

Kontrol Penghematan Daya Aerator Berdasarkan Konsentrasi Oksigen pada Budidaya Ikan Nila Bioflok

Muhammad Nabhan Ammar¹, Muhamad Rifai², Mas Nurul Achmadiyah³

e-mail: Nbheenn@gmail.com, muh.rifai@polinema.ac.id, masnurul@polinema.ac.id

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia.

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 7 Agustus 2023

Direvisi 10 September 2023

Diterbitkan 30 September 2023

Kata kunci:

Aerator

Dissolved Oxygen

PID

Keywords:

Aerator

Dissolved Oxygen

PID

ABSTRAK

Pada budidaya ikan nila bioflok, aspek penting yang harus diperhatikan adalah pengadaan oksigen dalam kolam menggunakan aerator. Tujuannya adalah untuk memastikan pasokan oksigen yang cukup agar pertumbuhan ikan tidak terhambat. Permasalahan utama dalam budidaya ini adalah pemadaman listrik yang tidak teratur, menyebabkan kematian massal ikan. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan sistem penghemat daya baterai yang mengaktifkan aerator berdasarkan konsentrasi oksigen di kolam. Sistem ini menggunakan Arduino Nano sebagai kontrol PID untuk mengendalikan kecepatan aerator berdasarkan nilai pembacaan sensor Dissolved Oxygen. Pengujian menunjukkan bahwa kontrol PID dengan nilai $K_p = 10$; $K_i = 0.006$; $K_d = 0$ dapat bekerja dengan baik, respon yang dihasilkan cukup baik dengan nilai *Rise time* = 19s dan *Error Steady State* = 2.83%. daya baterai/aki yang digunakan dapat dihemat hingga 30-40% saat terjadi pemadaman listrik, sehingga memungkinkan aerator beroperasi lebih lama dan menjaga kadar oksigen terlarut dalam kolam tetap stabil di angka 6 Mg/L (ppm) ketika terjadinya pemadaman listrik.

ABSTRACT

*In the cultivation of biofloc tilapia, an important aspect that must be considered is the provision of oxygen in the pond using an aerator. The goal is to ensure an adequate supply of oxygen so that fish growth is not hampered. The main problem in this culture is irregular power outages, causing mass death of fish. To overcome this, a battery saving system is needed that activates the aerator based on the oxygen concentration in the pond. This system uses Arduino Nano as a PID control to control the aerator speed based on the reading value of the Dissolved Oxygen sensor. Tests show that the PID control with a value of $K_p = 10$; $K_i = 0.006$; $K_d = 0$ can work well, the resulting response is quite good with a value of *Rise time* = 19s and *Steady State Error* = 2.83%. the battery power used can be saved up to 30-40% in the event of a power outage, thus enabling the aerator to operate longer and keeping dissolved oxygen levels in the pond stable at 6 Mg/L (ppm) when a power outage occurs.*

Penulis Korespondensi:

Mas Nurul Achmadiyah, S.ST., M.T,

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Soekarno Hatta No.9, Malang, Indonesia, Kode Pos. 65141

Email: masnurul@polinema.ac.id

Nomor HP/WA aktif: +62 812-178-070-60



1. PENDAHULUAN

Ikan nila dikenal dengan nama latin (*Oreochromis niloticus*), merupakan salah satu varietas ikan air tawar yang populer sebagai pilihan konsumsi. Ikan ini mengandung sekitar 16-24% protein, 0,2-2,2% lemak, dan juga mengandung karbohidrat, mineral, serta vitamin. Ikan nila memiliki sejumlah keunggulan, termasuk nilai ekonomis yang tinggi sebagai ikan air tawar, kemudahan dalam pembiakan, tingkat kelangsungan hidup yang tinggi, pertumbuhan yang relatif cepat dengan ukuran tubuh yang besar, dan juga memiliki kekebalan yang tinggi terhadap gangguan dan penyakit[1]. Teknik Bioflok merupakan salah satu cara pemanfaatan bakteri yang bertujuan untuk mengolah amoniak ikan menjadi kumpulan mikroorganisme yang berbentuk gumpalan dan menjadi sumber makanan untuk ikan. Pengembangan teknik bioflok dalam budidaya ikan nila menjadi sebuah inovasi untuk meningkatkan kualitas ikan, menjaga kualitas air, meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan, serta menjadi sumber kesejahteraan baru bagi pelaku budidaya[2].

