

IMPLEMENTASI MONITORING AIR BERSIH PADA AQUARIUM IKAN KOI DENGAN NODEMCU ESP8266 MENGGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO.

Ikhsan Efendi¹, Dwi Puspitasari², Irsyad Arif Mashudi³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang

¹ ikhsanefendi67@gmail.com ² dwi.puspitasari@polinema.ac.id ³ Irsyad.Arif.polinema.ac.id

Abstrak — Ikan koi merupakan salah satu jenis ikan yang mempunyai nilai ekonomis tinggi namun budidaya harus dilakukan dengan menggunakan kualitas air yang baik. Untuk mendapatkan kualitas air yang baik, maka diperlukan pemantauan air secara berkala. Kriteria yang terdapat pada kualitas air yang baik adalah keasaman pH, kekeruhan, dan ketinggian air. Sistem monitoring air merupakan sistem yang menerapkan konsep Internet of Things (IOT). Internet of Things merupakan sebuah komunikasi antar perangkat dengan konsep yang bertujuan untuk memperluas sebuah konektivitas internet yang terhubung secara terus-menerus. Sistem monitoring air yang dibangun ini melakukan pemantauan kualitas air berdasarkan kriteria pH, kekeruhan, dan ketinggian air menggunakan Nodemcu dan Arduino uno. Selain itu sistem ini dapat melakukan pengisian dan pengurasan air secara otomatis berdasarkan keputusan yang dihasilkan oleh metode Fuzzy Tsukamoto. Metode Fuzzy Tsukamoto merupakan metode yang digunakan untuk mengubah nilai sensor pH, kekeruhan dan ketinggian air yang bersifat bukan biner maupun non linier menjadi nilai linguistik dan bertujuan sebagai pengambil keputusan untuk memberikan perintah menambahkan air atau mengganti air pada sistem monitoring air yang dibangun ini.

Kata kunci—Internet of Thing , Sistem Monitoring Air, Fuzzy Tsukamoto.)

I. PENDAHULUAN

Ikan koi merupakan salah satu jenis ikan yang mempunyai nilai ekonomis tinggi[1] namun budidaya harus dilakukan dengan air yang bersih. Sistem Monitoring Air merupakan perangkat lunak yang memantau dan mengontrol kualitas air secara otomatis menggunakan konsep Internet of Things (IOT). Kualitas air pada aquarium ikan koi dinilai dari kriteria keasaman pH [2], kekeruhan air, serta pencahayaan yang baik bagi ikan koi [3]. Pemantauan kualitas air dilakukan secara manual. Kualitas air yang buruk sangat mempengaruhi kehidupan dan mengurangi nutrisi bagi ikan koi [4]. Automasi air merupakan proses tindakan otomatis pengisian dan pengurasan air aquarium dan dikontrol menggunakan Sistem Monitoring Air. Penelitian ini bertujuan untuk mempermudah pemilik aquarium dalam pemantauan dan pengontrolan air dalam aquarium.

Sensor dikelola menggunakan board arduino dan dikirimkan melalui NodeMCU kepada Sistem Monitoring.

Sistem monitoring mengelola data dan melakukan analisa berdasarkan metode fuzzy tsukamoto dan dikirimkan kembali ke board arduino sebagai feedback dan melakukan proses automasi berdasarkan feedback yang diberikan dan memberikan sebuah notifikasi email.

Sistem Informasi mengelola seluruh data sensor dan menampilkannya secara real – time dan dalam rentan waktu 2 jam (default) dalam bentuk grafik dengan tujuan mempermudah pengguna dalam melakukan pemantauan kualitas air dan memberikan sebuah keputusan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Metode fuzzy Tsukamoto digunakan karena metode ini sangatlah cocok untuk menyelesaikan permasalahan yang bersifat kualitatif dan memberikan keputusan tegas. Selain itu peneliti juga membangun satu halaman yang digunakan untuk mengkonfigurasi kinerja sistem yang bertujuan untuk mempermudah pengguna dalam merubah waktu kerja yang harus dilakukan sistem

II. STUDI LITERATUR

Terdapat beberapa penelitian yang dijadikan rujukan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

Menurut Adlan (2019) bahwa teknologi iot dapat melakukan pemantauan kadar pH pada Akuaponik. Penelitian dilakukan dengan cara mengambil data menggunakan arduino uno sebagai pusat deteksi pada sensor, dan mengirimkan melalui modul ethernet shield kepada sistem dan menganalisa kadar pH yang menghasilkan sebuah keputusan. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem dapat melakukan monitoring air terhadap dengan pH dan memberikan keputusan untuk menambah dan mengurangi air secara manual berdasarkan kategori pH [5].

