

# Pengaturan Oksigen Terlarut Menggunakan Metode Logika *Fuzzy* Berbasis Mikrokontroler *Teensy Board*

Luthfi Riadhi, Muhammad Rivai, dan Fajar Budiman

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

*e-mail*: fajarbudiman@ee.its.ac.id

**Abstrak**—Oksigen terlarut merupakan faktor kritis dalam budidaya pembenihan ikan dan menentukan tingkat keberhasilan dan kegagalan dalam proses meningkatkan kualitas serta kuantitas pembenihan ikan. Kadar oksigen terlarut yang rendah menyebabkan proses penguraian, reproduksi, dan pertumbuhan di dalam kolam tidak berjalan dengan baik sehingga menyebabkan kematian pada ikan. Pada penelitian ini penulis membuat sistem yang dapat mengatur kadar oksigen terlarut dalam air dengan memanfaatkan sensor *Dissolved Oxygen Meter AZ-8403*. Presentase kadar oksigen dikendalikan dengan *Fuzzy Logic* yang diimplementasikan di dalam mikrokontroler *Teensy board*. Ketika level oksigen di bawah nilai *setting point* maka aerator diaktifkan untuk menghasilkan kadar oksigen terlarut di dalam air. Hasil pengujian yang dilakukan pada akuarium yang berisi ikan di dalamnya didapatkan nilai kesalahan untuk pembacaan sensor oksigen terlarut sebesar 0.075%. Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa respon sistem membutuhkan waktu 1 menit untuk mencapai nilai *setting point*.

**Kata Kunci**—Kontrol Logika *Fuzzy*, Oksigen Terlarut, *Teensy Board*.

## I. PENDAHULUAN

DALAM pembudidayaan ikan, keberhasilan dibidang pembenihan sangat ditentukan oleh beberapa faktor antara lain: kualitas benih, kualitas air, pengolahan dan sebagainya. Faktor kualitas air dalam hal ini meliputi: suhu air, salinitas, pH, dan oksigen terlarut (DO).

Salah satu masalah dalam *aquaculture* yaitu mengetahui dan mengatasi masalah kadar oksigen dalam ekosistem air. Pada tahun 2012 terdapat kasus kematian ikan pada budidaya ikan di Wukisari kecamatan Cangkringan, Sleman, Yogyakarta. Target pembenihan ikan lele sekitar 943.200 ekor dan hasil yang didapat hanya sekitar 419.200 ekor [1]. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa tingkat kelangsungan hidup bibit ikan lele sebesar 34,22% atau tingkat kematian larva sebesar 65,78% dalam satu siklus pembenihan [2]. Kualitas air menjadi faktor yang sangat menentukan tingkat keberhasilan budidaya ikan. Salah satu faktor kualitas air yang menyebabkan tingginya kematian ikan adalah kadar oksigen terlarut [3]. Kadar oksigen terlarut yang rendah menyebabkan proses penguraian, reproduksi, dan pertumbuhan di dalam kolam tidak berjalan dengan baik. Nilai minimum kadar oksigen terlarut untuk budidaya ikan adalah 3 ppm [4]. Kebutuhan oksigen terlarut pada ikan dipengaruhi oleh umur, aktivitas dan kondisi perairan [5]. Kandungan oksigen berpengaruh pada proses oksidasi dan reduksi bahan organik

dan anorganik [6]. Kekurangan oksigen akan menyebabkan ikan kurang nafsu makan dan berkembangnya bakteri yang menyebabkan kematian pada ikan. Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun sistem pengaturan oksigen terlarut menggunakan metode fuzzy berbasis mikrokontroler. Sistem ini diharapkan dapat digunakan sebagai alat kontrol oksigen terlarut yang efektif, murah, dan mudah penggunaannya.

## II. TEORI PENUNJANG

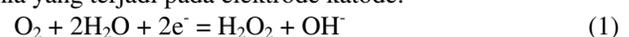
### A. Faktor Kualitas Kolam Air Tawar

Secara umum kualitas air berhubungan dengan kandungan bahan yang terlarut di dalamnya. Kesesuaian lingkungan hidup untuk setiap ikan berbeda. Jika keadaan tidak sesuai maka dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangannya. Beberapa faktor dapat mempengaruhi kualitas ikan adalah oksigen terlarut, temperatur, derajat keasaman (pH), dan salinitas.