Budidaya ikan nila bioflok merupakan salah satu program ketahanan pangan dan pemberdayaan masyarakat yang diadakan di desa Oro-Oro Ombo, dengan bertujuan untuk persiapan dan pemanfaatan lahan sebagai sarana ketahanan pangan yang berkelanjutan dan juga upaya memberdayakan masyarakat sekitar. Untuk meningkatkan produktivitas budidaya ikan nila bioflok. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan dengan penting adalah pengadaan oksigen di dalam kolam ikan dengan menggunakan aerator. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa ikan dan bioflok yang ada di dalamnya memiliki pasokan oksigen yang cukup, sehingga pertumbuhan ikan tidak terhambat. Oksigen terlarut menjadi parameter penting karena dibutuhkan pada proses oksidasi amonia dan menjadi faktor pembatas utama bagi kelangsungan hidup ikan, selain itu tingkat konsumsi oksigen ikan bervariasi tergantung pada suhu, konsentrasi oksigen terlarut, ukuran ikan, tingkat aktivitas, dan tingkat metabolisme juga bervariasi antar individu, karena dibatasi oleh kandungan oksigen yang tersedia[3]. Menurut Standar Nasional Indonesia 7550:2009 kualitas air untuk budidaya ikan nila memiliki nilai kadar oksigen >3mg/L. Untuk nilai oksigen yang optimum untuk ikan nila sebesar >5mg/L sesuai yang diungkapkan oleh Effendi[4].

2. METODE PENELITIAN

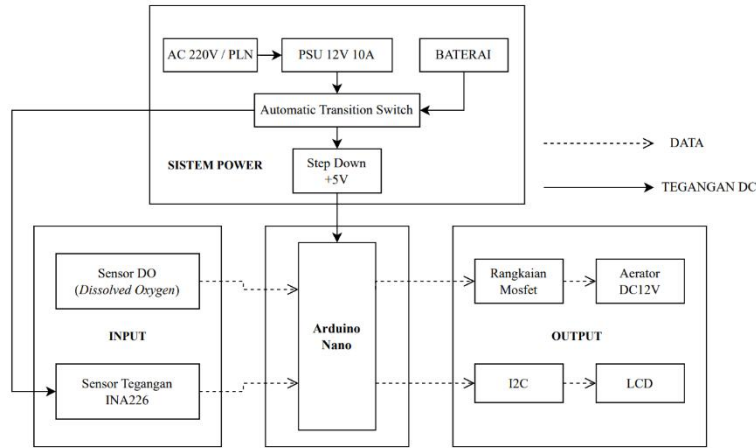
Metode penelitian yang digunakan adalah menggunakan metode penelitian kuantitatif eksperimen. Metode penelitian kuantitatif eksperimen adalah salah satu jenis metode penelitian yang bertujuan untuk menguji hipotesis dan menentukan hubungan sebab-akibat antara dua atau lebih variabel. Penggunaan metode pada penelitian ini yaitu membandingkan nilai kadar oksigen pada kolam budidaya ikan nila bioflok serta menguji berapa lama penggunaan aki untuk menyalakan aerator ketika terjadinya pemadaman listrik sebelum dan sesudah frekuensi kecepatan aerator diatur.