Penelitian lain yang dilakukan Muchammad Cholilulloh et al tahun 2018 yang berjudul “Implementasi Metode Fuzzy Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan” menghasilkan kesimpulan bahwa dengan menggunakan metode fuzzy sistem dapat mengambil keputusan otomatis untuk menyalakan pompa air dan mengatur kecepatan memompa air. Penelitian ini dilakukan menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai kontrol sensor pusat dan bluetooth sebagai perangkat yang langsung dihubungkan dengan perangkat android. Namun belum adanya sebuah penyimpanan sistem membuat aplikasi tidak dapat memberikan informasi dalam waktu tertentu[6].

Adapun landasan teori pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. *Internet of Things(IoT)*

Internet of Thing (IoT) merupakan sebuah komunikasi antar perangkat dengan konsep yang bertujuan untuk memperluas sebuah konektivitas internet yang terhubung secara terus – menerus. IoT dapat digunakan sebagai remote control, media pertukaran data perangkat yang berbeda tetapi berada satu jaringan baik lokal maupun internet[7].

B. *NodeMCU ESP8266*

Nodemcu merupakan sebuah open source platform IoT dan pengembangan kit yang menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu pembuat dalam membuat produk IoT atau bisa dengan memakai sketch dengan arduino IDE. Nodemcu juga memiliki board yang berukuran sangat kecil yaitu panjang 4.83cm, lebar 2.54 cm, dan dengan berat 7 gram, selain itu NodeMCU juga memiliki harga yang relatif terjangkau, tapi walaupun ukurannya yang kecil dan harganya yang terjangkau board ini sudah dilengkapi dengan fitur wifi dan firmwarena yang bersifat opensource [8]

C. *Arduino UNO R3*

Arduino Uno R3 merupakan sebuah papan pengembangan chip Atmega328P yang bersifat open source. Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (I/O) dimana pin 14 merupakan pin output PWM. Arduino uno memiliki 6 input analog, menggunakan crystal 16 MHz antara lain pin A0 sampai A5, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset.

D. *Sensor Probe pH*

Sensor pH SEN0161-V2 merupakan sebuah module atau sensor yang berfungsi sebagai pendeteksi kadar keasaman pH air dalam aquarium, dimana output yang diberikan analog sensor tersebut adalah nilai tegangan. Prinsip kerja pada sensor ini terletak pada probe Ph yang terdapat sebuah larutan dan dilapisi oleh wadah kecil yang terbuat dari kaca. Reaksi kimia antara larutan dan air yang ada di aquarium menyebabkan ujung probe pH dapat memberikan nilai tegangan sesuai dengan reaksi kimia tersebut. Kemudian nilai tegangan tersebut nilai tegangan tersebut dikalibrasikan sehingga output nilai pH bisa didapatkan. [9]

E. *Sensor Turbidity*

Sensor turbidity merupakan sebuah *module* atau perangkat elektronik yang dapat dihubungkan dengan suatu mikrokontroller arduino uno r3 dan digunakan untuk mendeteksi kekeruhan air. Prinsip kerja sensor turbidity yaitu membaca sifat optic air akibat sinar dan melakukan perbandingan untuk dipantulkan cahaya yang datang. Sensor turbidity mendapatkan nilai tegangan dengan satuan volt. Kekeruhan air merupakan kondisi air yang tidak jernih yang diakibatkan oleh suatu partikel individu(suspended solids) yang tidak dapat dilihat oleh mata telanjang seperti polusi.

Semakin sedikit tegangan yang didapatkan, maka semakin banyak partikel dalam air(keruh) [10].

