

PENGAMBILAN KEPUTUSAN UNTUK KUALITAS AIR PADA TAMBAK UDANG MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROL

Indra Dwisaputra^[1], Boy Rolastin^[2], Irwan^[1], Angga Sateria^[2]

^[1]Program Studi D-IV Teknik Elektronika, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Jl. Timah Raya, Kawasan Industri Air Kantung, Sungailiat, Indonesia 33211

^[2]Program Studi D-III Teknik Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Jl. Timah Raya, Kawasan Industri Air Kantung, Sungailiat, Indonesia 33211

ABSTRACT

Indra Dwisaputra, Boy Rolastin, Irwan, Angga Satera, in this paper explain that one commodity that can be used as a superior post-mining area such as Bangka Belitung is shrimp ponds. Touch of technology is needed because of high rainfall in this area so that changes in temperature, humidity, salinity and pH are more dynamic. Then we need a control to determine the water quality in shrimp ponds to avoid crop failure. This research was conducted by means of simulations to make it easier to analyze the results before applying. Fuzzy logic control (FLC) method is used for the water quality decision making system. By utilizing 3 input variables such as temperature, salinity and pH of water and output is an index of water quality from a scale of 0-100. The Mamdani method is applied to FLC with 27 fuzzy rules. The simulation results show that a change in one of the input variables can cause water quality to drop to 70. When there are changes in the two input variables, it can reduce water quality by 25.1. FLC can work well in decision making for water quality in shrimp culture.

Keywords: Shrimp Pond; Water Quality; Decision Making; Fuzzy Logic Control;

PENDAHULUAN

Bangka Belitung adalah provinsi kepulauan yang memiliki banyak danau bekas tambang. Danau bekas tambang dapat digunakan sebagai lahan budidaya. Tanah budidaya di Belitung sangat dipengaruhi oleh alam. Kondisi geografis yang merupakan provinsi pulau menyebabkan curah hujan lokal sering. Kondisi cuaca yang sering berubah menyebabkan kondisi air berubah dengan cepat. Curah hujan yang tinggi menyebabkan perubahan kualitas air sangat dinamis. Pada 2010 curah hujan rata-rata pada tahun itu mencapai 287 mm. Petani budidaya di Bangka Belitung umumnya membudidayakan kolam buatan tradisional. Kurangnya sentuhan teknologi dalam proses budidaya menyebabkan hasil yang tidak optimal. Suhu, pH, dan salinitas air adalah beberapa komponen terpenting dalam akuakultur. Untuk membantu akuakultur, petani perlu membuat sistem pemantauan suhu, pH, dan salinitas air untuk menghindari optimalisasi pertumbuhan perikanan karena pengaruh kualitas air.

Pemantauan kondisi air menggunakan sensor nirkabel juga dilakukan secara online di danau. Dari tes itu dihasilkan akurasi $\pm 0,05$ pH dan $0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu[1]. Penggunaan sensor suhu dan pH untuk memantau kualitas air dapat dilakukan dengan rangkaian Op-Amp sebagai pengkondisi sinyal. Hasil pengkondisi sinyal diproses menggunakan mikrokontroler yang kemudian dikirim secara nirkabel. Dari percobaan, diperoleh akurasi 2 akurasi $^{\circ}\text{C}$ untuk rentang akurasi $0-40^{\circ}\text{C}$ [2]. Penelitian tentang kondisi air menggunakan metode Wireless Sensor Network (WSN) telah dilakukan dalam bentuk web[3]. Triya Hayunisa menggunakan FLC untuk mengontrol tingkat oksigen yang terlarut

dalam air[4]. Para penulis percaya bahwa konsep logika fuzzy, jika digunakan secara logis, dapat menjadi alat yang efektif untuk beberapa masalah kebijakan lingkungan[5].

