

MANAJEMEN PERGANTIAN AIR KOLAM BUDIDAYA IKAN LELE SECARA OTOMATIS

Deri Imam Taufik¹, Wahyu Muldayani², Ali Rizal Chadir^{2*}, Guido Dias Kalandro¹, Sumardi², Gramandha Wega Intyanto¹

¹Teknik Elektro, Universitas Jember, Jember, Indonesia

²Teknologi Rekayasa Elektronika, Universitas Jember, Jember, Indonesia

*Penulis korespondensi: ali.rizal@unej.ac.id

ABSTRAK

Salah satu yang menjadi perhatian dalam budidaya ikan air tawar adalah manajemen pergantian air kolam. Kualitas air kolam memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan dan kesehatan ikan, terutama budidaya yang dilakukan di kolam terpal, fiber, dan budikdamber. Air kolam yang tidak diganti akan menyebabkan bau tidak sedap hal ini dikarenakan amonia yang meningkat. Di sisi lain terkadang pembudidaya tidak disiplin dalam melakukan pergantian air kolam. Dibutuhkan sistem otomatisasi pergantian air kolam untuk memastikan kualitas air kolam dalam kondisi normal. Penelitian ini membandingkan hasil pertumbuhan ikan pada kolam dengan sistem otomatisasi pergantian air dan kolam dengan pergantian air secara manual. Pemeliharaan ikan dilakukan selama 2 bulan dengan perlakuan pemberian pakan yang sama kemudian ikan ditimbang setiap pekan. Penelitian ini menggunakan metode logika *fuzzy* sebagai kendali atau metode untuk menentukan keputusan. Metode tersebut memiliki dua masukan, yaitu kekeruhan dan gas amonia, sedangkan untuk luarannya adalah valve yang diatur oleh motor servo. Sistem otomatisasi yang telah dibuat menghasilkan pertumbuhan ikan lele lebih baik dibandingkan menggunakan kolam manual yaitu dengan selisih berat ikan sekitar 47 gram, sehingga dari penelitian ini dapat menunjukkan bahwa manajemen pergantian air kolam secara otomatis menggunakan metode *fuzzy* memberikan dampak terhadap pertumbuhan ikan yang lebih cepat.

Kata kunci: budidaya ikan, logika *fuzzy*, otomatisasi

1 PENDAHULUAN

Ikan lele adalah salah satu ikan yang mempunyai harga pasar yang relatif rendah dan mudah dijumpai di pasar tradisional, dan ikan lele adalah komoditas yang sangat disukai oleh masyarakat Indonesia (Santi, Danial, Hamdan, & Karwati, 2019). Budidaya ikan lele relatif mudah dilakukan, karena tidak memerlukan perawatan khusus. Kemudahan tersebut menyebabkan banyak anggota masyarakat yang menjadi pembudidaya ikan lele (Jatnika, Sumantadinata, & Pandjaitan, 2014). Terdapat dampak negatif yang diakibatkan oleh budidaya lele dengan skala yang relatif besar, terutama pada sistem budidaya yang dilakukan di suatu lokasi perumahan yang padat penduduk. Budidaya ikan lele pada lingkungan padat penduduk tidak cocok karena amonia yang dihasilkan ikan lele (Pratama, Prayogo, & Manan, 2017) dapat mengganggu kegiatan masyarakat di sekitar lokasi budidaya. Keberhasilan proses budidaya ikan dapat dilihat dari hasil panen. Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan budidaya adalah dengan melakukan manajemen pergantian air (Widodo, Irawan, Prastowo, & Surahman, 2020). Pergantian air secara berkala, sesuai dengan kondisi kualitas air kolam akan memberikan pengaruh pertumbuhan dan hasil panen yang maksimal (Setyadit, Hariadi, & Ridhoi, 2018).

Teknologi otomasi merupakan teknologi yang dapat digunakan untuk membantu pekerjaan yang sifatnya berulang, sehingga terkadang disebut otomatis untuk sistem yang sifatnya otomatis. Teknologi ini secara umum terdiri atas sensor, kontroler, dan aktuator. Sensor digunakan untuk mengubah besaran fisik menjadi elektronik, sehingga dapat digunakan sebagai informasi untuk kontroler. Kontroler tersebut akan memberikan perintah tertentu kepada aktuator. Teknologi otomasi memberikan dampak positif terhadap suatu proses dan hasilnya. Di antara dampak positifnya adalah dapat menghemat waktu pekerjaan, mempercepat suatu proses, dan dapat mengurangi biaya produksi.