F. *Sensor Ultrasonic HCSR-04*

Sensor ultrasonic HCSR-04 merupakan sebuah *module* atau perangkat elektronik yang dapat dihubungkan dengan suatu mikrokontroller arduino uno r3 dan digunakan untuk mengukur jarak ketinggian air terhadap permukaan air dalam aquarium. Prinsip kerja pada sensor ini yaitu memanfaatkan pemantulan sinyal pulsa ultrasonik dengan frekuensi 40KHz yang berasal dari pulsa echo kepada pulsa trigger. Sensor ini dapat menghasilkan nilai keluaran sampai dengan 400cm. Dalam penelitian ini ketinggian air didapatkan dari tinggi maksimal aquarium dikurangi dengan hasil nilai output dari sensor jarak [11].

G. *Metode Fuzzy Tsukamoto*

Metode Fuzzy merupakan metode yang digunakan untuk data sensor yang bersifat bukan biner dan non linier yang bertujuan sebagai pengambil keputusan untuk memberikan perintah menambahkan air atau mengganti air berdasarkan kadar pH, kekeruhan dan ketinggian air. Metode Fuzzy Tsukamoto memberikan sebuah nilai keluaran tegas dari perolehan perhitungan analisa. Sehingga menghasilkan sebuah kesimpulan tegas dan akurat. Metode Fuzzy Tsukamoto mempunyai kelebihan yaitu dapat memberikan keputusan berdasarkan yang bersifat kualitatif, tidak akurat dan ambigu.

1) Fuzzifikasi

Tahapan ini merupakan proses yang melakukan pengubahan nilai input dari sensor ke dalam bentuk fuzzy(variabel linguistik).

2) Inteference

Pada tahapan inteference melakukan proses penalaran pada *fuzzy input* dengan *fuzzy rules* .

III. TAHAPAN PENELITIAN

A. Analisis aturan fuzzy

Tahapan ini merupakan proses pengamatan aturan-aturan fuzzy yang akan diterapkan pada response dari perangkat lunak.

B. Analisis dan desain alat dan perangkat lunak

Pada tahapan ini peneliti melakukan analisa perancangan atau desain pada sistem yang akan dibangun. Pada tahapan ini peneliti menggunakan arduino uno sebagai pengambil nilai deteksi pH, kekeruhan, dan ketinggian air. NodeMCU ESP8266 sebagai alat pengirim kepada sistem informasi, dan sistem informasi sebagai penyimpan dan pemberi response yang dikirimkan pada NodeMCU sebagai pengontrol pompa air.

C. Implementasi alat dan perangkat lunak

Tahapan ini peneliti membangun seluruh peralatan dan perangkat lunak. Tahapan ini dilakukan penerapan deteksi pH, kekeruhan, dan ketinggian air pada aquarium sampai dengan pemberian response pada pompa air.

D. Uji coba dan analisis hasil

Tahapan ini peneliti melakukan proses pengujian menggunakan proses usecase scenario testing dan menganalisa kinerja alat dan perangkat lunak sesuai dengan tahapan perancangan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, akan membahas hasil dari penelitian yang dilakukan yaitu “Implementasi Monitoring Air Bersih Pada Aquarium Ikan Koi Dengan Nodemcu Esp8266 Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto” menghasilkan sebuah deteksi pH, kekeruhan, dan ketinggian air serta dapat memberikan response berdasarkan aturan dan perhitungan dari metode fuzzy tsukamoto.

A. Aturan Fuzzy

Berikut adalah tabel aturan fuzzy yang digunakan pada sistem.

TABEL 1 TABEL ATURAN FUZZY

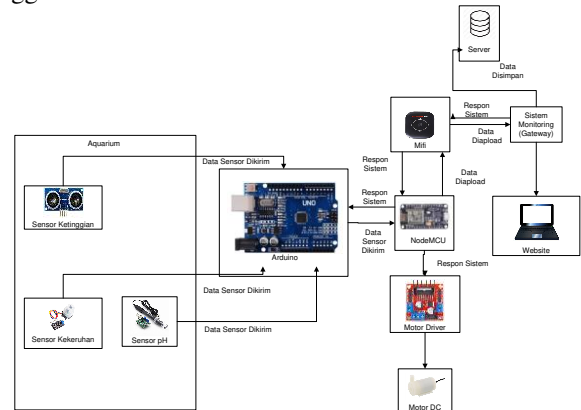
No	Kekeruhan	pH	Ketinggian	Keputusan
1	K1	P1	H1	TA
2	K1	P1	H2	TA
3	K1	P1	H3	GA
4	K1	P2	H1	N
5	K1	P2	H2	N
6	K1	P2	H3	N
7	K1	P3	H1	GA
8	K1	P3	H2	GA
9	K1	P3	H3	GA
10	K2	P1	H1	GA
11	K2	P1	H2	GA
12	K2	P1	H3	GA
13	K2	P2	H1	GA
14	K2	P2	H2	GA
15	K2	P2	H3	GA
16	K2	P3	H1	GA
17	K2	P3	H2	GA
18	K2	P3	H3	GA