Pada penelitian ini terdapat 2 variabel, yaitu variabel bebas (independen) dan variabel terikat (dependen). Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat, sedangkan variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat adanya variabel bebas[5]. Variabel bebas pada penelitian ini adalah nilai *Dissolved Oxygen* (DO) pada kolam dan kapasitas aki yang digunakan sebagai daya cadangan ketika terjadinya pemadaman listrik. Untuk variabel terikatnya adalah nilai PWM yang digunakan untuk mengatur frekuensi kecepatan motor aerator. Variabel bebas berfungsi sebagai pengontrol dalam penelitian ini, sedangkan variabel terikat akan berubah-ubah sesuai dengan besarnya nilai pwm yang diterapkan pada motor aerator. Dengan menggunakan kedua variabel ini, diharapkan dapat diperoleh hasil yang optimal dalam pengontrolan kadar oksigen yang terlarut pada budidaya ikan nila bioflok. [6],[7]

Gambar 1 merupakan blok diagram sistem yang digunakan pada penelitian ini. Alur sistem kontrol ini diawali dengan pembacaan sensor *Dissolved Oxygen* dan INA226. Sensor-sensor ini akan terus membaca nilai sensor dan mengirimkan data ke kontroller, sehingga dapat memperbarui nilai set point dan menyesuaikan kadar oksigen yang dibutuhkan untuk kolam budidaya nila bioflok. Pada bagian inputan dari sensor *Dissolved Oxygen* akan dibaca dan dikontrol oleh Arduino nano, apabila sensor *Dissolved Oxygen* menunjukkan kurang dari set poin maka arduino akan memproses dan menaikkan frekuensi dari motor aerator agar kadar oksigen juga ikut naik begitu juga sebaliknya. [8] ,[9],[10]. Selanjutnya Inputan dari sensor ADC INA226 yang berfungsi mengukur tegangan dan arus keluaran baterai yang kemudian nilai tersebut ditampilkan melalui LCD menggunakan protokol komunikasi I2C untuk mengetahui kondisi kapasitas aki yang digunakan. Kontrol PID yang digunakan pada mikrokontroller Arduino Nano

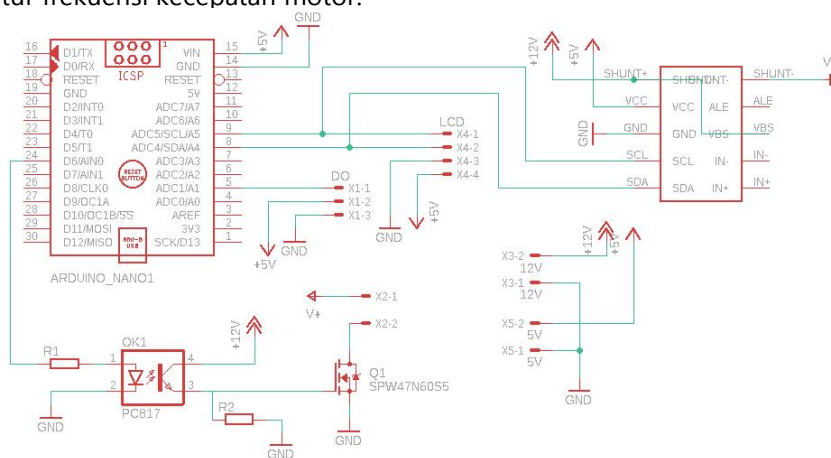


digunakan untuk mengontrol frekuensi kecepatan motor aerator untuk mempertahankan nilai setpoint yang diinginkan untuk kadar oksigen pada kolam budidaya nila bioflok serta meminimalkan kesalahan pengukuran dan memastikan kestabilan kadar oksigen pada kolam budidaya. [10], [11] Data yang telah dihasilkan oleh sistem akan ditampilkan oleh LCD menggunakan protokol komunikasi I2C.