Oksigen sangat diperlukan untuk pernapasan dan metabolisme ikan serta jasad renik dalam air. Kandungan oksigen yang tidak mencukupi kebutuhan ikan dan biota lainya dapat menyebabkan penurunan daya hidup ikan. Temperatur air sangat berpengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan ikan. Temperatur air yang tidak cocok, baik terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan ikan tidak dapat bertumbuh dengan baik. Temperatur yang cocok untuk pertumbuhan ikan adalah berkisar antara 15°C -30°C. Salinitas adalah konsentrasi dari total ion yang terdapat didalam perairan. Salinitas mempunyai peran penting dan memiliki ikatan erat dengan kehidupan organisme perairan termasuk ikan, dimana secara fisiologis salinitas berkaitan erat dengan penyesuaian tekanan osmotik ikan tersebut.

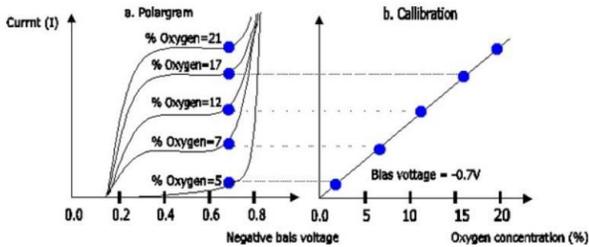
### B. Sensor *Dissolved Oxygen AZ- 8403*

Prinsip kerja *Dissolved Oxygen (DO)* meter adalah berdasarkan fenomena polarografi yang terjadi di antara dua elektrode katode dan anode. Tegangan listrik negatif diberikan kepada elektrode katode. Adanya tegangan negatif ini akan mengakibatkan reaksi kimia terjadi secara cepat antara air dan oksigen terlarut pada permukaan katode. Berikut adalah reaksi kimia yang terjadi pada elektrode katode:





Gambar 1. Dissolved Oxygen AZ- 8403.



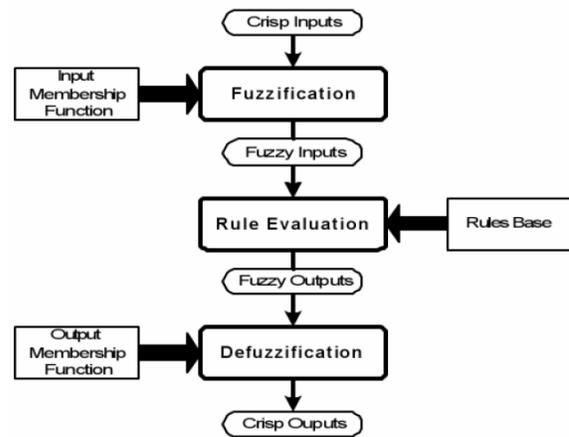
Gambar 2. Kurva kalibrasi pembacaan DO meter [7].

Tegangan listrik akan terus naik mencapai nilai jenuh yang setara dengan sudah bereaksinya seluruh oksigen terlarut pada permukaan katode. Tegangan listrik jenuh ini ditandai dengan hampir naiknya pembacaan arus listrik, setelah beberapa saat diam di satu nilai meskipun nilai tegangan dinaikkan. Setelah melewati tegangan jenuh ini, arus listrik terus naik jika tegangan terus ditambah. Naiknya nilai arus ini terjadi karena reaksi kimia lain telah terjadi, terutama adalah reaksi pecahnya molekul air  $H_2O$  menjadi ion  $H^+$  dan  $OH^-$ . Gambar 1 menunjukkan contoh dissolved oxygen meter.

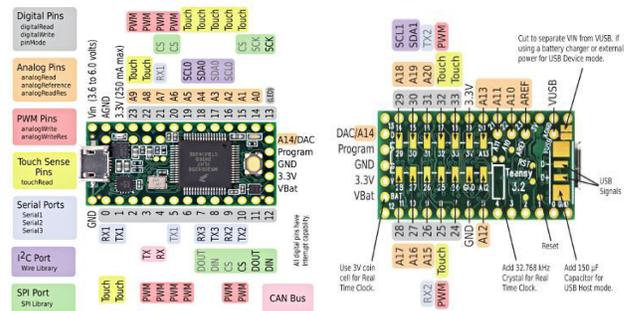
Pembacaan nilai oksigen terlarut didapatkan dari nilai arus listrik pada saat semua oksigen terdifusi pada permukaan elektrode katode. Dengan kata lain, arus listrik yang terbaca pada saat sistem mencapai tegangan jenuh, setara dengan besaran oksigen terlarut. Penggunaan metode kalibrasi linier akan diperoleh nilai oksigen terlarut yang dicari, ditunjukkan pada Gambar 2.

