

Analysis of pH and Turbidity Sensor Outputs in Shrimp Ponds for Vannamei Shrimp Commodities

Musayyanah ^{1*}, Erdasetya Bayunugraha ^{2*}, Harianto ^{3*}, Heri Pratikno ^{4*}

* Teknik Komputer, Universitas Dinamika

musayyanah@dinamika.ac.id ¹, erdasetya.b@gmail.com ², hari@dinamika.ac.id ³, heri@dinamika.ac.id ⁴

Article Info

Article history:

Received 2024-05-02

Revised 2024-05-13

Accepted 2024-05-15

Keyword:

Brackish water aquaculture,
Moving Average filter,
Vannamei shrimp,
pH sensor,
Turbidity sensor.

ABSTRACT

Vannamei shrimp is a high-value, economically important brackish water aquaculture commodity that is easy to cultivate. Optimal growth of Vannamei shrimp can be achieved by monitoring water quality parameters such as pH and turbidity. The pH levels can be measured using a pH sensor, with a pH meter as a reference. Turbidity levels are measured with a turbidity sensor in NTU units, with a turbidity stick serving as a reference. Testing of these sensors was conducted from morning to noon over three days in the brackish water ponds of IBAP Banjar Kemuning, Sidoarjo, recording 100 data samples. The performance of both sensors fluctuated due to disturbances around the pond, prompting the use of the Moving Average (MA) filter method to improve accuracy. Applying MA with varying window sizes (wz) resulted in a performance increase of 0.24% in the morning and 0.1% at noon. Additionally, turbidity sensor testing indicated that the pond conditions were consistent with the turbidity measurements obtained using the turbidity stick.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. PENDAHULUAN

Sektor perikanan dan kelautan mendorong perekonomian masyarakat di Indonesia, yang terus dikembangkan sampai saat ini. Potensi lahan kedua sektor tersebut, terdiri dari budidaya air payau, budidaya air tawar, budidaya air laut, dan perairan umum daratan seperti sungai atau danau. Salah satu unggulan komoditas dari budidaya air payau adalah udang Vaname, yang menjadi andalan dan prioritas dalam meningkatkan perekonomian nasional [1]-[2]. Udang Vaname atau *Litopenaeus Vannamei* berasal dari Pantai Barat Amerika Latin dan mulai dikenal di Indonesia tahun 2001. Perawatan udang Vaname tergolong mudah dan memiliki beberapa keuntungan yaitu pertumbuhan lebih cepat dengan nafsu makan yang tinggi, lebih tahan terhadap perubahan lingkungan atau penyakit sehingga kelangsungan hidupnya tinggi, dan waktu pemeliharaannya relatif singkat dengan padat tebar yang tinggi [3].

Pertumbuhan udang Vaname dipengaruhi oleh pemeliharaan kualitas air tambak atau kolam. Kualitas air ditentukan oleh variabel-variabel penyusunnya, seperti seperti oksigen, suhu, kecerahan, salinitas, pH, bahan organik total (TOM), total alkalinitas, karbonat dan bikarbonat. Salah

satu faktor kimia yang dapat berkolerasi positif dengan kualitas air dan banyak diteliti adalah pH air. Konsentrasi pH mempengaruhi kesuburan perairan, nilai pH yang kelewat basa akan menyebabkan kematian sedangkan pH dengan nilai rendah atau asam akan membuat udang mudah *stress*, yang ditandai dengan kulit udang lembek yang berujung pada kematian. Perubahan konsentrasi pH tersebut, dipengaruhi oleh faktor kimia yang ada di perairan [4]. Kisaran nilai pH untuk udang Vaname tumbuh dengan optimal sekitar 6-9. Rentang nilai pH tersebut tergolong normal [5].

Kejernihan kualitas air tambak menjadi parameter utama selain variabel kimia penyusunnya. Parameter kejernihan air menentukan ada tidaknya zat pencemar yang membahayakan kehidupan organisme yang ada di dalamnya. Salah satu pengukur kejernihan air disebut dengan sensor *Turbidity*. Sensor ini mendeteksi adanya zat atau organisme dalam air dengan melihat hamburan cahaya dari partikel padatan di dalam air [6]. Sensor *Turbidity* mampu membaca tingkat kekeruhan air secara konstan pada berbagai kondisi air, yaitu air tawar atau air dengan penambahan zat lain [7].

Penelitian terkait penggunaan sensor pH dan kekeruhan, banyak dikerjakan dengan objek yang berbeda. Seperti pada [8] mengukur kadar pH campuran air bernutrisi dengan sensor

pH dari tanaman hidroponik pak coy. Pada [9] menerapkan sensor *Turbidity* untuk penentuan kualitas air danau. Sistem monitoring parameter pH dan turbiditas dari air tambak untuk mendeteksi adanya penyakit pada ikan mujaer telah dikerjakan oleh [10]. Sensor pH juga dijadikan salah satu parameter monitoring kolam ikan mas koki [11]. Nilai pH digunakan pada air tambak pesisir pantai sebagai *water quality cheker* [12].

Performansi dari kinerja sensor dianalisis menggunakan *relative error* dalam bentuk persen. Keluaran dari sensor dapat mengalami kesalahan dikarenakan gangguan lingkungan atau interferensi elektromagnetik di sekitar sensor, sehingga tegangan yang dihasilkan oleh perangkat tidak stabil atau berfluktuasi, yang mempengaruhi hasil analisis atau kinerja dari sensor tersebut. Salah satu teknik untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan metode reduksi *noise* seperti Filter. Filter mampu mengurangi nilai *noise*/fluktuasi yang tidak diinginkan contohnya filter Kalman, Wiener, Moving Average, Exponential Moving Average, Median, dan Transform Wavelet [12].

