

Penerapan Digital Moving Average Filter Pada Sensor Dissolved Oksigen Untuk Mengukur Kualitas Air

Dhodit Rengga Tisna¹, Tamara Maharani²

Akademi Komunitas Negeri Pacitan

Email : ¹ dhodit@aknpacitan.ac.id, ² tamara@aknpacitan.ac.id

ABSTRACT

Aquaculture cannot be separated from the role of water quality. Water quality can be reviewed one of them from the dissolved oxygen factor. By utilizing smart technology, dissolved oxygen values can be monitored in real time to make it easier for users to get the latest water quality data at any time. In this study, the devices used included dissolved oxygen sensors, arduino uno, and laptops. To reduce noise and fluctuations in sensor readings, the researchers implemented a Moving Average Filter (MAF) in the Arduino programming to get a more precise quality of dissolved oxygen sensor readings. The results of several experiments carried out show that the readings of the Dissolved Oxygen sensor are able to reach a stable point by requiring a little time and there is no fluctuation using a MAF window with a size of 50 which is shown at a response time value of 50 mS.

Keywords: *Arduino Uno, Dissolved Oxygen, Moving Average Filter, Water Quality, Sensors*

ABSTRAK

Budidaya perikanan tidak lepas dari peranan kualitas air. Kualitas air dapat ditinjau salah satunya dari faktor *dissolved oxygen*. Dengan memanfaatkan teknologi pintar, nilai *dissolved oxygen* dapat dipantau secara *real time* supaya memudahkan pengguna kapan pun bisa mendapatkan data kualitas air secara terkini. Pada penelitian ini, perangkat yang digunakan antara lain *dissolved oxygen sensor*, arduino uno, dan laptop. Untuk mengurangi *noise* dan fluktuasi pada pembacaan sensor, peneliti menerapkan *Moving Average Filter* (MAF) di pemrograman arduino agar mendapatkan kualitas pembacaan sensor *dissolved oxygen* yang lebih presisi. Hasil dari beberapa eksperimen yang dilakukan menunjukkan bahwa pembacaan sensor *Dissolved Oksigen* mampu mencapai titik stabil dengan membutuhkan sedikit waktu dan tidak ada fluktuatif menggunakan MAF *window* dengan ukuran 50 yang ditunjukkan pada nilai *time respons* sebesar 50 mS.

Kata kunci: *Arduino Uno, Dissolved Oxygen, Moving Average Filter, Kualitas Air, Sensor*

I. PENDAHULUAN

Aquakultur merupakan bidang perikanan yang saat ini sedang berkembang terkait pemanfaatan teknologi pintar dengan berdasarkan pengumpulan data dan analitik yang inovatif untuk mendukung sistem identifikasi otomatis serta pemantauan lingkungan secara penuh. Yang mana dalam perikanan modern, seseorang dapat mengumpulkan data kapan saja dan membantu mengetahui informasi dinamis dari beberapa elemen secara *real-time* [1]. Memahami kondisi kualitas air pada sistem *aqua cultur* secara *real-time* sangat penting bagi pembudidaya perikanan. Beberapa parameter yang sering digunakan dalam memantau kualitas air adalah salinitas, PH, suhu,

total dissolved solids dan *dissolved oxygen* [2]. Namun pada penelitian ini difokuskan pada pengukuran salah satu parameter yang sangat penting pada sistem aquakultur yaitu *dissolved oxygen*.

Penggunaan perangkat teknologi seperti sensor tidak dapat dilepaskan dari sistem pengumpulan data sebagai bagian dalam mendukung pengelolaan perikanan secara modern. Sensor sangat penting dalam memeriksa nilai parametrik dari objek yang dibaca, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam mengambil tindakan yang harus dilakukan [3]. Kendala yang sering timbul pada proses akuisisi data dengan menggunakan sensor adalah *noise* serta fluktuasi hasil sensor dalam membaca data. Kendala ini

mengakibatkan kualitas data yang dihasilkan menjadi buruk, kualitas data sensor yang buruk dianggap tidak berguna karena dapat menyebabkan kesalahan dalam pengambilan keputusan [4].