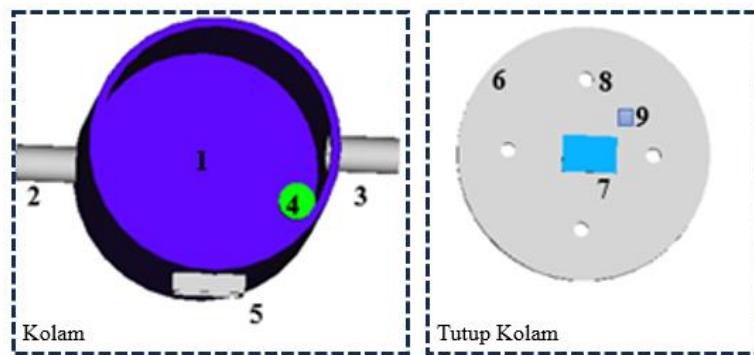
Sensor memiliki beberapa jenis berdasarkan fungsinya, terdapat sensor MQ135 yang pada umumnya digunakan untuk mendekripsi kadar amonia, sensor ultrasonik untuk mendekripsi ketinggian air (Purwanto, Riyadi, Astuti, & Kusuma, 2019), dan sensor *turbidity* untuk mendekripsi kekeruhan air. Komponen lainnya dalam sistem otomasi adalah kontroler, contohnya adalah papan rangkaian elektronika Arduino Nano (Prasertya & Musyahar, 2021), komponen atau modul yang dapat di program untuk membaca sinyal dari sensor dan dapat memberikan perintah kepada aktuator (Triawan & Sardi, 2020). Terdapat beberapa jenis aktuator, yaitu motor servo, dan valve. Motor servo memiliki instrumentasi yang memungkinkan pengguna dapat dengan mudah dikendalikan untuk berputar pada sudut tertentu, sedangkan valve pada umumnya digunakan untuk membuka dan menutup suatu aliran tertentu (Triady, Triyanto, & Ilhamsyah, 2015).

Penelitian ini menggunakan sensor MQ135 dan *Turbidity* untuk mendekripsi amonia (Rosa, Simon, & Lieanto, 2020) dan kekeruhan pada air kolam lele, serta metode *fuzzy* untuk mengatur seberapa lama servo sebagai pembuangan air kolam aktif. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem otomasi yang dapat mempertahankan kejernihan air dan mengurangi amonia, serta dapat membantu pembudidaya dalam proses manajemen pergantian air secara otomatis.

2 METODE

2.1 Alat Budidaya

Kolam bulat adalah sebuah struktur yang berbentuk lingkaran dan biasanya digunakan untuk berbagai tujuan, seperti ikan, atau kolam hias. Terdapat beberapa aspek penting tentang kolam bulat, kolam bulat biasanya lebih efisien dalam penggunaan ruang karena tidak memiliki sudut-sudut yang tidak terpakai. Hal ini juga memudahkan perawatan dan pembersihan. Dalam kolam ikan, bentuk bulat memudahkan sirkulasi air, sehingga mengurangi daerah mati (*dead zones*) di mana air tidak bergerak. Ini membantu menjaga kebersihan air dan kesehatan ikan. Gambar 1 merupakan desain kolam yang digunakan selama penelitian. Terdiri dari komponen utama kolam dan bagian rangkaian elektronika, seperti sensor, pengendali, dan aktuator.



