

Sistem Kontrol Kualitas Air pada Akuaponik Ikan Nila dan Cabai Rawit Berbasis Embedded System menggunakan *Fuzzy Logic*

Satrio Priambodo*, Anang Andrianto**, Dwiretno Istiyadi Swasono***

* Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember

** Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember

*** Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember

*172410102070@mail.unej.ac.id, **anang.uptti@unej.ac.id, ***istiyadi@unej.ac.id

ABSTRAK

Aquaponics is a cultivation method that combines aquaculture and hydroponics which can produce two products, namely plants and fish at a time and on relatively narrow land. The important thing in implementing aquaponics is to maintain water quality so that it remains at the standard of the two products. Automatic water quality control can make it easier for cultivators to maintain water quality more efficiently. Therefore we need an aquaponic water quality control system that focuses on the parameters of dissolved oxygen (DO), total dissolved solids (TDS), and hydrogen power (PH). DO control uses a pump that functions to increase DO levels. TDS control uses a pump that circulates AB mix nutrients to increase TDS and the addition of water volume to lower TDS. PH control uses a pump that circulates PH up and down PH. In its development, the arithmetic method used to process data is fuzzy. The output of this calculation is the duration of time the pump is running. The system is applied to a concrete pond measuring 4 x 1.5 x 1 meter with aquaponic products in the form of 100 fish and 20 cayenne pepper plants.

Keyword: sistem kontrol, akuaponik, DO, TDS, PH

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang memiliki jumlah penduduk yang sangat besar, sehingga dibutuhkan ketahanan pangan yang besar pula. Data dari Global Food Security Index (GFSI) pada tahun 2021 menyatakan bahwa ketahanan pangan di Indonesia meningkat pada lima tahun terakhir, yaitu naik 16 peringkat dari peringkat 62 menjadi peringkat 46 (Badan Ketahanan Pangan, 2021). Peningkatan ketahanan pangan tersebut harus tetap ditingkatkan tiap tahunnya, sebab di sisi lain pertumbuhan penduduk di Indonesia juga meningkat. Proyeksi jumlah penduduk di Indonesia pada tahun 2018-2020 menunjukkan bahwa jumlah penduduk di Indonesia selalu meningkat sekitar 1% pada tiap tahunnya [1].

Akuaponik adalah salah satu upaya peningkatan ketahanan pangan di Indonesia. Akuaponik merupakan metode budidaya yang menggabungkan antara hidroponik dan akuakultur, yaitu penggabungan budidaya ikan dan tanaman, yang saling bersimbiosis mutualisme, dalam sekali waktu. Simbiosis mutualisme atau hubungan saling menguntungkan yang dimaksud adalah karena bagi ikan, filter alami yang dimiliki tanaman, dapat melakukan perbaikan kualitas air kolam, sehingga diharapkan air dapat digunakan lebih lama dan pengurusan kolam menjadi lebih jarang. Selain itu, keberadaan ikan pada akuaponik juga menguntungkan karena hasil sisa metabolisme ikan dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi penunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman [2][3].

Kualitas air merupakan hal pokok dan penting dalam menjalankan budidaya akuaponik. Kesesuaian kualitas air terhadap standar hidup yang dimiliki tanaman dan ikan harus senantiasa dijaga. Sebab jika terjadi ketidaksesuaian, maka pertumbuhan salah satu atau keduanya dapat terhambat. Salah satu parameter kualitas air yang penting yaitu derajat keasaman atau PH. Sebuah contoh meningkatnya kadar PH, menunjukkan presentase amonia bebas pada perairan tersebut meningkat. Ketika amonia bebas sudah semakin tinggi, maka kehidupan ikan dalam perairan tersebut dapat terganggu [4]. Parameter penting lainnya yaitu kadar oksigen terlarut dalam air atau dissolved oxygen (DO), sebab oksigen merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi oleh setiap makhluk hidup, tak terkecuali makhluk yang hidup dalam air. Parameter lainnya yaitu total dissolved solid (TDS) yang menunjukkan jumlah zat-zat yang tercampur dan terlarut dalam air juga merupakan parameter yang penting. Kadar TDS menunjukkan seberapa banyak nutrisi yang terdapat pada suatu larutan. Nutrisi tersebut yang nantinya digunakan tanaman cabai rawit untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan.