Beberapa penelitian yang menerapkan filter untuk optimalisasi kerja sensor yaitu [13] memanfaatkan filter Kalman untuk sensor Accelerometer pada robot Quadrapeds, [14] menerapkan filter Kalman untuk akurasi sensor GPS sebagai penentu jarak dalam ruang, [15] menjalankan filter *Moving Average* (MA) untuk akurasi sensor detak jantung pada sistem *telemedicine*, dan [16] mengimplementasikan filter MA untuk akurasi sensor ultrasonik sebagai pengukur ketinggian air. Filter MA merupakan filter yang mudah diterapkan dan digunakan, seperti pada artikel ini. MA dipengaruhi oleh *window size* (wz) atau ukuran jendela yang menentukan jumlah titik menghitung rata-rata dari luaran sensor.

Kontribusi dari artikel ini adalah menerapkan perangkat sensor pH dan *Turbidity* pada kolam udang Vaname Instalasi Budidaya Air Payau (IBAP) Banjar Kemuning dengan penyajian informasi dalam bentuk tabel dan grafik, serta menambahkan metode filter MA dari output nilai tegangan sensor pH yang berfluktuasi dengan analisis perubahan wz.

II. METODE PENELITIAN

Paparan metode dari penelitian ini terdiri dari lingkungan observasi perangkat, rangkaian perangkat keras, dan proses perangkat lunak. Sebelum penjelasan pertama dari *point* metode penelitian, perlu melakukan instalasi *environment* diantaranya adalah Arduino IDE dengan *library* pendukung pembacaan sensor, WIFI, dan HTTPS *client*. Pada Mini Komputer terpasang Raspian dengan aplikasi Apache2, PHP, MySQL (*Server MariaDB*), dan phpMyAdmin.

Fokus utama dari artikel ini adalah analisis performa sensor dengan penerapan filter MA. Parameter uji yang dianalisis untuk filter MA adalah nilai output dari sensor, variasi ukuran *window size*, hasil perbandingan *relative error* dalam persen untuk keluaran sensor dengan perangkat industri. Selain itu, parameter uji pendukung adalah transmisi data sensor ke

server secara *wireless* dengan analisis waktu kirim dan waktu terima.

Penelitian ini tidak membahas parameter lain dari penyusun kualitas air udang Vaname. Parameter uji yang berfokus pada deteksi parameter pH dan kekeruhan air kolam dengan tambahan analisis kinerja sensor pada kolam.

A. Objek Pengujian Perangkat

Pengujian perangkat keras atau perangkat lunak pada penelitian ini, dilakukan di IBAP Banjar Kemuning Sidoarjo. Jenis komoditas perikanan yang dididdayakan oleh tambak ini adalah Udang Vaname. Salah satu kolam yang menjadi objek pengujian perangkat terlihat pada Gambar 1. Kolam tersebut mempunyai luas persegi panjang sekitar 1-3 ha/petak dengan kedalaman 40-50 cm dari pelataran.



Gambar 1. Kolam Tambak IBAP Udang Vaname

Pengujian dilakukan dengan memasang rangkaian perangkat keras ke tepi kolam tambak, seperti Gambar 2, dimana probe dari sensor pH dan sensor *Turbidity* menggenang pada air tambak. Posisi mikrokontroller ESP 32 dan sumber baterai berada di dalam kotak hitam. Sedangkan perangkat Mini Komputer sebagai server, terletak di luar jangkauan kolam.



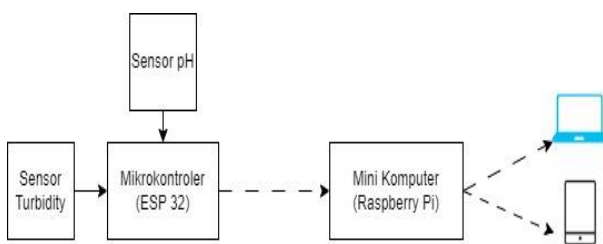
Gambar 2. Posisi perangkat saat pengambilan data

Pengujian dilakukan tiga kali, dengan periode waktu pagi pukul 09.00 WIB sampai siang 13.00 WIB. Data yang terekam selama pengujian ada ribuan data sensor pH dan

Turbidity, namun untuk kebutuhan analisis pada artikel ini, mengambil sampel 100 data.

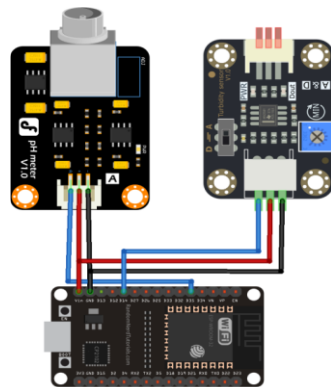
B. Perancangan Perangkat Keras

Langkah awal pada penelitian ini adalah merangkai perangkat keras yang akan diterapkan pada kolam. Perangkat keras terdiri dari dua sensor yakni sensor pH untuk membaca kandungan pH pada kolam dan sensor Turbidity untuk mendeteksi seberapa keruh air kolam. Pengendali ESP 32 merupakan papan mikrokontroler yang memproses data analog sensor agar terbaca menjadi pH dan NTU. Selain itu, ESP 32 terdapat antenna WIFI, mampu mengirimkan data secara wireless ke server. Perangkat server yang digunakan adalah Raspberry Pi, untuk menampilkan data dalam bentuk tabel dan grafik. User dapat mengakses data informasi secara local tersebut pada laman web yang telah dibuat pada Server.



Gambar 2. Diagram Perangkat Keras

Sensor pH dan Turbidity terhubung pada pengendali ESP 32 lewat pin analog to digital converter (ADC). Sensor pH akan mengeluarkan nilai output dengan satuan pH sedangkan untuk satuan sensor Turbidity adalah Nephelometric Turbidity Units (NTU). Wiring kedua sensor pada Gambar 3 dan Tabel 1.

