

Desain dan Analisa *E-fishery* Urban Fish Farming Untuk Mengendalikan Kualitas Air Kolam Menggunakan Algoritma *Fuzzy*

Muhammad Dwi Hariyanto ^{1*}, Dimas Adiputra ² and Susijanto Tri Rasmana ³

^{1*} Faculty of Electrical Technology and Smart Industry, Institut Teknologi Telkom Surabaya;

muhammad.dwi.20@student.ee.ittelkom-sby.ac.id

² Faculty of Electrical Technology and Smart Industry, Institut Teknologi Telkom Surabaya;

adimas@ittelkom-sby.ac.id

³ Faculty of Electrical Technology and Smart Industry, Institut Teknologi Telkom Surabaya;

susijanto@ittelkom-sby.ac.id

Abstract: Komoditas perikanan merupakan hal yang sangat prospektif untuk dibudidayakan dalam skala rumah tangga di saat pandemi berkepanjangan. Budidaya ikan nila merupakan salah satu pilihan karena dapat dilakukan dengan mudah di daerah kawasan urban yang tidak membutuhkan lahan yang luas. Teknologi budidaya ikan didaerah urban atau *e-fishery* urban fish farming membutuhkan penerapan IoT (*Internet of Thing*) untuk melakukan monitoring dan pengontrolan kualitas air pada kolam ikan berdasarkan parameter pH dan sensor *Turbidity*. Pada penelitian ini pengontrolan kualitas air kolam dilakukan dengan menerapkan algoritma *Fuzzy* untuk melakukan proses penggantian air melalui pengurasan dan pengisian air kolam ikan nila berdasarkan hasil dari sensor pH dan *Turbidity* yang dipasang. Hasil pengujian pada sistem *e-fishery* menunjukkan sensor sensor yang digunakan memiliki error pembacaan relatif kecil yaitu 1.26 % ($\sigma = 0.076$) pada sensor pH dan 6.79% ($\sigma = 6.9$) pada sensor *Turbidity*. Sistem *e-fishery* urban fish farming yang dikembangkan menguras air sesuai dengan prediksi pada simulasi matlab dengan error 0.57 % ($\sigma = 0.24$). Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai pH dan kekeruhan air kolam dapat dikendalikan sehingga kualitas air tetap berada pada range membership function netral yaitu pH diantara 6 sampai 8 dan *Turbidity* berada pada nilai 0 sampai 15 NTU.

Kata Kunci: Algoritma *Fuzzy*, *E-fishery* Urban Fish Farming, pH, *Turbidity*.

1. Pendahuluan

Pandemi berkepanjangan menurunkan daya beli masyarakat terutama di daerah urban (perkotaan) akan sumber daya protein yang murah sehingga perlu diadakan pemberdayaan pemenuhan gizi secara mandiri [1]. Salah satu sumber protein adalah ikan sehingga komoditas perikanan sangat prospektif untuk dibudidayakan dalam skala rumah tangga. Budidaya nila dapat dilakukan dengan mudah di daerah kawasan urban yang tidak membutuhkan lahan yang luas, sehingga ikan nila dipilih untuk dipelihara dalam skala kecil pada kawasan perkotaan atau daerah urban. Usaha budidaya ikan tersebut tidak membutuhkan biaya besar, mudah dan waktu pemeliharannya singkat, sehingga cepat memberikan hasil bagi pembudidayanya. Akan tetapi, proses kendali kualitas air demi pertumbuhan ikan yang optimal harus dilakukan secara manual melalui proses pengurasan responsif terhadap kualitas air saat itu.

Teknologi yang akan diadopsi untuk mempermudah proses budidaya ikan didaerah urban adalah *e-fishery* urban fish farming. Teknologi ini membutuhkan implementasi IoT untuk melakukan monitoring kualitas air pada kolam serta menggunakan website untuk melakukan logging data

terhadap perubahan kondisi kolam ikan [2]. Konsep urban farming perikanan adalah konsep budidaya ikan di lahan terbatas seperti diperkotaan yang lahannya mayoritas digunakan sebagai tempat pemukiman. Algoritma *Fuzzy* diterapkan pada proses pengukuran pH dan *Turbidity* yang digunakan sebagai membership function untuk menentukan tingkat kualitas air kolam ikan nila sesuai keinginan. Kondisi pH dan *Turbidity* yang diinginkan yakni untuk pH berada pada range 6-8 dan untuk *Turbidity* pada range 0-15 NTU. Hasil pemetaan tersebut terintegrasi melalui platform IoT (*Internet of Thing*) untuk keperluan pemantauan jarak jauh proses pengisian dan pembuangan air kolam ikan nila [3].

Pada penelitian ini melakukan pengembangan dari penelitian sebelumnya sebagai acuan , antara lain berfokus pada *Internet of Things* (IoT) dari beberapa sensor yang meliputi suhu lingkungan dan kelembaban ruangan, tingkat kebisingan, jumlah orang yang masuk dan keluar ruangan dan detektor gas beracun yang dilakukan oleh Athena Karumbaya dan Gowri Satheesh [4]. Selain itu, penelitian dengan judul “Sistem inferensi *Fuzzy* Mamdani untuk menentukan tingkat kualitas air pada kolam bioflok dalam budidaya ikan lele” merupakan penelitian yang menitik beratkan pada sistem bioflok di kolam lele dilakukan yang dilakukan oleh Herryawan Pujiharsono dan Danny Kurnianto [5]. Pada tahun 2020 dilakukan penelitian oleh Pulungan, Ali Basrah, dkk. Bertujuan untuk menghasilkan sebuah alat yang dapat memonitoring dan mengendalikan kondisi tingkat pH dan kekeruhan air pada kolam ikan agar pertumbuhan ikan lebih maksimal menggunakan IoT (*Internet of Thing*) secara real time juga dikerjakan pada penelitian [6]. Selain itu, pada tahun berikutnya dilakukan penelitian oleh Juan Carlos Martin dan Concepcion Roman yang meneliti teknik *Fuzzy Hybrid* untuk preferensi pesanan dengan metode kesamaan solusi ideal untuk menganalisis cakupan ekolabel UE hipotetis untuk produk perikanan dan akuakultur (FAP) dengan judul penelitian “A Hybrid *Fuzzy* TOPSIS Method to Analyze the Coverage of a Hypothetical EU Ecolabel for Fishery and Aquaculture Products (FAPs)” [7].

Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini akan difokuskan pada penerapan beberapa sensor yang digunakan untuk mengamati kondisi kolam ikan. Hasil pengamatan akan diolah dan dianalisa untuk dieksekusi bagi pengguna atau user Dalam hal ini, pengamatan akan dititik beratkan pada proses monitoring pH air kolam, kekeruhan, dan ketinggian air kolam secara otomatis dengan menerapkan algoritma *Fuzzy* dan teknologi *Internet of Things* (IoT).