Dissolved Oxygen sensor merupakan sebuah sensor dengan keluaran berupa sinyal analog, sehingga dalam pembacaan dibutuhkan konversi ADC (*Analog Digital Converter*) dilakukan fungsi dalam hal melakukan konversi atas keluaran analog dari sensor menjadi digital yang mana proses tersebut dapat dilakukan pada mikrokontroler seperti Arduino. Hal ini dilakukan dengan menghubungkan *output* dari sensor tersebut ke *Port* ADC yang tersedia pada mikrokontroler Arduino [5]. Namun penggunaan sensor *Dissolved Oxygen* ini masih mempunyai banyak kelemahan. Salah satunya yaitu dikarenakan *noise* elektrikal yang dihasilkan dari output sensor yang berupa ADC [6]. Untuk membuat stabil data sensor sesuai dengan yang diinginkan, *noise* dari output perangkat perlu diminimalkan sekecil mungkin. Untuk mencapai hal ini, filter digital diterapkan pada sinyal [7]. Untuk mengurangi *noise* dari *sensor dissolved oxygen*, penelitian ini mengimplementasikan *filter moving average*. *Filter moving average* adalah filter yang dapat digunakan untuk sensor untuk menstabilkan pengukuran keluaran, sehingga diharapkan hasil pengukuran sensor akan lebih presisi.

II. LANDASAN TEORI

A. Arduino

Perangkat Arduino merupakan sebuah hardware mikrokontroler yang bersifat *open source*, sehingga siapapun dapat menggunakan dan memodifikasi skema *hardware* Arduino sesuai dengan keinginan dan kebutuhan dari pengguna. Mikrokontroler Arduino diprogram melalui software open-source yaitu IDE (*Integrated Development Environment*) Arduino, dengan menggunakan pemrograman Arduino yang instruksinya mirip dengan Bahasa Pemrograman C++.



Gambar 1. Arduino Uno Board

Ada beberapa macam *board* Arduino diantaranya arduino nano, arduino uno, arduino lylypad, arduino leonardo, arduino mega [8]. Pada penelitian ini kami menggunakan jenis Arduino Uno, dimana Arduino Uno menggunakan chipset mikrokontroler dari keluarga ATmega. Pada Arduino Uno menggunakan processor ATmega328P dengan spesifikasi memori AVR CPU 16 Mhz, 32KB Flash, 2KB SRAM dan 1KB EEPROM. Pada Arduino Uno terdapat 6 pin Analog yang dilengkapi dengan sistem ADC sehingga kompatibel dengan signal Analog yang berasal dari sensor. Arduino Uno bekerja dengan tegangan input antara 2,7-5,5 volt DC, dengan sumber tegangan dapat melalui *power jack* 2,5x5,5 mm atau USB B *connector*. Selain menerima sinyal analog, Arduino Uno juga dilengkapi pin digital sebanyak 9 pin yang dapat menerima sinyal output dari sensor berupa sinyal digital [9], [10].

B. Dissolved Oxygen Sensor

Dissolved Oxygen (DO) adalah jumlah kandungan gas oksigen yang terlarut dalam sejumlah air dengan tekanan dan suhu tertentu. Oksigen terlarut merupakan parameter yang paling penting untuk mengetahui kualitas air lingkungan, karena kekurangan oksigen dapat mengakibatkan terganggunya ekosistem perairan bahkan kematian makhluk hidup di dalamnya [11].

DO dapat digunakan sebagai indikator tingkat pencemaran, karena umumnya

kualitas air yang baik memiliki oksigen terlarut yang tinggi. Sensor DO merupakan probe galvanik, yang mengukur kandungan oksigen air dalam mg/L menggunakan metode elektrokimia [12]. Tingkat DO sangat penting bagi banyak kehidupan organisme aquatik, seperti ikan, mikroba, bakteri, dan tumbuhan yang menggunakan oksigen dalam bernafas mirip dengan organisme yang ada di darat.

Pada penelitian ini sensor yang digunakan adalah *Gravity Analog Dissolved Oxygen Sensor* yang merupakan produk dari DfRobot [13]. Produk DfRobot dengan kode SEN0237-A ini merupakan kit sensor oksigen terlarut, yang kompatibel dengan mikrokontroler Arduino [14].