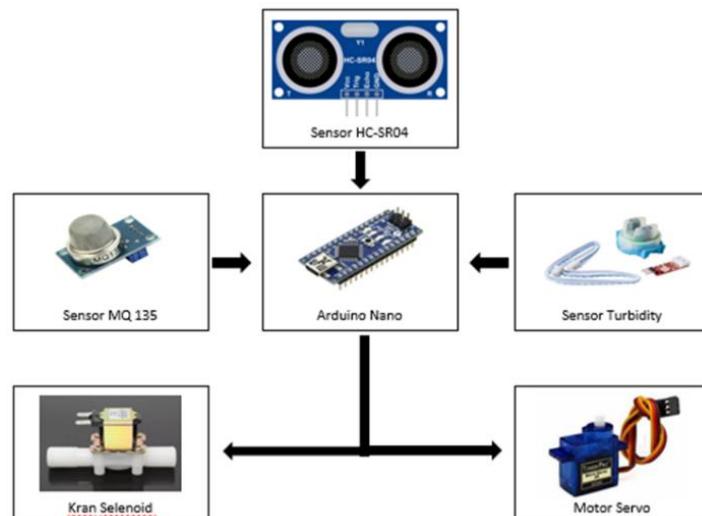
Gambar 1. Desain Alat Budidaya

Keterangan:

1. Tong / bak air sebagai kolam
2. Kran motor servo
3. Kran Solenoid
4. Sensor Turbidity
5. Arduino
6. Tutup Tong
7. Sensor MQ-135
8. Lubang ventilasi
9. Sensor ultrasonik HC-SR04

2.2 Diagram Blok Rangkaian Elektronika

Blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 2 menggambarkan alur kerja dari rangkaian alat yang dibuat. Pada blok diagram tersebut, Arduino Nano menerima masukan dari sensor MQ-135, sensor kekeruhan, dan sensor HC-SR04. Berdasarkan data dari sensor-sensor tersebut, Arduino Nano mengontrol motor servo untuk mengeluarkan air. Selanjutnya, katup solenoid akan diaktifkan untuk mengisi air hingga sensor HC-SR04 mendeteksi ketinggian air yang diinginkan.



Gambar 2. Blok Diagram

2.3 Desain Logika Fuzzy

2.3.1 Fuzzyifikasi

Logika *fuzzy* merupakan metode yang digunakan untuk membantu dalam menentukan sebuah keputusan, dalam otomatisasi metode ini dapat digunakan untuk akuakultur (Rosyidah, Chaidir, & Sumardi, 2023). Tahapan awal input pada sistem *fuzzy* adalah proses fuzzyifikasi (Cahyadi, Chaidir, & Anda, 2018). Pada tahap ini, nilai input diubah menjadi variabel linguistik dan direpresentasikan dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Tabel 1 merupakan himpunan logika *fuzzy* masukan dan keluaran.

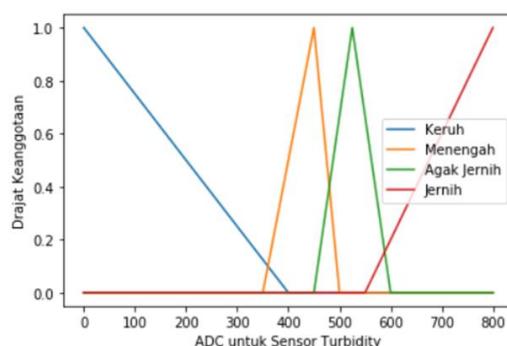
Tabel 1. Himpunan Logika Fuzzy Kekeruhan dan Gas

Fungsi	Variabel	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembacaan
masukan	Kekeruhan	Keruh	0 – 800
		Menengah	
		Agak	
		jernih	
		Jernih	
	Gas	Tidak bau	110 – 350
		Normal	
		Agak bau	
		Bau	
Keluaran	Indikasi	Sedikit	0 – 180
		Sedang	
		Agak lebar	
		Lebar	

Pada tahap fuzzyifikasi, dilakukan pembentukan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan ini memetakan nilai input dan output yang dihasilkan dari proses pembacaan sensor. Variabel masukan *fuzzy* yang digunakan terdiri dari kekeruhan dan gas, masing-masing dengan himpunan keanggotaannya sendiri. Variabel masukan pertama adalah kekeruhan, yang memiliki keanggotaan berupa keruh, sedang, dan jernih. Variabel masukan kedua adalah gas, yang dalam konteks ini merupakan gas amonia, dengan keanggotaan berupa bau, sedang, dan tidak bau. Variabel keluaran terdiri dari keanggotaan kotor, sedang, dan jernih.