Gambar 1. Blok diagram sistem

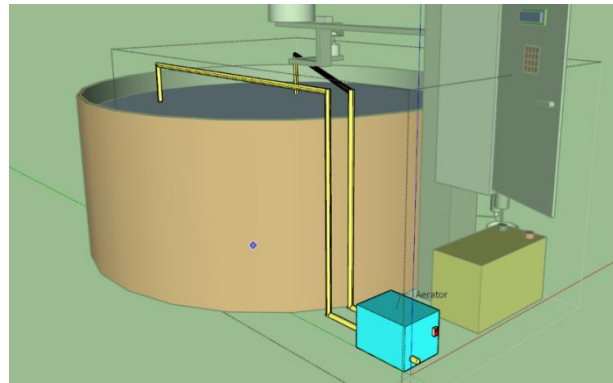
Gambar 2 merupakan rangkaian elektrik dari penelitian ini. Sistem elektrik dalam penelitian ini menerima input dari sumber daya 12V untuk mengoperasikan Aerator dc. Terdapat stepdown voltage dc-dc dari 12V ke 5V yang akan digunakan sebagai input untuk mikrokontroler Arduino Nano dan sensor. Arduino Nano akan terhubung dengan sensor driver *Dissolved Oxygen*, sensor arus dan tegangan INA226, rangkaian MOSFET, dan LCD. Untuk sumber daya 12V yang digunakan untuk aerator melewati sensor INA226 untuk pembacaan nilai arus dan tegangan yang kemudian diproses oleh mikrokontroler, selanjutnya data yang telah diproses dilanjutkan melewati rangkaian MOSFET untuk mengatur frekuensi kecepatan motor.



Gambar 2. Skematik wiring sistem

Kolam budidaya ikan nila bioflok yang akan digunakan untuk program ketahanan pangan dan pemberdayaan masyarakat di desa Oro-Oro Ombo memiliki ukuran diameter 300cm dengan tinggi air kolam 80cm, untuk menopang kolam digunakan penyangga dengan ketinggian 100cm dan kolam tersebut memiliki total volume air sebesar 7m³. Pada sistem aerasinya akan menggunakan aerator DC dengan kapasitas 68LP yang kemudian dihubungkan dengan pembagi udara menjadi 6 titik dengan menggunakan uniring dengan diameter 15cm yang diletakkan didasar kolam. Gambar 3 merupakan kerangka kolam dan hardware aerator.





Gambar 3. Kerangka kolam dan hardware aerator

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Sensor *Dissolved Oxygen*

Pengukuran nilai *Dissolved Oxygen* (DO) pada sensor ini bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia untuk mengukur konsentrasi oksigen terlarut dalam air. Sensor ini menggunakan sebuah elektroda yang terendam dalam larutan elektrolit dan memiliki membran yang memungkinkan oksigen terlarut pada air kolam akan terbaca oleh sensor. Pada Tabel 1 merupakan hasil data kalibrasi dari sensor Analog *Dissolved Oxygen* Sensor tipe SKU:SEN0237-A dari DFRobot dan DO meter Litron 5510 sebagai pembanding nilai kadar oksigen terlarut pada air.

TABEL 1. DATA HASIL PEMBACAAN SENSOR *DISSOLVED OXYGEN*

NO	OBJEK	DO METER	SENSOR DO	ERROR
1	Air PDAM	4,5mg/L	4,53mg/L	0.66%
2	Air PDAM + Aerator	6,5mg/L	6,53mg/L	0.46%
3	Air Sabun Pel	2,4mg/L	2,48mg/l	3.33%
4	Air Kolam	5,4mg/L	5,44mg/L	0.74%
5	Air Kolam + Aerator	7,5mg/L	7,56mg/L	0.80%
Rata – rata				1.26%