Kisaran nilai pH dapat dikatakan mendukung untuk kelanjutan usaha budidaya tambak udang berkisar antara 7,39 sampai 8,27[9]. Udang dapat tumbuh Optimal pada kisaran pH 8 hingga 8,5. Perubahan pH sedikit saja akan mengurangi produktivitas primer. Kehidupan jasad renik perairan dipengaruhi oleh derajat keasaman (pH) air. Perairan asam (pH kurang dari 7) akan kurang produktif dan dapat membunuh udang dalam air. Dalam hal ini akan menyebabkan oksigen terlarut berkurang dan sebagai akibatnya konsumsi oksigen menurun, aktivitas pernafasan naik serta nafsu makan akan berkurang[7]. Untuk menaikkan nilai pH di tambak biasanya diberikan kapur dolomit pada bagian dalam pematang tambak.

Hasil pengamatan terhadap perubahan kualitas air yang di peroleh selama penelitian rata-rata $26,79^{\circ}\text{C}$. Suhu sangat berpengaruh terhadap konsumsi oksigen, pertumbuhan, sintasan udang dalam lingkungan budidaya perairan[6]. Nilai suhu yang didapatkan dalam penelitian ini masih dalam kategori yang optimal dalam pertumbuhan dan sintasan udang. Keberhasilan dalam budidaya udang suhu berkisar antara $20-30^{\circ}\text{C}$ [11,12]. Fluktuasi perubahan suhu harus kurang dari 3°C [10].

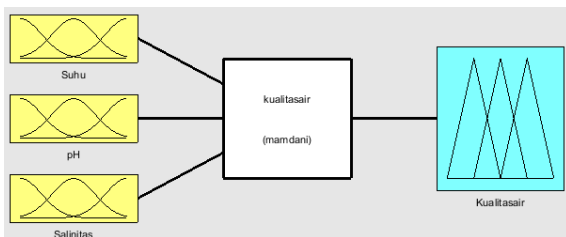
Kisaran nilai salinitas yang diperoleh dapat dikatakan kurang baik untuk budidaya tambak udang, karena pertumbuhan udang akan terhambat. Salinitas yang baik untuk budidaya tambak udang adalah 12-20 ppt, sedangkan udang akan mengalami kematian pada salinitas lebih besar dari 50 ppt. Metabolisme pigmen udang tidak sempurna dan

mudah terserang penyakit apabila salinitas air tambak kurang dari 12 ppt[8]. Penerapan FLC untuk kualitas air tambak udang telah dilakukan dengan variabel suhu, salinitas dan kekeruhan air[12]. Metode FLC telah diimplementasikan juga untuk mengontrol kualitas air laut pada budidaya ikan kerapu dengan variabel Nilai sistem kendali salinitas 31,14-32,98 PPT, pH 7,78-8,2, temperatur 27°C-29,98°C, dan tingkat kekeruhan 9,90-14,85 NTU[13].

Penelitian ini menekankan pada pembuatan sistem pemantauan kualitas air di tambak budidaya bekas penambangan. Standar kualitas air yang digunakan adalah untuk budidaya udang. Fuzzy Logic Control digunakan untuk memberikan keputusan tingkat kualitas air. Ada tiga input untuk menentukan kualitas air, yang didasarkan pada suhu, pH, dan salinitas. Dengan output level kualitas air pada skala 0 - 100.

DESAIN KONTROLER

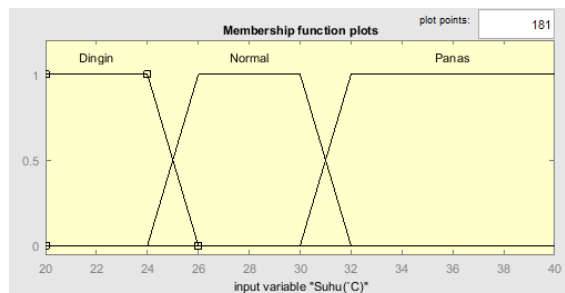
Penelitian ini dilakukan dengan cara simulasi. Tahap pertama untuk simulasi adalah mendesain sistem kontrol yang digunakan. Desain FLC menggunakan 3 input dan 1 output. Rules fuzzy menggunakan metode mamdani. Input-input ini dipilih berdasarkan variabel yang mempengaruhi kualitas air pada tambak udang. Desain blok diagram FLC dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram FLC

