

Implementasi dan Analisis Pengurusan Otomatis *Aquascape* Berdasarkan Kualitas Air Menggunakan *Fuzzy Logic*

Muhtadu Syukur A¹, Aji Gautama Putrada, S.T., M.T.², Novian Anggis Suwastika, S.T., M.T.³

Prodi S1 Teknik Informatika, Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung
muhtadusyukur@student.telkomuniversity.ac.id, ajigautama@telkomuniversity.ac.id,
novian.anggis@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kualitas air dalam *aquascape* adalah hal yang sangat berpengaruh untuk keberlangsungan hidup habitat air. Pengukuran kualitas air meliputi parameter fisika dan kimia, seperti contoh suhu air dan nilai pH. Suhu air akan ideal jika suhu air 20 – 28 derajat Celcius, sedangkan nilai pH yang baik adalah 6,0 – 8,0. Dalam tugas akhir ini dirancang sebuah sistem yang memungkinkan bisa melakukan pengurusan otomatis pada *aquascape*. *Aquascape* akan dipasang sensor-sensor yang berfungsi sebagai alat pengukur nilai suhu dan pH yang akan dijadikan sebagai inputan untuk diproses oleh sistem dengan menggunakan *fuzzy logic*. Apabila sistem menunjukkan kualitas air tidak sesuai dengan parameter yang ditentukan, maka sistem akan mengirim perintah untuk mengganti air dalam *aquascape* secara otomatis menggunakan *water pump* yang berfungsi sebagai pengatur pengisian air. Hasil dari penelitian ini telah berhasil menunjukan bahwa ketika nilai pH dan suhu air tidak sesuai dengan parameter ideal maka sistem akan melakukan pengurusan otomatis dan pengguna dapat mengetahui kondisi suhu dan pH air melalui sistem *monitoring di mobile*.

Kata Kunci : *Aquascape*, kualitas air, sensor, pH, suhu, *water pump*, *fuzzy logic*, *monitoring*.

Abstract

Water quality in *aquascape* is very influential for existence water habitats. Measurement of water quality includes physical and chemical parameters, such as water temperature and pH value. Water temperature will be ideal if the water temperature is 20-28 degrees Celsius. While, pH value ideal between 6.8 - 8.0. This project will designed a automatic system to *aquascape* drainage. *Aquascape* will installed sensor to measuring the value of temperature and pH which will be used as inputs for system using *fuzzy logic*. If the system shows the water quality does not match the specified parameters, the system will send an command to replace water in *aquascape* automatically using *water pump* which functions as a water filling regulator. The results is succes show when pH and air temperature not in accordance with the ideal parameters, the system will do automatic drainage and user can know the condition of the temperature and pH of the air through a monitoring system on the mobile.

Keyword : *Aquascape*, water quality, sensor, pH, temperature, *water pump*, *fuzzy logic*, *monitoring*.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kualitas air adalah hal yang sangat berpengaruh untuk keberlangsungan hidup ikan dan tumbuhan serta mencegah kerusakan habitat dalam *aquascape*. Pengukuran kualitas air meliputi parameter fisika dan kimia

seperti contoh suhu air dan nilai pH. Air yang tidak sesuai dengan parameter penilaian, seharusnya sudah tidak layak untuk digunakan dalam *aquascape*, sehingga perlu ada pergantian air sesuai kualitas berdasarkan parameter yang ditentukan.

Tidak banyak orang yang mengetahui standar nilai kualitas air yang baik. Kebanyakan orang hanya mengganti air ketika air sudah terlihat keruh tanpa memperhatikan dari segi parameter fisika dan kimia seperti suhu air dan nilai pH. Suhu air akan ideal jika suhu air 20 – 28 derajat Celcius [1]. Sedangkan nilai pH yang baik adalah 6,0 – 8,0 [1] [2]. Jika nilai suhu air dan pH terlalu rendah atau terlalu tinggi, dapat menyebabkan kerusakan dan kematian dalam habitat *aquascape* serta menghambat proses reproduksi.