2. Metode dan Material

Penentuan tingkat kualitas air kolam pada sistem *e-fishery* urban fish farming ini menggunakan algoritma *Fuzzy* Mamdani berdasarkan dari dua parameter masukan, yaitu pH dan *Turbidity* dengan memperhatikan rentang nilai yang sesuai dengan kehidupan ikan nila [6]. Pembahasan akan dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan sistem *e-fishery* dan penerapan algoritma *Fuzzy* pada sistem tersebut.



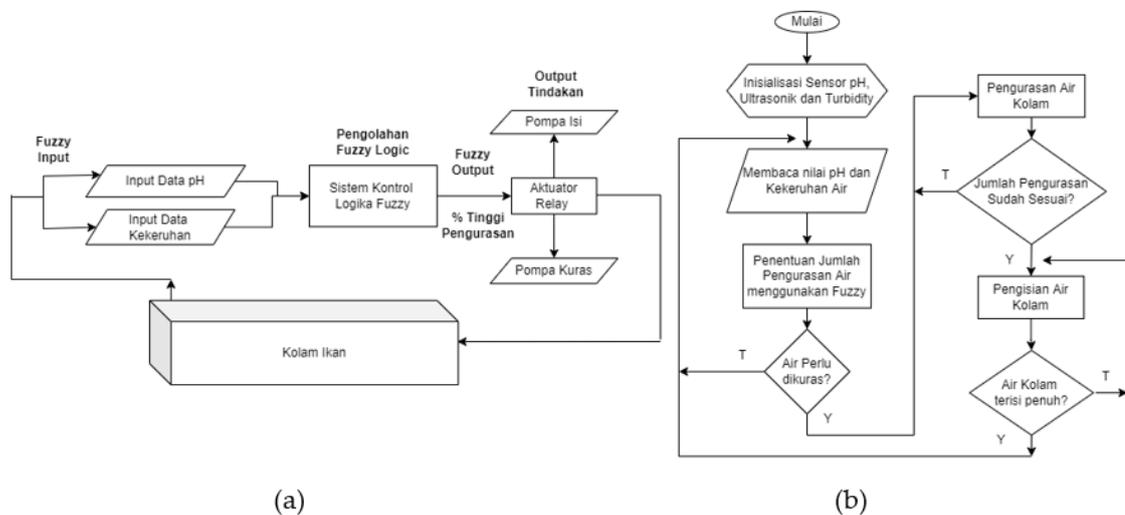
Gambar 1 Perancangan sistem : (a) Desain Sistem *e-fishery*; (b) Skema Petelakkan Sensor dan Komponen Pendukung.



Gambar 2 Implementasi sistem *e-fishery* pada kolam ikan nila.

Pada perancangan sistem *e-fishery* ini terdiri dari alat dan bahan meliputi laptop, mikrokontroller arduino uno, modul wifi esp8266, sensor pH, sensor *Turbidity*, sensor ultrasonic, relay, kolam ikan dan pompa air untuk melakukan proses pengurasan dan pengisian air kolam. Adapun desain system *e-fishery* dapat dilihat pada gambar 1 (a) dan skema penempatan masing-masing sensor dapat dilihat pada gambar 1 (b).

Setelah dilakukan perancangan sistem tersebut, selanjutnya dilakukan implementasi **lensing** pada kolam ikan nila seperti pada gambar 2. Berdasarkan blok diagram kendali pada gambar 3 (a) menjelaskan bahwa sistem kendali yang dibuat ini termasuk kedalam sistem kendali open loop *Fuzzy* dikarenakan pada blok tersebut berlangsung dalam sekali proses tanpa adanya feedback dari hasil kontrol logika *Fuzzy*. *Fuzzy* logic akan melakukan pengendalian kualitas air kolam berdasarkan dari data inputan sensor ph dan kekeruhan dari air kolam. Sistem kendali *Fuzzy* logic ini akan menghasilkan suatu keputusan apakah dilakukan pengurasan air atau tidak dan juga dengan volume air yang sesuai dengan parameter yang sudah ditentukan sebelumnya dari input data sensor keanggotaan yang dimasukkan yaitu pH dan *Turbidity*. Sedangkan alur dari sistem kendali yang dikembangkan menggunakan *Fuzzy* mamdani dapat dilihat pada gambar 3 (b)



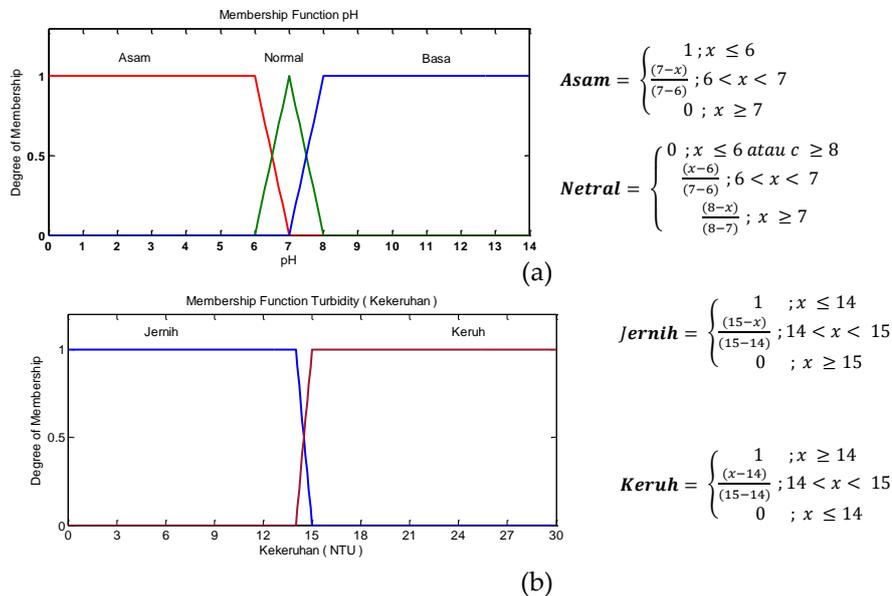
Gambar 3 Perncangan algoritma *Fuzzy* pada sistem kendali : (a) Blok diagram kendali; (b) Flowchart kendali *e-fishery*

Berdasarkan dari sistem kendali tersebut algoritma *Fuzzy* kemudian dirancang dengan tiga bagian utama, yaitu (1) *fuzzification*, (2) inference system dan (3) *defuzzification*.