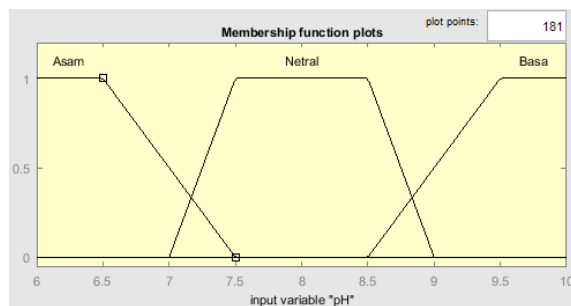
Membership Function Inputs

Ada 3 Input yang digunakan pada sistem ini. Input pertama adalah suhu air. Suhu air yang digunakan dalam satuan derajat Celcius (°C) dan dibagi menjadi 3 membership function yaitu Dingin, Normal dan Panas. Pembagian nilai suhu untuk setiap membership function berdasarkan literatur dan studi pustaka. Suhu dapat dikategorikan "Dingin" jika bernilai ≤ 26 °C. Kondisi "Normal" saat suhu bernilai 24 °C - 32 °C. Suhu dapat dikatakan "Panas" jika bernilai ≥ 30 °C. Gambar membership function suhu dapat dilihat pada gambar 2.



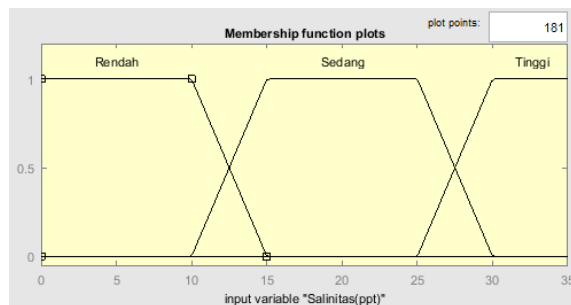
Gambar 2. Membership Function Input Suhu

Input FLC yang kedua adalah power of Hydrogen (pH) air. Input pH dibagi menjadi 3 membership function yaitu Asam, Netral dan Basa. Input pH dapat dikategorikan Asam jika mempunyai nilai ≤ 7.5 . Input pH dapat dikategorikan Basa jika mempunyai rentang nilai 7 - 9. Input pH dapat dikategorikan Netral jika mempunyai rentang nilai ≥ 8.5 . Gambar membership function input pH dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Membership Function pH

Input FLC yang ketiga adalah salinitas air. Input salinitas air dibagi menjadi 3 membership function yaitu Rendah, Sedang dan Tinggi. Input salinitas air dapat dikategorikan Rendah jika mempunyai nilai ≤ 15 . Input salinitas air dapat dikategorikan Sedang jika mempunyai rentang nilai 10-30. Input salinitas air dapat dikategorikan Tinggi jika mempunyai rentang nilai ≥ 25 . Gambar membership function input salinitas air dapat dilihat pada gambar 4.

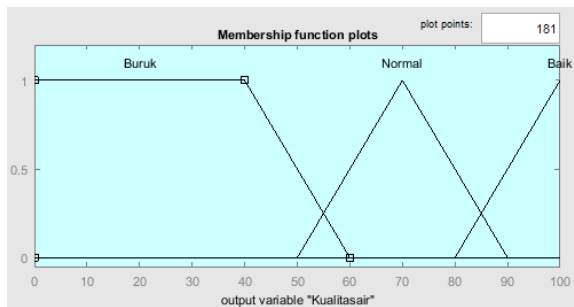


Gambar 4. Membership Function Salinitas

Membership Function Output

Output pada sistem ini adalah kualitas air. Nilai kualitas air direpresentasikan dengan angka 0-100. Indek kualitas air dikategorikan Buruk jika

mempunyai nilai ≤ 60 . Indeks kualitas air dikategorikan Normal jika mempunyai rentang nilai dari 50-90. Indeks kualitas air dikategorikan Baik jika mempunyai nilai dari ≤ 80 .