IoT adalah teknologi terbaru dimana beberapa perangkat dapat berkomunikasi baik antar perangkat atau dengan manusia melalui internet [3]. Penerapan teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan serta mempermudah manusia dalam melakukan beberapa aktivitas. Dalam tugas akhir ini dirancang sebuah sistem yang memungkinkan bisa melakukan pengurusan otomatis pada *aquascape*. *Aquascape* akan dipasang sensor-sensor yang berfungsi sebagai alat pengukur nilai suhu dan pH yang akan dijadikan sebagai inputan untuk proses pada sistem dengan menggunakan *fuzzy logic*. Penggunaan *fuzzy logic* dalam penelitian ini dikarenakan *fuzzy logic* memiliki nilai logika ini 0 hingga 1, sedangkan logika tegas atau logika konvensional memiliki nilai mutlak 0 dan 1, sehingga *fuzzy logic* mampu beradaptasi untuk permasalahan atau data yang bersifat samar-samar atau tidak pasti. Selain itu *fuzzy logic* dapat digunakan dalam bidang kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang memungkinkan suatu sistem untuk melakukan pekerjaan seperti yang dapat dilakukan manusia. Apabila sistem menunjukkan kualitas air tidak sesuai dengan parameter yang ditentukan, maka sistem akan mengirim perintah untuk mengganti air dalam *aquascape* secara otomatis.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka perumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana mengukur tingkat kualitas air dalam *aquascape* yang sesuai dengan parameter ideal, yaitu nilai pH dan suhu dengan menggunakan *fuzzy logic*?
2. Bagaimana perancangan dan implementasi sistem pengurusan otomatis *aquascape*?
3. Bagaimana menguji tingkat keberhasilan sistem pengurusan otomatis pada *aquascape* menggunakan *fuzzy logic*?

1.3. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengukur kualitas air dalam *aquascape* yang sesuai dengan parameter ideal nilai pH dan suhu menggunakan *fuzzy logic*, kemudian merancang sistem pengurusan otomatis *aquascape* ketika kualitas air tidak sesuai dengan parameter yang telah ditentukan dan melakukan pengujian terhadap system yang telah dibangun.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Parameter penilaian yang digunakan adalah nilai pH dan suhu.
2. Pengujian alat dilakukan pada ruangan dengan temperatur udara ruangan 24°C sampai dengan 30°C.
3. Tidak memperhitungkan konsumsi energi listrik dan memperhitungkan luas dan volume medium penelitian.
4. Tidak menggunakan filter air.

5. Kertas lakmus yang digunakan hanya dapat membaca nilai bulat 1-14, tidak mempertimbangkan nilai desimal.
6. Objek penelitian adalah Habitat pada air tawar di iklim tropis.

1.5. Organisasi Tulisan

Penulisan Tugas Akhir dijelaskan dalam jurnal ini dengan beberapa bagian. Adapun bagian-bagian dari penulisan jurnal Tugas Akhir meliputi pendahuluan, kajian pustaka, sistem yang dibangun, evaluasi, kesimpulan dan saran.

2. Kajian Terkait

Aquascape merupakan seni menata tanaman air, batu, dan kayu di dalam akuarium secara estetis [4]. Banyak faktor yang harus seimbang untuk memastikan keberhasilan sebuah *aquascape* yang dapat meliputi faktor kimia, fisika dan biologi [4]. Berdasarkan penelitian *Design and implementation of a distributed IoT system for the monitoring of water quality in Aquaculture* [3], pemantauan variabel fisik dan kimia seperti suhu dan pH air sangat penting untuk memprediksi dan mengendalikan kondisi negatif pada habitat air serta kerusakan lingkungan *aquascape* [3]. Kualitas air yang buruk dapat menyebabkan stres pada ikan dan dapat membawa penyakit [5] [6]. Dalam penelitian tersebut hanya terdapat sistem *monitoring* di perangkat *mobile* tidak melakukan pengurusan otomatis, sehingga dalam penelitian ini dikembangkan sistem pengurusan otomatis serta *monitoring* dengan menggunakan metode *fuzzy logic*.