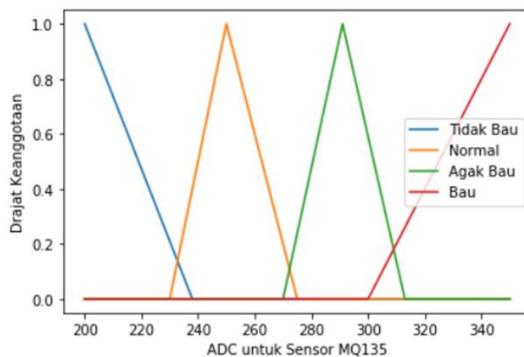
a. Fungsi Keanggotaan kekeruhan

Pada fungsi keanggotaan kekeruhan terdiri dari keanggotaan keruh dengan batas nilai 0 hingga 400, menengah dengan batas nilai 350 hingga 500, agak jernih dengan batas nilai 450 hingga 600, dan jernih dengan batasan nilai 550 hingga 800.

**Gambar 3.** Fungsi Keanggotaan Variabel Kekeruhan

b. Fungsi Keanggotaan Gas

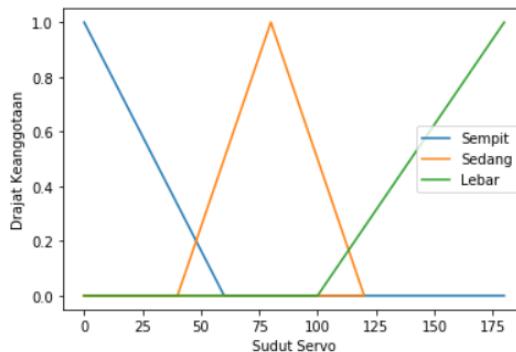
Pada fungsi keanggotaan gas terdiri dari keanggotaan bau dengan batas nilai 300 hingga 350, agak bau dengan batas nilai 270 hingga 313, normal dengan batas nilai 230 hingga 275, dan tidak bau dengan batas nilai 200 hingga 238.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Variabel Gas

c. Fungsi Keanggotaan luaran

Pada fungsi keanggotaan variabel keluaran indikasi terdiri dari keanggotaan lebar dengan batas nilai 100 hingga 180, sedang dengan batas nilai 40 hingga 120, dan sedikit dengan batasan nilai 0 hingga 60.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Variabel Luaran

2.3.2 Rule Base *Fuzzy*

Pada tahap aturan dasar (*rule base fuzzy*), beberapa aturan dibentuk dengan mengklasifikasikan variabel berdasarkan karakteristiknya. Aturan dasar *fuzzy* biasanya dinyatakan dalam bentuk hubungan "if-then" atau "jika-maka". Sebagai contoh, "if $x = a$ and $y = b$ then $z = c$ ". Dalam hal ini, a dan b merupakan variabel linguistik yang mewakili rentang variabel x dan y . Sedangkan $z = c$ adalah hasil dari aturan dasar atau kesimpulan yang diperoleh. Selanjutnya pada tahap inferensi, pembentukan aturan (rule base) dari logika *fuzzy* dilakukan. Aturan yang digunakan berasal dari keanggotaan pada tiap-tiap variabel yang telah ditentukan pada tahap fuzzyifikasi. Tabel 2 adalah aturan *fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2. Aturan *Fuzzy*

MQ-135	Tidak Bau	Normal	Agak Bau	Bau
Turbidity	ST	ST	SD	ST
Jernih	ST	ST	SD	SD
Agak Jernih	ST	ST	SD	SD
Menengah	ST	ST	SD	L
Keruh	SD	SD	L	1

Keterangan:

Nm = Normal

Tb	= Tidak bau
Ab	= Agak bau
B	= Bau
Jr	= Jernih
Mn	= Menengah
Aj	= Agak jernih
K	= Keruh
ST	= Sempit
SD	= Sedang
L	= Lebar

2.3.3 Defuzzyifikasi

Tahap defuzzyifikasi atau penegasan atau tahapan terakhir dari logika *fuzzy* digunakan untuk menentukan keputusan. Masukan defuzzyifikasi berasal dari proses sistem inferensi *fuzzy* yang kemudian menghasilkan sebuah keputusan. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode COA (Center of Area) atau disebut juga centroid. Pada metode ini dilakukan dengan mencari titik pusat pada daerah *fuzzy* hasil proses penalaran. Adapun rumus perhitungan dengan menggunakan metode COA dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$z_{COA}^* = \frac{\sum_{j=1}^n \mu c(A)jAj}{\sum_{j=1}^n \mu c(A)j} \quad (1)$$

dimana:

N	= Nilai linguistik
Aj	= Nilai numerik ke j
$\mu c(A)j$	= Derajat keanggotaan Aj

2.4 Proses Kerja Alat Secara Keseluruhan

Proses dimulai dengan pembacaan sensor ultrasonik, sensor kekeruhan (turbidity), dan sensor MQ 135. Setelah pembacaan sensor, dilakukan pembacaan waktu yang diulang setiap 3 jam. Jika kondisi waktu terpenuhi, proses berlanjut ke tahap berikutnya, jika tidak, proses kembali ke pembacaan waktu. Selanjutnya, data dari sensor kekeruhan dan MQ 135 diproses melalui tahap fuzzyifikasi dan kemudian defuzzyifikasi yang menghasilkan tiga luaran: sedikit, sedang, dan lebar. Berdasarkan luaran ini, data sensor kekeruhan dan MQ 135 kembali dibaca untuk menentukan pengisian kolam. Pada tahap pengisian, kran pengisi kolam dibuka sesuai dengan hasil defuzzyifikasi. Ketika tinggi air mencapai 50 cm, kran ditutup. Jika tinggi air belum mencapai 50 cm, proses kembali ke tahap pembukaan kran pengisi. Setelah air mencapai 50 cm, keputusan mengenai panen lele diambil. Jika keputusan adalah untuk memanen lele, proses selesai. Jika tidak, proses kembali ke pembacaan waktu.

2.5 Pengujian Sistem, Sensor dan Aktuator

Pada pengujian alat, terdapat beberapa tahapan yang dilakukan, yaitu pengujian sensor kekeruhan (turbidity), pengujian sensor MQ-135, pengujian motor servo, dan pengujian keseluruhan alat.

- Pengujian sensor kekeruhan dilakukan pada air dengan campuran kopi bubuk, terdapat 12 kondisi kekeruhan yang berbeda dengan salah satu kondisinya adalah air jernih.
- Pada pengujian sensor gas amonia dengan cara menggunakan kadar pupuk cair amonia yang berbeda dan dimasukkan ke dalam botol, serta sensor diletakkan di bagian atas botol tersebut dengan jarak 15 cm setiap pengujian.

- c. Pengujian servo dilakukan dengan memutar servo untuk menghasilkan sudut putaran tertentu.

Selanjutnya adalah pengujian keseluruhan dengan cara membandingkan hasil budidaya dengan sistem yang dibuat dan yang manual.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Sensor Kekeruhan (Turbidity)

Tabel 3 merupakan hasil pengujian sensor turbidity, terlihat bahwa nilai ADC dan tegangan mengalami penurunan seiring dengan penambahan jumlah seduhan kopi dalam air. Ini menunjukkan bahwa penambahan seduhan kopi mengurangi nilai ADC dan tegangan, yang kemungkinan disebabkan oleh perubahan resistansi atau konduktivitas larutan. Meskipun nilai ADC dan tegangan berkurang, hasil pengamatan tetap jernih hingga kondisi ke 6. Pada kondisi 7 dan 8, hasil pengamatan berubah menjadi "agak jernih," yang menunjukkan bahwa pada titik ini, penambahan seduhan kopi mulai mempengaruhi kejernihan visual larutan. Nilai ADC yang lebih rendah dan tegangan yang lebih rendah cenderung berhubungan dengan peningkatan jumlah zat terlarut dalam air (dalam hal ini, kopi). Meskipun pada awalnya larutan tetap jernih, pada titik tertentu, peningkatan jumlah kopi mulai mempengaruhi kejernihan visual, seperti yang terlihat pada kondisi 7 dan 8. Berdasarkan data tersebut, sensor turbidity dapat digunakan untuk memantau kondisi tingkat kekeruhan air.