Pengendalian kadar DO, PH, dan TDS secara manual pada akuaponik bukanlah perkara yang mudah, sebab harus dilakukan secara periodik agar kualitas air tetap terjaga. Kadar PH air berkaitan dengan kondisi cuaca, jumlah ikan yang dibudidayakan, dan aktivitas ikan. Selain itu, kebutuhan oksigen erat kaitannya dengan kondisi dan jumlah ikan serta kondisi perairan. Sedangkan TDS berkaitan dengan kuantitas dan kualitas hidup ikan yang bakal memberikan nutrisi untuk tanaman. Banyaknya kebutuhan waktu dan tenaga tidak dapat dihindarkan ketika melakukan pengendalian parameter-parameter tersebut secara manual. Maka dari itu, diperlukan suatu sistem kontrol otomatis yang dapat digunakan untuk menjaga kualitas air akuaponik agar tetap standar secara periodik. Dalam implementasinya, biasanya sistem kontrol mengandalkan sebuah mikrokontroler sebagai pusat kendalanya karena dimensi yang kecil dan portabel [5].

Logika fuzzy atau fuzzy logic adalah suatu metode pemrosesan data yang dapat diterapkan pada suatu sistem kontrol, yang mengadopsi pola pikir manusia dalam membuat keputusan, dapat membantu membuat keputusan yang tidak kaku [6]. Hal tersebut sangat berguna karena mesin dapat membuat sebuah keputusan yang tegas saja, seperti pilihan “ya” atau “tidak”. Sedangkan manusia dalam menentukan keputusan, tidak selalu menghasilkan jawaban yang tegas atau lebih samar-samar, sehingga biasanya muncul pilihan lain, seperti “mungkin” dan “tidak tahu”.

Ikan nila adalah salah satu jenis ikan yang populer untuk dibudidayakan di Indonesia dikarenakan mudah dalam beradaptasi, pertumbuhannya yang cepat, dan mudah dibudidayakan pada media apapun [7]. Mengonsumsi ikan nila juga membawa banyak manfaat bagi tubuh, antara lain yaitu menjaga kadar kolesterol dalam tubuh, mencegah penyakit kanker, dan lain sebagainya [8].

Cabai rawit merupakan salah satu tanaman hortikultura yang dibutuhkan dan diminati di Indonesia. Tanaman Cabai rawit banyak sekali diusahakan di Indonesia, yaitu sebanyak 1.116.476 rumah tangga (Purnomo & Harjoko, 2016). Selain dikonsumsi dan sebagai bumbu masakan, industri farmasi juga biasanya menggunakan cabai rawit sebagai bahan baku [9]. Di samping rasa pedasnya, cabai rawit mengandung banyak zat, di antaranya yaitu karbohidrat, lemak, protein, kalsium, vitamin A, B1, dan C, yang dapat bermanfaat bagi tubuh [10][11].

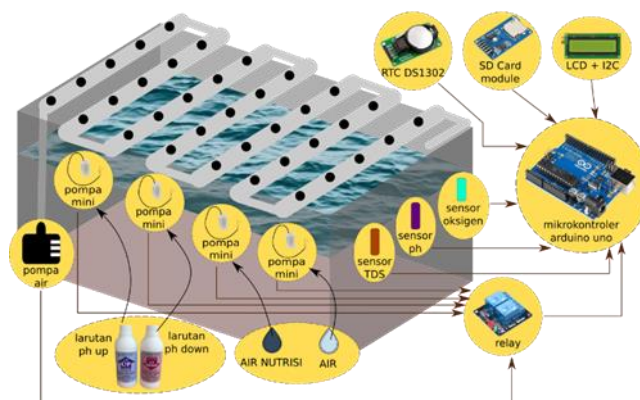
Berdasarkan beberapa pemaparan di atas, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem kontrol kualitas air pada akuaponik ikan nila dan cabai rawit berbasis embedded system menggunakan fuzzy logic. Tujuan dari penelitian adalah melakukan kontrol otomatis akuaponik secara periodik agar memudahkan pelaku budidaya akuaponik mengendalikan kualitas air, sehingga pengendalian tidak perlu dilakukan secara manual dan kualitas air pada sistem akuaponik dapat tetap terjaga. Saat kualitas air sudah terjaga dan mencapai standar, maka diharapkan memaksimalkan hasil panen yang dihasilkan ikan nila dan cabai rawit.