Gambar 2. *Dissolved Oxygen Sensor*

Gravity Analog Dissolved Oxygen Sensor ini bekerja dengan rentang pengukuran 0-20 mg/L dan rentang suhu operasi antara 0 C dan 40 C digunakan untuk mengukur tingkat DO dalam perairan. Sensor ini dilengkapi dengan *board converter* yang mempunyai spesifikasi tegangan masukan sebesar 3.3-5.5 Volt dan signal keluaran sebesar 0 – 3.0 Volt. Ketika sensor DO galvanik direndam dalam air, elektroda anoda teroksidasi dan melepaskan elektron dan elektroda katoda melewatkan elektron untuk mereduksi oksigen terlarut dalam air [15].

C. *Moving Average Filter*

Moving Average Filter (MAF) merupakan salah satu jenis filter data yang dapat diimplementasikan dalam pembacaan sensor dimana berfungsi untuk memperbaiki

sinyal serta dapat mereduksi *noise* sehingga memiliki hasil output yang lebih bagus, serta mudah untuk dipahami. Sistem kerja dari filter ini adalah dengan menggunakan nilai rata-rata dari sekumpulan data yang diterima dalam rentang waktu tertentu. Filter MAF akan membuang simpangan (*outers*) data, sehingga yang diperoleh hanyalah data yang nilainya relevan.

D. *Penelitian Terdahulu*

Kiswanto, dkk [7] menyajikan pemrosesan sinyal digital dengan menggunakan *filter moving average* pada sensor *muscle* yang dihubungkan dengan perangkat arduino nano. Didapatkan grafik dengan *noise* yang lebih sedikit dari hasil pembacaan sensor EMG.

Prasetyono, dkk [16], menyajikan tentang penerapan metode *filtering moving average* pada sensor ultrasonic yang dipasang pada mesin kendaraan. Karena getaran dari mesin menyebabkan penyimpangan pembacaan data yang cukup besar, maka digunakan *filtering moving average* untuk meredam *noise* pembacaan sensor. Sehingga deviasi data hasil pembacaan sensor dapat ditekan mendekati setpoint.

Kumar, dkk [17] menyajikan penerapan filter moving average pada sensor MQ135 untuk mendeteksi kandungan dan kualitas udara seperti CO, Amonia, Asap, Alkohol, dll. *Filter Moving average* digunakan untuk mengurangi redundansi nilai data hasil pembacaan sensor yang berlebihan, sehingga dapat memisahkan variasi data acak yang selanjutnya disimpan di database.

Mathushaharan, [18] pada penelitiannya menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak manusia serta menjalankan alat pencuci tangan otomatis. Namun hasil pembacaan sensor ultrasonik menunjukan nilai pembacaan yang fluktuatif, sehingga berdampak pada kerja motor servo yang ada pada mesin cuci tangan otomatis. Dengan menggunakan *Filter Moving Average* maka hasil pembacaan sensor yang fluktuatif dapat

diredam, sehingga kepresisian pembacaan sensor menjadi lebih baik.

Purnamasari, dkk [19] pada penelitiannya menyajikan penyaringan noise pada orde kedua dan orde keempat pada sensor *echo* ultrasonik dan temperature. Penggunaan *Filter Digital Moving Average* menunjukkan hasil pembacaan data menjadi lebih halus jika dibandingkan dengan data tanpa filter.

Pada penelitian ini kami menyajikan penerapan *Filter Moving Average* pada sensor *Dissolved Oxygen Sensor* produk dari DFRobot yang digunakan untuk mendeteksi kualitas air, dengan pengolah data menggunakan mikrokontroler arduino.

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dipakai metode eksperimen dengan menggunakan variasi orde yang digunakan pada *Filter Moving Average*. Algoritma *Filter Moving Average* kemudian di terapkan pada mikrokontroler arduino yang akan mengolah data input yang berasal dari sensor *Dissolved Oxygen*. Selanjutnya data keluaran sebelum diberikan algoritma *Filter Moving Average* dibandingkan dengan data keluaran yang telah diterapkan filter *Moving Average*. Pengolahan dengan filter *moving average* diberikan variasi orde yang digunakan untuk mengetahui perbedaan hasil data keluaran pada masing-masing orde (*window size*).

