

RANCANG BANGUN PENGENDALIAN KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN NILA MERAH MENGGUNAKAN METODE *FUZZY* LOGIC DENGAN SISTEM MONITORING BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Achmad Dani Rusdian P¹, Edy Setiawan², Ii Munadhif³

¹²³Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
E-mail: achmaddani@student.ppns.ac.id

Abstrak

Kegiatan budidaya yang dilakukan secara intensif akan menyebabkan kualitas air menurun karena menyebabkan pH tidak stabil, tingkat kekeruhan tinggi, dan kandungan amonia meningkat. Dari permasalahan tersebut penulis memiliki solusi yaitu membuat sebuah sistem *monitoring* dan kontrol secara otomatis yang dapat membantu mengendalikan kualitas air budidaya. Sistem ini terdiri atas sensor pH, sensor DS18B20, sensor HC-SR04, sensor kekeruhan, sensor MQ-135, Wemos D1 R32, pompa air, motor servo, dan ESP-32 *camera*. Terdapat aplikasi Android yang berfungsi untuk memantau dan mengendalikan sistem secara manual atau otomatis. Pada sistem diterapkan metode logika *fuzzy* untuk mendapatkan nilai kendali suhu sebesar 27-29°C, kadar pH sebesar 6.5 – 8.5 dan kekeruhan kurang dari 32 NTU. Dari pengujian sistem didapatkan hasil untuk menurunkan suhu dari 34 °C menjadi 27 – 29°C memerlukan 180 menit, untuk menjaga kadar pH dari 9 menjadi pH 6.5 – 8 memerlukan 180 menit dan menjaga kekeruhan air dari 40.3 NTU hingga kurang dari 32 NTU memerlukan 187 menit. Pada pengujian pemantauan dan kendali melalui Android diperoleh hasil hampir keseluruhan uji coba berhasil. Pengisian baterai dengan panel surya 50 *waat-peak* memerlukan 3.5 jam sedangkan untuk menghabiskannya memerlukan 1.6 jam dengan beban 50 watt. Pengiriman data ke *database* mengalami *delay* sebesar 10 detik dan *packet loss* sebesar 1.18%.

Kata Kunci: Kualitas Air, *Fuzzy logic*, kadar pH, Suhu, Kekeruhan

1. PENDAHULUAN

Budidaya ikan merupakan salah satu aspek penopang pembangunan perikanan nasional kepala BRSDM Sjarief Widjaja mengatakan, pada kondisi sulit di tengah pandemi Covid-19 ini, sub sektor perikanan adalah salah satu yang masih dapat berkontribusi positif terhadap pertumbuhan ekonomi nasional, di saat sektor lain seperti transportasi dan pariwisata mengalami pukulan berat. Hal ini terjadi karena meski di tengah pandemi, 268 juta jiwa rakyat Indonesia tetap membutuhkan asupan protein (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2019).

Komoditas ikan nila menjadi salah satu komoditas utama dalam pembangunan perikanan budidaya dan ditargetkan dapat mendorong tercapainya program industrialisasi perikanan. Ketetapan tersebut didasarkan atas posisi Indonesia sebagai eksportir ikan nila pada peringkat kedua setelah Cina. Untuk mendongkrak jumlah produksi pada budidaya ikan nila, maka dilakukannya budidaya secara intensif yang dapat dilihat dari tebar padat atau pakan berkandungan protein tinggi. Hal ini

ternyata berdampak negatif pada kualitas air kolam (Hadie *et al.*, 2018).