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian berisi tentang penjelasan rancangan, desain, alur, serta metode yang digunakan dalam penelitian ini

2.1. Rancangan atau Desain Penelitian

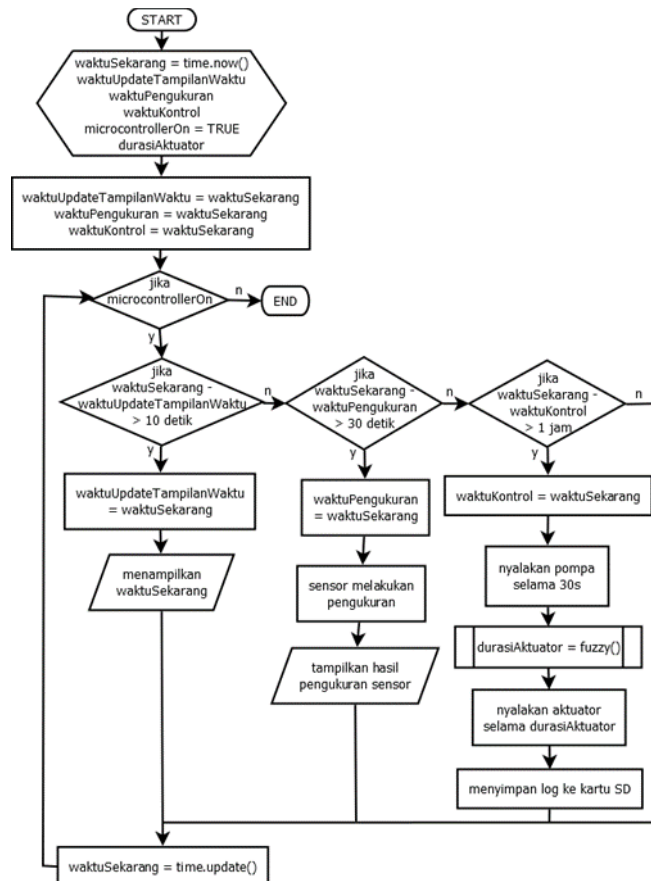
Berikut rancangan desain sistem yang digunakan dalam penelitian ini (lihat Gambar 1). Sistem kontrol kualitas air diterapkan pada akuaponik dengan beberapa komponen, yaitu: arduino uno sebagai mikrokontroler, LCD dan I2C sebagai penampil waktu dan kondisi air saat ini, SD card module untuk menyimpan riwayat kontrol, RTC DS1302 untuk menyimpan data waktu, pompa air sebagai aktuator, relay untuk menyalakan atau mematikan pompa agar sesuai dengan perintah mikrokontroler.



Gambar 1. Rancangan Desain Sistem

Setelah mengetahui rancangan desain sistem, selanjutnya adalah membuat alur kerja dari sistem kontrol kualitas air. Sistem melakukan beberapa pekerjaan, yaitu update waktu setiap 10 detik, mengukur

kondisi air setiap 30 detik, dan kontrol kualitas air setiap 1 jam. Saat sistem melakukan update waktu, sistem mengambil data waktu dari RTC yang kemudian ditampilkan di LCD. Saat sistem melakukan pengukuran kondisi air, sistem mengambil data dari pengukuran sensor DO, TDS, dan PH. Data sensor-sensor tersebut akan ditampilkan di LCD juga. Saat sistem melakukan kontrol, sistem mengambil data pengukuran sensor yang telah ada, yang kemudian data tersebut diproses menggunakan metode fuzzy mamdani, yang menghasilkan luaran berupa durasi pompa aktuator menyala. Setelah itu, sistem menyalakan pompa-pompa tersebut sesuai dengan luaran fuzzy. Terakhir, data kontrol tersebut akan disimpan dalam memory card sebagai log sistem. Berikut alur lengkap sistem kontrol dalam penelitian ini (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Alur Sistem

Sistem melakukan kontrol tiap 1 jam untuk menjaga kualitas air pada akuaponik agar PH tetap pada 6,0-6,5, TDS stabil pada 1100 ppm, dan memastikan kadar minimal dissolved oxygen (DO) adalah 5. Hal tersebut dilakukan agar pemberian larutan kontrol tidak terlalu banyak dan sering. Sebab jika terlalu banyak dan sering, maka kondisi air akan berubah dengan cepat, yang dapat mengakibatkan ikan menjadi stres. Selain itu, hal tersebut dilakukan agar larutan aktuator dapat menyebar ke seluruh bagian kolam sebelum sistem melakukan kontrol selanjutnya.