A. Perancangan dan Integrasi Hardware

Perancangan sistem yang mana bisa dipakai dalam hal penelitian ini terdiri dari blok diagram sistem dan *wiring diagram* integrasi hardware sensor dan mikrokontroler. Blok diagram sistem ditunjukkan pada Gambar 3 dan *wiring diagram* integrasi sensor ditunjukkan pada gambar 4.

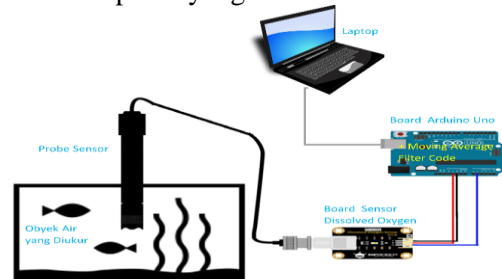


Gambar 3. Blok Diagram Sistem

Pada Gambar 4 ditunjukkan bahwa sensor *Dissolved Oxygen* dihubungkan dengan perangkat

mikrokontroler arduino, kemudian dalam pengolahan sinyal input analog dari sensor menjadi sinyal digital diberi tambahan filter *moving average* yang berguna untuk mereduksi *noise* pada hasil pembacaan sensor. Selanjutnya data hasil pengolahan sinyal akan ditampilkan pada laptop menggunakan serial *plotter* melalui perangkat lunak IDE Arduino.

Pada gambar ditunjukkan *wiring diagram* integrasi hardware sensor *Dissolved Oxygen* (DO) dan mikrokontroler Arduino Uno. Koneksi dan komunikasi data antara sensor DO dan Arduino Uno diantaranya adalah pin VCC untuk tegangan 5 Volt, pin GND untuk Ground, pin Analog 0 untuk data inputan yang berasal dari sensor.



Gambar 4. Integrasi Sensor dengan Mikrokontroler

B. Formula Matematika

Dalam penerapan peredaman *noise* data, fungsi ukuran *window* merupakan metode utama untuk menemukan estimasi dari kendala *noise* yang dihadapi, *windowing* sangat kuat untuk *noise* kecil tetapi dapat menghasilkan *over-smoothing* atau *over-sharpening* untuk data yang memiliki *noise* tinggi. Penggunaan ukuran *window* data tidak dapat digeneralisasikan karena karakteristik aliran data mempengaruhi metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah [20]. *Averaging* adalah metode untuk menjumlahkan semua angka yang disisipkan sesuai dengan ukuran *window* yang ditetapkan, kemudian membaginya dengan jumlah angka yang disisipkan. *Simple Moving Average* (SMA) mengumpulkan semua aliran data pada periode atau kondisi tertentu dan semua kendala tersebut akan dibagi berdasarkan jumlah aliran data atau

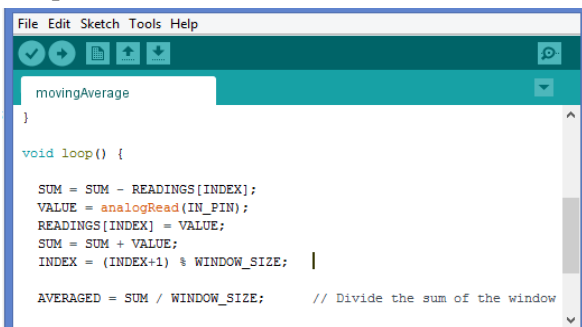
ukuran window yang ditetapkan [21]. Fungsi matematika SMA ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$SMA = \frac{X_m + X_{m-1} + \dots + X_{m-(n-1)}}{n}$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} X_{m-i} \quad (1)$$