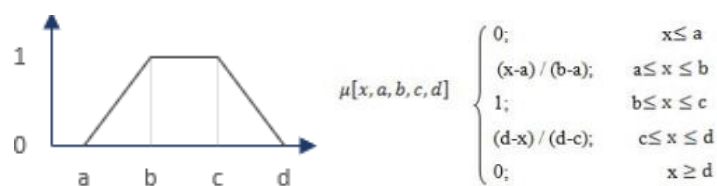
Suhu air yang ideal untuk kehidupan habitat air adalah antara 20 dan 28°C [7] [6]. Jika suhu kurang atau lebih suhu optimal dapat memengaruhi pertumbuhan pada ikan dan habitat air lainnya [2]. Sedangkan nilai pH yang ideal untuk habitat air adalah antara 6 – 8 [1] [2] [6] [3]. Jika nilai pH rendah dapat menyebabkan perubahan dalam struktur dan fungsi insang yang mengarah pada penurunan kemampuan untuk mempertahankan keseimbangan ion internal, dan menghambat pertukaran gas hingga menyebabkan kematian pada habitat air jika sudah mengalami stress yang berlebih [2]. Jika nilai pH tinggi, dapat merusak proses pertukaran ion oleh insang yang mengarah pada penurunan kapasitas osmoregulasi, peningkatan alkalosis darah, dan penurunan gradien ekskresi amonia [2].

Fuzzy Logic

Fuzzy logic merupakan cara sederhana untuk menggambarkan kesimpulan pasti dari informasi yang ambigu, samar – samar, atau tidak tepat. Saat logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah biner (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak) [8]. Selain itu *fuzzy logic* dapat digunakan dalam bidang kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang memungkinkan suatu sistem untuk melakukan pekerjaan seperti yang dapat dilakukan manusia. Dalam penentuan *fuzzy logic*, terdiri dari beberapa tahapan :

a. *Fuzzification*

Tahap *fuzzification* merupakan tahapan awal dimana terjadi proses memetakan suatu nilai *crisp* dalam himpunan *fuzzy* yang berkisar antara 0 hingga 1. *Fuzzification* akan dilakukan dengan rumus derajat keanggotaan trapesium sebagai berikut :



Gambar 2.1 Derajat Keanggotaan Trapesium

a. Inference

Sistem Inferensi *Fuzzy* (*Fuzzy Inference System/FIS*) adalah sistem yang dapat mengevaluasi semua *rule* untuk menghasilkan kesimpulan. Semua aturan atau *rule* didefinisikan lebih dahulu sebelum membangun sebuah FIS yang akan digunakan untuk menginterpretasikan sebuah *rule* tersebut.

b. Defuzzification

Pada tahap ini proses memetakan suatu nilai ruang *fuzzy* ke dalam nilai *crisp*. Dengan kata lain untuk mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai *crisp*. Nilai *crisp* inilah yang nantinya akan digunakan dalam implementasi dan analisis akhirnya. Dalam proses *defuzzification* menggunakan model sugeno untuk menentukan keluaran dari logika *fuzzy* dengan persamaan sebagai berikut :