1. *Fuzzyfikasi*

Fuzzifikasi digunakan untuk memetakan nilai *crisp* ke dalam himpunan *Fuzzy* melalui fungsi keanggotaan *Fuzzy* parameter masukan pH air (P) dibagi menjadi 3 (tiga) nilai linguistik, yaitu Asam, Netral, dan Basa dengan fungsi keanggotaan masing-masing ditunjukkan pada Gambar 4 (a). Nilai pH ideal untuk pertumbuhan ikan nila dalam kolam fiber adalah 6–8 sehingga pada nilai tersebut dikategorikan sebagai Netral [8], sedangkan 0–7 menjadi daerah

asam, dan 8–14 menjadi daerah basa. Sedangkan parameter masukan kekeruhan air (T) dibagi menjadi 2 (dua) nilai linguistik, yaitu Keruh dan Tidak Keruh dengan fungsi keanggotaan masing-masing ditunjukkan pada Gambar 4 (b). Nilai kekeruhan ideal dalam satuan NTU untuk pertumbuhan ikan nila dalam kolam fiber adalah 0-15 NTU sehingga pada nilai tersebut dikategorikan sebagai Jernih [9], sedangkan 14-30 NTU menjadi daerah Keruh.



Gambar 4 Fungsi keanggotaan input *Fuzzyfikasi* : (a) Fungsi keanggotaan pH; (b) Fungsi keanggotaan kekeruhan.

2. Inference (Rule-Base)

Aturan *Fuzzy* digunakan untuk memetakan beberapa kemungkinan keluaran yang dihasilkan dari kombinasi parameter yang dimasukkan. Aturan *Fuzzy* yang digunakan pada perancangan FIS ini adalah sebanyak enam buah aturan seperti dinyatakan dalam Algoritma 1.

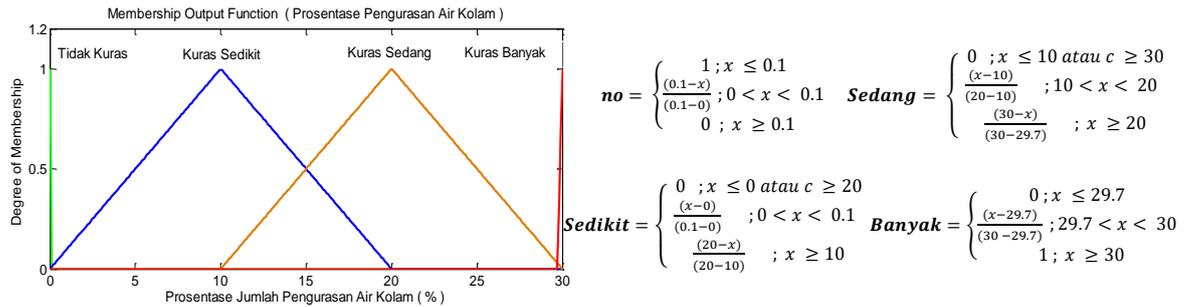
Algoritma 1. Aturan FIS jumlah pengurasan air kolam

1. **If (Asam and Keruh) Then** Banyaknya air yang dikuras banyak.
 2. **If (Asam and Tidak Keruh) Then** Banyaknya air yang dikuras sedang
 3. **If (Normal and Keruh) Then** Banyaknya air yang dikuras sedikit.
 4. **If (Normal and Tidak Keruh) Then** Tidak terjadi pengurasan air.
 5. **If (Basa and Keruh) Then** Banyaknya air yang dikuras banyak.
 6. **If (Basa and Tidak Keruh) Then** Banyaknya air yang dikuras sedang
-

Berdasarkan dari hasil pengolahan rulebase tersebut, apabila jumlah pengurasan banyak, maka air akan dikuras setinggi lebih kurang 21 cm dari ketinggian air kolam, hal ini maka bisa dikatakan tidak akan mempengaruhi kondisi ikan nila, karena range ketinggian air pada kolam ikan nila yang standar tersebut berada pada ketinggian 50 cm – 70 cm. Setelah melalui pengondisian melalui rulebase tersebut, maka selanjutnya proses akan dilanjutkan pada bagian de*Fuzzyfikasi* untuk melihat hasil output dari algoritma *Fuzzy* tersebut.

3. De-Fuzzyfikasi

Pada bagian ini, hasil pengolahan dari algoritma *Fuzzy* akan dibaca oleh microcontroller yang nantinya digunakan sebagai acuan proses pengurasan maupun pengisian air kolam ikan sesuai dengan kondisi yang terjadi. Adapun fungsi keanggotaan output dapat dilihat pada gambar 5. Berdasarkan dari hasil de*Fuzzyfikasi* nantinya akan diperoleh nilai output berupa besarnya volume pengurasan air kolam.



Gambar 5 Fungsi keanggotaan output pengurasan.

3. Hasil dan Analisis

Penelitian ini melakukan pengujian untuk mengetahui kemampuan sistem *e-fishery* yang dibuat dapat mengendalikan kualitas air berdasarkan nilai pH dan tingkat kekeruhannya pada kolam ikan nila. Pembahasan dibagi menjadi 3 bagian, yaitu pengujian kalibrasi pada masing-masing sensor pada kolam ikan nila secara langsung, pengujian sistem *e-fishery* terhadap perubahan kondisi pH dan kekeruhan, dan pengujian kesesuaian tinggi pengurasan air pada *e-fishery* dengan hasil simulasi Fuzzy menggunakan matlab.

3.1. Kalibrasi Sensor pH untuk Validasi pada Kolam Ikan Nila.

Untuk mengetahui keseragaman nilai data pH pada tiga titik pengujian kolam ikan nila, dapat dilihat pada masing-masing data pengujian di ketiga titik tersebut. Pada tabel 1 data hasil pengujian sensor pH di titik uji 1, tabel 2 menunjukkan data hasil pengujian sensor pH di titik uji 2, dan tabel 3 menunjukkan data hasil pengujian sensor pH di titik uji 3.

Tabel 1. Hasil pengujian pH sensor pada kolam ikan di point pengujian 1.