C. Software Implementation

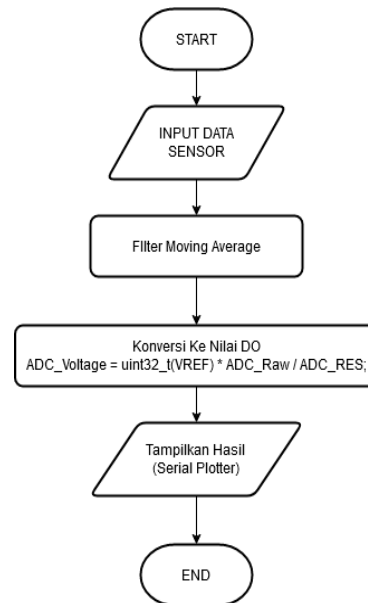
Setelah membuat rangkaian untuk mengintegrasikan *hardware*, selanjutnya *coding* yang akan diterapkan pada papan mikrokontroler ditulis dengan menggunakan Arduino IDE untuk memproses hasil pembacaan sinyal analog dari sensor menjadi sinyal digital sehingga dapat dikonversi menjadi nilai kandungan oksigen dalam media air. Pada saat yang sama, formula dari Filter Moving Average diterapkan pada *coding* untuk melakukan penyaringan *noise* sinyal dari pembacaan sensor.



```
File Edit Sketch Tools Help
movingAverage
}
void loop() {
    SUM = SUM - READINGS[INDEX];
    VALUE = analogRead(IN_PIN);
    READINGS[INDEX] = VALUE;
    SUM = SUM + VALUE;
    INDEX = (INDEX+1) % WINDOW_SIZE;
    AVERAGED = SUM / WINDOW_SIZE; // Divide the sum of the window
```

Gambar 5. Penerapan *Moving Average Filter* Pada *Coding* Arduino

Pada Gambar 5 ditunjukkan penerapan formula dari Filter *Moving Average* pada *coding* Arduino, dimana untuk mengubah orde dari pembagi rata-rata dapat diubah pada nilai *Window-Size*. Nilai dari hasil filtering *Moving Average* kemudian digunakan sebagai input untuk mengkonversi ke dalam nilai *Dissolved Oxygen*. Selajutnya untuk menampilkan hasil dari penerapan filtering terdapat menu serial *plotter*. Dengan menggunakan software Arduino IDE, *coding* yang telah dibuat kemudian akan di unggah ke dalam mikrokontroler Arduino UNO.



Gambar 6. Flowchart Program
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

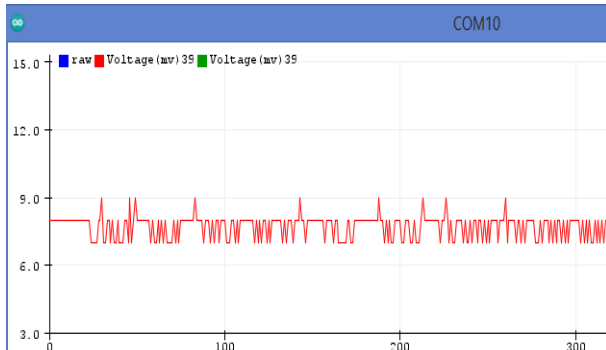
Setelah semua rangkaian dipastikan terpasang dengan baik seperti pada Gambar 4 dan selanjutnya pada Gambar 6 dilakukan proses pengujian karakteristik dan respon sensor. Data hasil pengukuran tegangan output yang dihasilkan oleh sensor dan nilai DO disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Tegangan Output Dan Nilai DO Sensor

No	Nilai DO	Tegangan Output(mV)
1	1826	29
2	2141	34
3	2456	39
4	2708	43
5	3022	48
6	3337	53
7	3652	58

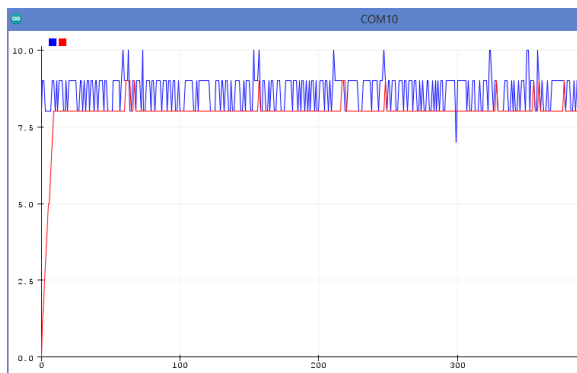
Tabel 1 merupakan hasil pengukuran tegangan output sensor dalam satuan mili volt (mV) yang selanjutnya dikonversi menjadi nilai

Dissolved Oxygen. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa tegangan *output* berbanding lurus dengan konversi nilai *Dissolved Oxygen*.