Dari aturan – aturan yang digunakan pada sistem. K1 merupakan variabel (Kekeruhan jernih) dengan nilai 0-50, K2 (Kekeruhan Keruh) dengan nilai kekeruhan 51-100, P1 (pH rendah) dengan memiliki rentan nilai keasaman 7.0 – 7.30, P2 (pH normal) dengan nilai keasaman 7.31-8.20 dan P3 (pH tinggi) jika memiliki nilai keasaman 8.21 – 9.00, H1 (Ketinggian rendah) dengan nilai 15-20 cm, H2 (Ketinggian normal) dengan nilai 21-25 cm, dan H3 (Ketinggian tinggi) dengan nilai 26-30 cm. Sedangkan keputusan yang diberikan GA merupakan keputusan (Ganti Air), N (Normal), dan TA (Tambah Air). Pengambilan data diperoleh dengan menggunakan sensor – sensor ketika penelitian berlangsung dan dikirimkan pada sistem informasi menggunakan NodeMCU ESP8266. Data sensor tersebut berupa sensor pH, sensor kekeruhan, dan sensor ketinggian.

B. Analisis dan Desain Alat

Pada tahapan ini dilakukan perancangan desain yang digunakan sistem monitoring air pada aquarium baik perancangan pengiriman data sensor pada hardware maupun koneksi yang digunakan untuk menghubungkan antara perangkat keras dan perangkat lunak.

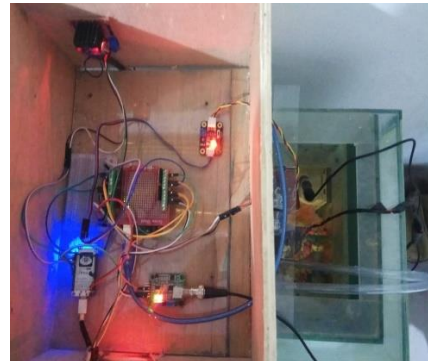
Pada perangkat lunak, sistem memiliki fitur dashboard yang digunakan untuk menampilkan data sensor yang terkalibrasi, fitur monitoring untuk menampilkan grafik kenaikan atau penurunan nilai sensor, fitur setting untuk mengkonfigurasi penggunaan pesan email, dan data history yang digunakan pencetak dokumen yang diberikan pada pengguna.



Gambar 1. Arsitektur Sistem

C. Implementasi Alat Dan Perangkat Lunak

Setelah dilakukan analisis dan perancangan terhadap sistem yang akan dibangun, selanjutnya adalah tahap implementasi.



Gambar 2. Gambar Alat

Pada gambar diatas, sensor diletakkan pada air dalam aquarium dan dihubungkan dengan arduino dan dikirimkan melalui NodeMCU. Ketika alat dikoneksikan dengan wifi router yang disiapkan, maka alat akan mengirimkan data sensor kepada sistem informasi. Data yang diterima pada sistem informasi akan ditampilkan pada halaman – halaman sistem informasi seperti fitur dibawah ini.

1) Halaman Dashboard

Halaman dashboard merupakan halaman yang menampilkan data sensor saat ini yang telah tercatat oleh sistem monitoring. Pada halaman ini terdapat beberapa informasi lain dari sensor yaitu tentang aksi yang harus dilakukan oleh arduino dan informasi terkait konfigurasi yang ada pada sistem monitoring air.