Waktu	Nilai Sensor pH	Nilai pH Kertas Lakmus	% Error (%)	
14:09:34	7.70	8	3.7	
14:09:35	7.79		2.6	
14:09:36	7.82		2.2	
14:09:37	7.88		1.5	
14:09:38	7.91		1.1	
14:09:39	7.99		0.1	
14:09:40	7.99		0.1	
14:09:41	8.02		0.2	
14:09:42	8.02		0.2	
14:09:43	8.02		0.2	
Rata-Rata Error			1.1 %	

Berdasarkan tabel 1 diatas, sensor pH yang digunakan mampu membaca nilai pH stabil pada detik kelima. Pada setiap pengujian terlihat bahwa hasil pembacaan nilai pH dari sensor dapat dikatakan bagus, karena selisih nilai sensor dengan pembacaan data pembanding yakni kertas lakmus hanya berkisar 0.02 - 0.3 derajat keasaman dan memiliki rata-rata error sebesar 1.1 %. Adapun grafik perbandingan data sensor dengan alat uji pada pengujian 1 dapat dilihat pada gambar 6 (a)

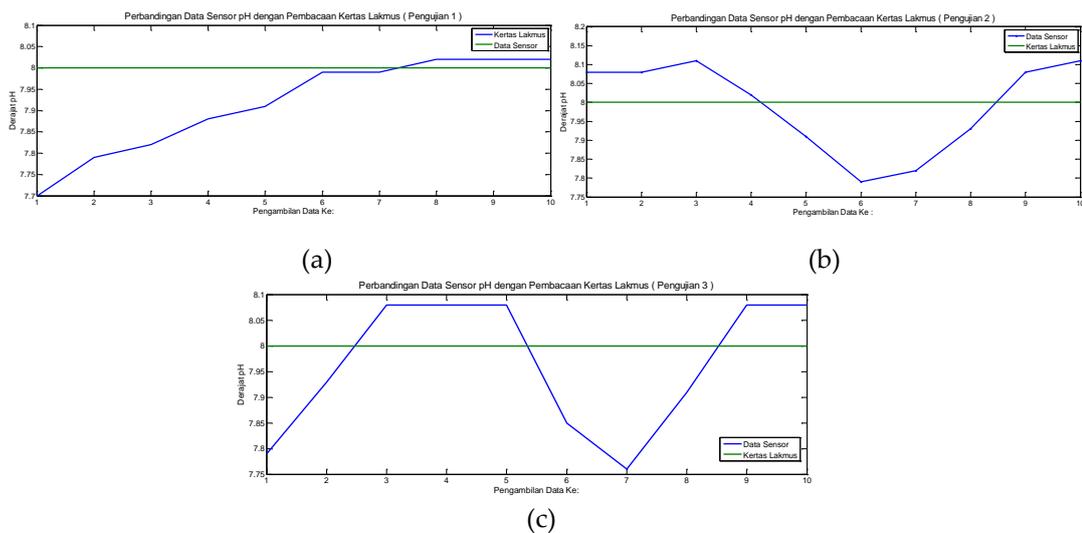
Tabel 2. Hasil pengujian pH sensor pada kolam ikan di point pengujian 2.

Waktu	Nilai Sensor pH	Nilai pH Kertas Lakmus	% Error (%)
14:12:29	8.08	8	1
14:12:30	8.08		1
14:12:31	8.11		1.3
14:12:32	8.02		0.2
14:12:33	7.91		1.1
14:12:34	7.79		2.6
14:12:35	7.82		2.2
14:12:36	7.93		0.8
14:12:37	8.08		1
14:12:38	8.11		1.3
Rata-Rata Error			1.25 %

Berdasarkan tabel 2 diatas data diambil setiap 1 detik sekali dalam rentang waktu 5 menit. Hal ini terlihat bahwa hasil pembacaan nilai pH dari sensor pada set point kedua dapat dikatakan bagus, karena selisih nilai sensor dengan pembacaan data pembanding yakni kertas lakmus hanya berkisar 0.02 - 0.21 derajat keasaman dan memiliki rata-rata error sebesar 1.25 %. Adapun grafik perbandingan data sensor dengan alat uji pada pengujian 1 dapat dilihat pada gambar 6 (b)

Tabel 3. Hasil pengujian pH sensor pada kolam ikan di point pengujian 3.

Waktu	Nilai Sensor pH	Nilai pH Kertas Lakmus	% Error (%)
14:17:33	7.79	8	2.6
14:17:34	7.93		0.8
14:17:35	8.08		1
14:17:36	8.08		1
14:17:37	8.08		1
14:17:38	7.85		1.8
14:17:39	7.76		3
14:17:40	7.91		1.1
14:17:41	8.08		1
14:17:42	8.08		1
Rata-Rata Error			1.43 %



Gambar 6 Grafik pengujian Sensor pH pada masing-masing set point pengujian : (a) Set point uji 1; (b) Set point uji 2; (c) Set point uji 3

Berdasarkan tabel 3 diatas data diambil setiap 1 detik sekali dalam rentang waktu 5 menit. Hal ini terlihat bahwa hasil pembacaan nilai pH dari sensor pada set point kedua dapat dikatakan bagus pula, karena selisih nilai sensor dengan pembacaan data pembanding yakni kertas lakmus hanya

berkisar 0.08 - 0.24 derajat keasaman dan memiliki rata-rata error sebesar 1.43 %. Adapun grafik perbandingan data sensor dengan alat uji pada pengujian 1 dapat dilihat pada gambar 6 (c).

Berdasarkan dari pengambilan dan pembacaan data sensor pada masing-masing titik tersebut, maka akan dicari standar deviasi pada sensor pH. Besarnya standar deviasi pada pengujian sensor pH di ketiga titik pengujian tersebut adalah sebesar $\sigma = 0.076$. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran pH dapat hanya dilakukan pada satu titik karena deviasi nilai parameter kualitas air yang kecil.

3.2 Kalibrasi Sensor Turbidity untuk Validasi pada Kolam Ikan Nila.

Untuk mengetahui keseragaman nilai data kekeruhan pada tiga titik pengujian kolam ikan nila, dapat dilihat pada masing-masing data pengujian di ketiga titik tersebut. Pada tabel 4 data hasil pengujian sensor *Turbidity* di titik uji 1, tabel 5 menunjukkan data hasil pengujian sensor *Turbidity* di titik uji 2, dan tabel 6 menunjukkan data hasil pengujian sensor *Turbidity* di titik uji 3.

Tabel 4. Hasil pengujian sensor *Turbidity* pada kolam ikan di point pengujian 1.

Waktu	Tegangan (Volt)	Nilai Sensor (NTU)	<i>Turbidity</i> Meter (NTU)	% Error
15:30:10	3.60	17.98	18.1	0.6%
15:30:12	3.60	17.98		0.6 %
15:30:14	3.50	20.19		11.5 %
15:30:16	3.60	17.98		0.6 %
15:30:18	3.60	17.98		0.6 %
15:30:20	3.60	17.98		0.6 %
15:30:22	3.60	17.98		0.6 %
15:30:24	3.60	17.98		0.6 %
15:30:26	3.60	17.98		0.6 %
15:30:28	3.60	17.98		0.6 %
Rata-Rata Error				1.69 %

Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa hasil pembacaan dari sensor berupa nilai tegangan yang kemudian dikonversi menjadi NTU cenderung stabil dengan nilai rata – rata error jika dibandingkan antara nilai sensor dengan *Turbidity* meter adalah 1.69 %. Adapun grafik perbandingan nilai tersebut dapat dilihat pada gambar 7(a).