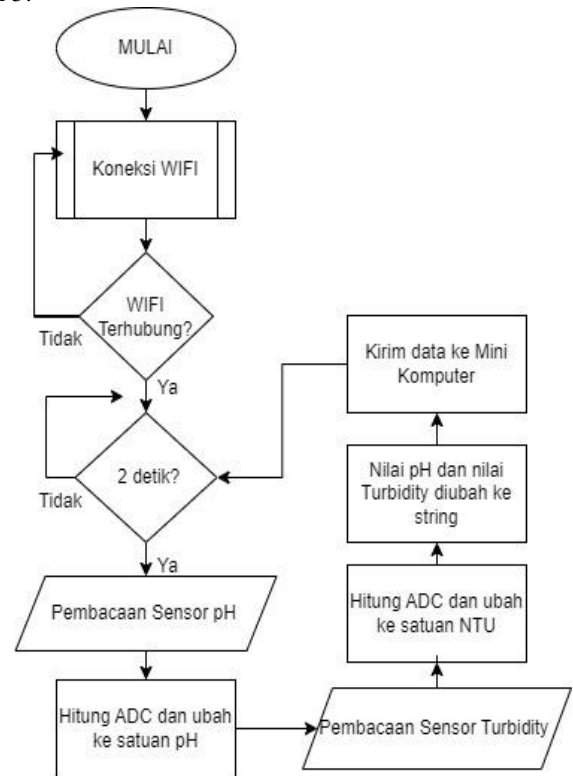


Gambar 3. Skematik sensor dengan Pengendali ESP 32

TABEL I
PIN INPUT/OUTPUT SENSOR TERHADAP ESP 32

| No | I/O Pin | | |
|----|------------|-------------|------------------|
| | Pin ESP 32 | Senor pH | Sensor Turbidity |
| 1 | VIN | VCC | VCC |
| 2 | GND | Ground | Ground |
| 3 | GPIO 35 | Data Analog | - |
| 4 | GPIO 14 | - | Data Analog |

Pengendali ESP 32 dan Mini Komputer terhubung dengan WIFI yang ada pada lokasi IBAP. Kedua nilai sensor tersebut, akan diteruskan secara wireless ke Mini Komputer. Pada Mini Komputer telah terpasang instalasi webserver. Proses pengambilan data sensor dari pengendali ESP 32 sampai dikirimkan ke webserver digambarkan pada alur Gambar 4 dan 5.

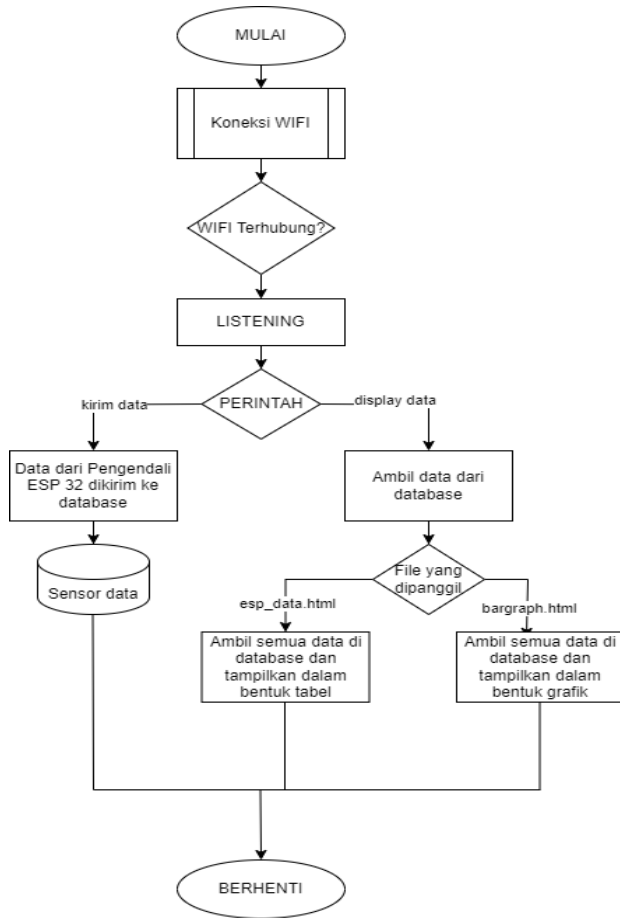


Gambar 4. Alur program dari Pengendali ESP 32

Gambar 4 merupakan alur program dari perangkat ESP 32, yang mengirimkan data secara terus menerus selama terhubung dengan WIFI. Pembacaan data sensor dan pengiriman data sensor akan dilakukan berulang tiap 2 detik sekali. Data sensor berubah menjadi string dikirimkan ke Mini Komputer melalui HTTP Postscript Web Server. Data sensor akan diterima di database lokal.

Gambar 5, menjelaskan alur Mini Komputer mengambil data dari database setelah terhubung dengan WIFI. Kemudian, Mini Komputer akan mengambil data dari database untuk menampilkan grafik, dengan akses file bargraph.html dan tampilan tabel muncul dengan akses file esp_data.html.

Setelah mendesain perangkat keras serta alur kerja dari perangkat, berikutnya adalah menjelaskan metode yang akan digunakan saat pembacaan data sensor dan penerapan filter pada hasil output sensor.



Gambar 5. Alur program dari Mini Komputer

C. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak merupakan paparan metode untuk output dari sensor, paparan proses pengiriman data ke database sampai ditampilkan di halaman web, dan paparan metode filter pada data sensor.

Perancangan perangkat lunak yang pertama menjelaskan proses data sensor terbaca sampai terkirim ke server. Data yang terbaca dari sensor *Turbidity* adalah voltase, yang dikonversi sesuai dengan persamaan (1).

$$k = -26,7642 m + 135,0524 \quad (1)$$

Dengan *m* adalah nilai voltase dari sensor, sedangkan *k* adalah konversi nilai menjadi NTU [7]. Nilai NTU dari sensor akan dibandingkan dengan tongkat pengukur kekeruhan yang disediakan oleh pihak IBAP seperti Gambar 6. Tingkat kekeruhan digolongkan menjadi tiga tingkatan yakni jernih, keruh, dan sangat keruh. Jarak 0-10 cm dari ujung tongkat yang berbentuk lingkaran digolongkan sangat keruh, 11-20 cm digolongkan keruh, dan di atas 20 cm dikatakan jernih.