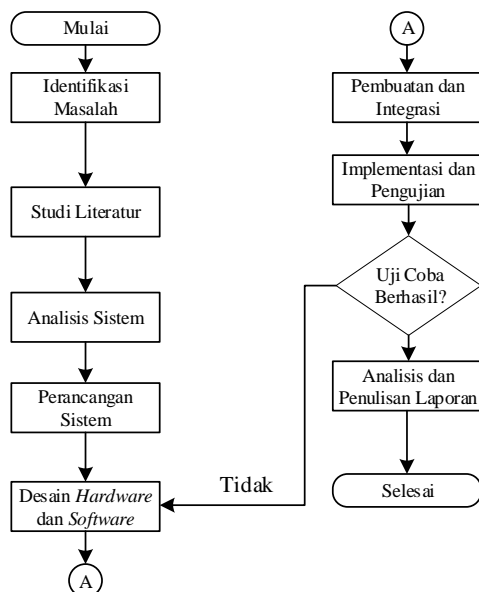
Kualitas air dipengaruhi beberapa faktor diantaranya suhu, kadar pH, amonia, dan kekeruhan. Dari pemaparan sebelumnya kualitas air akan berkurang seiring dilakukannya budidaya secara intensif akan menyebabkan kadar pH tidak stabil, kandungan amonia akan tinggi, dan juga kekeruhan air akan terus meningkat. Apabila kualitas air buruk maka nafsu makan ikan akan menurun padahal kebutuhan nutrisi pada budidaya harus terpenuhi dan apabila ikan tidak ingin makan maka akan berimbas kepada pertumbuhannya (Willem H. Siegers, 2019).

Berdasarkan hasil wawancara dengan pembudidaya didapatkan informasi bahwa proses pemantauan masih dilakukan secara konvensional yang akan menyebabkan keterlambatan penanganan saat air sedang dalam keadaan buruk. Dari permasalahan yang telah dipaparkan maka dibuatlah sistem yang dapat membantu para pembudidaya dalam memantau keadaan kolam budidaya secara *realtime* dapat melakukan pengondisian

parameter pH pada nilai 6.5 – 8, parameter suhu pada 25°C – 30 °C dan kekeruhan kurang dari 50 NTU (Oktafiadi, 2016). Menjaga nilai kekeruhan sangat diperlukan karena menurut pembudidaya kekeruhan kolam akan mempengaruhi nafsu makan ikan, semakin rendah nafsu makan ikan. Ikan merupakan hewan berdarah dingin yang kegiatan metabolisme akan bergantung pada suhu lingkungan sekitar (Ridwantara *et al.*, 2019), maka pengkondisian suhu sangat diperlukan untuk menjaga metabolisme dari ikan nila merah. Besar kecilnya nilai pH akan mempengaruhi laju pertumbuhan ikan (S. Monalisa, 2010).

2. METODOLOGI

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan pada diagram alir pada **Gambar 1** berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan diagram alir diatas. Alur kegiatan penelitian secara detail akan dijabarkan pada sub-bar berikut.

2.1 Analisis Sistem

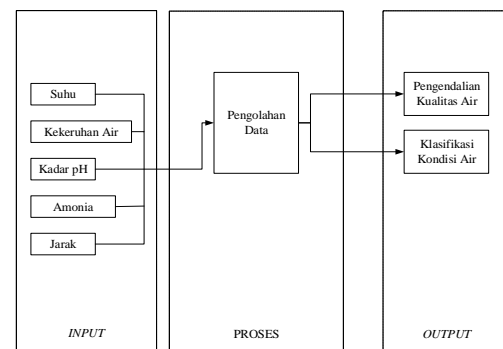
Kebutuhan sistem terdiri atas *hardware* dan *software* yang digunakan untuk membangun sistem secara keseluruhan dipaparkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Sistem

<i>Hardware</i>	<i>Software</i>
Wemos D1 R32	Android Studio
ESP-32 Camera	Arduino IDE
DS18B20	XAMPP

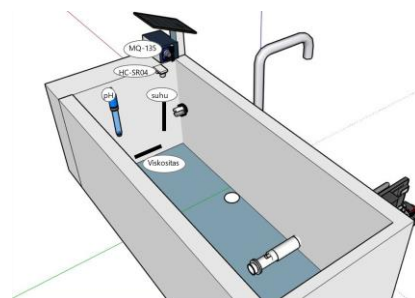
HCSR04	MATLAB
Sensor pH	
Sensor Kekeruhan	
MQ-135	
Pompa Air	
Motor Servo	
Relay	
Aerator	

Konsep sistem yang akan diusung pada penelitian ini terdiri dari *input*, proses, dan *output*. *Input* yang digunakan pada penelitian ini 5 buah sensor yaitu sensor suhu, sensor jarak, sensor pH, sensor kekeruhan, sensor ammonia yang dihubungkan dengan mikrokontroler dan ESP-32 *Camera* yang akan melakukan pemantauan dengan siaran video langsung. Data sensor akan diolah pada mikrokontroler dengan menggunakan metode logika *fuzzy*. Yang *outputnya* menghasilkan kendali kualitas air dengan mengendalikan aktuator dan klasifikasi kualitas air. Konsep sistem secara sederhana digambarkan dalam diagram blok pada **Gambar 2**.