Tabel 5. Hasil pengujian sensor *Turbidity* pada kolam ikan di point pengujian 2.

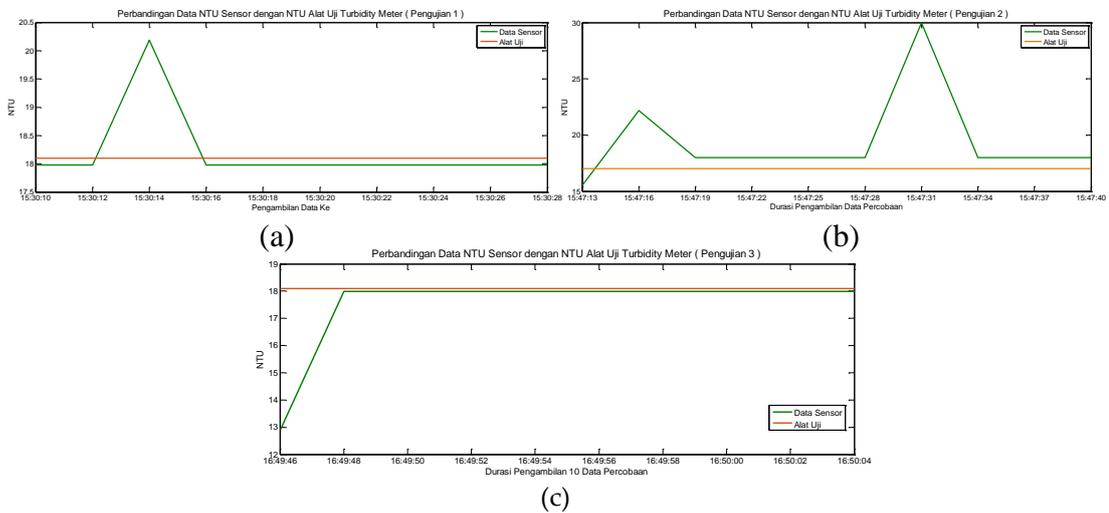
Waktu	Tegangan (Volt)	Nilai Sensor (NTU)	<i>Turbidity</i> Meter (NTU)	% Error
15:47:13	3.70	15.54	17	8.5 %
15:47:16	3.40	22.18		30 %
15:47:19	3.60	17.98		5.7 %
15:47:22	3.60	17.98		5.7 %
15:47:25	3.60	17.98		5.7 %
15:47:28	3.60	17.98		5.7 %
15:47:31	2.20	30.00		76 %
15:47:34	3.60	17.98		5.7 %
15:47:37	3.60	17.98		5.7 %
15:47:40	3.60	17.98		5.7 %
Rata-Rata Error				15.44 %

Pada tabel 5 dapat dilihat bahwa hasil pembacaan dari sensor kurang stabil dengan nilai rata – rata error jika dibandingkan antara nilai sensor dengan *Turbidity* meter adalah 15.44 %. Hal ini disebabkan karena sistem pembacaan sensor menggunakan metoda pancaran cahaya secara lurus dimana sudut antara pemancar dengan penerima adalah 0° , sehingga tingkat sensitivitasnya secara tidak langsung berkurang adapun jumlah partikel yang dilewati cahaya ukurannya sangat kecil. Dalam standar ISO 7027, salah satu faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran kekeruhan adalah sudut hamburan cahaya dari pemancar ke penerima dengan tingkat sensitivitasnya terletak pada sudut 90° diharapkan lebih baik. Adapun grafik perbandingan nilai tersebut dapat dilihat pada gambar 7(b).

Tabel 6. Hasil pengujian sensor *Turbidity* pada kolam ikan di point pengujian 3.

Waktu	Tegangan (Volt)	Nilai Sensor (NTU)	<i>Turbidity</i> Meter (NTU)	% Error
16:49:46	3.80	12.88	18.1	28.8 %
16:49:48	3.60	17.98		0.6 %
16:49:50	3.60	17.98		0.6 %
16:49:52	3.60	17.98		0.6 %
16:49:53	3.60	17.98		0.6 %
16:49:54	3.60	17.98		0.6 %
16:49:56	3.60	17.98		0.6 %
16:49:58	3.60	17.98		0.6 %
16:50:00	3.60	17.98		0.6 %
16:49:52	3.60	17.98		0.6 %
Rata-Rata Error				3.24 %

Pada tabel 6 dapat dilihat bahwa hasil pembacaan dari sensor berupa nilai tegangan yang kemudian dikonversi menjadi NTU cenderung stabil dengan nilai rata – rata error jika dibandingkan antara nilai sensor dengan *Turbidity* meter adalah 3.24 %. Adapun grafik perbandingan nilai tersebut dapat dilihat pada gambar 7(c).



Gambar 7 Grafik pengujian sensor *Turbidity* pada masing-masing set point pengujian : (a) Set point uji 1; (b) Set point uji 2; (c) Set point uji 3.

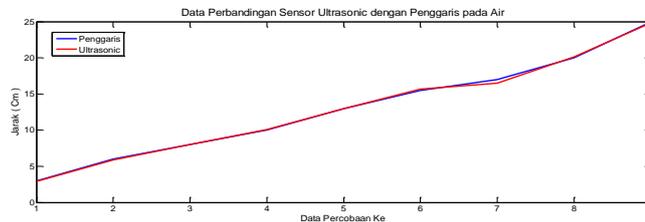
Besarnya standar deviasi pada pengujian sensor *Turbidity* di ketiga titik pengujian tersebut adalah sebesar $\sigma = 6.9$. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran *Turbidity* deviasinya besar. jadi baiknya ada beberapa sensor *Turbidity*.

3.3. Kalibrasi Sensor *Turbidity* untuk Validasi pada Kolam Ikan Nila.

Tabel 7. Perbandingan Nilai Jarak Pada Benda Antara Sensor dan Penggaris didalam kolam berisi air.