3.2 Pengujian Sensor INA226

Pengukuran nilai arus pada sensor ini bekerja dengan memanfaatkan resistansi internal yang rendah untuk memantau arus listrik yang melewati rangkaian. Arus yang melewati resistor pengukuran menghasilkan tegangan jatuh yang proporsional dengan arus tersebut, sesuai dengan hukum Ohm ($V = I \cdot R$). Sensor INA226 memiliki penguatan arus internal yang dapat diatur. Arus yang melewati resistor pengukuran diperkuat menjadi tegangan terukur yang lebih tinggi yang dapat dibaca oleh sensor. Sensor INA226 mengkonversi sinyal tegangan hasil pengukuran menjadi sinyal digital menggunakan pengonversi analog-ke-digital internal. Hal ini memungkinkan sensor untuk mengirimkan data pengukuran dalam format digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler atau perangkat lain melalui antarmuka komunikasi, seperti I2C atau SPI sehingga mikrokontroler dapat mengirimkan perintah pembacaan dan menerima data pengukuran dari sensor. Pada Tabel 2 merupakan hasil data pembacaan arus dari sensor INA226 dan Tang Ampere Uni-T seri UT204+ sebagai pembanding nilai arus pada aerator dan Tabel 3 merupakan hasil data pembacaan tegangan dari sensor INA226 dan Avometer Sanwa CD800a sebagai pembanding nilai tegangan pada aerator.



TABEL 2. DATA HASIL PEMBACAAN NILAI ARUS

Duty Cyle PWM	Pengukuran Nilai Arus		Nilai Error
	INA 226	Tang Ampere	
150	1,449 A	1,44 A	0.62%
160	1,448 A	1,43 A	1.25%
170	1,476 A	1,47 A	0.40%
180	1,552 A	1,55 A	0.12%
190	1,707 A	1,71 A	0.51%
200	1,827 A	1,82 A	0.38%
215	1,862 A	1,87 A	0.42%
225	1,878 A	1,86 A	0.96%
235	1,881 A	1,87 A	0.58%
245	1,859 A	1,85 A	0.48%
255	1,975 A	1,97 A	0.25%
Rata-Rata Nilai Error			0.54%

TABEL 3. DATA HASIL PEMBACAAN NILAI TEGANGAN

Input Tegangan	Pengukuran Nilai Tegangan		Nilai Error
	INA 226	Avometer	
15 V	15.07 V	15.01 V	0.39%
14 V	14.11 V	14.05 V	0.42%
13 V	13.06 V	13.00 V	0.45%
12 V	12.11 V	12.06 V	0.41%
11 V	11.08 V	11.03 V	0.45%
10 V	10.05 V	10.00 V	0.49%
9 V	9.05 V	9.01 V	0.44%
8 V	8.03 V	8.00 V	0.37%
7 V	7.06 V	7.03 V	0.42%
6 V	6.02 V	6.00 V	0.33%
5 V	5.03 V	5.01 V	0.39%
Rata-Rata Nilai Error			0.41%

3.3 Pengujian Driver Motor dan Motor Aerator

Pengujian driver motor dilakukan untuk mengetahui respon keluaran driver motor terhadap masukan yang diberikan oleh Arduino nano pada input driver motor. Pada penelitian ini, driver motor yang digunakan adalah rangkaian mosfet yang dimana rangkaian tersebut terdiri dari beberapa komponen yaitu Mosfet IRFP460, photocoupler PC817, resistor 100 dan 10kΩ. Selanjutnya pengujian motor Aerator Resun MPQ-903 dilakukan untuk mengetahui respon motor terhadap perintah pwm pada Arduino Nano serta untuk mengetahui nilai arus dan tegangan yang dikonsumsi oleh motor aerator, pengujian ini berpengaruh terhadap hasil percobaan pada lapangan. Pada tabel 4 adalah hasil pengujian motor Aerator Resun MPQ-903.