Tabel 3. Pengukuran Sensor Kekeruhan (Turbidity)

No	Kondisi	Nilai ADC	Tegangan (Volt)	Hasil pengamatan
1	5 Sendok air	832	4.06	Jernih
2	5 Sendok air dan 1 Sendok kopi	818	3.99	Jernih
3	5 Sendok air 2 dan Sendok kopi	799	3.90	Jernih
4	5 Sendok air 3 dan Sendok kopi	773	3.77	Jernih
5	5 Sendok air 4 dan Sendok kopi	765	3.73	Jernih
6	5 Sendok air 5 dan Sendok kopi	751	3.66	Jernih
7	5 Sendok air dan 15 Sendok kopi	565	2.75	Agak jernih
8	5 Sendok air dan 25 Sendok kopi	521	2.54	Agak jernih
9	5 Sendok air dan 45 Sendok kopi	473	2.30	Menengah
10	5 Sendok air dan 50 Sendok kopi	420	2.05	Menengah
11	20 Sendok air dan 14 Gram kopi	195	0.95	Keruh
12	10 Sendok air dan 14 Gram kopi	16	0.07	Keruh

3.2 Pengujian Sensor Gas (MQ-135)

Tabel 4 merupakan hasil pengujian sensor MQ-135, terlihat bahwa pembacaan sensor dan tegangan menurun secara bertahap seiring dengan penambahan jumlah air yang dicampurkan dengan pupuk amonia cair. Ini menunjukkan bahwa konsentrasi pupuk amonia cair berbanding terbalik dengan nilai pembacaan sensor dan tegangan. Penambahan air mengurangi konsentrasi pupuk amonia cair, yang ditunjukkan oleh penurunan nilai pembacaan sensor dan tegangan. Pengamatan bau berkurang seiring dengan penurunan nilai sensor dan tegangan. Ini mengindikasikan bahwa sensor MQ-135 dapat mendeteksi perubahan konsentrasi amonia dalam larutan. Sensor MQ-135 efektif dalam mendeteksi perubahan konsentrasi amonia, yang sesuai dengan perubahan pengamatan bau yang didapatkan.

Tabel 4. Pengukuran Sensor MQ-135

No	Kondisi	Pembacaan		Pengamatan
		sensor (analog) (10bit)	Tegangan (Volt)	
1	2 sendok pupuk amonia cair	181	0.88	Bau
2	2 sendok pupuk amonia cair dan 2 sendok air	125	0.61	Agak bau
3	2 sendok pupuk amonia cair dan 5 sendok air	92	0.44	Normal
4	2 sendok pupuk amonia cair dan 10 sendok air	40	0.19	Tidak bau

3.3 Pengujian Motor Servo (Kran Pembuangan)

Tabel 5 merupakan hasil pengujian motor servo, motor servo menunjukkan akurasi yang tinggi pada sudut yang lebih kecil (0° dan 45°). Pada sudut yang lebih besar (90° , 135° , dan 180°), terdapat sedikit penyimpangan antara sudut yang di program dan sudut yang terbaca. Motor servo memiliki performa yang baik dalam mempertahankan akurasi pada sudut kecil. Pada sudut yang lebih besar, performa menurun sedikit, yang ditunjukkan oleh peningkatan nilai *error*. Motor servo masih dapat dianggap cukup akurat, meskipun ada penyimpangan kecil pada sudut yang lebih besar. Penyimpangan ini mungkin disebabkan oleh faktor mekanis atau batasan kalibrasi dari servo itu sendiri. Data ini menunjukkan bahwa motor servo bekerja dengan baik untuk sudut-sudut kecil tetapi memerlukan penyesuaian atau kalibrasi lebih lanjut untuk sudut yang lebih besar untuk mengurangi *error*.

Tabel 5. Pengujian Motor Servo untuk Kran Pembuangan

No	Sudut yang di program	Pembacaan Busur	Error (%)
1	0°	0°	0
2	45°	45°	0
3	90°	87°	0.03
4	135°	128°	0.05
5	180°	168°	0.7