Gambar 3. Halaman Dashboard Sistem

2) Halaman History Sistem

Fitur history sistem ini digunakan untuk menampilkan data – data terkait dengan nilai sensor dan aksi yang akan dieksekusi oleh sistem.

No	Sensor pH	Sensor Kekeruhan	Sensor Ketinggian	Waktu	Aksi
1361	7.46	12.07	22	2020-06-04 12:56:36	normal
1362	7.46	12.79	22	2020-06-04 12:54:50	normal
1363	7.51	12.89	22	2020-06-04 12:50:29	normal
1364	7.28	12.72	22	2020-06-04 12:47:28	normal
1365	7.19	11.28	21	2020-06-04 12:44:04	normal
1366	7.62	10.12	22	2020-06-04 12:41:14	normal
1367	7.58	10.28	22	2020-06-04 12:39:09	normal
1368	7.46	10.42	22	2020-06-04 12:38:05	normal
1369	7.38	10.26	19	2020-06-04 12:34:11	Tambah Air
1370	7.42	9.86	16	2020-06-04 12:28:29	Tambah Air

Gambar 4. Halaman History Sistem

Pada baris nomor 1368 dan 1369 terjadi aksi normal yang terjadi. Pada data diatas terjadi proses kalibrasi yaitu proses validasi nilai sensor ph, dan nilai kekeruhan. Validasi kalibrasi merupakan suatu proses yang digunakan untuk memastikan bahwa nilai keasaman ph itu benar dan bukan karena terjadinya naik turunnya tegangan arduino. Untuk mendapatkan response dari server diberikan ketika nilai sensor telah dilakukan selama tiga kali proses validasi.

Pada baris nomor 1368 proses validasi menunjukkan data pH saat itu adalah 7,58(pH normal), kekeruhan air 10.43(Jernih), dan ketinggian 22(tinggi normal). Dari hal tersebut sistem melakukan aksi “normal”. Sesuai dengan rule nomor.

V. PENGUJIAN

A. Deteksi pH

Pengujian pH dilakukan dengan melakukan proses kalibrasi menggunakan pH Meter berstandar nasional. Proses kalibrasi digunakan untuk mendapatkan nilai persamaan yang digunakan pendeteksi pH dengan menggunakan metode regresi linier sederhana. Metode regresi linier merupakan sebuah pendekatan yang memodelkan keterikatan antara nilai ph air dan hasil deteksi pH.

Proses kalibrasi ph dilakukan dengan cara membandingkan nilai tegangan(volt) pada sensor dengan hasil deteksi nilai ph yang tertera pada alat pH Meter. Untuk mendapatkan nilai tegangan yang dihasilkan oleh deteksi pH akan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$Tegangan = \frac{adc \times Vin}{1024} \quad (1)$$

Dimana :

Tegangan = Output Tegangan Analog,
Adc = Nilai analog yang didapatkan,
Vin = tegangan sumber,

Setelah mendapatkan nilai tegangan pada deteksi alat, maka dilakukan proses kalibrasi menggunakan metode linier regresi menggunakan rumus :

$$Y = a + bX \quad (2)$$

Dimana :

Y = Output Tegangan Analog,

X = nilai ph tegangan standar,

a = konstanta,

b = nilai koefisien kemiringan,

dimana a dan b dapat dihitung menggunakan persamaan

:

$$a = \frac{(\sum y) \cdot (\sum x^2) - (\sum x) \cdot (\sum xy)}{n \cdot (\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (3)$$

, dan

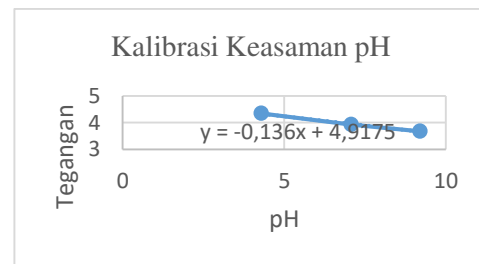
$$b = \frac{n \cdot (\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n \cdot (\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (4)$$

Sehingga menghasilkan nilai a = -0.1424, dan nilai b = 4,972 . Maka diperoleh grafik dan persamaan berikut ini :

$$Y = (-0,1424)X + (4,972),$$

$$deteksi = Y - 4,972 / -0,1424,$$

Maka, diperoleh grafik dibawah ini :