Penggaris (cm)	Ultrasonik (cm)	Nilai Selisih (cm)	% Error
3	2.95	0.05	1.6
6	5.90	0.10	1.6
8	8.03	0.03	0.37
10	10.10	0.10	1
13	12.95	0.05	1.6
15.5	15.65	0.10	0.3
17	16.50	0.50	2.9
20	20.15	0.15	0.75
25	24.85	0.15	0.60
3	2.95	0.05	1.6
Rata-Rata Error			1.19 %

Berdasarkan tabel 7, data diperoleh setiap 2 detik sekali selama 2 menit pengambilan data. Hal ini terlihat bahwa hasil pembacaan nilai jarak dari sensor dapat dikatakan baik karena selisih pembacaan sensor ultrasonik dengan pembacaan penggaris hanya berkisar 0.03 cm - 0.5 cm. Adapun nilai error yang didapatkan berkisar 0.3-1.6% dengan nilai rata-rata error adalah 1.19 %. Adapun grafik perbandingan nilai jarak antara sensor dan penggaris pada air kolam dapat dilihat pada gambar 8.



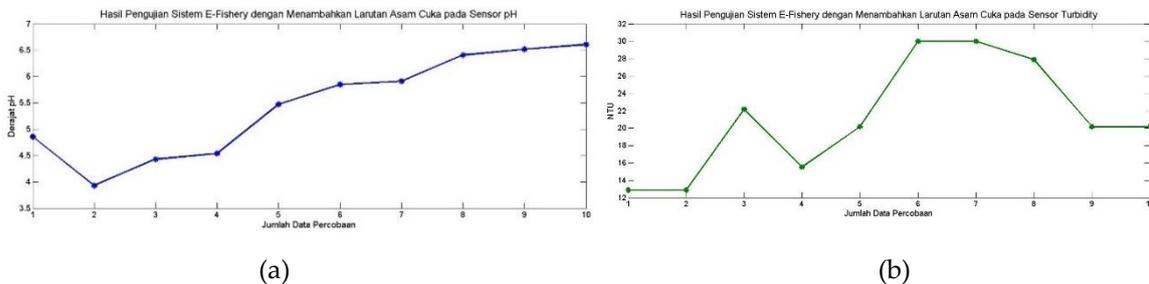
Gambar 8 Grafik pengujian ultrasonic pada benda kolam nila.

3.4. Hasil Pengujian Sistem E-fishery Terhadap Perubahan Kondisi pH dan Kekeruhan pada Kolam Ikan

Pada pengujian kali ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem *e-fishery* yang telah dibuat ini mampu merespon terhadap kondisi lingkungan air kolam. Adapun parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat responsivitas sistem *e-fishery* yakni dengan cara menambahkan larutan cuka dengan pH yang terbaca pada kertas lakmus sebesar 4 satuan pH dan menambahkan tingkat kekeruhan air kolam dengan cara menambahkan endapan air kolam yang kotor ditambah dengan larutan bubuk kopi sehingga diharapkan sistem dapat menstabilkan kondisi pH dan Kekeruhan pada air kolam tersebut.

Tabel 8. Hasil pengujian sistem *e-fishery* dengan menambahkan larutan asam cuka pH = 4.

pH	Turbidity (NTU)	Output Matlab (%)	Output Arduino (%)	Fuzzy Mamdani	%Error
4.86	12.88	20	20.00	Kuras Sedang	0
3.93	12.88	20	20.00	Kuras Sedang	0
4.43	12.88	20	20.00	Kuras Sedang	0
4.54	15.54	30	29.90	Kuras Sedang	0.3
5.47	20.19	30	29.90	Kuras Sedang	0.3
5.85	30.00	30	29.90	Kuras Sedang	0.3
5.91	30.00	30	29.90	Kuras Sedang	0.3
6.41	27.89	10.5	10.38	Kuras Sedang	1.14
6.52	20.19	10.4	10.28	Kuras Sedang	1.15
6.61	20.19	10.3	10.22	Kuras Sedang	0.77
Rata-Rata Error					0.45 %



Gambar 9 Pengujian Sistem *E-fishery* dengan Menambahkan Larutan Asam Cuka : (a) Sensor pH; (b) Sensor Turbidity

Berdasarkan data hasil hasil pengujian responsivitas *e-fishery* dengan menambahkan larutan asam cuka pada tabel 8 tersebut dapat dilihat bahwa sistem *e-fishery* mampu menstabilkan nilai pH pada range 6-8 derajat pH. Hal ini dapat dilihat pada perubahan nilai pH dari 4.86 (setelah diberikan cuka) terus naik sampai nilai 6.61 dan diam pada range tersebut. Untuk mencapai titik stabil pada

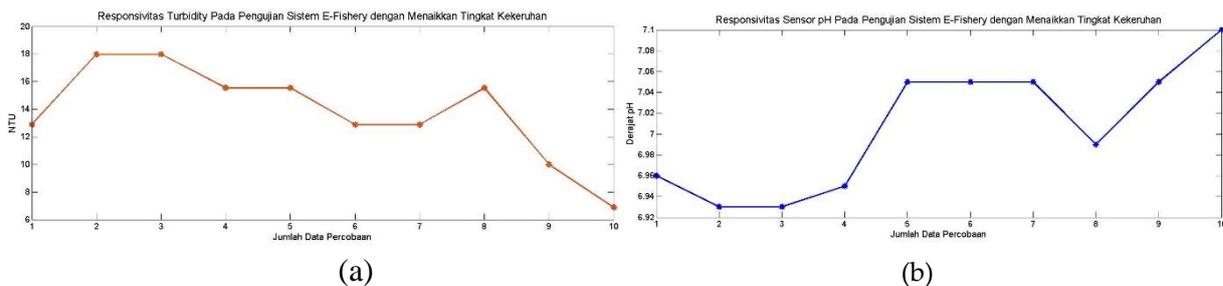
range tersebut, sistem mengalami proses pengurasan dan pengisian selama tujuh kali proses. Perubahan nilai pH maupun *Turbidity* tersebut juga dipengaruhi adanya pergerakan ikan dan riak air pada kolam uji. Adapun grafik perubahan pH dan *Turbidity* dapat dilihat pada gambar 9.

Berdasarkan dari pengambilan dan pembacaan data sensor tersebut diperoleh nilai standar deviasi nya sebesar : $\sigma = 0.73$. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma *Fuzzy* pada Arduino berfungsi dengan baik untuk mengendalikan kondisi pH dan *Turbidity* agar berada pada range yang diinginkan.