Durasi pompa dalam mengalirkan larutan aktuator akan ditentukan dari hasil perhitungan metode fuzzy. Namun metode fuzzy juga memerlukan data batas maksimal durasi, yang dibutuhkan untuk membangun fuzzy set, yang kemudian digunakan sebagai acuan perhitungan. Pada penelitian ini, untuk batas maksimal durasi pompa yang mengalirkan penambahan PH up dan PH down, yang digunakan untuk mengontrol PH, masing-masing adalah 10 detik. Batas maksimal durasi pompa yang mengalirkan penambahan nutrisi dan air, yang digunakan untuk mengontrol TDS, masing-masing adalah 15 detik. Sedangkan maksimal durasi pompa, yang digunakan untuk mengontrol DO, adalah 5 menit.

Berdasarkan percobaan di tempat penelitian, yaitu dengan kondisi kolam tanpa ikan dan tanaman cabai rawit, serta volume air sebesar 70% volume kolam. Pada PH up dan PH down, durasi 10 detik pompa dapat mengalirkan sebanyak 278 ml larutan, dan dapat menghasilkan perubahan PH antara 0,09 – 0,14. Kemudian, pada larutan nutrisi dan air, durasi 15 detik pompa dapat mengalirkan 417 ml larutan, dan dapat menghasilkan perubahan TDS antara 25 – 45 ppm. Selain itu, maksimal durasi pompa yang digunakan untuk mengontrol DO, yaitu 5 menit, dapat mengalirkan 91,7 liter air, dan dapat menaikkan DO sebesar 0,1 – 0,4.

2.2. Metode Fuzzy

Pada bagian pemrosesan data, fuzzy mamdani memiliki 4 proses tahapan, yaitu pembentukan himpunan fuzzy (fuzzifikasi), aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan penegasan (defuzzifikasi). Pada tahap pembentukan himpunan fuzzy, tiap-tiap parameter (DO, PH, dan TDS) masing-masing memiliki beberapa himpunan fuzzy. Kemudian pada tahap implikasi menggunakan fungsi min, yaitu mencari nilai terkecil. Selanjutnya, pada komposisi aturan menggunakan fungsi max, yaitu mencari nilai terbesar. Tahap terakhir yaitu penegasan, yang dilakukan menggunakan metode mean of maximum [12]. Detail tiap tahapan fuzzy mamdani akan dirincikan sebagai berikut.

2.2.1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pembentukan himpunan fuzzy pada TDS dibagi menjadi 3 himpunan yaitu rendah (low), normal, dan tinggi (high) (lihat Gambar 3). Himpunan normal merupakan standar hidup optimal pada ikan nila dan cabai rawit. Sedangkan pembentukan himpunan fuzzy pada oksigen terlarut dibagi menjadi 2 himpunan yaitu rendah (low) dan tinggi (high) (lihat Gambar 4). Himpunan tinggi merupakan himpunan standar yang harus dicapai sistem. Adapun parameter PH dibagi menjadi 3 himpunan yaitu asam (low), netral, dan basa (high) (lihat Gambar 5). Selain itu, aktuator yang berupa pompa, air nutrisi, air, PH up, dan PH down masing-masing dibagi menjadi 2 himpunan, yaitu sedikit (low) dan banyak (high) (lihat Gambar 6). Himpunan netral tersebut tidak menunjukkan bahwa air benar-benar netral, namun menunjukkan bahwa PH tersebut tidak mengganggu pertumbuhan dan perkembangan ikan nila dan cabai rawit.

$$\begin{aligned} \mu_{\text{rendah}}(x) &= \begin{cases} 1 & x \leq 900 \\ (1000-x)/(1000-900) & 900 \leq x \leq 1000 \\ 0 & x \geq 1000 \end{cases} \\ \mu_{\text{normal}}(x) &= \begin{cases} 1 & 1000 \leq x \leq 1200 \\ (x-900)/(1000-900) & 900 \leq x \leq 1000 \\ (1400-x)/(1400-1300) & 1200 \leq x \leq 1300 \\ 0; & x \leq 900 \text{ atau } x \geq 1300 \end{cases} \\ \mu_{\text{tinggi}}(x) &= \begin{cases} 1 & x \geq 1300 \\ (x-1300)/(1400-1300) & 1200 \leq x \leq 1300 \\ 0 & x \leq 1300 \end{cases} \end{aligned}$$