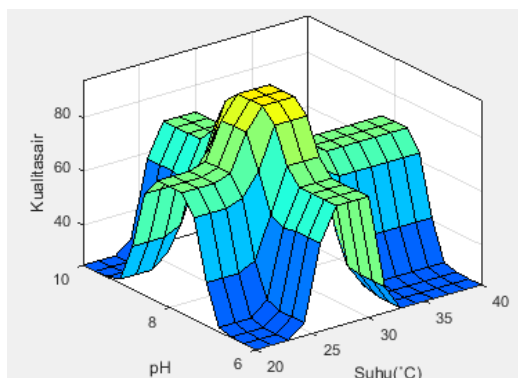
Gambar 5. Membership Function Output

Aturan Fuzzy

Terdapat 3 input dan masing-masing input memiliki 3 membership function. Setiap membership function pada setiap input dipasangkan dengan membership function pada input yang lain sehingga keseluruhan kemungkinan yang akan didapatkan adalah sebanyak 27 rules fuzzy. Setiap rules fuzzy kemudian menentukan output sistem. Rules fuzzy tersebut adalah sebagai berikut:

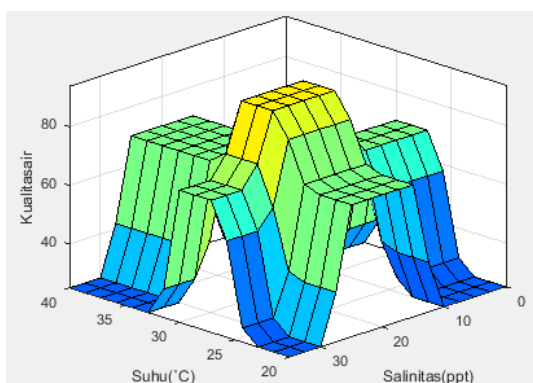
1. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Dingin) and (pH is Asam) and (Salinitas(ppt) is Rendah) then (Kualitasair is Buruk)*
2. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Dingin) and (pH is Asam) and (Salinitas(ppt) is Sedang) then (Kualitasair is Buruk)*
3. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Dingin) and (pH is Asam) and (Salinitas(ppt) is Tinggi) then (Kualitasair is Buruk)*
4. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Dingin) and (pH is Netral) and (Salinitas(ppt) is Rendah) then (Kualitasair is Buruk)*
5. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Dingin) and (pH is Netral) and (Salinitas(ppt) is Sedang) then (Kualitasair is Normal)*
6. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Dingin) and (pH is Netral) and (Salinitas(ppt) is Tinggi) then (Kualitasair is Buruk)*
7. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Dingin) and (pH is Basa) and (Salinitas(ppt) is Rendah) then (Kualitasair is Buruk)*
8. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Dingin) and (pH is Basa) and (Salinitas(ppt) is Sedang) then (Kualitasair is Buruk)*
9. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Dingin) and (pH is Basa) and (Salinitas(ppt) is Tinggi) then (Kualitasair is Buruk)*
10. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Normal) and (pH is Asam) and (Salinitas(ppt) is Rendah) then (Kualitasair is Buruk)*
11. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Normal) and (pH is Asam) and (Salinitas(ppt) is Sedang) then (Kualitasair is Normal)*
12. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Normal) and (pH is Asam) and (Salinitas(ppt) is Tinggi) then (Kualitasair is Buruk)*
13. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Normal) and (pH is Netral) and (Salinitas(ppt) is Rendah) then (Kualitasair is Normal)*
14. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Normal) and (pH is Netral) and (Salinitas(ppt) is Sedang) then (Kualitasair is Baik)*
15. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Normal) and (pH is Netral) and (Salinitas(ppt) is Tinggi) then (Kualitasair is Normal)*
16. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Normal) and (pH is Basa) and (Salinitas(ppt) is Rendah) then (Kualitasair is Buruk)*
17. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Normal) and (pH is Basa) and (Salinitas(ppt) is Sedang) then (Kualitasair is Normal)*
18. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Normal) and (pH is Basa) and (Salinitas(ppt) is Tinggi) then (Kualitasair is Buruk)*
19. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Panas) and (pH is Asam) and (Salinitas(ppt) is Rendah) then (Kualitasair is Buruk)*
20. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Panas) and (pH is Asam) and (Salinitas(ppt) is Sedang) then (Kualitasair is Buruk)*
21. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Panas) and (pH is Asam) and (Salinitas(ppt) is Tinggi) then (Kualitasair is Buruk)*
22. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Panas) and (pH is Netral) and (Salinitas(ppt) is Rendah) then (Kualitasair is Buruk)*
23. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Panas) and (pH is Netral) and (Salinitas(ppt) is Sedang) then (Kualitasair is Normal)*
24. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Panas) and (pH is Netral) and (Salinitas(ppt) is Tinggi) then (Kualitasair is Buruk)*
25. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Panas) and (pH is Basa) and (Salinitas(ppt) is Rendah) then (Kualitasair is Buruk)*
26. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Panas) and (pH is Basa) and (Salinitas(ppt) is Sedang) then (Kualitasair is Buruk)*
27. *If (Suhu($^{\circ}$ C) is Panas) and (pH is Basa) and (Salinitas(ppt) is Tinggi) then (Kualitasair is Buruk)*