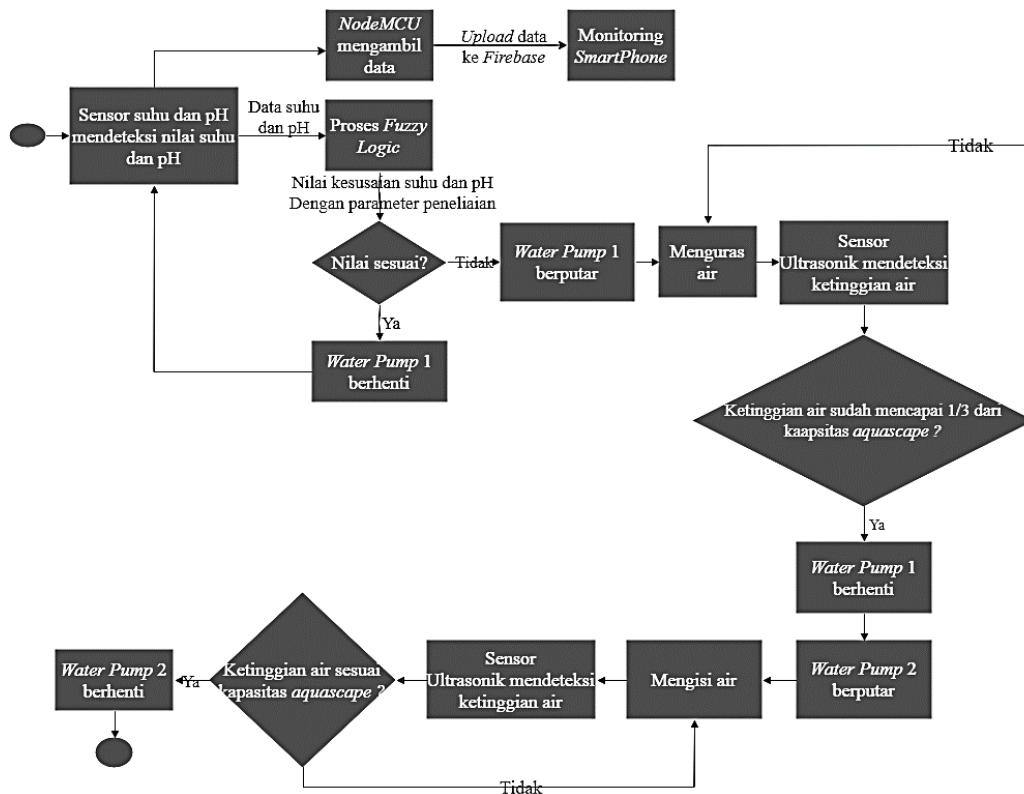
$$y^* = \frac{\sum y\mu_R(y)}{\sum \mu_R(y)} \quad (2)$$

Dimana y^* adalah suatu nilai *crisp* dan $\mu_R(y)$ adalah nilai keanggotaan dari *crisp* tersebut.

3. Sistem yang Dibangun

3.1. Gambaran Umum Sistem

Dalam perancangan sistem pengurusan air secara otomatis ini di beberapa alat diantaranya adalah *aquascape*, Arduino UNO R3, *water Pump*, Relay 5 Volt, Sensor Ultrasonik, Sensor pH 4502C, Sensor Suhu DS18B20, NodeMCU. Adapun gambaran umum sistem digambarkan dalam Gambar 3.1.



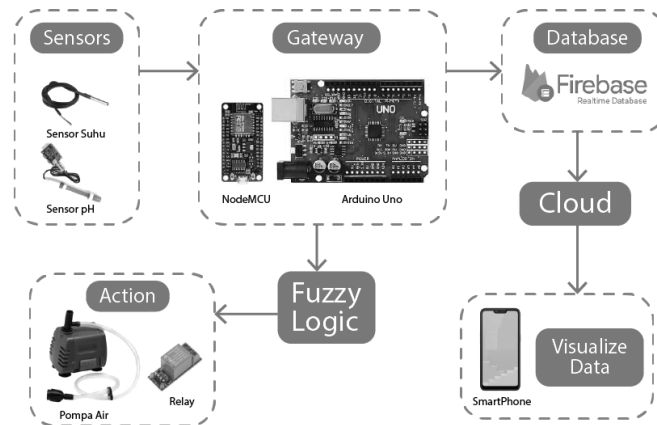
Gambar 3.1 Gambaran Umum Sistem

Dalam Gambar 3.1 dapat dilihat, sensor suhu dan pH mendeteksi besar suhu dan nilai pH dalam air *aquascape*. Nilai yang dibaca oleh sensor-sensor tersebut kemudian diproses dengan menggunakan *fuzzy logic* oleh Arduino. Apabila nilai suhu dan pH tidak sesuai dengan parameter penilaian, maka *Water Pump 1* akan aktif dan kemudian air dalam *aquascape* akan terkuras atau keluar. Jika nilai suhu dan pH masih sesuai dengan parameter penilaian, maka sensor-sensor tersebut akan membaca secara berkala suhu dan pH dalam *aquascape*. Sensor Ultrasonik akan mendeteksi ketinggian air dalam *aquascape*. Apabila