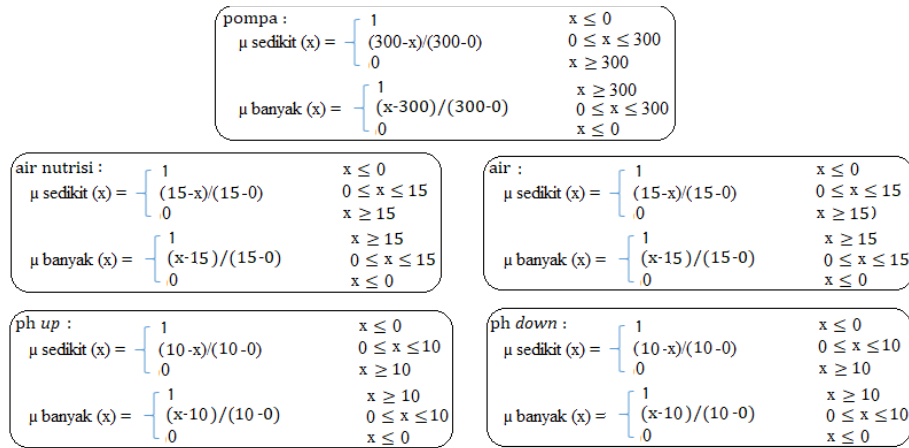
Gambar 3. Himpunan fuzzy TDS

$$\begin{aligned} \mu_{\text{rendah}}(x) &= \begin{cases} 1 & x \leq 3 \\ (4-x)/(4-3) & 3 \leq x \leq 4 \\ 0 & x \geq 4 \end{cases} \\ \mu_{\text{tinggi}}(x) &= \begin{cases} 1 & x \geq 5 \\ (x-4)/(5-4) & 4 \leq x \leq 5 \\ 0 & x \leq 4 \end{cases} \end{aligned}$$

Gambar 4. Himpunan fuzzy DO

$$\begin{aligned} \mu_{\text{asam}}(x) &= \begin{cases} 1; & x \leq 5,5 \\ (6-x)/(6-5,5); & 5,5 \leq x \leq 6 \\ 0; & x \geq 6 \end{cases} \\ \mu_{\text{netral}}(x) &= \begin{cases} 1; & 6 \leq x \leq 6,5 \\ (x-5,5)/(6-5,5); & 5,5 \leq x \leq 6 \\ (7-x)/(7-6,5); & 6,5 \leq x \leq 7 \\ 0; & x \leq 5,5 \text{ atau } x \geq 7 \end{cases} \\ \mu_{\text{basa}}(x) &= \begin{cases} 1; & x \geq 7 \\ (x-6,5)/(7-6,5); & 6,5 \leq x \leq 7 \\ 0; & x \leq 6,5 \end{cases} \end{aligned}$$

Gambar 5. Himpunan fuzzy PH



Gambar 6. Himpunan fuzzy aktuator

2.2.2. Aplikasi fungsi implikasi

Metode implikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah min, yaitu sesuai dengan aturan dari fuzzy mamdani. Proses implikasi berfungsi untuk menghubungkan antara 3 parameter yang ada pada himpunan, yang telah dibuat pada tahap sebelumnya menjadi suatu output pada tiap aktuator yang digunakan. Korelasi dari tiga himpunan fuzzy, pada parameter yang berbeda, dan output tersebut menjadi sebuah aturan yang memiliki korelasi sebab akibat. Berikut beberapa aturan fuzzy yang dibuat dan digunakan dalam penelitian ini (lihat tabel 1).

Tabel 1. Aturan fuzzy

| DO | TDS | PH | Pompa Air | Larutan Nutrisi | Air | Larutan PH up | Larutan PH down |
|----|-----|----|-----------|-----------------|-----|---------------|-----------------|
| L | L | L | H | H | L | H | L |
| L | L | N | H | H | L | L | L |
| L | L | H | H | H | L | L | H |
| L | N | L | H | L | L | H | L |
| L | N | N | H | L | L | L | L |
| L | N | H | H | L | L | L | H |
| L | H | L | H | L | H | H | L |
| L | H | N | H | L | H | L | L |
| L | H | H | H | L | H | L | H |
| H | L | L | L | H | L | H | L |
| H | L | N | L | H | L | L | L |
| H | L | H | L | H | L | L | H |
| H | N | L | L | L | L | H | L |
| H | N | N | L | L | L | L | L |
| H | N | H | L | L | L | L | H |
| H | H | L | L | L | H | H | L |
| H | H | N | L | L | H | L | L |
| H | H | H | L | L | H | L | H |

Catatan: L = Low; N = Normal; H = High;

2.2.3. Komposisi aturan

Metode yang digunakan pada tahap komposisi aturan adalah metode max, yaitu menggabungkan (union) konsekuen atau akibat pada beberapa aturan yang sebabnya terpenuhi, yang telah dibuat pada tahap sebelumnya, menjadi sebuah himpunan fuzzy.