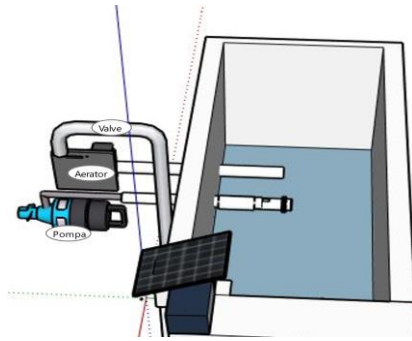


Gambar 2. Konsep Sistem

(a)

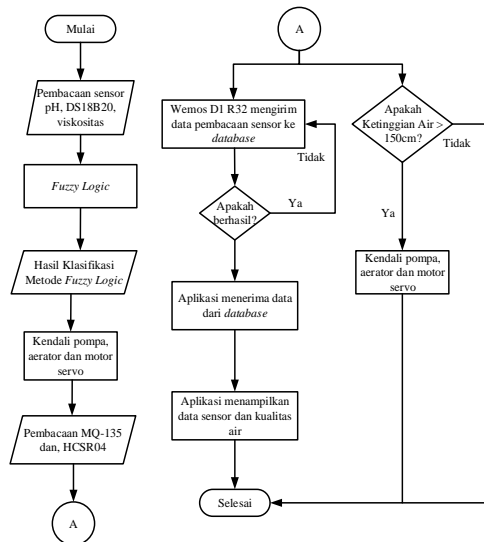


(b)



Gambar 3. Rancangan Peletakan Sensor (a), Rancangan Peletakan Aktuator (b)

Alur kerja sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada diagram alir kerja sistem pada **Gambar 4**.



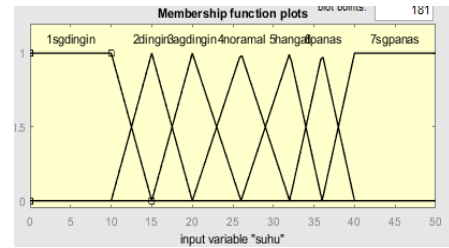
Gambar 4. Diagram Alir Kerja Sistem

2.2 Logika Fuzzy

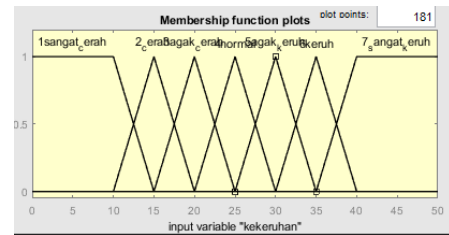
Penerapan logika fuzzy pada sistem ditujukan untuk menentukan respon aktuator dan klasifikasi kualitas air berdasarkan *input* data dari sensor. Logika fuzzy yang diterapkan pada sistem menggunakan metode Mamdani dengan metode defuzzifikasi *Weight Average*. Fuzzy pada sistem ini akan diolah di *microcontroller* dengan 3 *input* data sensor suhu, pH, dan kekeruhan dengan jumlah *membership* berjumlah 7 pada tiap *input*. Sedangkan *output* berjumlah 5 yaitu pengendalian pompa air masuk, pompa air

keluar, aerator, motor servo dan klasifikasi kualitas air.

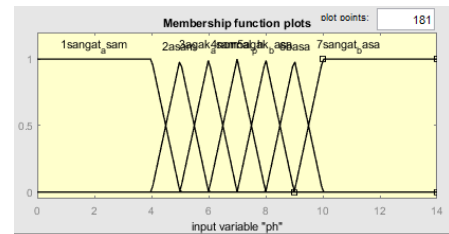
a.



b.



c.



Gambar 5 Kurva *Input* Suhu (a), Kurva *Input* Kekeruhan (b), Kurva *Input* pH(c)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Fuzzy

Pengujian fuzzy dilakukan dengan membandingkan hasil fuzzy menggunakan Matlab dan hasil fuzzy menggunakan pemrograman Arduino serta perhitungan manual. Tabel 3 merupakan perbandingan hasil fuzzy Matlab dengan Arduino. Hasil pengujian fuzzy logic pada Arduino dengan Matlab memiliki nilai *error* sebesar 3.35% pada *output* kualitas air, 2.8% pada *output* air masuk, 1.13% pada *output* air keluar dan 0.52% pada *output* aerator yang nilainya dibandingkan dengan *toolbox* Matlab. Hal ini berarti penggunaan logika fuzzy pada program yang dibuat pada Arduino selaras dengan *toolbox* pada Matlab karena nilai *error* yang dihasilkan kecil.