C. Logika Fuzzy

Logika Fuzzy adalah suatu cabang ilmu *Artificial Intelligence*, yaitu suatu pengetahuan yang membuat komputer dapat meniru kecerdasan manusia. Logika Fuzzy dapat memecahkan masalah dalam pengendali yang tersimpan dan pemrosesan informasi yang bisa diimplementasikan pada sistem tertanam pada mikrokontroler [8]. Logika Fuzzy menyerupai pembuatan keputusan pada manusia dengan kemampuannya untuk bekerja dari data yang ditafsirkan dan mencari solusi yang tepat. Fuzzy logic pada dasarnya merupakan logika bernilai banyak (*multivalued logic*) yang dapat mendefinisikan nilai diantara keadaan konvensional seperti ya atau tidak.



Gambar 3. Blok diagram fuzzy logic [9].



Gambar 4. Teensy Board 3.2 [10].

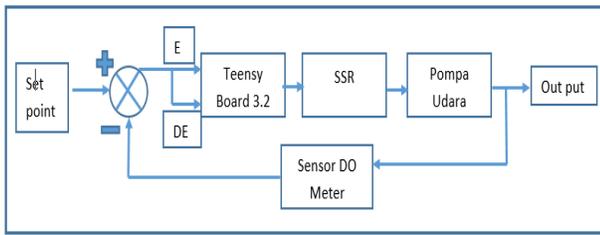
Penalaran *fuzzy* menyediakan cara untuk memahami kinerja dari system dengan cara menilai input dan output system dari hasil pengamatan. Gambar 3 merupakan blok diagram dari Logika Fuzzy. Fuzzification merupakan proses untuk mengubah variabel numerik menjadi variabel fuzzy (variabel linguistik). Rules menentukan aturan kondisi output sesuai dengan kondisi input. Defuzzification merupakan proses perubahan data-data fuzzy tersebut menjadi data-data numerik yang dapat dikirimkan ke peralatan pengendalian [11].

D. Teensy Board 3.2

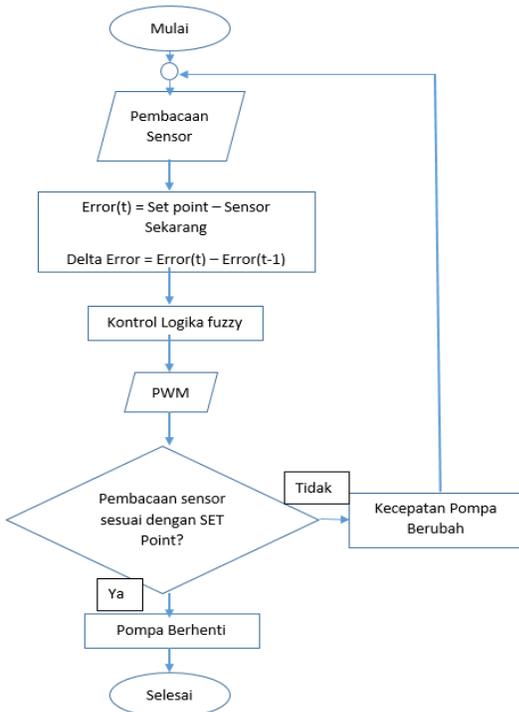
Teensy 3.2 adalah *development board* berbentuk kecil dan dapat dipasang pada *breadboard* yang di desain oleh Paul Stoffregen dan PJRC, ditunjukkan pada Gambar 4. Teensy 3.2 membawa 32-bit ARM Cortex-M4 yang murah menggunakan versi adaptasi dari Arduino IDE (Teensyduino) atau diprogram secara langsung di bahasa C.

III. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem dapat dibagi menjadi 3 buah bagian, yaitu sensor, kontroler *fuzzy*, dan aktuator yang ditunjukkan pada Gambar 5. Sedangkan alur kerja sistem ditunjukkan pada Gambar 6.