Gambar 5. Grafik Kalibrasi pH

Berikut Hasil pengujian percobaan keasaman beberapa larutan yang menghasilkan tabel :

TABEL 2 TABEL PENGUJIAN KEASAMAN PH

No	Nama Cairan	pH Meter	pH Alat	Akurasi(%)
1	Cairan buffer 4	4,77	4,57	95,80%
2	Cairan buffer 6.86	7,30	7,33	99,59%
3	Cairan buffer 9.18	9,20	9,15	99,45%
4	Air putih pabrik	7,94	7,948	99,89%
5	Air teh pabrik	6,34	6,51	97,39%
6	Air Garam	7,62	7,618	99,99%
7	Air kran	7,28	7,47	97,39%
8	Air aquarium	8,44	8,33	98,70%

B. Deteksi Kekeruhan

Pengujian sensor kekeruhan dilakukan dengan cara melakukan kalibrasi antara nilai ADC yang didapatkan dari sensor dan diubah ke dalam nilai tegangan dengan satuan volt menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Tegangan = (\text{Nilai ADC}) \times 5 / 1024.$$

Dilakukan percobaan yang diujikan pada air bermerk aqua yang memiliki nilai kekeruhan 1 NTU. Nilai keluaran yang dihasilkan adalah nilai ADC. Nilai output yang dihasilkan dalam arduino adalah 830. Sehingga diperoleh :

$$Tegangan (VClear) = 679 \times 5 / 1024$$

Tegangan (VClear) = 3.32 volt

Hasil kalibrasi didapatkan adalah 3.32 volt, saat keadaan air bersih dengan satuan 1 NTU. Nilai tegangan yang dihasilkan ketika kondisi air bersih, akan dijadikan sebagai nilai acuan untuk mengukur kekeruhan pada pengujian lain dengan nama lain adalah (Vclear).

Percobaan kedua melakukan kalibrasi terhadap nilai kekeruhan air kopi. Pada penelitian sebelumnya nilai kekeruhan air kopi mempunyai satuan 300 NTU. Dalam percobaan kalibrasi air kopi tersebut menghasilkan nilai ADC 77. Oleh karena itu, maka tegangan yang dihasilkan dari proses kalibrasi air kopi :

$$\text{Tegangan (Vkopi)} = 77 \times 5 / 1024$$

$$\text{Tegangan (Vkopi)} = 0.38$$

Setelah mendapatkan nilai tegangan pada deteksi alat, maka dilakukan proses kalibrasi menggunakan metode linier regresi menggunakan rumus :

$$Y = a + bX. \quad (5)$$

Dimana :

Y = Output Tegangan Analog,

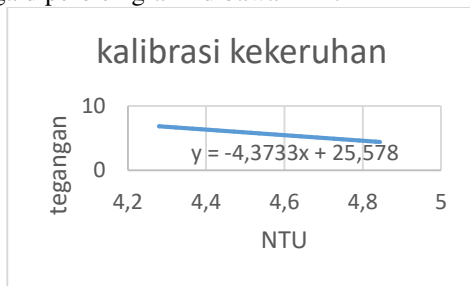
X = nilai ph tegangan standar,

a = konstanta,

b = nilai koefisien kemiringan,

$$Y = (-4.373)X + (25.578) \quad (6)$$

Sehingga diperoleh grafik dibawah ini :



Gambar 3. Grafik Kalibrasi Kekeruhan Air

Berikut Hasil pengujian percobaan kekeruhan beberapa air yang dicampurkan pada beberapa komponen lainnya yang menghasilkan :

TABEL 3 TABEL PENGUJIAN SENSOR KEKERUHAN AIR

No	Nama Cairan	Alat
1	Air putih pabrik	1
2	Air Kopi	302
3	Air Susu	194
4	Air Sabun	140
5	Air Sirup	60
6	Air Cuci	135

C. Deteksi Ketinggian

Deteksi ketinggian air merupakan proses yang menunjukkan nilai ketinggian air dari permukaan aquarium. Ketinggian air diukur menggunakan sensor HC-SRC04 ultrasonic dengan mengirimkan sinyal ultrasonic yang mempunyai kecepatan (v) bernilai 343m/s. Sehingga menghasilkan sebuah persamaan :

$$S = \frac{v \times t}{2} \quad (7)$$

Nilai satuan jarak signal (S) adalah meter dan nilai satuan waktunya adalah sekon (t). Namun pada sistem dibutuhkan jarak yang menggunakan satuan Sentimeter (cm) dan waktu yang digunakan arduino adalah mikrosekond (ms).