ketinggian air sudah mencapai 1/3 dari kapasitas *aquascape*, maka *Water Pump 1* non aktif atau berhenti dan *Water Pump 2* menjadi aktif kemudian dilakukan pengisian air. Sensor ultrasonik mendeteksi kembali ketinggian air saat proses pengisian air berjalan, jika ketinggian air sudah sesuai kapasitas *aquascape*, maka *Water Pump 2* akan non aktif dan pengisian air berhenti.

3.2. Arsitektur Sistem

Berikut arsitektur sistem yang dibangun :

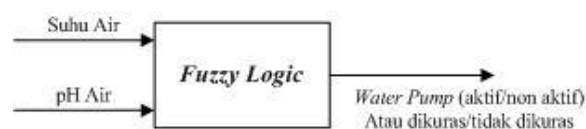


Gambar 3.2 Arsitektur Sistem

Dalam Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa sensor suhu dan pH membaca nilai suhu dan pH air *aquascape*. Nilai yang dibaca sensor di proses oleh Arduino menggunakan fuzzy logic. NodeMCU mengirim data pembacaan sensor dan mengirim data ke *firebase*. Aplikasi monitoring mengambil data dari *firebase*. Relay dan pompa air menerima data hasil dari *fuzzy logic* untuk melakukan aksi menguras atau tidak menguras air.

3.3. Rancangan Fuzzy Logic

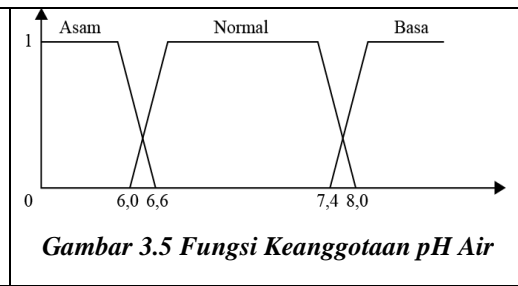
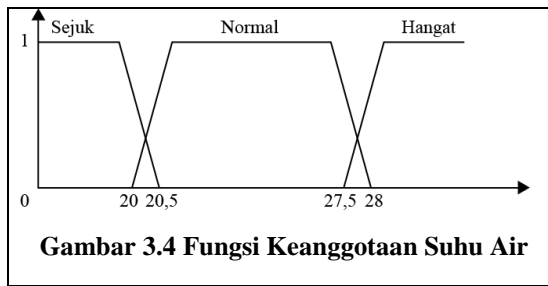
Fuzzy logic digunakan untuk menentukan kapan air dalam *aquascape* dikuras. Logika *fuzzy* memproses nilai pH dan suhu air apakah sesuai dengan parameter penilaian yang telah ditentukan. Penggunaan *fuzzy logic* dalam penelitian ini dikarenakan *fuzzy logic* lebih mampu beradaptasi untuk permasalahan atau data yang bersifat samar-samar atau tidak pasti. *Fuzzy logic* memiliki nilai logika ini 0 hingga 1, sedangkan logika tegas atau logika konvensional memiliki nilai mutlak 0 dan 1 sehingga terdapat istilah sedikit, lumayan dan sangat[9]. Selain itu *fuzzy logic* dapat digunakan dalam bidang kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang memungkinkan suatu sistem untuk melakukan pekerjaan seperti yang dilakukan manusia. Perancangan logika *fuzzy* pada sistem menggunakan dua parameter input yaitu suhu air dan pH air dengan *output* berupa aksi aktif atau tidak aktif *Water Pump* seperti yang tertera pada Gambar 3.2.