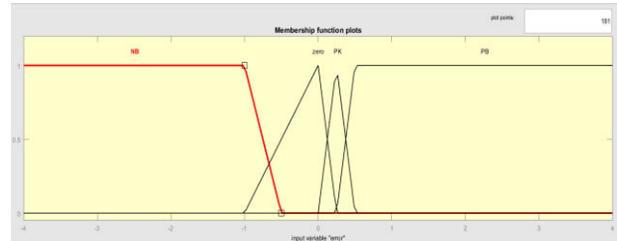
Gambar 5. Diagram blok sistem.



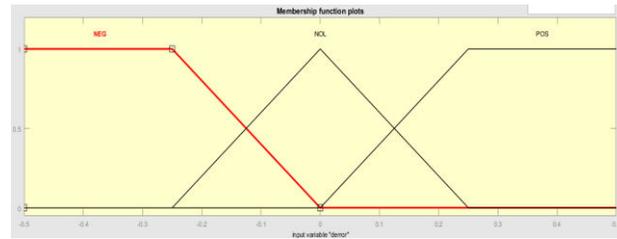
Gambar 6. Alur kerja sistem.

Sistem ini akan memonitoring kadar oksigen di dalam air untuk menghindari kekurangan oksigen pada pembudidayaan ikan. Sistem akan mengontrol kadar oksigen dengan menghidupkan pompa udara sebagai aktuator yang menghasilkan gelembung udara didalam air. Pengujian sensor DO menunjukkan bahwa nilai kadar oksigen terlarut yang telah diukur mempunyai kisaran harga 0-5.8 ppm.

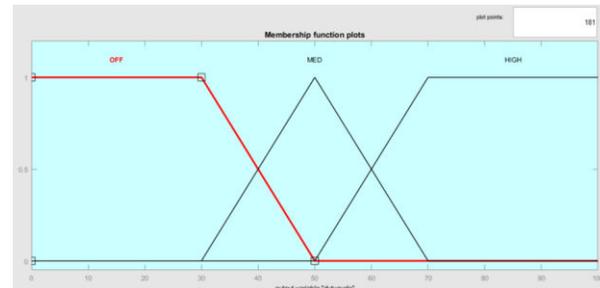
Himpunan masukan fuzzy berupa *error* dan  $\Delta error$  dari pembacaan sensor oksigen terlarut. Nilai masukan yang berupa bilangan *crisp* akan dirubah menjadi bilangan *fuzzy* dengan proses fuzzifikasi. Nilai masukan *error* dan  $\Delta error$  fuzzy merupakan representasi nilai kesalahan pembacaan sensor dari nilai *set point* yang telah ditentukan. Fungsi keanggotaan error ditunjukkan pada Gambar 7. Sedangkan fungsi keanggotaan  $\Delta error$  ditunjukkan pada Gambar 8. Keluaran fuzzy berupa parameter kecepatan pompa air yang didapatkan dengan proses defuzzifikasi, ditunjukkan pada Gambar 9. Tabel 1 menunjukkan aturan logika fuzzy yang digunakan agar dapat mempertahankan nilai kadar oksigen terlarutnya.



Gambar 7. Grafik fungsi keanggotaan nilai error.



Gambar 8. Grafik fungsi keanggotaan nilai  $\Delta$  Error.

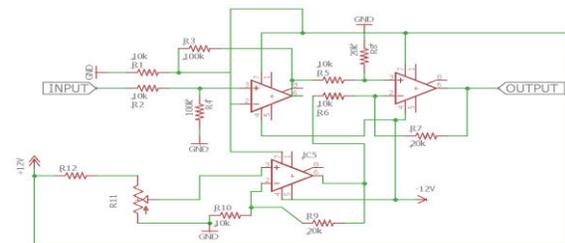


Gambar 9. Himpunan keluaran fuzzy.