3.4 Pengujian Keseluruhan

Tabel 6 dan Tabel 7 merupakan data yang menunjukkan hasil dari sistem yang telah dibuat. Pada Tabel 6 terlihat bahwa nilai amonia bervariasi antara 47 hingga 277. Nilai *fuzzy* terdiri dari beberapa parameter seperti K, M, A, J (untuk kekeruhan) dan B, A, N, T (untuk bau). Nilai *fuzzy* terdiri dari beberapa parameter seperti K, M, A, J (untuk kekeruhan) dan B, A, N, T (untuk bau). Pada pengamatan bau, nilai B (bau) cenderung konstan pada 100, menunjukkan bahwa bau mungkin tidak banyak berubah. Pengamatan kekeruhan menunjukkan variasi lebih besar dengan nilai A (amonia) dan N (normal) yang berubah sesuai dengan perubahan nilai sensor. Data menunjukkan variabilitas yang signifikan dalam nilai sensor kekeruhan dan amonia, yang berpengaruh pada nilai *fuzzy* dan pengamatan. Data ini memberikan informasi tentang kinerja dan respons sistem terhadap kondisi kekeruhan dan amonia yang berbeda-beda, serta bagaimana nilai *fuzzy* digunakan untuk mencerminkan pengamatan ini.

Tabel 6. Pengujian Sistem Keseluruhan

No	Tgl / Jam	Nilai sensor kekeruhan	Nilai sensor gas amonia	Nilai Fuzzy		Pengamatan	
				Keruh	Bau	Keruh	Bau
1	3 Jan / 3.40	728	188	K = 0 M = 120 A = 120 J = 73	B = 100 A = 49 N = 40 T = 0		✓
2	4 Jan / 06.32	934	144	K = 0 M = 120 A = 120 J = 60	B = 100 A = 0 N = 40 T = 0		✓
3	5 Jan / 06.28	930	179	K = 0 M = 120 A = 120 J = 60	B = 100 A = 0 N = 40 T = 0		✓
4	6 Jan / 07.32	942	271	K = 0 M = 120 A = 120 J = 60	B = 100 A = 40 N = 10 T = 30		✓
5	7 Jan / 21.30	292	73	K = 0 M = 40 A = 40 J = 0	B = 100 A = 0 N = 40 T = 0		✓
6	8 Jan / 19.30	276	82	K = 0 M = 40 A = 40 J = 0	B = 100 A = 0 N = 40 T = 0		✓
7	9 Jan / 18.50	188	47	K = 0 M = 40 A = 40 J = 0	B = 100 A = 0 N = 40 T = 0		✓
8	10 Jan / 18.29	152	76	K = 0 M = 40 A = 40 J = 0	B = 100 A = 0 N = 40 T = 0		✓
9	11 Jan / 02.03	434	125	K = 0 M = 66 A = 40 J = 0	B = 100 A = 0 N = 40 T = 0		✓
10	12 Jan / 02.15	229	78	K = 0 M = 40 A = 40 J = 0	B = 100 A = 0 N = 40 T = 0		✓
11	13 Jan / 19.15	177	78	K = 0 M = 40 A = 40 J = 0	B = 100 A = 0 N = 40 T = 0		✓
12	14 Jan / 18.27s	375	69	K = 0 M = 128 A = 40 J = 0	B = 100 A = 0 N = 40 T = 0		✓
13	15 Jan / 7.43	233	277	K = 0 M = 40 A = 40 J = 0	B = 100 A = 33 N = 3 T = 60		✓
14	16 Jan / 7.34	219	129	K = 0 M = 40 A = 40 J = 0	B = 100 A = 48 N = 40 T = 0		✓

Selanjutnya berdasarkan Tabel 7, terlihat bahwa Metode otomatis menunjukkan kecepatan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan metode manual. Metode otomatis lebih efisien dalam meningkatkan berat lele, yang dapat diukur dari peningkatan berat yang lebih signifikan setiap minggunya. Berdasarkan data ini, penggunaan metode otomatis untuk budidaya lele lebih disarankan jika tujuannya adalah untuk mencapai pertumbuhan yang lebih cepat dan hasil yang lebih besar dalam waktu yang sama. Data ini memberikan gambaran yang jelas tentang perbedaan efektivitas antara metode budidaya otomatis dan manual, dengan metode otomatis terbukti lebih unggul dalam hal peningkatan berat.