Gambar 3.3 Skema Fuzzy Logic

3.3.1. Fuzzification

Fuzzification merupakan proses memetakan input kedalam himpunan *fuzzy* dan menentukan fungsi keanggotaannya. Fungsi keanggotaan untuk parameter suhu dibagi menjadi tiga yaitu sejuk, normal dan hangat. Data suhu yang digunakan sebagai parameter merupakan nilai ideal suhu air untuk kehidupan habitat air yaitu antara 20°C hingga 28°C. Fungsi keanggotaan untuk parameter pH air dibagi menjadi tiga yaitu asam, normal dan basa. Data suhu yang digunakan sebagai parameter merupakan nilai ideal pH air untuk kehidupan habitat air yaitu antara 6,6 sampai 8,2.



3.3.2. Inference

Inference adalah sistem yang dapat mengevaluasi semua *rule* secara simultan untuk menghasilkan kesimpulan. Dalam *inference* terjadi proses pengolahan data masukan dari fuzzifikasi (*fuzzy input*) menjadi *fuzzy output* yang berupa aturan-aturan. Aturan-aturan ini kemudian akan menjadi parameter sistem pengurusan otomatis *aquascape* yang dibangun. Adapun kondisi-kondisi aturan terlampir dalam Tabel 1.

Tabel 1 Fuzzy Rules

pH \ Suhu	Sejuk	Normal	Hangat
Asam	WP Aktif/Dikuras	WP Aktif/Dikuras	WP Aktif/Dikuras
Normal	WP Aktif/Dikuras	WP Non Aktif/ Tidak dikuras	WP Aktif/Dikuras
Basa	WP Aktif/Dikuras	WP Aktif/Dikuras	WP Aktif/Dikuras

Dari kondisi aturan yang tertera dalam Tabel 2, diketahui terdapat 9 aturan *fuzzy*, yaitu :

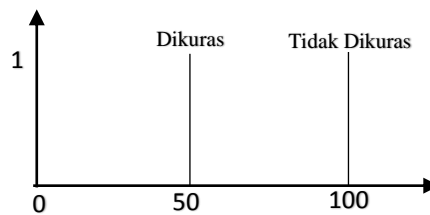
Keterangan : WP = Water Pump

Tabel 2 Fuzzy Rules Logic

1	IF pH (Asam) AND Suhu (Sejuk) THEN WP (Aktif/Dikuras)
2	IF pH (Asam) AND Suhu (Normal) THEN WP (Aktif/Dikuras)
3	IF pH (Asam) AND Suhu (Hangat) THEN WP (Aktif/Dikuras)
4	IF pH (Normal) AND Suhu (Sejuk) THEN WP (Aktif/Dikuras)
5	IF pH (Normal) AND Suhu (Normal) THEN WP (Non Aktif/ Tidak Dikuras)
6	IF pH (Normal) AND Suhu (Hangat) THEN WP (Aktif/Dikuras)
7	IF pH (Basa) AND Suhu (Sejuk) THEN WP (Aktif/Dikuras)
8	IF pH (Basa) AND Suhu (Normal) THEN WP (Aktif/Dikuras)
9	IF pH (Basa) AND Suhu (Hangat) THEN WP (Aktif/Dikuras)

3.3.3. Defuzzification

Defuzzification merupakan proses mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp value* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Defuzzification untuk menentukan Water Pump aktif atau non aktif (aktif=dikuras, non aktif=tidak dikuras). Adapun fungsi keanggotaannya adalah seperti yang digambarkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.6 Defuzzification

4. Evaluasi

4.1. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem yang dibangun. Pengujian dilakukan berulang dengan cara mengubah nilai parameter-parameter uji yang meliputi nilai pH dan suhu air. Pengujian dibagi menjadi tiga skenario, yaitu pengujian sensor, pengujian logika *fuzzy* dan pengujian sistem *monitoring*.