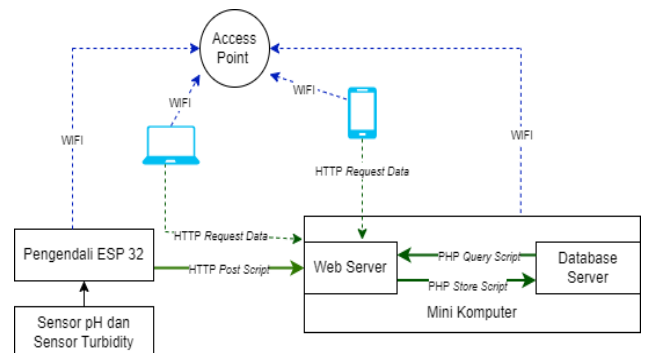
Gambar 6. Tongkat Pengukur Kekeruhan Air Tambak

Sedangkan sensor pH akan dibandingkan dengan output dari perangkat pHmeter seperti Gambar 7.



Gambar 7. pHmeter

Pengendali ESP 32 dan Mini Komputer akan terhubung dengan router WIFI. Pengendali ESP 32 meneruskan data kedua sensor tersebut ke Mini Komputer menggunakan *HTTP Post Script*. *Webserver* pada Mini Komputer akan menyimpan data sensor tersebut dengan *PHP Store Script*. Perangkat *User* komputer atau gawai yang terhubung dengan WIFI akan memanggil *webserver* dengan perintah *HTTP Request Access*. *Webserver* akan menarik data pembacaan Pengendali ESP 32 dengan *PHP Query Script*, kemudian *webserver* akan menampilkan data dari *database server* pada laman *web*. Proses tersebut tergambar jelas pada Gambar 8.



Gambar 8. Alur proses pengiriman data sensor sampai server

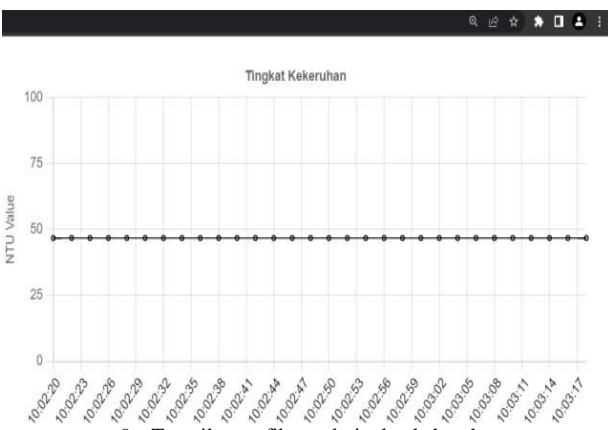
Mini Komputer terpasang beberapa aplikasi seperti: Apache2, PHP, MySQL (*Server* MariaDB), dan phpMyAdmin. Apache 2 melayani permintaan akses laman *web*, PHP digunakan untuk *scripting* tampilan *web*, MySQL berfungsi sebagai *database*, dan phpMyAdmin menangani administrasi *database* yang terhubung dengan tampilan *web*. Pada artikel ini, tampilan *web* menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik yang memuat informasi nilai kedua sensor seperti pada Gambar 9. Tabel pada laman *web* menyediakan informasi berupa id data sensor, lokasi kolam pengujian, data sensor *Turbidity* dengan satuan NTU, data sensor pH, dan tanggal serta waktu terima data.

| ID | location | turbidity | pH | reading_time |
|----|----------|-----------|----|---------------------|
| 19 | pool1 | 13 | 13 | 2023-05-01 14:53:47 |
| 18 | pool1 | 0 | 0 | 2023-05-01 14:53:52 |
| 17 | pool1 | 0 | 0 | 2023-05-01 14:53:47 |
| 16 | pool1 | 0 | 0 | 2023-05-01 14:53:42 |
| 15 | pool1 | 0 | 0 | 2023-05-01 14:53:36 |

9a. Tampilan tabel pada *web*



9b. Tampilan grafik untuk tingkat keasaman

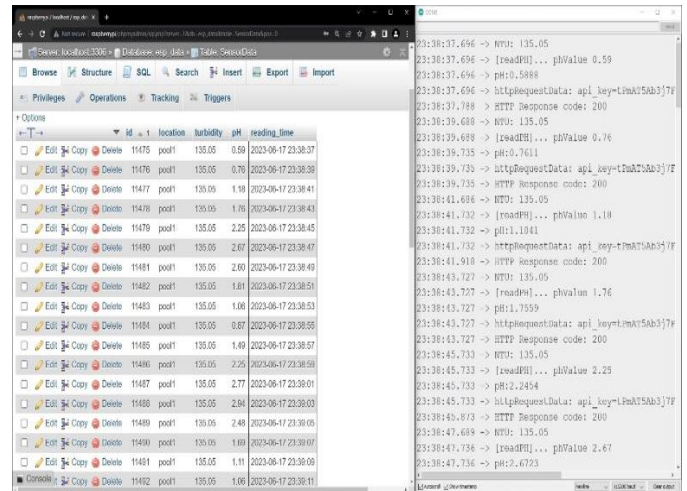


9c. Tampilan grafik untuk tingkat kekeruhan

Gambar 9. Tampilan Web

Tampilan *database* dari MySQL dan serial dari Arduino ditunjukkan pada Gambar 10. Tampilan keduanya menunjukkan parameter informasi yang sama dengan

tampilan tabel atau grafik. Nilai pH, nilai NTU, dan waktu diterima di *database* dengan baik.



Gambar 10. Tampilan *database* MySQL dan serial pada Arduino

Penerapan filter MA untuk mereduksi ketidakstabilan output dari nilai sensor diformulasikan pada persamaan (2).

$$MA(n) = \frac{1}{k} \sum_{i=0}^{k-1} x(n-i) \quad (2)$$

MA(n) merupakan nilai dari proses MA pada sampel data ke-n. x(n) merupakan data sensor pada sampel ke-n, k adalah *window size* atau jumlah titik data untuk menghitung rata-rata dari data sensor. Penerapan filter MA dianalisis dengan parameter *Relative Error* (%) pada persamaan (3). Parameter RE merupakan perbandingan nilai data pengukuran sensor terhadap nilai perangkat yang dianggap benar. Semakin kecil nilai RE nya, maka menunjukkan penerapan filter MA dengan variasi nilai *window size* berhasil meningkatkan performa sensor atau mereduksi ketidakstabilan output dari sensor.