Tabel 2. Perbandingan Hasil *Fuzzy* Arduino dan Matlab

No	Suhu	Kekeruhan	pH	Kualitas Air		Air Masuk		Air Keluar		Aerator	
				Arduino	Toolbox Matlab	Arduino	Toolbox Matlab	Arduino	Toolbox Matlab	Arduino	Toolbox Matlab
1	35,8	21,3	8,3	22,38	24,1	17,62	16,4	40	40	60	60
2	16,7	32,9	5,5	19,5	20,3	20,5	20,2	55,25	55,8	70	69,6
3	29,6	31,4	7,9	34,43	34,53	11,43	11,43	45,6	46,6	65,6	66,6
4	22,6	30,3	6,7	32,03	32,7	10,33	10,1	51,3	50,6	70	70

Tabel 3. Nilai *Error Fuzzy* Arduino dan Matlab

No	Errorr (%)			
	Kualitas Air	Air Masuk	Air Keluar	Aerator
1	7,14	7,44	0,00	0,00
2	3,94	1,49	0,99	0,57
3	0,29	0,00	2,15	1,50
4	2,05	2,28	1,38	0,00
Rata - Rata	3,35	2,80	1,13	0,52

Pengujian *fuzzy* dilakukan dengan membandingkan hasil *fuzzy* menggunakan Matlab dan hasil *fuzzy* menggunakan pemrograman Arduino serta perhitungan manual. Tabel 5 merupakan perbandingan hasil *fuzzy* Matlab dengan Arduino. Hasil pengujian *fuzzy* logic pada Arduino dengan Matlab memiliki nilai error rata-rata sebesar 2.25% pada *output* kualitas air, 4.05% pada *output* air

masuk, 2.05% pada *output* air keluar dan 1.36% pada *output* aerator yang nilainya dibandingkan dengan toolbox Matlab. Hal ini berarti penggunaan logika *fuzzy* pada sistem yang dirancang selaras dengan toolbox pada Matlab. Hal ini berarti penggunaan logika *fuzzy* pada sistem yang dirancang selaras dengan toolbox pada Matlab karena nilai error yang dihasilkan kecil.

Tabel 4. Perbandingan Hasil *Fuzzy* Perhitungan Manual dan Matlab

No	Suhu	Kekeruhan	pH	Kualitas Air		Air Masuk		Air Keluar		Aerator	
				Manual	Toolbox Matlab	Manual	Toolbox Matlab	Manual	Toolbox Matlab	Manual	Toolbox Matlab
1	35,8	21,3	8,3	24,1	24,10	16,4	16,4	40	40	60	60
2	16,7	32,9	5,5	19,5	20,3	20,5	20,2	55,25	55,8	70	69,6
3	29,6	31,4	7,9	33,5	34,53	10	11,43	43,88	46,6	66,6	70
4	22,6	30,3	6,7	32,03	32,7	10,33	10,1	51,3	50,6	70	70

Tabel 5. Nilai *Error Fuzzy* Perhitungan Manual dan Matlab

No	<i>Errorr (%)</i>			
	Kualitas Air	Air Masuk	Air Keluar	Aerator
1	0	0	0	0
2	3,94	1,49	0,99	0,57
3	2,98	12,51	5,84	4,86
4	2,10	2,19	1,37	0
Rata- Rata	2,25	4,05	2,05	1,36

3.2 Pengujian Sistem Manual dan Otomatis

Pada pengujian ini dilakukan dengan melakukan pengujian sistem kontrol manual melalui aplikasi Android dan kendali otomatis. Tabel 6 menunjukkan hasil dari percobaan

pemantauan pada Andorid dan kendali aktuator secara manual melalui aplikasi Andorid didapatkan hasil hampir secara keseluruhan uji coba berhasil dilakukan.