4.1.1. Hasil Pengujian *Sensor*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah hasil deteksi sensor suhu dan sensor pH akurat dan sesuai. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran suhu air yang sama antara sensor suhu dengan hasil pengukuran termometer suhu manual sedangkan hasil pengukuran sensor pH dibandingkan dengan pengukuran nilai pH air menggunakan kertas lakmus. Adapun hasil pengujian alat dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor

Pengujian ke-	Hasil Pengukuran dengan Sensor Suhu DS18B20	Hasil Pengukuran dengan Termometer Raksa	Hasil Pengukuran pH dengan Sensor pH 4502C	Hasil Pengukuran pH dengan Kertas Lakmus
1	18,56	16	5,13	8
2	19,1	18	7,1	5
3	16,27	16	8,39	7
4	25,19	25	5,91	6
5	25	26	6,8	6
6	25,25	26	11	10
7	29,25	28,5	5,28	5
8	30,12	30	6,8	7
9	31,78	32,1	9	8

Dari Tabel 3, dapat dilihat bahwa sensor-sensor yang terhubung pada sistem telah berfungsi dengan baik. Hal ini didapatkan dari hasil perbandingan antara pembacaan suhu dan pH dengan sensor tidak berbeda jauh dengan pembacaan suhu dan pH dengan termometer suhu manual dan kertas Lakmus.

4.1.2. Hasil Pengujian *Fuzzy Logic*

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap logika *fuzzy* yang telah diterapkan pada sistem. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil dari sistem dengan aturan *fuzzy* yang tertera dalam Tabel 1, Tabel 2 dan perhitungan manual dengan menggunakan rumus. Pengujian dilakukan sebanyak 9 kali dengan mengubah suhu air dan pH air secara sengaja atau manual sesuai dengan kondisi aturan *fuzzy* pada Tabel 1 dan Tabel 2 yaitu dengan memasukkan es untuk mendapatkan suhu sejuk, air panas untuk mendapatkan suhu hangat, cuka untuk mendapatkan kondisi asam, dan air sabun untuk mendapatkan kondisi basa, kemudian melakukan perhitungan manual dengan menggunakan rumus. Hasil perhitungan secara manual ini, kemudian dibandingkan dengan hasil dari sistem yang telah dibuat. Adapun data hasil pengujian *fuzzy logic* dapat dilihat pada Tabel 4 dan perhitungan secara manual dengan rumus dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 4. Hasil Pengujian Fuzzy Logic

Pengujian ke-	Suhu	pH	Hasil Pengujian Sistem	Fuzzy Rule	Hasil Perhitungan Rumus
1	18,56	5,13	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras
2	19,1	7,1	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras
3	16,27	8,39	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras
4	25,19	5,91	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras
5	25	6,8	WP(Non Aktif) /Tidak Dikuras	WP(Non Aktif) /Tidak Dikuras	WP(Non Aktif) /Tidak Dikuras
6	25,25	11	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras
7	29,25	5,28	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras
8	30,12	6,8	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras
9	31,78	9	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras	WP (Aktif)/Dikuras

Dari 9 hasil pengujian berdasarkan *fuzzy rule* yang didapatkan pada tahap perancangan *fuzzy logic*. Dari pengujian diketahui bahwa hasil dari sistem sesuai *fuzzy rule* yang telah dibuat sebagai tolak ukur pembuatan sistem pengurusan otomatis air *aquascape* dan sesuai dengan perhitungan manual dengan menggunakan rumus.

4.1.3. Hasil Pengujian Sistem *Monitoring* pada Perangkat *Mobile*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem *monitoring* yang telah dibangun dalam perangkat *mobile* berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dalam tampilan *monitoring* pada perangkat *mobile* dengan pembacaan manual dengan termometer suhu dan kertas lakmus yang dilakukan bersamaan dengan pengujian sensor. Adapun gambar hasil pembacaan alat terlampir dalam Gambar 4.1.