Tabel 9. Hasil pengujian sistem *e-fishery* dengan menaikkan tingkat kekeruhan.

pH	<i>Turbidity</i> (NTU)	Output Matlab (%)	Output Arduino (%)	<i>Fuzzy Mamdani</i>	%Error (%)
6.96	12.88	14.6	18.83	Kuras Sedang	28
6.93	17.98	10	10.04	Kuras Sedikit	0.4
6.93	17.98	10	10.04	Kuras Sedikit	0.4
6.95	15.54	10	10.02	Kuras Sedang	0.2
7.05	15.54	10	10.03	Kuras Sedikit	0.3
7.05	12.88	15.5	18.95	Kuras Sedang	22
7.05	12.88	15.5	18.95	Kuras Sedang	22
6.99	15.54	10	10.01	Kuras Sedikit	0.1
7.05	10.00	15.5	18.95	Kuras Sedang	22
7.10	6.89	17.5	19.51	Kuras Sedang	11
Rata-Rata Error					10.16 %

Pada tabel 9 tersebut dapat dilihat bahwa sistem *e-fishery* akan menstabilkan nilai *Turbidity* pada range 0-15 NTU. Dapat dilihat nilai NTU dari kondisi awal 12.88 kemudian terjadi pengurasan sehingga ikan didalam kolam mulai aktif dan kotoran yang berada di bawah akan naik sehingga NTU yang terbaca setelah pengurasan awal meningkat sebesar 17.98 NTU, nilai NTU terus naik sampai turun mencapai nilai 6.89. Untuk mencapai titik stabil pada range tersebut, sistem mengalami proses pengurasan dan pengisian selama enam kali (6x) proses. Perubahan nilai pH maupun *Turbidity* tersebut juga dipengaruhi adanya pergerakan ikan dan riak air pada kolam uji dan cuaca pada saat pengujian berlangsung. Adapun grafik perubahan pH dan *Turbidity* dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Pengujian Sistem *E-fishery* dengan Menambahkan Larutan Asam Cuka : (a) Sensor *Turbidity*; (b) Sensor pH

Berdasarkan dari pengambilan dan pembacaan data sensor tersebut, maka akan dicari standar deviasi dari pembacaan data. Sehingga diperoleh nilai standar deviasi nya sebesar $\sigma = 19.4$. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma *Fuzzy* pada Arduino berfungsi dengan baik untuk mengendalikan kondisi pH dan *Turbidity* agar berada pada range yang diinginkan meskipun terdapat %error yang relative tinggi pada *Turbidity*.

3.5 Hasil Pengujian Kesesuaian Tinggi Air Pengurasan *E-fishery* dengan Hasil Simulasi *Fuzzy* Pada Matlab.

Pada pengujian kali ini yaitu melakukan perbandingan antara hasil pengolahan *Fuzzy* pada system *e-fishery* dengan inputan membership dari dua buah sensor yakni pH dan *Turbidity* terhadap hasil perhitungan berdasarkan simulasi menggunakan matlab. Setelah diperoleh hasil perbandingannya maka dapat ditentukan prosentasi error untuk nilai output pada setiap pengujian.

Pengujian kali ini dilakukan pada tiga titik uji yang berbeda pada kolam ikan seperti pada gambar 3.1(b). Adapun data hasil pengujian nya adalah sebagai berikut :

Pengujian Set Point 1

Tabel 10. Data Hasil pengujian tinggi air pengurasan *e-fishery* dengan hasil simulasi *Fuzzy* pada matlab (titik pengujian 1).

pH	Turbidity (NTU)	Output Matlab (%)	Output Arduino (%)	Fuzzy Mamdani	%Error (%)
7.25	22.18	10.2	10.08	Kuras Sedang	1.1 %
7.60	23.95	10.5	10.27	Kuras Sedang	2.1 %
7.22	20.19	10.1	10.06	Kuras Sedang	0.3 %
5.88	17.98	30	29.90	Kuras Banyak	0.3 %
6.99	17.98	10	10.06	Kuras Sedang	0.6 %
Rata-Rata Error					0.88%

Berdasarkan pada tabel 10 tersebut, dapat diketahui bahwa pada kondisi awal, nilai pH dan kekeruhan masih berada diluar nilai membership nya, akan tetapi setelah terjadi proses kuras dan isi air kolam sesuai dengan jumlah prosentase pengurasannya maka nilai pH dan Kekeruhan nya akan berada pada range membership yang diinginkan untuk pH pada range 6-8 dan kekeruhan pada range 0-15 NTU. Selain itu, prosentase jumlah pengurasan antara arduino dengan simulasi matlab dengan kondisi input yang sama memiliki %error yang kecil dengan rata-rata error sebesar 0.88%. Adapun grafik perbandingan output arduino dengan matlab pada pengujian 1 dapat dilihat pada gambar 3.11 (a).

Pengujian Set Point 2

Tabel 11. Data Hasil pengujian tinggi air pengurasan *e-fishery* dengan hasil simulasi *Fuzzy* pada matlab (titik pengujian 2).

pH	Turbidity (NTU)	Output Matlab (%)	Output Arduino (%)	Fuzzy Mamdani	%Error (%)
7.96	3.56	20	19.99	Kuras Sedang	0.05
6.46	12.88	19.7	19.91	Kuras Sedang	1.06
Rata-Rata Error					0.55 %

Pada pengujian di titik uji 2, memiliki karakteristik yang sama yakni nilai pH dan kekeruhan akan dibuat berada pada range yang diinginkan seperti pada pengujian 1 sebelumnya. Hal ini yang menjadi konsentrasi penelitian pada perbandingan nilai output antara arduino dengan matlab yang menunjukkan kesesuaian dengan rata-rata error sebesar 0.55%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kendali *Fuzzy* yang telah diterapkan pada arduino sudah sesuai dengan apa yang diinginkan terbukti dari hasil simulasi matlab tersebut dengan kondisi nilai input yang sama dari pH dan kekeruhan tersebut. Adapun grafik perbandingan antara matlab dengan arduino dapat dilihat pada gambar 3.11 (b).