Penerapan filter MA hanya diterapkan pada sensor pH dengan pembanding pHmeter, sehingga dapat dihitung nilai RE nya. Sedangkan untuk sensor *Turbidity* tidak dilakukan analisis penerapan filter dikarenakan pembandingnya masih manual.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) 8678-4 tahun 2021, parameter yang perlu diperhatikan dalam budidaya udang adalah suhu air, salinitas air, kadar pH air, kadar oksigen, kadar akalin, kadar total amoniak, kadar nitrit-nitrat, ketinggian air dan kekeruhan air [17]. Berdasarkan hasil survey pada IBAP, parameter pengukuran budidaya udang Vaname yang penting diperhatikan dan dipantau berkala berdasarkan kondisi kolam adalah pH dan kekeruhan. Pengujian dari penelitian ini, terdiri dari pengamatan kerja sensor dari pagi sampai siang hari termasuk analisis

penerapan filter MA. Pengujian dilakukan dan dianalisis dengan pengumpulan 100 data.

A. Pengamatan kinerja sensor pH

Sebelum penerapan perangkat sensor pH, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan cairan pH 4 dan cairan pH 7 seperti Gambar 11. Tujuannya adalah pembacaan nilai pH dapat dilakukan secara akurat.



Gambar 11. Kalibrasi sensor pH dengan cairan

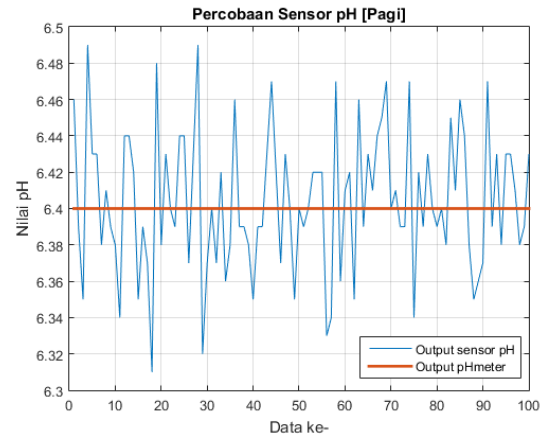
Kinerja dari masing-masing sensor akan dibandingkan dengan perangkat yang dianggap valid yakni pHmeter. Sedangkan sensor kekeruhan dibandingkan dengan tongkat kekeruhan dari IBAP. Perbandingan sensor pH dengan pHmeter dihitung dengan persamaan *Relative Error (RE)* pada persamaan (3).

$$Relative\ Error\ (\%) = \left| \frac{sensor\ pH - pH\ meter}{pHmeter} \right| 100\% \quad (3)$$

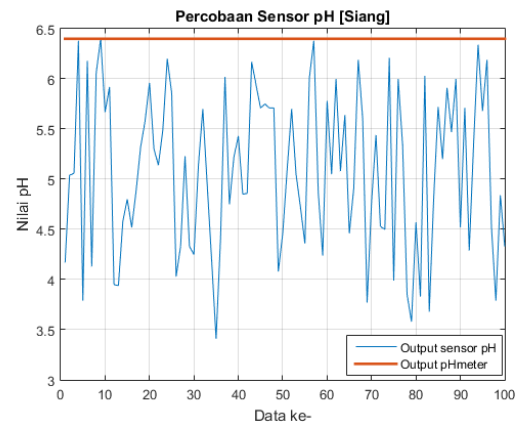
Hasil pengujian sensor pH waktu pagi dan siang terlihat pada Gambar 12-13, yang hasilnya sangat berfluktuatif dan jauh dari nilai kalibratornya (pHmeter). Kondisi pH kolam pagi hari sampai siang hari terukur stabil dengan pHmeter sebesar 6,4.

Berdasarkan Gambar 12, data pengujian sensor pH pagi hari terlihat beberapa titik yang mendekati nilai pHmeter dan beberapa data yang lain menjauhi nilai 6,4. Outputan sensor pH pagi hari tertinggi pada nilai 6,49, terendah 6,31 serta nilai yang sering muncul adalah 6,39. Nilai yang sering muncul atau modus tersebut mendekati nilai pHmeter. Dapat disimpulkan kinerja sensor pH stabil saat pagi, dimana suhu air kolam dan suhu lingkungan sekitar normal.

Sedangkan nilai sensor pH siang hari pada Gambar 13, seluruh data berada di bawah garis merah dengan nilai tertinggi 6,4, terendah 3,41 dan nilai yang sering muncul 5,71. Hal ini disebabkan oleh naiknya temperatur sekitar lingkungan observasi, sehingga menyebabkan perangkat menghasilkan kalor atau panas, yang berdampak pada output perangkat sensor. Rerata dari perhitungan *RE (%)* untuk kondisi pagi sebesar 0,49%, sedangkan kondisi siang hari sebesar 20,48%.