Tabel 6. Data Pengujian *Monitoring* dan Kendali Manual

No	Pengujian	Respon				
		Uji Coba 1	Uji Coba 2	Uji Coba 3	Uji Coba 4	Uji Coba 5
1	Monitoring Pada Aplikasi Android	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
2	Pengendalian Pompa Air Masuk	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
3	Pengendalian Pompa Air Keluar	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
4	Pengendalian Aerator	Berhasil	Berhasil	Gagal	Berhasil	Berhasil
5	Pengendalian Motor Servo 1	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Gagal
6	Pengendalian Motor Servo 2	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil

Pada Tabel 7 menjelaskan hasil pengujian sistem otomatis pada parameter suhu. Berdasarkan tabel Untuk menurunkan suhu hingga mencapai nilai set point memerlukan waktu 146 menit dengan nilai akhir suhu yang terukur 27.2 °C. Pada pengujian kedua hingga ke-empat memerlukan waktu 152 hingga 180 menit. Dari Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa untuk melakukan penurunan suhu dengan nilai awal 32-34 °C untuk mencapai nilai akhir suhu 27-29 °C memerlukan waktu rata – rata 159.5 menit.

Tabel 7. Pengujian Parameter suhu

No	Nilai Awal	Set Point	Nilai Akhir	Waktu (menit)
----	------------	-----------	-------------	---------------

1	32.3	27 - 29	27.2	146
2	33.1		28.9	152
3	33.3		27.8	160
4	34.1		28.4	180
Rata - Rata				159.5

Pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa pengujian untuk parameter pH dengan nilai awal 9.0 pada pengujian pertama. Untuk menurunkan kadar pH agar pada range set point memerlukan waktu 180 menit dengan nilai akhir 7.8. Pada pengujian kedua hingga keempat memerlukan waktu 150 hingga 174 menit untuk menjaga kadar pH agar dalam nilai set point. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 8 dapat disimpulkan bahwa dengan nilai awal

kadar pH sebesar 8.5- 9.0 untuk mencapai nilai pH 6.5-8 memerlukan waktu rata – rata 168.25 menit.

Tabel 8. Pengujian Parameter pH.

No	Nilai Awal	Set Point	Nilai Akhir	Waktu (menit)
1	9.0	6.5-8	7.8	180
2	8.8		7.6	174
3	8.6		8.0	166
4	8.5		7.7	153
Rata - rata				168.25

Pada Tabel 9 dapat dilihat bahwa pengujian untuk parameter kekeruhan dengan nilai awal 40.3 pada pengujian pertama. Memerlukan waktu 187 menit agar nilai kekeruhan turun di bawah 32 dengan hasil akhir pengendalian sebesar 31.7 pada pengujian pertama. Berdasarkan Tabel 9 dapat disimpulkan bahwa

dengan nilai awal kekeruhan sebesar 36 - 40 untuk mencapai nilai kekeruhan kurang dari sama dengan 32 memerlukan waktu rata – rata 172.25 menit.

Tabel 9. Pengujian Parameter Kekeruhan

No	Nilai Awal	Set Point	Nilai Akhir	Waktu (menit)
1	40.3	>32	31.7	187
2	35.5		30.3	156
3	38.7		30.6	178
4	36.6		30.4	168
Rata - rata				172.25

3.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan dengan melakukan pengendalian kualitas air selama kurang lebih 14 hari. Pada Tabel 10 merupakan hasil pengujian sistem pengendalian otomatis yang dibandingkan dengan kolam tanpa kendali.

Tabel 10. Data Pengujian Sistem Otomatis

Hari ke-	Kolam yang Dikendalikan			Kolam yang Tidak Dikendalikan		
	Suhu	pH	Kekeruhan	Suhu	pH	Kekeruhan
1	27,8	7,9	31,9	29,4	9	47,3
2	27,3	7,3	31,9	27,4	7,7	47,9
3	28,6	7,9	32	27,7	8,8	45,3
4	27,7	8	30,7	28,3	7,8	49,4
5	28,6	7,7	31,3	29,5	8,2	46,2
6	28,5	6,9	31,9	29,5	7,9	46,3
7	27,2	7,6	30,7	29,8	8,8	46,7
8	28,1	7,2	31,7	27,6	8,8	49,8
9	27,7	7,7	31,1	28,5	8,8	49,4
10	27,2	7,5	31,6	27,7	8,2	48,9
11	27	7,6	30,5	27,4	8,6	31
12	28,9	7,2	31,7	28,1	7,7	31,3
13	27,8	7,1	31,3	29,1	7,8	33,6
14	27,7	7,3	30,5	30,2	7,7	30,7