Hubungan antara pH dan suhu terhadap output kualitas air dibuatkan dalam bentuk plot surface maka akan menghasilkan grafik dibawah ini.



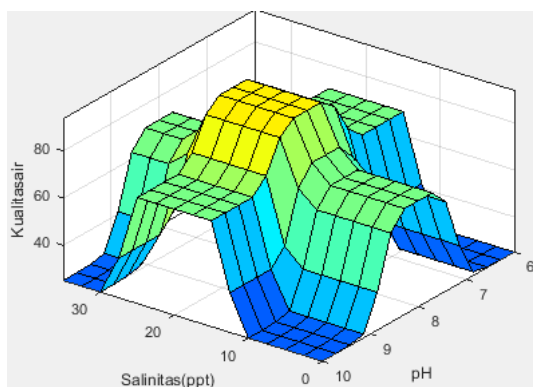
Gambar 6. Plot Surface pH, Suhu dan Kualitasair

Hubungan antara suhu dan salinitas terhadap output kualitas air dibuatkan dalam bentuk plot surface maka akan menghasilkan grafik dibawah ini.



Gambar 7. Plot Surface Suhu, Salinitas dan Kualitasair

Hubungan antara salinitas dan pH terhadap output kualitas air dibuatkan dalam bentuk plot surface maka akan menghasilkan grafik dibawah ini.



Gambar 8. Plot Surface Salinitas, pH terhadap Kualitasair

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem kerja FLC dilakukan dengan mengkombinasikan kemungkinan-kemungkinan yang ada, secara umum dilakukan dengan 2. Cara pertama adalah melakukan perubahan 1 variabel saja yang mana 2 variabel lainnya dalam kondisi stabil. Cara kedua dengan memberikan perubahan 2 variabel dengan kondisi dinamis dan satu variabel statis.

Pengujian Indeks Kualitasair saat perubahan Salinitas

Pengujian dilakukan dengan memberikan perubahan Salinitas (ppt) dengan suhu 28 °C dan pH 8 dalam kondisi stabil. Perubahan salinitas tersebut ternyata berdampak terhadap Indeks kualitasair. Ketika salinitas turun maka kualitasair akan turun hingga bernilai 70. Demikian sebaliknya ketika salinitas naik ke angka 32 ppt maka kualitas air akan turun ke angka 70. Hasil pengujian perubahan salinitas dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil FLC ketika perubahan Salinitas

Suhu (°C)	pH (0-14)	Salinitas (ppt)	Indeks Kualitasair (0-100)
28	8	7	70
28	8	12	75,7
28	8	20	93,7
28	8	27	78,8
28	8	32	70

Pengujian Indeks Kualitasair saat perubahan pH

Pengujian dilakukan dengan memberikan perubahan pH dengan suhu 28 °C dan salinitas 20 dalam kondisi stabil. Perubahan pH tersebut juga berdampak terhadap Indeks kualitasair. Ketika pH turun maka kualitasair akan turun hingga bernilai 70. Demikian sebaliknya ketika pH naik ke angka 9,25 maka kualitas air akan turun ke angka 70. Hasil pengujian perubahan salinitas dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil FLC ketika perubahan pH