Gambar 12. Nilai sensor pH pagi hari



Gambar 13. Nilai sensor pH siang hari

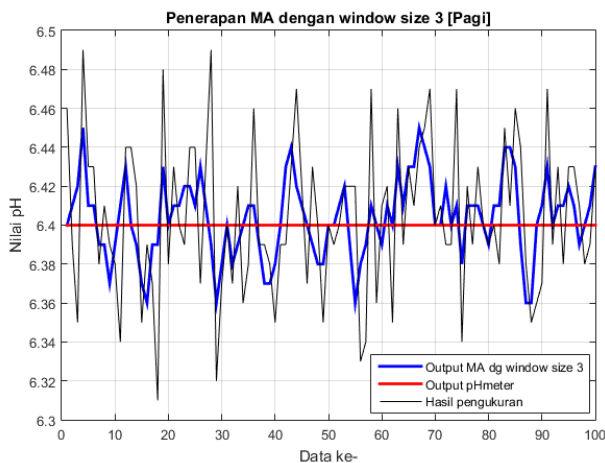
Hasil pengujian nilai tegangan dari sensor pH yang berfluktuatif, maka perlu ditambahkan metode filter. Artikel ini menerapkan filter rata-rata atau disebut dengan *Moving Average (MA)*. MA merupakan salah satu metode yang sangat sederhana dan mudah diterapkan untuk meminimalisir kesalahan deteksi akibat *noise* [18]. Penentuan jumlah titik data atau *window size (wz)* pada MA, harus dilakukan secara hati-hati, karena dapat mempengaruhi hasil dari filter. Penelitian ini melakukan percobaan *wz* sebesar 2, 3, 4, dan 5. Analisis percobaan *wz* membandingkan *RE (%)* terhadap nilai pHmeter seperti pada Tabel II.

TABEL II
PERCOBAAN WINDOW SIZE

| Kondisi | RE (%) | Rerata RE(%) |
|---------|---------------|--------------|
| Pagi | RE_Pengukuran | 0,49 |
| | RE_WZ_2 | 0,30 |
| | RE_WZ_3 | 0,25 |
| | RE_WZ_4 | 0,32 |
| | RE_WZ_5 | 0,39 |
| Siang | RE_Pengukuran | 20,49 |
| | RE_WZ_2 | 20,48 |
| | RE_WZ_3 | 20,49 |
| | RE_WZ_4 | 20,53 |
| | RE_WZ_5 | 20,62 |

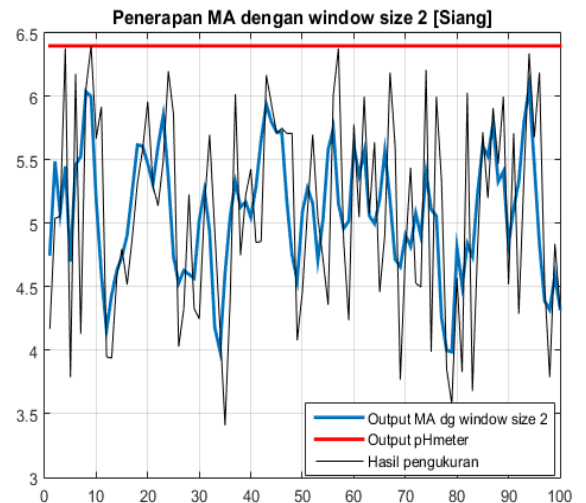
Hasil percobaan pada Tabel II merupakan penerapan MA dengan variasi *window size* yang berbeda, untuk kondisi sensor pH saat pagi dan siang hari. Data pengujian pagi hari mengalami perbaikan performansi dengan *window size* 3, yang ditunjukkan dengan nilai rerata *RE* (%) paling kecil dibandingkan *window size* yang lain dengan peningkatan performansi 0,24%. Sedangkan penerapan MA pada pengujian siang hari, hanya mengalami kenaikan performansi 0,1% untuk *window size* 2, sedangkan *window size* yang lain mengalami penurunan performansi. Penerapan MA pada data pH siang hari, tidak mengalami kenaikan yang *significant*, disebabkan oleh kerja sensor pH pada siang hari tidak stabil. Performansi filter pada sensor meningkat ditandai dengan nilai *RE*(%) lebih kecil dibandingkan dengan *RE*_pengukuran, yaitu ketika *wz* sama dengan 2, sedangkan *wz* yang lain rerata *RE* nya semakin besar dar pengukuran semula tanpa filter.

Representasi data dengan *window size* 3 untuk kondisi pagi pada Gambar 14. Representasi data *window size* 2 untuk kondisi siang ditunjukkan pada Gambar 15. Kedua Output dari filter MA menekan fluktuasi pada data pH, data terlihat lebih halus. Pada Gambar 14, nilai luaran tertinggi pada nilai 6,4 luaran terendah 6,3 dan nilai luaran yang sering muncul 6,4. Modus data pH tersebut mendekati nilai dengan pHmeter.



Gambar 14. Penerapan MA pada sensor pH saat pagi

Hasil filter pada kedua grafik Gambar 15, masih jauh dari nilai kalibrasinya sama dengan hasil pengujian sebelum penerapan MA. Pemilihan *window size* 2 dikarenakan rerata *relative error*nya paling kecil diantara *window size* yang lain serta lebih kecil dibandingkan hasil pengukuran empirisnya. Pengujian sensor pH pada siang hari dapat disimpulkan kinerja sensor tidak optimal, meskipun telah diberikan metode filter. Hal ini dikarenakan kemampuan sensor pH melemah saat digunakan terus menerus di ruangan terbuka dengan suhu lingkungan yang tinggi atau panas.



Gambar 15. Penerapan MA pada sensor pH saat siang

Hasil filter MA untuk sensor pH siang pada Gambar 15, didapatkan nilai tertinggi adalah 6,23, nilai terendah adalah 3,7, dan nilai yang sering muncul adalah 5,05. Modus data pH terlihat berbeda jauh dari garis merah nilai pHmeter. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan filter pada perangkat pH pada siang hari tidak *significant* peningkatannya.