2.2.4. Penegasan (defuzzy)

Metode penegasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode mean of maximum (MOM), yaitu dengan mengambil nilai rata-rata dari domain yang memiliki fungsi keanggotaan maksimum

3. Hasil dan Analisis

3.1. Implementasi Sistem Kontrol

Sistem kontrol kualitas air akan diimplementasikan pada sistem akuaponik, yang terletak di luar ruangan. Hal tersebut tentu membuat beberapa komponen dari sistem kontrol harus ditutup agar terlindung dari air dan menghindari korsleting. Namun meskipun ditutup, LCD tetap harus terlihat dari luar tutup agar mudah melakukan pengecekan pada sistem. Setelah melindungi beberapa komponen yang perlu dilindungi, maka sistem kontrol harus dibungkuskan pada sumber listrik agar dapat berjalan.

Saat sistem kontrol beroperasi pada sistem akuaponik, larutan aktuator akan ditambahkan secara periodik, yang menyebabkan volume air pada sistem akuaponik meningkat. Namun penambahan volume tersebut tidak akan dapat menyebabkan air memenuhi kolam yang berakibat ikan dapat melompat keluar. Hal tersebut karena terdapat sistem pembuangan pada kolam, yang membuat air otomatis keluar saat volume air melebihi 80%, yaitu dengan menempatkan pipa yang berlubang di dalam kolam. Air yang keluar akibat penambahan volume tersebut adalah air hasil output pipa pada tanaman yang juga merupakan luaran dari pompa air yang memompa air dari dasar kolam, sehingga larutan aktuator, yang terletak jauh dari lubang pembuangan, tidak akan langsung terbuang keluar.

3.2. Hasil Implementasi Sistem Kontrol

3.2.1. Pengujian respon sensor

Pengujian respon sensor berfungsi untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan sensor dalam mengukur perubahan suatu kondisi larutan. Pengujian dilakukan dengan menyiapkan dua buah larutan yang berbeda. Sensor akan dimasukkan ke salah satu larutan, lalu dipindahkan ke larutan yang lain. Pengujian dianggap selesai apabila nilai luaran sensor bersifat stabil setelah proses pemindahan tersebut. Hasil pengujian respon sensor dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Respon Sensor

| Sensor | Hasil Pengujian | | | | |
|--------|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| DO | 20 detik | 28 detik | 16 detik | 21 detik | 13 detik |
| TDS | 22 detik | 26 detik | 25 detik | 20 detik | 26 detik |
| PH | 27 detik | 32 detik | 30 detik | 29 detik | 32 detik |

3.2.2. Pengujian aktuator

Pengujian aktuator dilakukan untuk memastikan aktuator bekerja dengan baik sesuai perintah dari mikrokontroler. Lima buah aktuator dalam penelitian ini akan coba dinyalakan secara bergantian dan berurutan. Aktuator dinyatakan bekerja dengan baik jika menyala secara bergantian dan berurutan juga. Jika terdapat satu saja aktuator yang tidak menyala, maka harus segera diperbaiki dan dicarikan solusinya, bisa dengan mengecek ulang sambungan atau mengganti komponen aktuator yang bersangkutan. Hasil pengujian aktuator dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Aktuator

| No | Studi Kasus | Output | Kesimpulan |
|----|--|--|------------|
| 1 | aktuator 2, 3, 4 menyala selama 1 detik secara bersamaan | aktuator 2, 3, 4 menyala selama 1 detik secara bersamaan | SESUAI |
| 2 | aktuator 1, 4, 5 menyala selama 1 detik secara berurutan | aktuator 1, 4, 5 menyala selama 1 detik secara berurutan | SESUAI |
| 3 | aktuator 1, 2, 3, 5 menyala selama 1 detik secara bersamaan | aktuator 1, 2, 3, 5 menyala selama 1 detik secara bersamaan | SESUAI |
| 4 | aktuator 4, 2, 3, 4 menyala selama 1 detik secara berurutan | aktuator 4, 2, 3, 4 menyala selama 1 detik secara berurutan | SESUAI |
| 5 | Aktuator 1, 2 menyala selama 1 detik secara bersamaan, lalu aktuator 5, 2, 3 menyala selama 1 detik secara berurutan | Aktuator 1, 2 menyala selama 1 detik secara bersamaan, lalu aktuator 5, 2, 3 menyala selama 1 detik secara berurutan | SESUAI |