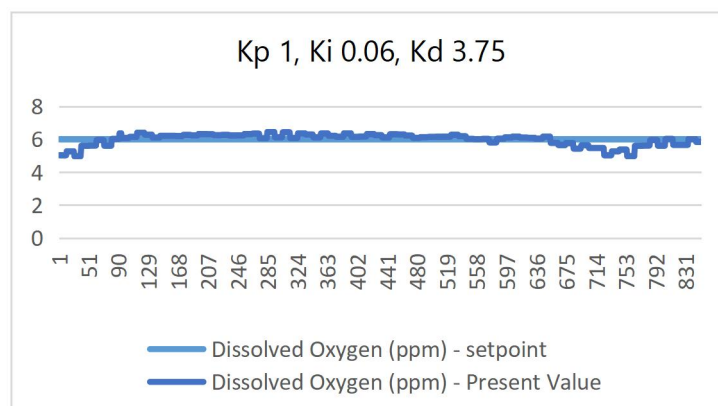
TABEL 4. HASIL PENGUJIAN MOTOR AERATOR

PWM	Nilai Arus dan Tegangan	
	Motor Aerator MPQ-903	
	Arus	Tegangan
120	1.31 A	6.05 V
130	1.38 A	6.50 V
140	1.45 A	6.90 V
150	1.51 A	7.31 V
160	1.58 A	7.76 V
170	1.65 A	8.15 V
180	1.74 A	8.56 V
190	1.84 A	9.82 V
210	2.09 A	11.02 V
220	2.10 A	11.08 V
230	2.11 A	11.10 V
240	2.12 A	11.12 V
245	2.12 A	11.14 V
250	2,13 A	11.20 V
255	2,13 A	11.27 V

3.4 Pengujian Nilai PID

Pengujian kontrol dilakukan dengan pengujian 2 kali menggunakan nilai PID yang berbeda dengan setpoint yang sama yaitu 6 ppm. Pengujian pertama dengan nilai $K_p = 1$, $K_i = 0,06$, dan $K_d = 3.75$, nilai tersebut didapatkan melalui hasil perhitungan menggunakan rumus PID Zeigler Nichols metode kedua yang dibuat untuk acuan dari mencari nilai parameter PID, lalu pengujian kedua dengan nilai $K_p = 10$, $K_i = 0,006$, dan $K_d = 0$, nilai tersebut didapatkan melalui proses fine tuning dengan cara try and error.

1) Pengujian PID dengan nilai $K_p=1$; $K_i=0.06$; $K_d=3.75$



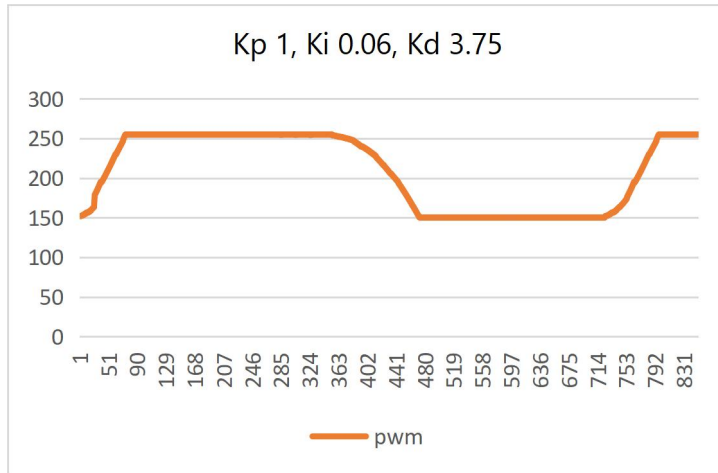
Gambar 4. Grafik Respon Kadar Oksigen Terlarut Dalam Kolam dengan nilai PID $K_p = 1$; $K_i = 0.06$; $K_d = 3.75$