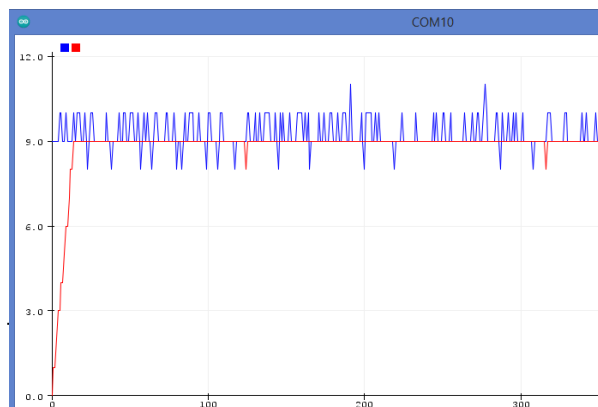


Gambar 7. Sinyal Analog Sensor Sebelum *Filtering*

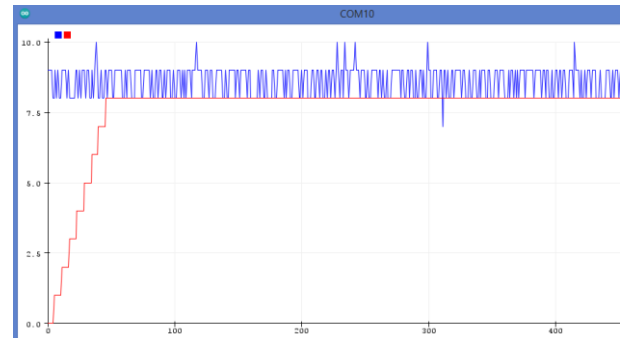
Gambar 7 merupakan tampilan serial *plotter* arduino yang menunjukkan grafik respons sensor *Dissolved Oksigen* sebelum diberikan filter *moving average*, dimana respon sensor terjadi secara fluktuatif. Selanjutnya dilakukan *filtering moving average* pada sinyal input hasil pembacaan sensor. Pada pengaplikasian *filter moving average* diberikan variasi dalam uji coba, dimana parameter yang dapat diubah dari filter ini adalah ukuran *window* yaitu seberapa banyak data yang disampling.



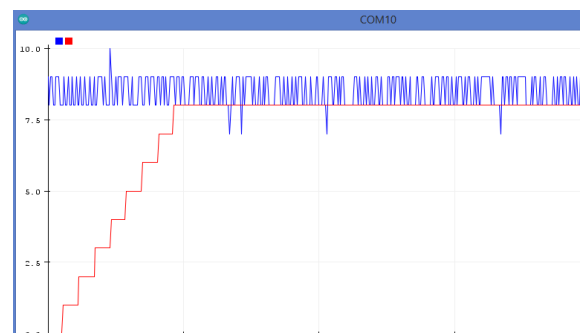
Gambar 8 . Sinyal analog sensor dengan ukuran *window* 10



Gambar 9 . Sinyal Analog Sensor Dengan Ukuran *Window* 15



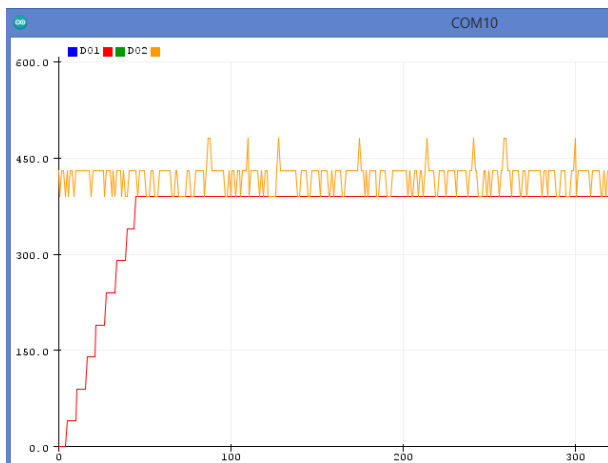
Gambar 10 . Sinyal Analog Sensor dengan Ukuran *Window* 50