TABEL 4 TABEL PENGUJIAN SENSOR KETINGGIAN AIR

No	Penggaris (cm)	Hasil Alat (cm)
1	28	28
2	20	20
3	21	21
4	25	25
5	19	19
6	28	28

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian yang berjudul "Implementasi Monitoring Air Bersih Pada Aquarium Ikan Koi Dengan Nodemcu Esp8266 Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto" menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Dalam penelitian ini, sistem monitoring kualitas air dapat mendeteksi nilai keasaman air dengan rata – rata nilai akurasi 98.9%, nilai kekeruhan, dan nilai ketinggian air dengan nilai akurasi 100% melalui Arduino Uno.
- 2) NodeMCU ESP8266 dapat mengirim data sensor yang diperoleh dari Arduino Uno melalui jaringan wireless dengan waktu yang diinginkan (5 menit).
- 3) Sistem monitoring kualitas air dapat meningkatkan nilai kualitas berdasarkan kriteria nilai ph, kekeruhan, dan ketinggian melalui sebuah keputusan yang dihasilkan dari perhitungan fuzzy tsukamoto.
- 4) Sistem dapat melakukan semua kebutuhan fungsional, berdasarkan pengujian – pengujian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] John Fisher Jefferson Pakpahan, Sistem Telemetri Kualitas Air Kolam Ikan Menggunakan TX02-433D Dan Rx01-433D Sebagai Terminal Unit, 2015.
- [2] Pilipus A, Dampak Kualitas Air Pada Budi Daya Ikan Dengan Jaring Tancap Di Desa Toulimembet Danau Tondano, Vol. 3 No. 1: 59-67, Januari 2015.
- [3] Asmanditya. H (2019), Smart Aquarium Berbasis Iot. 2019
- [4] Septian. P.A. Alat Monitoring Tetesan Infus Menggunakan Web Secara Online Berbasis Esp8266 Dengan Pemrograman Arduino Ide, Vol 7 Nomor 1 Tahun 2018.
- [5] Adlan, J, I Gede. P. W, I Wayan. A. (2019). Implementasi IoT Cerdas Berbasis Inference Fuzzy Tsukamoto Pada Pemantauan Kadar pH Dan Ketinggian Air Dalam Akuaponik. J-COSINE, Vol. 3, No. 1, Juni 2019.
- [6] Afrianto dan Liviawaty. 1992. Pengendalian Hama dan Penyakit Ikan. Kanisius. Yogyakarta. hal. 20.
- [7] Yudha Yudhanto, S. Kom., "Apa itu IOT (Internet Of Things)", mipa UNS tahun 2007.
- [8] Muchammad Cholilulloh, Dahnil Syaury, Tibyani. Implementasi Metode Fuzzy Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan, J-PTIKUB, Vol. 2, No. 5, Mei 2018.
- [9] Wibawa Kurniawan Putra, Henry Rossi Andrian, S.T., M.T., Muhammad Ikhsan Sani, S.T., M.T., "Otomatisasi Pengaturan Ph Air Pada Sistem Hidroponik Dengan Metode Nutrient Film Technique". e-Proceeding of Applied Science : Vol.5, No.3 Desember 2019.

- [10] Agustian Noor, Arif Supriyanto, Herfia Rhomadhona. “Aplikasi Pendeteksi Kualitas Air Menggunakan *Turbidity* Sensor Dan Arduino Berbasis Web Mobile”. Jurnal CoreIT, Vol.5, No.1, Juni 2019.
- [11] Fitri Puspasari, Imam Fahrur rozi, Trias Prima Satya, Galih Setyawan, Muhammad Rifqi Al Fauzan, dan Estu Muhammad Dwi Admoko. “Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due untuk Sistem Monitoring Ketinggian”. Jurnal fisika dan aplikasinya : vol 15, omor 2, 2019