3.2.3. Pengujian fuzzy logic

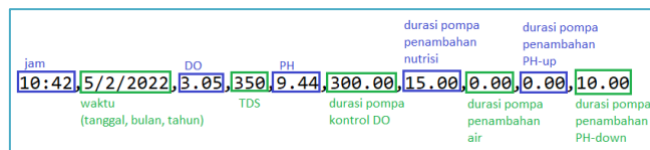
Pengujian fuzzy logic dilakukan dengan melakukan komparasi antara hasil luaran fuzzy pada sistem dengan hasil fuzzy manual. Sistem dijalankan selama beberapa waktu sehingga terdapat beberapa proses kontrol yang telah dicatat dan tersimpan di kartu SD. Hasil Pengujian fuzzy logic ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian fuzzy logic

| No | Input | Output Fuzzy System | Output Fuzzy Manual | Kesimpulan |
|----|---|---|---|------------|
| 1 | - DO: 1,36 - TDS: 319 - PH: 10,97 | - 30 detik pompa air - 15 detik air nutrisi - 0 detik air - 0 detik PH up - 10 detik PH down | - 30 detik pompa air - 15 detik air nutrisi - 0 detik air - 0 detik PH up - 10 detik PH Down | SESUAI |
| 2 | - DO: 3,32 - TDS: 210 - PH: 6,29 | - 23.7 detik pompa air - 11.8 detik air nutrisi - 3.1 detik air - 2.1 detik PH up - 2.1 detik PH down | - 23.7 detik pompa air - 11.8 detik air nutrisi - 3.1 detik air - 2.1 detik PH up - 2.1 detik PH Down | SESUAI |
| 3 | - DO: 3,1 - TDS: 703 - PH: 5,11 | - 30 detik pompa air - 15 detik air nutrisi - 0 detik air - 10 detik PH up - 0 detik PH down | - 30 detik pompa air - 15 detik air nutrisi - 0 detik air - 10 detik PH up - 0 detik PH Down | SESUAI |

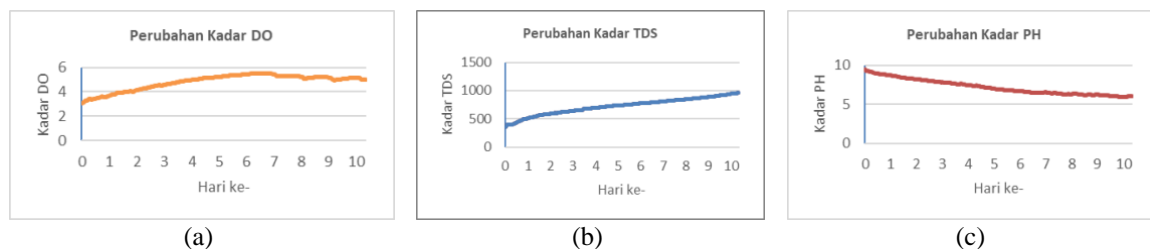
3.2.4. Hasil Implementasi Sistem Kontrol Kualitas Air

Setelah sistem kontrol diimplementasikan pada sistem akuaponik selama 10 hari, didapatkan hasil log sistem. Log sistem, yang disimpan pada kartu SD, bertambah setiap sistem melakukan proses kontrol. Data yang disimpan dalam log adalah data waktu kontrol, nilai sensor (DO, TDS, dan PH) dan durasi aktuatur (pompa, nutrisi, air, PH up, dan PH down). Contoh log pada Gambar 7 dapat diartikan bahwa pada tanggal 5 Februari 2022 pukul 10:42, kondisi air kolam memiliki kadar DO sebesar 3,05 mg/L, TDS sebesar 350 ppm, dan PH sebesar 9,44, sistem melakukan kontrol dengan menyalakan pompa kontrol DO selama 300 detik, yaitu setara dengan 91,7 L, pompa untuk mengalirkan air nutrisi selama 15 detik, yaitu setara dengan 417 ml, pompa untuk penambahan volume air kolam selama 0 detik, pompa untuk mengalirkan PH up selama 0 detik, dan pompa untuk mengalirkan PH down selama 10 detik, yaitu setara dengan 278 ml.