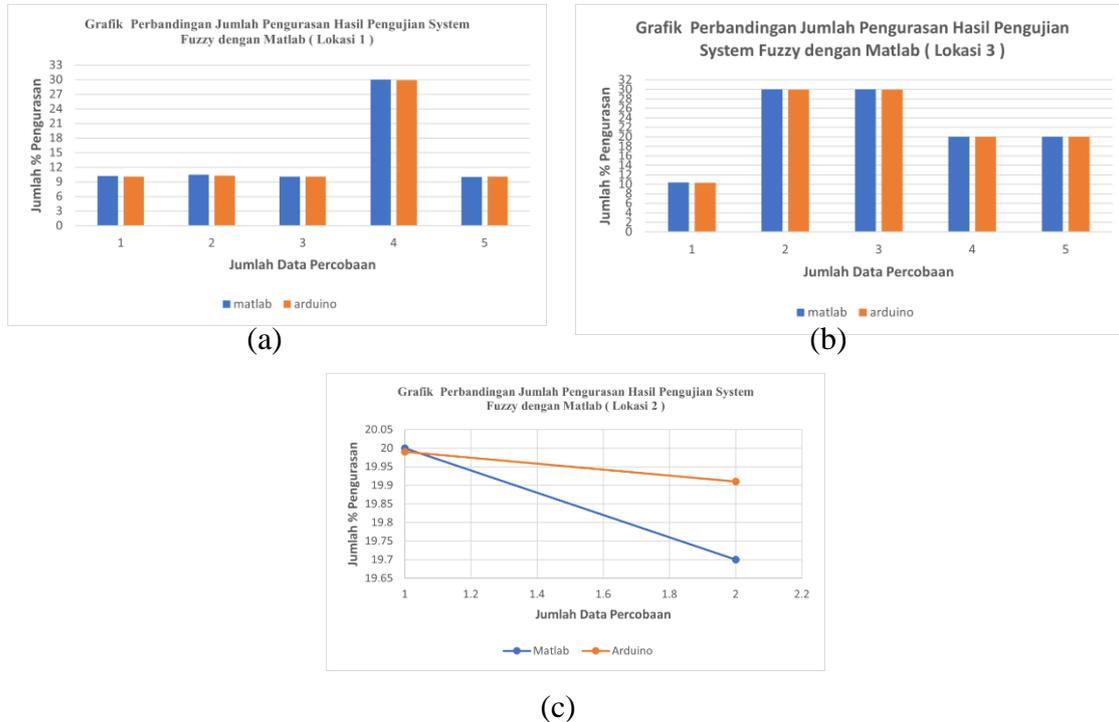
Pengujian Set Point 3

Tabel 11. Data Hasil pengujian tinggi air pengurasan *e-fishery* dengan hasil simulasi *Fuzzy* pada matlab (titik pengujian 3).

pH	Turbidity (NTU)	Output Matlab (%)	Output Arduino (%)	Fuzzy Mamdani	%Error (%)
7.53	25.49	10.4	10.32	Kuras Sedang	0.76
8.22	15.54	30	29.90	Kuras Banyak	0.3
8.22	23.95	30	29.90	Kuras Banyak	0.3
8.22	10.00	20	20	Kuras Sedang	0
8.08	6.89	20	20	Kuras Sedang	0
Rata-Rata Error					0.28%

Pada pengujian di titik uji 3, memiliki karakteristik yang sama pula yakni sistem *e-fishery* mampu mengendalikan nilai pH dan kekeruhan berada pada range yang diinginkan. Selain itu,

prosentase jumlah pengurusan juga sesuai antara arduino dengan matlab untuk dilakukan perbandingan terhadap data rill dan simulasi yang memiliki nilai rata-rata error sebesar 0.28% . Hal ini menunjukkan bahwa rulebase yang telah dimasukkan kedalam sistem *e-fishery* sudah bekerja dengan baik dan mampu melakukan kinerja sistem yang diinginkan. Adapun grafik perbandingan antara matlab dengan arduino dapat dilihat pada gambar 3.11 (c).



Gambar 3.11 Grafik perbandingan hasil pengujian system *Fuzzy* dengan matlab : (a) Titik uji 1; (b) Titik uji 2; (c) Titik Uji 3.

Berdasarkan dari pengambilan dan pembacaan data sensor pada masing-masing titik pengujian sistem *e-fishery* tersebut, maka akan dicari standar deviasi perbandingan jumlah pengurusan air kolam antara sistem Arduino dengan simulasi matlab. Adapun standar deviasi nya dari ketiga titik pengujian tersebut adalah sebesar 0.24. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma *Fuzzy* pada Arduino sudah tervalidasi dan berfungsi dengan baik.

5. Kesimpulan

Tingkat kualitas air kolam ikan nila dapat diperoleh dari parameter pH dan kekeruhan dan dapat dilakukan pengendalian dengan menggunakan algoritma *Fuzzy* mamdani. Berdasarkan dari hasil pengujian pada sistem *e-fishery* menunjukkan sensor yang digunakan memiliki error pembacaan relatif kecil yaitu 1.26 % ($\sigma = 0.076$) pada sensor pH dan 6.79% ($\sigma = 6.9$) pada sensor *Turbidity*. Sistem *e-fishery* urban fish farming yang dikembangkan mampu menguras air sesuai dengan prediksi pada simulasi matlab dengan error 0.57 % ($\sigma = 0.24$). Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai pH dan kekeruhan air kolam dapat dikendalikan sehingga kualitas air tetap berada pada range membership function netral yaitu pH diantara 6 sampai 8 dan *Turbidity* berada pada nilai 0 sampai 15 NTU.

Referensi

1. "Program Urban Farming Perikanan Sebagai Upaya Ketahanan Pangan Masyarakat diEra Covid-19?" <https://fpk.unair.ac.id/webinar-4-fpk-unair-program-urban-farming-perikanan-sebagai-upaya-ketahanan-pangan-masyarakat-di-era-covid-19/> [Diakses pada 10 Juni 2021].
2. Yasuhiko Dote. Introduction To *Fuzzy* Logic. *Proceedings of IECON '95 - 21st Annual Conference on IEEE Industrial Electronics*. 1995.

3. Hari Maghfiroh.dkk. Prototipe Automatic Feeder dengan Monitoring IoT untuk Perikanan Bioflok Lele. ELECTRICIAN – *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. 2021.
4. Athena Karumbaya, dkk. IoT Empowered Real Time Environment Monitoring System. *International Journal of Computer Applications*. November 2015. 129(5); pp:30-32.
5. Herryawan Pujiharsono, Danny Kurnianto. Sistem inferensi Fuzzy Mamdani Untuk Menentukan Tingkat Kualitas Air Pada Kolam Bioflok dalam Budidaya Ikan Lele. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 2020. Vol.8, no.2, pp:84-88.
6. Pulungan, Ali Basrah, dkk. "Sistem Kendali Kekерuhan Dan pH Air Kolam Budidaya Ikan Nila". *ELKHA*, 2020. Vol. 12, No.2. pp:99-104.
7. Javier Cantillo, dkk. "A Hybrid Fuzzy TOPSIS Method to Analyze the Coverage of a Hypothetical EU Ecolabel for Fishery and Aquaculture Products (FAPs)". *MDPI Applied Sciences*. 2021.
8. Meidiana Salsabila dan Hari Suprpto, "Teknik Pembesaran Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Di Instalasi Budidaya Air Tawar Pandaan, Jawa Timur ". *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 2018, Vol. 7 No.3.
9. Daulay, N K. dkk. "Desain Sistem Pengurasan Dan Pengisian Air Kolam Pembenihan Ikan Secara Otomatis Menggunakan Arduino Dengan Sensor Kekерuhan Air". *Jurnal Khatulistiwa Informatika* , 2018, Vol. VI(1).



© 2021 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