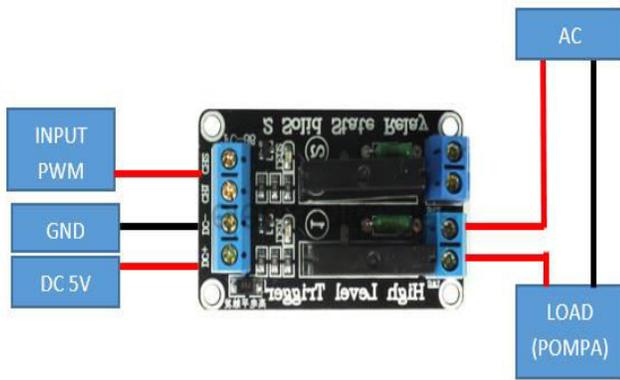
Tabel 1. Aturan logika fuzzy

		Error			
		NB	Z	PK	PB
Error	NEG	OFF	OFF	MED	HIGH
	NOL	OFF	OFF	HIGH	HIGH
	POS	OFF	OFF	HIGH	HIGH

Rangkaian penguat operasional diperlukan untuk menguatkan sinyal sensor DO meter AZ-8403 berupa tegangan sebesar 0,6 volt dengan kenaikan tegangan 1mv untuk setiap 0,01ppm. Untuk memperbesar range pengukuran dengan output tegangan maksimal 3.3v diperlukan 3 rangkaian penguat operasional, ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Differential amplifier.



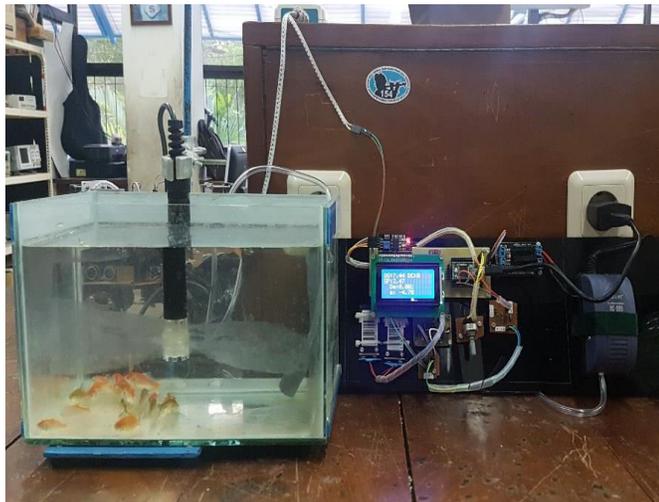
Gambar 11. Rangkaian kontrol pompa udara ac.

Untuk mengontrol kecepatan pompa udara dalam menghasilkan kadar oksigen terlarut digunakan modul Solid State Relay, ditunjukkan pada Gambar 11.

IV. HASIL PENGUJIAN

Gambar 12 merupakan realisasi dari sistem yang digunakan dalam penelitian. Setting point dapat diubah oleh user dengan memutar potensiometer variasi nilai 0 – 5.8 ppm. Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran kadar oksigen terlarut menggunakan sensor DO AZ-8403 dimana nilainya berkisar antara 2.3 dan 5.8 ppm dengan rerata kesalahan pembacaan adalah 0.28ppm atau 0.075%. Untuk itu diperlukan kalibrasi alat uji terhadap alat ukur standard yang ditunjukkan pada Gambar 13.

Pengujian sistim keseluruhan dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja sistem kontrol oksigen terlarut yang telah dibuat. Gambar 14 menunjukkan hasil pengujian sistem pada akuarium dengan panjang 27cm, lebar 16cm dan tinggi 17cm yang berisi ikan di dalamnya dengan nilai set point oksigen terlarut adalah 3.5 ppm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa respon sistem membutuhkan waktu sekitar 1 menit untuk mencapai nilai set pointnya.

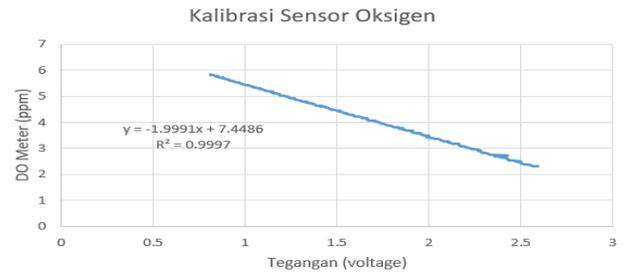


Gambar 12. Tampak depan sistem.

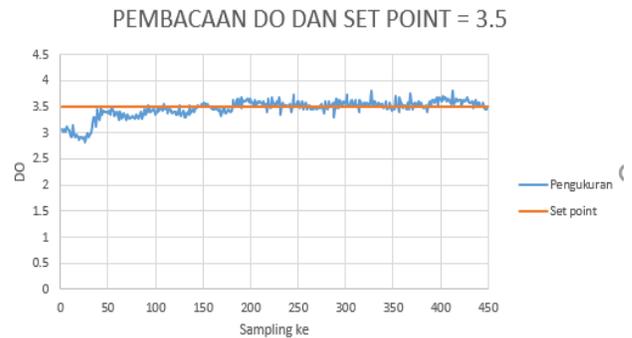
Tabel 2.