Delay Time : 50s
 Rise Time : 85s

Overshoot : 6.6%
 Settling Time : 275s



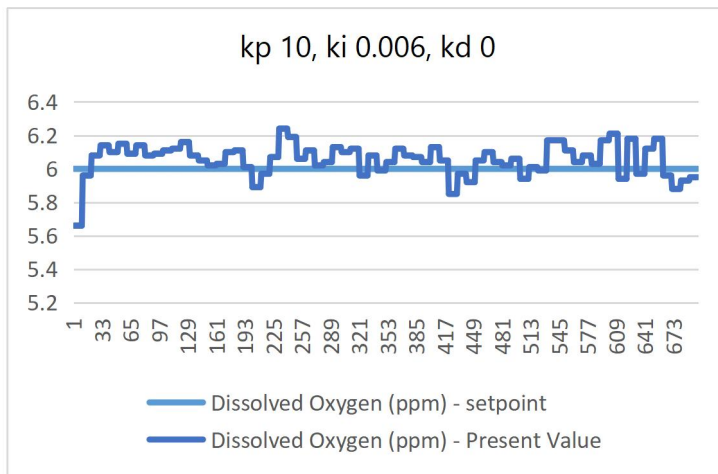
Peak Time	: 92s	Error Steady State	: $\frac{\text{Osilasi Tertinggi saat stabil} - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \times 100\%$
Overshoot	: $\frac{\text{Osilasi Tertinggi} - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \times 100\%$	Error Steady State	: $\frac{6.44 - 6}{6} \times 100\%$
Overshoot	: $\frac{6.4 - 6}{6} \times 100\%$	Error Steady State	: 7.3%



Gambar 5. Grafik Respon Nilai PWM Dengan Nilai PID Kp 1, Ki 0.06, Kd 3.75

Menurut Gambar 4 dan 5, Grafik yang dihasilkan dengan percobaan pertama dengan fine tuning hasil Kp = 1; Ki = 0,06; Kd = 3.75; menunjukkan hasil kadar oksigen terlarut dalam kolam cukup stabil berada diatas setpoint akan tetapi respon penurunan dan kenaikan nilai pwm sangat lama sehingga hasil tersebut tidak sesuai dengan hasil yang diinginkan.

2) Pengujian PID dengan nilai Kp=10; Ki=0.006; Kd=0



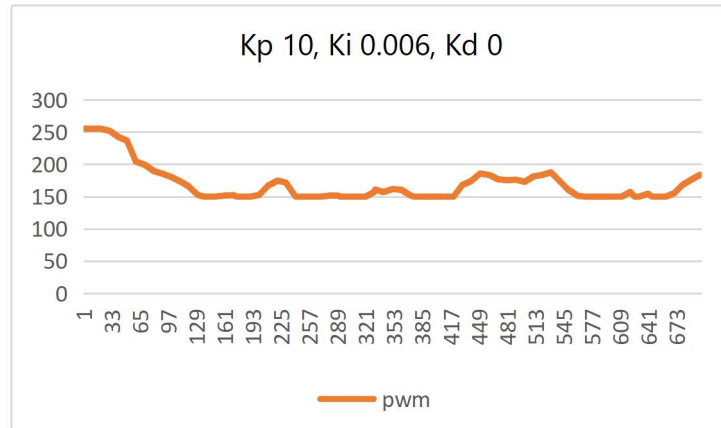
Gambar 6. Grafik Respon Kadar Oksigen Terlarut Dalam Kolam dengan nilai PID Kp = 10; Ki = 0.006; Kd = 0

Delay Time	: 21s	Overshoot	: 4%
Rise Time	: 19s	Settling Time	: 260s
Peak Time	: 31s	Error Steady State	: $\frac{\text{Osilasi Tertinggi saat stabil} - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \times 100\%$
Overshoot	: $\frac{\text{Osilasi Tertinggi} - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \times 100\%$	Error Steady State	: $\frac{6.17 - 6}{6} \times 100\%$