Dari Tabel 10 dapat disimpulkan bahwa pengendalian kualitas air secara otomatis dapat menjaga kualitas air pada nilai yang telah ditentukan. Dibandingkan dengan kolam yang tidak dikendalikan, parameter yang didapatkan lebih terjaga nilainya sehingga akan menjaga.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil dari rancang bangun yang telah dibuat menunjukkan hasil parameter kualitas air yaitu suhu terjaga pada nilai 27 – 29 °C, nilai pH terjaga pada nilai 6.5 hingga 8. Dan pada nilai kekeruhan terjaga pada nilai 30 hingga 32 NTU. Dan penggunaan aplikasi sebagai pemantau parameter kualitas air berhasil dijalankan.
2. Penerapan *monitoring* dan kendali manual melalui aplikasi Android pada budidaya ikan nila merah berhasil dilakukan. Dari hasil pengujian didapatkan hasil yang cukup baik yaitu hampir keseluruhan pengujian berhasil dijalankan. Namun ada kegagalan pengujian pada uji coba ke 3 pengendalian aerator dan uji coba ke 5 pengendalian servo air masuk.
3. Penerapan metode *fuzzy logic* pada Tugas Akhir ini memiliki fungsi sebagai pengendali otomatis untuk menjaga kondisi suhu, pH dan kekeruhan melalui pembuangan air dan pengisian kembali air kolam. Pada pengendalian parameter suhu untuk mencapai nilai 27-28 °C memerlukan waktu 159.5 menit, pada parameter pH untuk mencapai nilai 6.5 – 8 memerlukan waktu 168.25 menit dan pada parameter kekeruhan untuk mencapai nilai kurang dari 32 memerlukan waktu 172.25 menit. Waktu yang diperlukan dalam pengendalian parameter kualitas air cukup lama dikarenakan penggunaan pompa untuk pembuangan air menggunakan pompa dengan debit yang kecil.
2. Pada *streaming* kamera gunakan *cloud server* sehingga dapat melakukan *streaming* apabila laptop dimatikan. Dan gunakan kamera yang memiliki kualitas gambar lebih baik.
3. Pengoptimalan pada sistem pembuangan air agar pengendalian parameter kualitas kolam tidak memakan waktu yang lama. Hal ini dapat dijalankan dengan pemilihan pompa buang yang memiliki debit besar. Jika pompa yang dipilih adalah pompa dengan arus DC maka sumber daya baterai harus disesuaikan juga dengan daya yang digunakan.
4. Pada saat kalibrasi sensor sebaiknya menggunakan sampel uji coba yang banyak. Karena semakin banyak sampel yang digunakan saat proses kalibrasi sensor maka semakin akurat sensor tersebut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Hadie, L. E. *et al.* (2018) ‘Strategi Dan Kebijakan Produksi Pada Budidaya Ikan Nila Berdaya Saing’, *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 10(2), p. 75. doi: 10.15578/jkpi.10.2.2018.75-85.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (2019) ‘Refleksi Outlook’, *AIP Conference Proceedings*, 1(December), pp. 25–50. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.024>.
- Oktafiadi, R. (2016) ‘Sistem Pemantau Kekeruhan Air Dan Pemberi’, 2(1), pp. 7–16.
- Ridwantara, D. *et al.* (2019) ‘Uji kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) pada rentang suhu yang berbeda’, *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(1), pp. 46–54.
- S. Monalisa, I. M. (2010) ‘Kualitas Air yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis sp.*) di Kolam Beton dan Terpal’, *Journal of Tropical Fisheries*, 2(5), pp. 526–530.
- Willem H. Siegers, Y. P. dan A. S. (2019) ‘PENGARUH KUALITAS AIR TERHADAP PERTUMBUHAN IKAN NILA NIRWANA (*Oreochromis sp.*) PADA TAMBAK PAYAU’, 3(11), pp. 95–104.

4.2 Saran

1. Penggunaan sensor untuk *monitoring* sebaiknya ditambahkan di beberapa titik untuk mendapatkan hasil yang lebih terukur.