B. Pengamatan kinerja sensor Turbidity

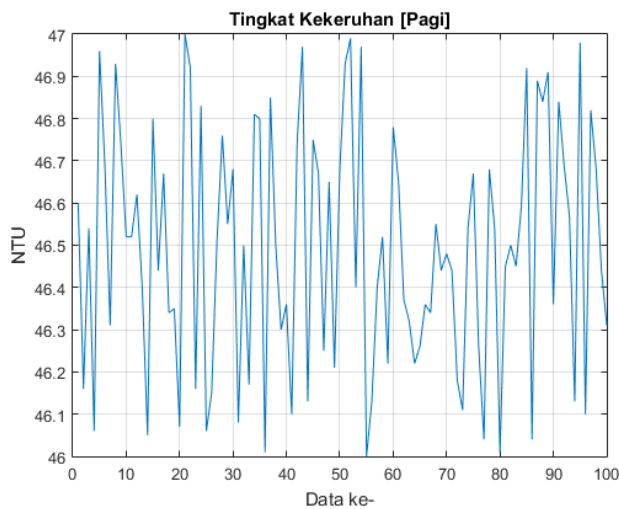
Performa kerja dari sensor *Turbidity* diuji langsung di kolam IBAP seperti Gambar 2. Pengujian dari sensor ini divalidasi manual menggunakan tongkat pengukur kekeruhan pada Gambar 6, sehingga tidak ada analisis persamaan *relative error*. Kondisi awal dari kolam sudah keruh, terbaca 10 cm pada tongkat. Waktu pengujian dilakukan bersamaan dengan percobaan sensor pH yaitu pagi dan siang, dimana sensor dibiarkan membaca data selama rentang waktu tersebut, kemudian dikirimkan ke bagian *server* untuk dipantau dan direkap data percobaannya.

Sensor *Turbidity* mengeluarkan nilai tegangan yang dikonversi menjadi satuan standard kekeruhan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU), sesuai persamaan (1). Nilai kekeruhan dari NTU dikelompokkan pada Tabel III.

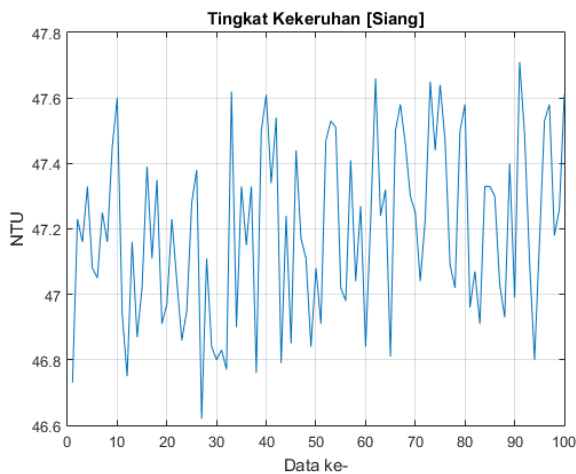
TABEL III
KLASIFIKASI NILAI NTU

| <i>Rentang Nilai NTU</i> | <i>Kadar Kekeruhan</i> |
|--------------------------|------------------------|
| 0 – 44,16 | Jernih |
| 44,62 -89,22 | Keruh |
| ≥89,23 | Sangat Keruh |

Pengujian sensor *Turbidity* pada kolam IBAP untuk pagi dan siang ditunjukkan pada Gambar 16-17. Nilai data tersebut termasuk berfluktuatif, namun masih dalam batas rentang nilai NTU pada Tabel 2 yaitu keruh. Pengujian sensor *Turbidity* tidak dapat dianalisis *relative error*nya dikarenakan validasi pengujian masih memanfaatkan cara manual mengukur dengan tongkat, yang telah diadopsi lama oleh pihak IBAP sampai saat ini.



Gambar 16. Data kekeruhan kondisi pagi



Gambar 17. Data kekeruhan kondisi siang

Berdasarkan data pengujian grafik pada Gambar 16-17, nilai NTU pada pagi hari dan siang hari bervariasi berada pada rentang kadar keruh. Hal ini sesuai dengan kondisi kolam di lapangan, selama pengujian kolam terdeteksi keruh. Pada pagi hari nilai tertinggi sebesar 47 NTU, nilai terendah 46 NTU. Untuk kondisi siang, nilai tertinggi 47,71 NTU dan nilai terendah 46,62 NTU. Kedua kondisi tersebut tidak berbeda jauh serta masih berada pada kategori keruh.

C. Pengamatan Transmisi Data Sensor ke Server

Data pH dan kekeruhan dikirim dari pengendali ESP 32 ke *webservice* yang terpasang pada Mini Komputer. Tabel IV merupakan 10 sampel rekaman data sensor yang di *database server*.

TABEL IV
REKAMAN TRANSMISI DATA

| No | Waktu | pH | NTU | pH_db | NTU_db |
|----|----------|------|-------|-------|--------|
| 1 | 11:38:37 | 0.59 | 46,73 | 0.59 | 46,73 |
| 2 | 11:38:39 | 0.76 | 47,23 | 0.76 | 47,23 |
| 3 | 11:38:41 | 1.18 | 47,16 | 1.18 | 47,16 |
| 4 | 11:38:43 | 2.25 | 47,33 | 2.25 | 47,33 |
| 5 | 11:38:45 | 2.67 | 47,08 | 2.67 | 47,08 |
| 6 | 11:38:47 | 2.69 | 47,05 | 2.69 | 47,05 |
| 7 | 11:38:49 | 1.81 | 47,25 | 1.81 | 47,25 |
| 8 | 11:38:51 | 1.06 | 47,16 | 1.06 | 47,16 |
| 9 | 11:38:53 | 0.87 | 47,45 | 0.87 | 47,45 |
| 10 | 11:38:55 | 1.49 | 47,63 | 1.49 | 47,63 |