Aquascape Monitoring	
Kondisi Air di Aquascape	
pH	: 6.8
Suhu (°C)	: 25
Status	: tidak dikuras

Gambar 4.1 Hasil Pengujian Sistem *Monitoring* pada Perangkat *Mobile*

Dalam Gambar 4.1 diketahui bahwa sistem aplikasi *monitoring* telah berjalan dengan baik. Sistem dapat menampilkan nilai pH dan suhu air yang dibaca oleh masing-masing sensor yang tertanam dalam *aquascape*. Nilai yang dibaca ini juga sesuai dengan hasil pengukuran manual dengan menggunakan termometer suhu dan kertas lakmus.

5. Kesimpulan

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapat beberapa kesimpulan yang diantaranya:

1. *Fuzzy logic* dapat diterapkan dalam sistem untuk mengukur kualitas air *aquascape* yaitu dengan membandingkan nilai pH air dan suhu air dengan *fuzzy rule* dari hasil *fuzzy logic* yang mengacu pada parameter ideal pH air dan suhu air yang baik untuk keberlangsungan hidup habitat air.

2. Pengurusan otomatis dapat dilakukan ketika pH air dan suhu air tidak sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.
3. Sistem pengurusan otomatis air *aquascape* yang telah dibangun dengan menggunakan *fuzzy logic* berfungsi dengan baik, yang dapat dilihat dari alat dan aplikasi *monitoring* pada *smartphone* yang telah sesuai ketika sistem dijalankan.

5.2. Saran

Untuk penelitian yang lebih baik dari sistem ini dalam menjaga kualitas air *aquascape* maupun untuk pengembangan sistem dan aplikasi, ada beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Perluas parameter penilaian kualitas air seperti kadar oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*), tingkat keruh air, kelembaban udara, dan lain-lain.
2. Dapat ditambahkan *water filtering* pada kolam untuk menjaga kebersihan air.
3. *Packaging* alat dibuat lebih bagus dan rapi.

Daftar Pustaka

- [1] Freshwater Aquaculture, "Water Quality in Aquaculture," extension, 2017 Oktober 2012. [Online]. Available: <https://articles.extension.org/pages/58707/water-quality-in-aquaculture>. [Accessed 10 Januari 2019].
- [2] M. G. C. Emerenciano, L. R. Martínez-Córdova, M. Martínez-Porchas and A. Miranda-Baeza, "Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture," pp. 93-96, 2017.
- [3] C. E. Boyd, Chapter 6 - General Relationship Between Water Quality and Aquaculture Performance in Ponds, United States: Nikki Levy, 2017.
- [4] M. Pratiwi, "PENGEMBANGAN TUTORIAL PEMBUATAN MEDIA AQUASCAPE BERBASIS PROJECT BASED LEARNING (PjBL) PADA MATERI EKOSISTEM SISWA KELAS X SMA," p. 20, 2017.
- [5] T. Haiyunnisa, H. S. Alam and T. I. Salim, "Design and Implementation of Fuzzy Logic Control System for Water Quality Control," *International Conference on Automation, Cognitive Science, Optics, Micro Electro-Mechanical System, and Information Technology*, pp. 1-5, 2017.
- [6] P. A. Devi, P. Padmavathy and S. A. a. K. Aruljothi, "Review on water quality parameters in freshwater cage fish culture," *International Journal of Applied Research*, pp. 114-120, 2017.
- [7] C. Encinas, E. Ruiz, J. Cortez and A. Espinoza, "Design and implementation of a distributed IoT system for the monitoring of water quality in aquaculture," *Dept. Electrical and Electronic Engineering, Instituto Tecnológico de Sonora Cd.*, pp. 1-7, 2017.
- [8] H. S. and I. N, "Fuzzy Logic: A Review," *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, pp. 61-63, 2017.
- [9] E. R. Sari and E. Alisah, "STUDI TENTANG PERSAMAAN FUZZY," p. 1, 2012.