Gambar 7. Contoh log sistem

Berdasarkan implementasi sistem kontrol selama 10 hari, didapatkan hasil bahwa kualitas air pada akuaponik membaik secara perlahan. Sistem tidak melakukan kontrol secara sempurna, yaitu hingga mencapai standar dengan satu kali kontrol, agar ikan nila lebih mudah untuk beradaptasi pada perubahan kualitas air secara perlahan tersebut. Kadar DO dalam air berubah secara perlahan hingga mencapai standar yang telah ditentukan, yaitu minimal pada angka 5 mg/L. Ketika kadar DO turun di bawah standar, maka sistem berusaha untuk menyesuaikan kembali agar sesuai standar (lihat Gambar 8 (a)). Kadar TDS dalam air yang pada saat awal penerapan sangat rendah, yaitu di bawah 400 ppm (lihat Gambar 8 (b)), maka sistem melakukan kontrol dengan meningkatkan kadar TDS-nya agar sesuai dengan standarnya, yaitu 1100 ppm. Selain itu, sistem juga melakukan kontrol PH, yang pada awal penerapan memiliki nilai lebih dari 9 (lihat Gambar 8(c)), secara perlahan agar sesuai standarnya, yaitu antara 6,0 – 6,5.



Gambar 8. Grafik perubahan (a) kadar DO (b) kadar TDS (c) kadar PH

4. Kesimpulan

Sistem kontrol yang diterapkan pada akuaponik dapat membantu para pembudidaya menjaga kualitas air agar tetap sesuai standar tanpa membutuhkan banyak waktu dan tenaga. Pengendalian kualitas air dilakukan secara periodik dan perlahan, yaitu agar perubahan kondisi air tidak terlalu drastis, supaya ikan nila mudah

beradaptasi dengan perubahan kondisi air. Penerapan sistem kontrol pada akuaponik berdampak baik bagi pertumbuhan cabai rawit dan kebiasaan ikan nila ketika kualitas air rendah tidak muncul.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik. (2015). Jumlah Penduduk Hasil Proyeksi Menurut Provinsi dan Jenis Kelamin (Ribu Jiwa). Dipetik 2 16, 2021, dari <https://www.bps.go.id/indicator/12/1886/1/jumlah-penduduk-hasil-proyeksi-menurut-provinsi-dan-jenis-kelamin.html>
- [2] Dauhan, R. E., Efendi, E., & Suparmono. (2014). Efektifitas Sistem Akuaponik dalam Mereduksi Konsentrasi Amonia pada Sistem Budidaya Ikan. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 3(1), 297-302.
- [3] Purnomo, D., & Harjoko, D. (2016). Budidaya Cabai Rawit Sistem Hidroponik Substrat dengan Variaasi Media dan Nutrisi. *Journal of Sustainable Agriculture*, 31(2), 129-136.
- [4] Boyd, C. E., & Pillai, V. K. (1984). *Water Quality Management in Aquaculture*. Alabama: CMFRI.
- [5] Pertiwi, A., Sundani, D., Triawati, E., Anshori, A. I., Candra, R., Sudiro, S. A., & Sulistyorini, T. (2010). *Buku Ajar Sistem Tertanam*. Depok: Universitas Gunadarma.
- [6] Yulmaini. (2018). *Studi Kasus & Penyelesaian Menggunakan Microsoft Excel dan Matlab*. Yogyakarta: ANDI.
- [7] Direktorat Usaha Budidaya. (2013). *Usaha Pembesaran Ikan Nila Skala Rumah Tangga*. Retrieved 2 18, 2021, from http://fpik.bunghatta.ac.id/files/downloads/KKN-PPM/KKN-PPM%202015/leaflet_pembesaran_ikan_nila_skala_rumah_tangga.pdf
- [8] Handayani, V. V. (2020). Kandungan Nutrisi yang Terdapat dalam Ikan Nila. Retrieved 2 18, 2021, from <https://www.halodoc.com/artikel/kandungan-nutrisi-yang-terdapat-dalam-ikan-nila>
- [9] Munandar, M., R. R., & Usman, M. (2017). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Permintaan Cabai Merah di Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*, 2(3), 80-91.
- [10] Agustina, S., Widodo, P., & Hidayah, H. A. (2014). Analisis Fenetik Kultivar Cabai Besar Capsicum Annumm L dan Cabai Kecil Capsicum Frutescens. *Scripta Biologica*, 1(1), 113-123.
- [11] Badan Ketahanan Pangan. (2021). Ketahanan Pangan Nasional Semakin Meningkatkan. Dipetik 2 16, 2021, dari <http://bkp.pertanian.go.id/blog/post/ketahanan-pangan-nasional-semakin-meningkat>
- [12] Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Mendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.