Gambar 11. Sinyal Analog Sensor Dengan Ukuran *Window* 100

Gambar 8, 9, 10, 11 merupakan hasil *plotter* perbandingan sinyal *input* sebelum dilakukan *filtering* (ditunjukkan dengan grafik warna merah) dan sesudah dilakukan *filtering* (ditunjukkan dengan grafik warna biru). Pada Gambar 8 dilakukan *filtering* dengan ukuran *window* 10, dapat terlihat bahwa masih ada fluktuatif nilai sensor. Pada gambar 9 merupakan gambar *filtering* dengan ukuran *window* 15, dapat terlihat bahwa meskipun ada fluktuatif data sensor namun

lebih baik dibanding dengan ukuran window 10. Pada gambar 10 dan 11 diberikan ukuran window sebesar 50 dan 100, dapat terlihat bahwa grafik nilai sensor lebih stabil tidak ada fluktuatif, namun respons sensor pada posisi stabil menjadi lebih lambat.



Gambar 11 . Hasil Nilai DO dengan Ukuran Window 50

Setelah dilakukan percobaan variasi parameter ukuran window dapat diketahui bahwa dengan ukuran window 50, hasil pembacaan sensor *Dissolved Oksigen* mampu mencapai titik stabil dengan membutuhkan sedikit waktu dan tidak ada fluktuatif pada nilai pembacaan sensor. Kemudian dilakukan penerapan *filter moving average* dengan ukuran window 50, dan dilihat grafik nilai *Dissolved Oksigen* seperti yang terlihat pada gambar 11 bahwa tidak ada fluktuatif nilai *Dissolved Oksigen*.

V. KESIMPULAN

Karakteristik hasil pembacaan sensor *Dissolved Oksigen* yang digunakan pada penelitian ini terlihat sangat fluktuatif. Menurut hasil uji coba, sudah dibuktikan bahwa dengan menggunakan filter *Digital Moving Average* pada hasil pembacaan Sensor *Dissolved Oksigen* dapat memperbaiki *output* nilai sensor. Data yang diperoleh

berupa data tegangan dan nilai DO akan lebih halus jika dibandingkan dengan data tanpa menggunakan filter. Selain itu dapat diketahui bahwa dengan penggunaan ukuran *window* yang semakin besar maka fluktuatif data dapat diminimalisir sehingga kepresisian pembacaan sensor lebih baik meskipun waktu respon sensor menuju ke nilai stabil akan semakin lama. Selanjutnya untuk mengukur tingkat akurasi dari sensor *Dissolved Oksigen* ini dapat dilakukan kalibrasi dengan sensor yang standar laboratorium.

REFERENSI

- [1] D. R. Tisna, B. J. Martin Putra, T. Maharani, and H. Hasnira, "Metode Peningkatan Akurasi pada Sensor TDS Berbasis Arduino untuk Nutrisi Air Menggunakan Regresi Linier," *J. Integr.*, vol. 14, no. 1, pp. 61–68, 2022.
- [2] M. Komarudin, H. D. Septama, T. Yulianti, A. Yudamson, J. Hendri, and M. A. D. Arafat, "Multi node sensors for water quality monitoring towards precision aquaculture," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 739, no. 1, 2021.
- [3] J. P. Mandap, D. Sze, G. N. Reyes, S. Matthew Dumlao, R. Reyes, and W. Y. Danny Chung, "Aquaponics pH Level, Temperature, and Dissolved Oxygen Monitoring and Control System Using Raspberry Pi as Network Backbone," *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, vol. 2018-October, no. October, pp. 1381–1386, 2019.
- [4] H. Y. Teh, A. W. Kempa-Liehr, and K. I. K. Wang, "Sensor data quality: a systematic review," *J. Big Data*, vol. 7, no. 1, pp. 1–49, 2020.
- [5] M. A. Al-yoonus, "Understanding analog to digital conversion and pulse