Pada Tabel IV terlihat kolom waktu yang menunjukkan waktu dari *database* ketika data diterima, sedangkan kolom sensor pH dan NTU adalah luaran dari nilai perangkat sensor. Kolom pH_db merupakan nilai pH yang diterima oleh *database*, NTU_db adalah nilai keruh yang diterima pada *database*. Pada kolom waktu menunjukkan tampilan yang sama dengan *timestamp* pada serial Arduino IDE, dimana sampel data yang dikirim tiap 2 detik sekali. Dari hasil pengamatan Tabel IV tersebut, dapat disimpulkan proses pengiriman data secara *wireless* ke *server* lokal berhasil tanpa ada data yang hilang atau rusak.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penerapan perangkat, pengujian serta analisis membuktikan bahwa kinerja sensor pH dipengaruhi oleh gangguan sekitar akibat dari perubahan suhu temperature di sekitar kolam. Hasil pengujian pH dengan validator pHmeter pada pagi hari sebesar 0,49%, sedangkan pada siang hari sebesar 20,49%. Gangguan pada sensor dapat direduksi menggunakan filter MA. Penerapan filter MA pada pH saat pagi hari dapat meningkatkan performansinya sebesar 0,24%. Sedangkan pada sore hari, filter MA memberikan perbaikan performansi 0,1% dikarenakan perangkat sensor tidak stabil akibat dari suhu lingkungan yang tinggi. Sedangkan kinerja sensor *Turbidity* sesuai dengan kondisi kolam yaitu keruh dengan validasi tingkat kekeruhan. Informasi data dari kedua sensor tersebut berhasil dikirimkan secara nirkabel oleh Pengendali ESP 32. Data tersebut berhasil ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik lewat *webservice* yang terpasang pada perangkat Mini Komputer.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Hery, R. Alauddin, and A. Putra, "Kajian Daya Dukung Lingkungan Dalam Budidaya Udang Vaname Environmental Carrying Capacity Study in Vaname Shrimp Farming," pp. 103–109, 2023.
- [2] A. M. Pratiwi, D. Iliyun, M. Fiqih, and S. Wardhana, "Peran Pengolahan Udang Vaname Dalam Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Desa Tambak Kalisogo," *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 1, no. 8, pp. 403–411, 2023, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8396411>.
- [3] I. Purnamasari, Dewi Purnama, and angraini Fajar Utami, "Pertumbuhan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Tambak

- Intensif." *J. Enggano*, vol. 2, no. 1, pp. 58–67, 2017.
- [4] Supriatna, M. Mahmudi, M. Musa, and Kusriani, "Hubungan pH Dengan parameter kualitas air pada tambak intensif udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*)," *J. Fish. Mar. Res.*, vol. 4, no. 3, pp. 368–374, 2020, [Online]. Available: <http://jfmr.ub.ac.id>.
- [5] J. J. C. Hernández, L. P. S. Fernández, and O. Pogrebnyak, "Assessment and prediction of water quality in shrimp culture using signal processing techniques," *Aquac. Int.*, vol. 19, no. 6, pp. 1083–1104, 2011, doi: 10.1007/s10499-011-9426-z.
- [6] S. Melangi, M. Asri, and S. A. Hulukati, "Sistem Monitoring Informasi Kualitas dan Kekekruhan Air Tambak Berbasis Internet of Things," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 77–82, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.12061.
- [7] H. Supriyono, A. Hibatullah, and K. Harismah, "Turbidity Monitoring of Freshwater Using Internet of Things Platform," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1858, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1858/1/012048.
- [8] N. Ramsari and T. Hidayat, "Teknologi Internet of Things (IoT) pada Tanaman Selada dan Pakcoy Hidroponik dengan Menggunakan Perhitungan MAPE," *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–13, 2023, doi: 10.30871/jaic.v7i1.5011.
- [9] S. D. AL FARIZI, D. DARLIS, and A. HARTAMAN, "Lake Water Quality Measurement System at Situ Tekno using an ESP32-based Autonomous Surface Vehicle," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 12, no. 1, p. 121, 2024, doi: 10.26760/elkomika.v12i1.121.
- [10] S. Ayu Wulandari *et al.*, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Untuk Mendeteksi Keadaan Tidak Normal atau Penyakit Pada Tambak Ikan Mujaer Menggunakan Fuzzy Logic Mamdani Berbasis Mobile Design and Development of a Water Quality Monitoring System to Detect Abnormal Conditions or Diseases in Mujaer Fish Ponds Mobile Based Using Fuzzy Logic Mamdani," *Technologica*, vol. 3, no. 1, pp. 42–54, 2024, [Online]. Available: <https://journals.gesociety.org/index.php/technologica/article/view/153>.
- [11] P. A. Rosyady and M. A. Agustian, "Sistem Monitoring dan Kontrol Keasaman Larutan dan Suhu Air pada Kolam Ikan Mas Koki dengan Smartphone Berbasis IoT," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 21, no. 2, pp. 169–188, 2022, doi: 10.31358/techné.v21i2.317.
- [12] A. N. Firdaus, M. R. Hakim, and T. Ilham, "Pengembangan Water Quality Checker untuk Tambak Budidaya Pesisir," *INSOLOGI J. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 369–377, 2023, doi: 10.55123/insologi.v2i2.1840.
- [13] A. I. Nasrudin, K. Anam, and M. A. Prawira N, "Evaluasi Inverse Kinematics untuk Robot Quadruped Menggunakan Sensor Accelerometer," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 15, no. 3, 2020, doi: 10.17529/jre.v15i3.14079.
- [14] F. M. Wibowo and A. Burhanuddin, "PENERAPAN KALMAN FILTER PADA METODE TRILATERASI UNTUK PENINGKATAN AKURASI ESTIMASI PERHITUNGAN JARAK DI DALAM RUANGAN," *J. Ilm. Betrik Vesemah Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 09, no. 02, pp. 96–102, 2018.
- [15] F. M. Rosidi, "Implementasi Sistem Telemedicine Untuk Monitoring Detak Jantung Berbasis Sensor Ad8232," *Sinarfe7,4(1)*, pp. 317–320, 2021.
- [16] R. N. Pambudi, S. Indriyanto, and S. Pramono, "Implementasi Moving Average Filter Untuk Monitoring Ketinggian Air Pada Tandon Air Menggunakan Antares," *J. Electron. Electr. Power Appl.*, vol. 2, no. 2, pp. 108–144, 2022, [Online]. Available: <https://journal.peradaban.ac.id/index.php/jeepa/article/view/1279/867>.
- [17] "Badan Standarisasi Nasional," 2021, 2021. https://bsn.go.id/uploads/download/21kepka324_masa_transisi_9_sni_revisi_tahun_2021.pdf.
- [18] Duong Truong Thinh; Nguyen Ba Hoang Quan; Nopadon Manetien, "Implementation of Moving Average Filter on STM32F4 for Vibration Sensor Application," 2018, doi: 10.1109/GTSD.2018.8595630.