Nilai pengujian oksigen terlarut				
Oksigen DO Meter (ppm)	Oksigen Alat (ppm)	Error Sensor (ppm)	Output sensor (volt)	Output amplifier (volt)
2.3	2.04	0.26	0.797	2.595
2.5	2.25	0.25	0.787	2.473
2.7	2.43	0.27	0.778	2.368
3	2.72	0.28	0.765	2.224
3.5	3.17	0.33	0.744	1.978
3.7	3.35	0.35	0.735	1.875
4	3.74	0.26	0.722	1.726
4.5	4.26	0.24	0.7	1.467
4.7	4.39	0.31	0.691	1.371
5	4.76	0.24	0.678	1.224
5.2	4.87	0.33	0.669	1.116
5.5	5.22	0.28	0.657	0.971
5.85	5.59	0.26	0.642	0.814

Dari pengujian pada Tabel 2 di peroleh



Gambar 13. Grafik pengujian dan kalibrasi sensor oksigen terlarut.



Gambar 14. Oksigen terlarut pada set point 3.5.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dibuat sistem pengaturan oksigen terlarut menggunakan metode logika fuzzy berbasis mikrokontroler teensy board. Hasil pengukuran sistem ini menunjukkan bahwa nilai oksigen terlarut yang terukur berkisar antara 2.3 dan 5.8 ppm dengan rerata kesalahan pembacaan adalah 0.075%. Respon sistem membutuhkan waktu 1 menit untuk mencapai nilai kadar oksigen yang dikehendaki.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Wibisono, "Studi Kelayakan Investasi Pembuatan Perikanan Pembibitan Ikan Lele Dalam Perspektif Supply Chain Management," Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, 2012.
- [2] R. Yosanto, "Pembenihan dan Pembesaran Ikan Lele Sangkuriang *Clarias* sp. Di Unit Kerja Budidaya Air Tawar Wonocatur Cangkringan Sleman Yogyakarta," Institut Pertanian Bogor, 2015.
- [3] Yusvarina and M. Sumarna, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Kadar Oksigen di Dalam Air Pada Kolam Pembenihan Ikan Lele Mutiara di Unit Kerja Budidaya Air Tawar(UKBAT) Wonocatur Cangkringan, Sleman, Yogyakarta," *J. Univ. Negeri Yogyakarta*, vol. 5, no. 7, 2016.
- [4] P. Urbasa, "Dampak Kualitas Air Pada Budi Daya Ikan Dengan Jaring Tancap di Desa Toulimembet Danau Tondano," *J. Budid. Perair.*, vol. 3, no. 1, pp. 59–67, 2015.
- [5] Y. Fujaya, *Fisiologi ikan: dasar pengembangan teknologi perikanan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Depdiknas, 2002.
- [6] G. Macqy, J. Pajarillo, J. E. Tenorio, E. M. Trambulo, M. R. B. Apsay, and M. G. Chua, "Development of Dissolved Oxygen Monitoring System for Fish Ponds," in *IEEE 3rd International Conference on System Engineering and Technology*, 2013.
- [7] M. R. Zulkamain, "Sistem Monitoring Kualitas Air Sungai Yang Dilengkapi Dengan Data Logger Dan Komunikasi Wireless Sebagai Media Pengawasan Pencemaran Limbah Cair," in *Prosiding Undergraduate Theses of Electrical Engineering*, 2015.
- [8] Resmana, Ferdinando, W. Thiang, and A. S. Widagdo, "Implementasi Fuzzy Logic Pada Microcontroller Untuk Kendali Putaran Motor DC," in *Industrial Electronic Seminar*, 1999.
- [9] Masri'an, "Pengendalian Orientasi Webcam Sebagai Pengawas Ruang Dengan Metode Kontrol Fuzzy," in *Undergraduate Theses of Electrical Engineering*, 2011.
- [10] PJRC Electronic Project Components Available Worldwide, "Teensy 3.2 New Features," 2014. [Online]. Available: <https://www.pjrc.com/teensy>.
- [11] Q. Hidayati and M. E. Prasetyo, "Pengaturan Motor DC dengan Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Fuzzy-PID," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 4, no. 1, 2016.