- width modulation using Arduino.,” no. November, pp. 1–5, 2019.
- [6] I. Santin, R. Vilanova, C. Pedret, and M. Barbu, “Dissolved oxygen control in wastewater treatment plants considering sensor noise and actuator delays,” *2019 23rd Int. Conf. Syst. Theory, Control Comput. ICSTCC 2019 - Proc.*, pp. 230–235, 2019.
- [7] G. Kiswanto, M. F. Juzar, A. A. Setiani, D. R. Ramadhan, F. Zhul-, and R. M. Suryantoro, “Muscle Contraction Sensor Filtering and Calibration for Virtual Manufacturing Development,” *Int. J. Eng. Technol. (UAE)*, 7(4.16 Spec. Issue 16), 13-17, vol. 7, pp. 13–17, 2018.
- [8] O. E. Amestica, “An Experimental Comparison of Arduino IDE Compatible Platforms for Digital Control and Data Acquisition Applications,” *IEEE Chil. Conf. Electr. Electron. Eng. Inf. Commun. Technol. CHILECON 2019*, pp. 1–6, 2019.
- [9] D. R. Tisna, M. Udin Harun Al Rasyid, and S. Sukaridhoto, “AT-Mo: Wireless Data Collection System for Physiology Monitoring of Athlete,” *IES 2019 - Int. Electron. Symp. Role Techno-Intelligence Creat. an Open Energy Syst. Towar. Energy Democr. Proc.*, pp. 115–119, 2019.
- [10] P. V. S. Divya Dhatri, M. Pachiyannan, K. Jyothi Swaroopa Rani, and G. Pravallika, “A Low-Cost Arduino based Automatic Irrigation System using Soil Moisture Sensor: Design and Analysis,” *2nd Int. Conf. Signal Process. Commun. ICSPC 2019 - Proc.*, pp. 104–108, 2019.
- [11] C. Tziortzioti, D. Amaxilatis, I. Mavrommati, and I. Chatzigiannakis, “IoT sensors in sea water environment: Ahoy! Experiences from a short summer trial,” *Electron. Notes Theor. Comput. Sci.*, vol. 343, pp. 117–130, 2019.
- [12] Y. Wei, Y. Jiao, D. An, D. Li, W. Li, and Q. Wei, “Review of dissolved oxygen detection technology: From laboratory analysis to online intelligent detection,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 18, 2019.
- [13] L. A. Cantera-Cantera, A. Calvillo-Téllez, and Y. Lozano-Hernández, “Turbidity, dissolved Oxygen and pH measurement system for grey water treatment process by electrocoagulation,” *Rev. del Desarro. Tecnol.*, vol. 4, no. 14, pp. 20–27, 2020.
- [14] D. Robot., “Gravity Analog Dissolved Oxygen Sensor SKU-SEN0237.” [Online]. Available: https://wiki.dfrobot.com/Gravity_Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237 (diakses 25 Oktober 2022).
- [15] J. Y. Lin, H. L. Tsai, and W. H. Lyu, “An integrated wireless multi-sensor system for monitoring the water quality of aquaculture,” *Sensors*, vol. 21, no. 24, 2021.
- [16] A. P. Prasetyono, I. W. Adiyasa, A. Yudianto, and S. N. K. Agit, “Multiple sensing method using moving average filter for automotive ultrasonic sensor,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1700, no. 1, 2020.
- [17] A. K. Kumar, A. Sri Lakshmi, and P. J. N. Rao, “Moving average method based air pollution monitoring system using IoT platform,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1706, no. 1, 2020.
- [18] R. Mathushaharan, “Digital Moving Average Filter for De-noising the Ultrasonic Signals Utilized in COVID-19 Prevention Applications,” *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.*, vol. 7, no. 9, pp. 7–10, 2022.

- [19] D. N. Purnamasari, K. A. Wibisono, and H. Sukri, "Digital Moving Average Filter Application for Echo Signals and Temperature," *E3S Web Conf.*, vol. 328, p. 02007, 2021.
- [20] K. Zhang, "A denoising algorithm for linear frequency modulation signal based on window function and empirical mode decomposition," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1971, no. 1, 2021.
- [21] D. T. Think, N. B. H. Quan, and N. Manetien, "Implementation of Moving Average Filter on STM32F4 for Vibration Sensor Application," *Proc. 2018 4th Int. Conf. Green Technol. Sustain. Dev. GTSD 2018*, pp. 627–631, 2018.