Tabel 7. Perbandingan Budidaya Lele menggunakan Alat dan Manual

No	Waktu/Minggu	Otomatis (Gram)	Manual (gram)	Selisih berat alat dengan manual (gram)
0	0	25	25	0
1	1	34	30	4
2	2	46	42	4
3	3	66	60	6
4	4	88	75	13
5	5	129	102	27
6	6	158	118	40
7	7	195	148	47

4 KESIMPULAN

Manajemen pergantian air kolam lele secara otomatis menggunakan sensor kekeruhan dan sensor MQ-135, serta luaran pergerakan motor servo telah dilakukan. Kolam dapat melakukan pergantian air secara otomatis apabila sensor kekeruhan membaca nilai ADC antara 152 hingga 292, dan sensor MQ-135 membaca nilai ADC antara 144 hingga 271. Sistem otomatis ini memberikan dampak positif pada pertumbuhan lele, dengan pertumbuhan lele yang lebih berat sebesar 47 Gram dibandingkan dengan perlakuan secara manual. Penggunaan alat penjernih air kolam lele otomatis dengan metode *fuzzy* juga efektif dalam mengurangi bau pada kolam lele dan dapat memberikan kemudahan dalam kegiatan budidaya ikan lele.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi, W., Chadir, A. R., & Anda, M. F. (2018). Penerapan Logika *Fuzzy* Sebagai Alat Deteksi Hipotermia dan Hipertermia pada Manusia Berbasis Internet of Thing (IoT). *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 17(2), 94-99, doi: 10.17529/jre.v17i2.15670.
- Jatnika, D., Sumantadinata, K., & Pandjaitan, N. H. (2014). Pengembangan Usaha Budidaya Ikan Lele (*Clarias sp.*) di Lahan Kering di Kabupaten Gunungkidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Manajemen IKM*, 9(1), 96-105, <https://doi.org/10.29244/mikm.9.1.96-105>.
- Prasertya, T. B., & Musyahar, G. (2021). Modul Otomatisasi Proteksi Motor Induksi Berbasis Arduino Nano. *Jurnal Cahaya Bagaskara*, 6(1), 1-8.
- Pratama, W. D., Prayogo, & Manan, A. (2017). Pengaruh Pemberian Probiotik Berbeda dalam Sistem Akuaponik terhadap Kualitas Air pada Budidaya Ikan Lele (*Clarias sp.*). *Journal of Aquaculture Science*, 1(1), 27-35.
- Purwanto, H., Riyadi, M., Astuti, D. W., & Kusuma, I. W. (2019). Komparasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Dan Jsn-Sr04t Untuk Aplikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air. *Jurnal SIMETRIS*, 10(2), 717-724, <https://doi.org/10.24176/simet.v10i2.3529>.
- Rosa, A. A., Simon, B. A., & Lieanto, K. S. (2020). Sistem Pendekripsi Pencemar Udara

- Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135. *ULTIMA Computing*, 12(1), 23-28, <https://doi.org/10.31937/sk.v12i1.1611>.
- Rosyidah, I., Chaidir, A. R., & Sumardi. (2023). Sistem Pemantauan dan Kontrol Kualitas Air pada Budidaya Bandeng Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 23(1), 50-55, doi: 10.23917/emitor.v1i1.21551.
- Santi, M., Danial, A., Hamdan, A., & Karwati, L. (2019). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Budidaya Ikan Lele. *Cendekiawan Ilmiah PLS*, 4(1), 19-25. <https://doi.org/10.37058/jpls.v4i1.1596>
- Setyadjit, K., Hariadi, B., & Ridhoi, A. (2018). Pengkondisian Sirkulasi Air Kolam Pembesaran Ikan Lele Berdasarkan Waktu. *Hasil Riset dan Pengabdian Masyarakat Sebagai Inovasi Menuju Persaingan Global* (pp. 86-101). Surabaya: LPPM UNTAG.
- Triady, R., Triyanto, D., & Ilhamsyah. (2015). Prototipe Sistem Keran Air Otomatis Berbasis Sensor Flowmeter Pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Coding Sistem Komputer Untan*, 1(2), 25-34, <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.30>.
- Triawan, Y., & Sardi, J. (2020). Perancangan Sistem Otomatisasi pada Aquascape Berbasis Mikrokontroller Arduino Nano. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 76-83.
- Widodo, T., Irawan, B., Prastowo, A. T., & Surahman, A. (2020). Sistem Sirkulasi Air Pada Teknik Budidaya Bioflok Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno R3. *JTIKOM*, 1(2), 34-39, <https://doi.org/10.33365/jtikom.v1i2.12>.