Suhu (°C)	pH (0-14)	Salinitas (ppt)	Indeks Kualitasair (0-100)
28	6,5	20	70
28	7,25	20	80,5
28	8	20	93,7
28	8,75	20	80,2
28	9,25	20	70

Pengujian Indeks Kualitasair saat perubahan suhu

Pengujian dilakukan dengan memberikan perubahan suhu dengan pH 8 dan salinitas 20 ppt dalam kondisi stabil. Perubahan suhu tersebut juga berdampak terhadap Indeks kualitasair. Ketika suhu turun ke angka 28 °C maka kualitasair akan turun hingga bernilai 70. Demikian sebaliknya ketika suhu naik ke angka 33 °C maka kualitas air akan turun ke angka 70. Hasil pengujian perubahan salinitas dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil FLC ketika perubahan Suhu

Suhu (°C)	pH (0-14)	Salinitas (ppt)	Indeks Kualitasair (0-100)
28	8	20	70
25	8	20	77,2
28	8	20	93,7
31	8	20	77,2
33	8	20	70

Pengujian Indeks Kualitasair saat perubahan salinitas dan pH

Pengujian dilakukan dengan memberikan perubahan pH dan Salinitas, dengan suhu dibuat stabil di angka 28 °C. Semakin buruk kualitas pH dan Salinitas akan mengakibatkan Indeks Kualitasair semakin kecil. Saat pH turun ke 6,25 dan Salinitas turun ke angka 7 Indeks Kualitas air menurun hingga ke angka 25,1. Tabel hasil pengujian FLC untuk perubahan salinitas dan pH dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil FLC ketika perubahan pH dan Salinitas

Suhu (°C)	pH (0-14)	Salinitas (ppt)	Indeks Kualitasair (0-100)
28	6,25	7	25,1
28	6,25	12,75	43,7
28	7,25	12,75	57,3
28	8	20	93,7
28	8,75	27,5	57,7
28	8,75	31	49,4
28	9,5	31	25,1

Pengujian Indeks Kualitasair saat perubahan salinitas dan suhu

Pengujian dilakukan dengan memberikan perubahan Salinitas dan Suhu, dengan pH dibuat stabil di angka 8. Semakin buruk kualitas Suhu dan Salinitas akan mengakibatkan Indeks Kualitasair

semakin kecil. Saat Suhu turun ke 23 dan Salinitas turun ke angka 8, Indeks Kualitas air menurun hingga ke angka 25,1. Tabel hasil pengujian FLC untuk perubahan salinitas dan pH dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil FLC ketika perubahan Salinitas dan suhu

Suhu (°C)	pH (0-14)	Salinitas (ppt)	Indeks Kualitasair (0-100)
23	8	8	25,1
25	8	8	41,9
25	8	12,5	49
28	8	20	93,7
31	8	27	51,8
34	8	27	45,5
34	8	30	25,1

Pengujian Indeks Kualitasair saat perubahan Suhu dan pH

Pengujian dilakukan dengan memberikan perubahan Suhu dan pH, dengan salinitas dibuat stabil 20 ppt. Semakin buruk kualitas Suhu dan pH akan mengakibatkan Indeks Kualitasair semakin kecil. Saat Suhu turun ke 23 dan pH turun ke angka 6,25, Indeks Kualitas air menurun hingga ke angka 25,1. Tabel hasil pengujian FLC untuk perubahan salinitas dan pH dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil FLC ketika perubahan suhu dan pH

Suhu (°C)	pH (0-14)	Salinitas (ppt)	Indeks Kualitasair (0-100)
23	6,25	20	25,1
25	6,25	20	41,9
25	7,25	20	57,7
28	8	20	93,7
31	8,75	20	57,7
34	8,75	20	49,4
34	9,5	20	25,1

