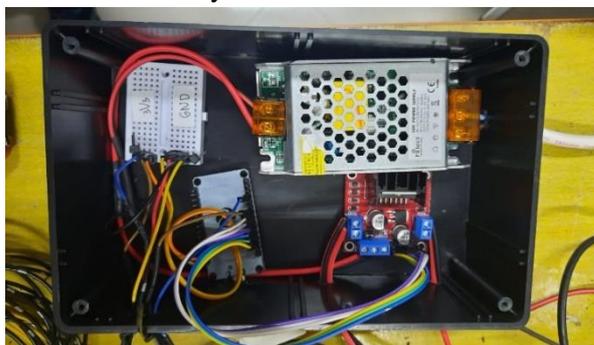
$$\mu_{tinggi}(a) = \begin{cases} 0 & ; a \leq 160 \\ \frac{(a-160)}{(180-160)} & ; 160 < a < 180 \\ 1 & ; a \geq 180 \end{cases} \quad (9)$$

### 3. Hasil dan Pembahasan (Results and Discussions)

#### 4.1 Implementasi Hardware

Menggabungkan seluruh komponen perangkat keras adalah bagian dari proses perancangan hardware. Dalam desain hardware ini, box berbentuk persegi panjang digunakan. Komponen hardware terletak di dalam dan di luar box. Komponen yang terdapat dalam box adalah Motor Driver L298N, NodeMCU ESP32, dan Breadboard. Motor Driver L298N berfungsi sebagai pengatur kecepatan aerator. NodeMCU ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler. Breadboard berfungsi sebagai penghubung rangkaian elektronik. Sedangkan aerator, pompa wiper, sensor MQ135 dan sensor oksigen terlarut berada diluar box. Aerator untuk mengontrol kadar amonia dan konsentrasi oksigen terlarut. Pompa wiper sebagai pengatur kadar amonia. Sensor MQ135 dan sensor oksigen terlarut sebagai inputan kadar amonia dan konsentrasi oksigen terlarut. Komponen hardware dapat dilihat pada Gambar 7.

Dalam wadah yang berisi limbah ikan lele diisi dengan *kaldnes* k1 sebanyak 20%. Wadah tersebut berisi 38 liter limbah kolam ikan lele, sehingga diperlukan 7.6 liter *kaldnes* k1. Aerator berjalan sesuai dengan rules fuzzy, sedangkan pompa wiper berjalan berdasarkan rule if-else. *Kaldnes* k1 akan bergerak ketika aerator menyala.



(a)



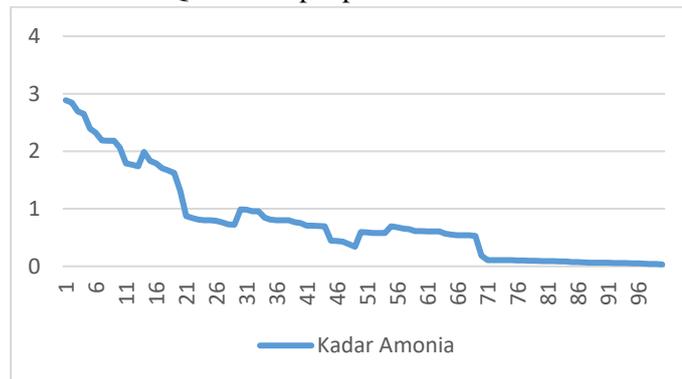
(b)

Gambar 7 Implementasi Hardware, (a) didalam *box*, (b) diluar *box*

#### 4.2 Pengujian Sistem

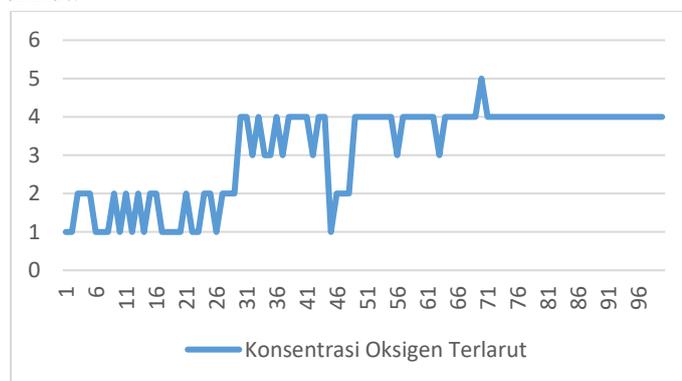
Pengujian sistem dilakukan dengan mendeteksi kadar amonia, konsentrasi oksigen terlarut, kondisi aerator, dan pompa wiper. Pengujian yang dilakukan untuk mendeteksi amonia dilakukan dengan menggunakan. Tujuan dilakukan deteksi kadar amonia adalah untuk mengetahui kondisi limbah kolam

ikan lele. Dalam hal ini dilakukan pengambilan sampel data sebanyak 100 data. Hasil pengambilan sampel data yang didapat dari sensor MQ135 terdapat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8 Grafik Kadar Amonia

Pengujian pada sensor oksigen terlarut dilakukan untuk mengetahui konsentrasi oksigen terlarut pada limbah kolam ikan lele. Hasil pengambilan sampel data yang didapat dari sensor oksigen terlarut terdapat pada Gambar 9 berikut.