Overshoot : $\frac{6.24-6}{6} \times 100\%$ Error Steady State : 2.83%

Menurut Gambar 6 grafik respon kadar oksigen terlarut dalam kolam yang dihasilkan dengan percobaan fine tuning trial dan error dengan nilai $K_p = 10$; $K_i = 0,006$; $K_d = 0$; menunjukkan hasil kadar oksigen terlarut dalam kolam cukup stabil berada diatas setpoint dengan respon penurunan dan kenaikan nilai pwm sesuai dengan hasil yang diinginkan sesuai dengan Gambar 8 berikut:



Gambar 8. Grafik Respon Nilai PWM Dengan Nilai PID $K_p 10$, $K_i 0.006$, $K_d 0$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian sistem penghematan daya aerator berdasarkan konsentrasi kadar oksigen terlarut pada kolam budidaya ikan nila bioflok, dapat disimpulkan bahwa Kontrol Penghematan daya aerator dapat bekerja dengan baik sesuai dengan apa yang diharapkan menggunakan kontrol PID dengan nilai $K_p = 10$; $K_i = 0.006$; $K_d = 0$. Dari konstanta tersebut menghasilkan respon yang cukup bagus dengan Rise time = 19s dan Error Steady State = 2.83%, Respon pembacaan sensor Dissolved Oxygen yang naik turun disebabkan oleh downscale pada sensor Dissolved Oxygen yang cukup lama sehingga mengakibatkan susahnyanya mencari nilai tetap dari kadar oksigen terlarut dalam kolam budidaya, dan hasil penghematan daya aerator yang dihasilkan sudah sesuai dengan yang diharapkan yaitu dapat menghemat daya baterai/aki ketika terjadinya pemadaman listrik sebesar 30-40% sehingga masa aktif dari aerator dapat bertahan lebih lama untuk menjaga kadar oksigen terlarut dalam kolam tetap stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Taftajani, U. S. (2010). "Kualitas Air yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis sp.*) di Kolam Beton dan Terpal". *Journal of Tropical Fisheries* : 526-530
- [2] Puspitasari, A., Isyanto, A. Y., & Aziz, S. (2020). "Penerapan Teknologi Bioflok Pada Budidaya Ikan Nila di Desa Cibuniasih Kabupaten Tasikmalay : 175-180.
- [3] Syamsundari, S. (2013). Analisis Penerapan Biofilter dalam Sistem Sirkulasi terhadap Mutu Kualitas Air Budidaya Ikan Sidat (*Anguila bicolor*). *Jurnal GAMMA*, 8(2), 86-97
- [4] Hefni Effendi, 2003, Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan, Kanisius, Yogyakarta.
- [5] Sugiyono. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.CV. 2013
- [6] Ali, Muhammad, 2004. Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID dengan Software MATLAB. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Yogyakarta*.
- [7] Prihantono, Johannes adi, " Pengaturan suhu dengan menggunakan kontrol PID", Prodi Listrik Pesawat, Fakultas Teknik Universitas Nurtanio Bandung, 2022.
- [8] Firdaus, R., Zulfikar, W., 2010, "Pengontrol Suhu Ruangan menggunakan Metode PID Room Temperature Controller uses the PID", Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia.
- [9] Yuloantari, R., V., dkk 2021, "PENGUKURAN KEJENUHAN OKSIGEN TERLARUT PADA AIR MENGGUNAKAN DISSOLVED OXYGEN SENSOR", *Jurnal ilmiah fisika FMIPA Universitas Lambung mangkurat*.
- [10] Iskandar Putra, Mulyadi, N. A. P. dan R. (2013). Peningkatan Kaapasitas Produksi Akuakultur Pada Pemeliharaan Ikan Selais (*Ompok Sp*) Sistem Aquaponik. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 18, 1-10.
- [11] Novianto, D., Prajoko, S., Setiyowati, I., & Purnomo, E. (n.d.). Calibration of pH and Oxygen Sensors Applied to Aquaponic System. *Borobudur Internation Symposium*, 39, 1-6.
- [12] Salmin. (2005). Oksigen Terlarut (DO) Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan. 3, 21-26.