KESIMPULAN

Fuzzy Logic Control telah di desain dengan menggunakan 3 buah variabel input yaitu suhu, pH dan salinitas yang mempengaruhi tingkat kualitasair pada tambak udang. Aturan fuzzy dijalankan dengan metode Mamdani dengan 27 aturan. Hasil FLC menunjukkan bahwa nilai variabel tertinggi adalah 93,7 dengan nilai terendah adalah 25,1. Perubahan 1 variabel input menyebabkan perubahan kualitas air

hingga mencapai 70. Perubahan 2 variabel input akan menyebabkan kualitas air turun drastis hingga mencapai 25,1. FLC sudah bekerja dengan baik dan dapat digunakan dalam memutuskan kualitas air pada kolam budidaya udang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Jiang, H. Xia, Z. He, and Z. Wang, **Design of a Water Environment Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks**, *Sensors J.*, vol. 9, no. ISSN 1424-8220, pp. 4537–4540, 2009.
- [2] N. A. Cloete, R. Malekian, and L. Nair, **Design of Smart Sensors for Real-Time Water Quality Monitoring**, *IEEE Access*, vol. 4, no. 9, pp. 3975–3990, 2016.
- [3] A. Sabiq and P. N. Budisejati, **Sistem Pemantauan Kadar pH, Suhu dan Warna pada Air Sungai Melalui Web Berbasis Wireless Sensor Network**, *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 5, no. 3, p. 94, 2017.
- [4] T. Haiyunnisa, H. S. Alam, and T. I. Salim, **Design and implementation of fuzzy logic control system for water quality control**, *Proc. 2nd Int. Conf. Autom. Cogn. Sci. Opt. Micro Electro-Mechanical Syst. Inf. Technol. ICACOMIT 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 98–102, 2018.
- [5] V. Raman Bai, R. Bouwmeester, and s. Mohan, **Fuzzy logic water quality index and importance of water quality parameters**, *Air, Soil Water Res.*, vol. 2, pp. 51–59, 2009.
- [6] P. Lu-Qing, F. Bo, J. Ling-Xu, and L. Jing, **The effect of temperature on selected immune parameters of the white shrimp, *Litopenaeus vannamei***, *J. World Aquac. Soc.*, vol. 38, no. 2, pp. 326–332, 2007.
- [7] Buwono, I.D., **Tambak Udang Windu Sistem Pengelolaan Berpola Intensif**. PT. Kanisius, Yogyakarta : 29-37, 1993
- [8] Hamid, 2002, **Alokasi Pemanfaatan Wilayah Pesisir Kabupaten Garut untuk Budidaya Tambak Udang Melalui Analisis Sistem Informasi Geografis**. Tesis. Tidak Dipublikasikan. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor : 9-21
- [9] Pramono, G.H., W. Ambarwulan dan M.I. Cornelia, 2005, **Prosedur dan Spesifikasi Teknis Analisis Kesesuaian Budidaya Tambak Udang**, *Bakorsurtanal, Jakarta* : 21 – 25
- [10] Pan-Lu-Qing, Fang bo, Jiang Ling-Xu, and Liu-Jing. **The effect of temperature on selected immune parameters of white shrimp, *Litopenaeus vannamei***, *Journal of the World Aquaculture Society*. 38 (2), 326-332. 2007
- [11] Liao, I.C. dan Murai, T., **Effects of dissolved oxygen, temperatur, and salinity on the oxygen consumption of grass shrimp, *Penaeus monodon***. In: Maclean, J.L., Dizon, L.B. and Hosillos, L.VV. (Eds): *The First Asian Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philipinnes*, p : 641-646, 1986
- [12] Ayu Samura, Wijaya Kurniawan, Gembong Edhi Setyawan, **Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Windu Dengan Metode Fuzzy Logic Control Menggunakan Mikrokontroler NI myRIO**. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, e-ISSN: 2548-964X Vol. 2, No. 9, September 2018, hlm. 2644-2653
- [13] Anizar Indriani1, Marahalim Fajri , Hendra, Yovan Witanto, **Kontrol Kualitas Kadar Air Laut Menggunakan Fuzzy Logic Untuk Habitat Ikan Kerapu**, *Seminar FORTEI 2019*