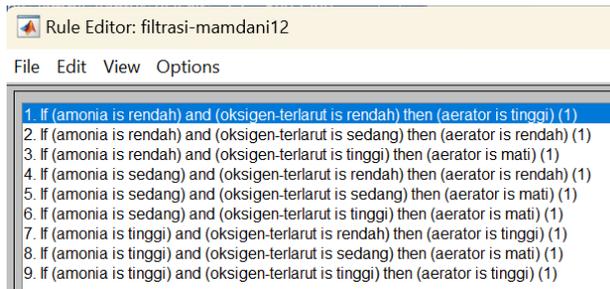


Gambar 9 Grafik Konsentrasi Oksigen Terlarut

Pengujian pompa wiper untuk mengetahui kondisi pompa wiper berdasarkan kadar amonia. Pompa wiper hanya memiliki 2 kondisi, yaitu mati dan hidup. Ketika kadar amonia 0,2 ppm maka pompa wiper akan menyala untuk menambahkan cairan EM4 pada limbah kolam ikan lele selama 2 detik, begitu juga sebaliknya. Pengujian aerator dilakukan untuk mengetahui kecepatan aerator berdasarkan konsentrasi oksigen terlarut. Output aerator menggunakan rentang 0-255 yang sesuai dengan Pulse Width Modulation (PWM) dengan resolusi timer 8 bit. Aerator memiliki 3 kondisi yaitu mati, rendah, dan tinggi.

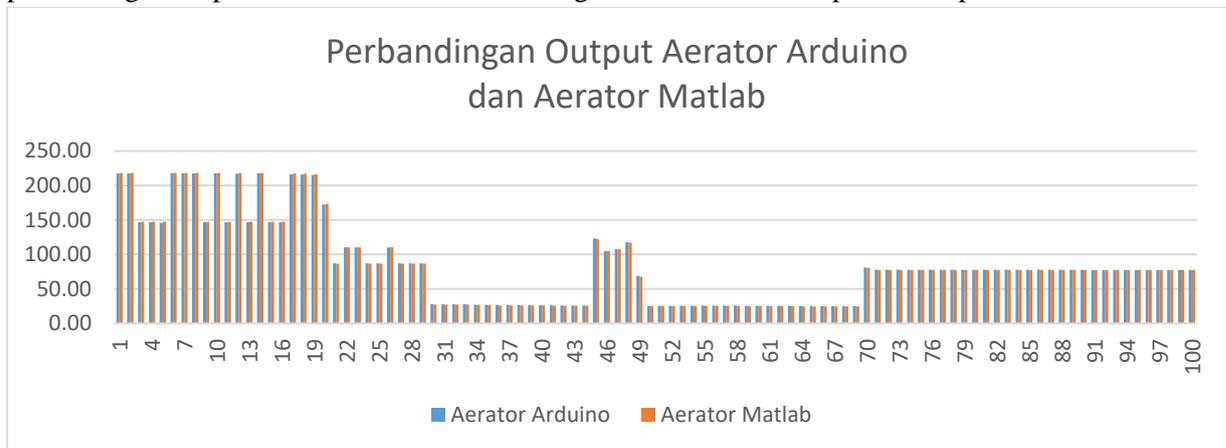
#### 4.3 Pengujian Sistem dengan Matlab

Penulis menetapkan set fuzzy, parameter, dan derajat keanggotaan sebelum menggunakan Matlab untuk mengolah data amonia dan oksigen terlarut. Selanjutnya, penulis membuat sembilan rulebase yang mengacu pada penelitian yang relevan mengenai amonia dan oksigen terlarut, seperti yang ada pada Gambar 9. Rulebase ini akan digunakan sebagai acuan untuk output aerator.



Gambar 9 Rule Base Editor Matlab

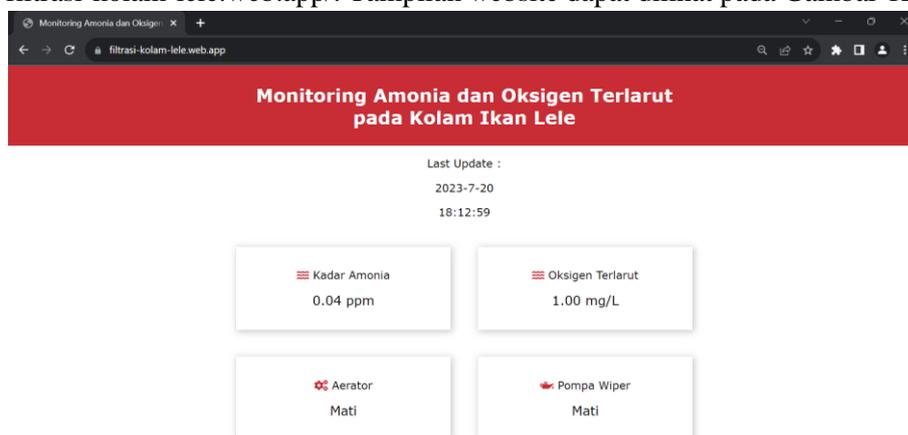
Selanjutnya, pengujian kesesuaian output sistem dengan aturan fuzzy (rule fuzzy) dilakukan. Pengujian logika fuzzy dilakukan dengan membandingkan nilai output arduino dengan output Matlab, dan perhitungan akurasi kemudian dilakukan. Kadar amonia mengalami penurunan yang cukup stabil. Untuk oksigen terlarut mengalami kenaikan dan sesuai dengan baku mutu. Perbandingan output fuzzy antara arduino dan Matlab memiliki rata-rata akurasi aerator 98.92%. Tingkat akurasi yang sangat tinggi dapat disimpulkan bahwa sistem ini berhasil mengontrol aerator sesuai rule base fuzzy. Grafik perbandingan output antara aerator Arduino dengan aerator Matlab dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Perbandingan Output Aerator

#### 4.4 Pengujian Website

Data akan dikirim ke firebase untuk disimpan dan ditampilkan melalui website hosting setelah keseluruhan sistem berjalan. Data sensor kadar amonia, konsentrasi oksigen terlarut, kecepatan aerator, kondisi pompa wiper, tanggal, dan waktu adalah semua data yang disimpan pada firebase. Website menampilkan data tanggal dan waktu terakhir di update, kadar amonia, konsentrasi oksigen terlarut, keterangan kecepatan aerator, dan keterangan pompa wiper. Website dapat diakses secara online melalui domain <https://filtrasi-kolam-lele.web.app/>. Tampilan website dapat dilihat pada Gambar 12 berikut:



Gambar 12 Tampilan Website

### **3.1. Kesimpulan (Conclusion)**

Sistem monitoring pada limbah kolam ikan lele yang dilakukan berdasarkan kondisi kadar amonia dan konsentrasi oksigen terlarut telah berhasil dilakukan. Hasil pengujian dan pembahasan menunjukkan bahwa sistem telah berhasil mengolah data menggunakan fuzzy mamdani pada aerator dan rule if-else pada pompa wiper saat pemberian EM4. Akurasi yang didapat dari perbandingan Arduino dan matlab adalah 98.92% dengan galat error 1.08%. Semua data yang didapat dari sensor MQ135 dan sensor oksigen terlarut telah berhasil dikirim ke firebase dan menampilkan kadar amonia, konsentrasi oksigen terlarut, status kecepatan aerator, dan status pompa wiper untuk monitoring secara online.

### **Daftar Pustaka**

- Aka, H. A., & Suhendrayatna, S. (2017). Penurunan Kadar Amonia Dalam Limbah Cair Oleh Tanaman Air Typha Latifolia (Tanaman Obor). *Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*, 4(3), 72.
- Amalia, F. (2014). *Kapasitas fitoremediator Lemna perpusila dalam mereduksi limbah nitrogen dan fosfat pada sistem resirkulasi budidaya ikan lele (Clarias gariepinus)*.
- Nuraida, N., Nuraida, N., & Sebayang, D. (2013). Analisis Tingkat Kepuasan Konsumen Berdasarkan Pelayanan, Harga Dan Kualitas Makanan Menggunakan Fuzzy Mamdani (Studi Kasus pada Restoran Cepat Saji CFC Marelan. *Saintia Matematika*, 1.
- Nusa, O. :, Said, I., Dinda, D., Krishumartani, R., Pusat, H., & Lingkungan, T. (2015). *PENGOLAHAN AIR LINDI DENGAN PROSES BIOFILTER ANAEROB-AEROB DAN DENITRIFIKASI Leachate Treatment Using Anaerobic-Aerobic Biofilter and Denitrification Process* (Vol. 8, Issue 1).
- PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 82 TAHUN 2001*. (n.d.).
- Simanjuntak, M. (2007). Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 12.
- Subagyo, A., & Ulli Kadaria, dan. (2022). Perbandingan Jenis Media Kaldness terhadap Efisiensi Limbah Rumah Makan dengan Metode MBBR. In *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah* (Vol. 10, Issue 2).