

Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Air pada Perikanan Budidaya

Rizqi Ilmal Yaqin¹, Luchiandini Ika Pamaharyani^{2,*}, Yuniar Endri Priharanto³, Tegar Lagsmana⁴, Ahmad Alip⁵

^{1,3,4,5}Program Studi Permesinan Kapal, Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai, Indonesia
Jl. Wan Amir No.1, Dumai, 28826

²Program Studi Pengolahan Hasil Laut, Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai, Indonesia
Jl. Wan Amir No.1, Dumai, 28826

²luchiika@politeknikkpdumai.ac.id

Intisari — Sistem mikrokontroler yang digunakan dalam pemantauan kualitas air pada budidaya perikanan masih jarang digunakan. Terutama, pemantauan secara real-time terhadap kualitas air diperlukan dalam budidaya perikanan untuk menghasilkan kontrol yang optimal. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hasil dari sistem pemantauan kualitas air yang berbasis Arduino yang telah dirancang. Perancangan sistem didasarkan pada penggunaan sensor-sensor yang berkaitan dengan pemantauan kualitas air dengan menggunakan mikrokontroler Arduino. Selanjutnya, sistem yang telah dibangun diuji dengan beberapa larutan, antara lain larutan TDS dengan kalibrasi 1382 ppm, larutan buffer pH 4.00, pH 6.86, dan pH 9.00, serta air bersih dan air kolam ikan. Hasil pengukuran alat dibandingkan dan dianalisis untuk tingkat kesalahan alat, tingkat presisi, dan tingkat akurasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem beroperasi dengan baik dengan sensor suhu, TDS, dan pH. Nilai tingkat kesalahan, akurasi, dan presisi menunjukkan nilai yang baik. Oleh karena itu, sistem pemantauan kualitas air yang berbasis Arduino yang telah dirancang dapat digunakan secara efektif dalam budidaya perikanan. Studi ini memberikan wawasan baru tentang pemantauan kualitas air secara real-time untuk mempermudah pemantauan air dalam budidaya perikanan.

Kata kunci — Arduino, Kualitas Air, pH, Suhu, TDS.

Abstract — The utilization of microcontroller systems for monitoring water quality in aquaculture remains uncommon. Particularly, there is a pressing need for real-time monitoring of water quality to ensure optimal control in aquaculture operations. Hence, this research aims to assess the performance of an Arduino-based water quality monitoring system that has been developed. This system employs various sensors to monitor water quality and is centered around an Arduino microcontroller. Subsequently, the constructed system underwent testing using different solutions, including TDS solution calibrated to 1382 ppm, pH buffer solutions of pH 4.00, pH 6.86, and pH 9.00, as well as clean water and water from fish ponds. The measurement results obtained from the device were compared and analyzed for error rate, precision, and accuracy. The findings indicate that the system functions effectively with temperature, TDS, and pH sensors, exhibiting favorable error, accuracy, and precision values. Thus, the Arduino-based water quality monitoring system devised in this study proves to be a viable option for aquaculture operations. This research contributes novel insights into real-time water quality monitoring, enhancing the efficiency of water management in aquaculture.

Keywords— Arduino, pH, TDS, Temperature, Water Quality.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki luas perairan lebih besar daripada luas daratannya, sehingga negara ini memiliki potensi yang sangat produktif di sektor perikanan [1]. Produktivitas perikanan di Indonesia terbagi menjadi tiga jenis, yaitu perikanan tangkap laut, perikanan tangkap di perairan darat, dan perikanan budidaya. Namun, dari ketiga jenis tersebut,

produktivitas perikanan budidaya mengalami peningkatan [2].

Sehingga perikanan budidaya menjadi salah satu sektor produksi ketahanan pangan di Indonesia. Perikanan budidaya dalam proyeksi bisnis di Indonesia diperkirakan akan tumbuh lebih dari 10,1 ton per tahun [3]. Adanya proyeksi bisnis perikanan budidaya tersebut menciptakan 8,9 juta lapangan kerja yang setara dengan pekerjaan purna waktu produksi. Oleh karena itu, sektor perikanan budidaya dapat menghasilkan USD 39,5

miliar pada tahun 2030 [4]. Produksi perikanan budidaya terbesar di Indonesia meliputi rumput laut, ikan nila, lele, bandeng, dan udang. Namun, untuk menghasilkan produksi perikanan budidaya yang optimal, diperlukan kualitas air yang terjaga baik. Kualitas air dalam perikanan budidaya berpengaruh pada pertumbuhan dan kesehatan ikan saat diproduksi. Oleh karena itu, menjaga kualitas air saat melakukan perikanan budidaya menjadi hal yang penting bagi pengusaha yang mengontrol air kolam ([5], [6]).

Kualitas air merupakan salah satu aspek utama dalam perikanan budidaya. Kualitas air yang berpengaruh pada pertumbuhan ikan antara lain oksigen terlarut (DO), suhu, pH, TDS, dan salinitas [7], [8], [9]. Parameter-parameter kualitas air tersebut harus dijaga sesuai dengan standar yang sudah ditentukan agar ikan terus mengalami pertumbuhan dan terhindar dari penyakit [10]. Hal tersebut seiring dengan ketahanan hidup pada ikan hingga waktu panen. Perubahan parameter kualitas air dapat menyebabkan perubahan perilaku ikan. Salah satu contohnya adalah perubahan suhu yang dapat mengurangi nafsu makan dan kalori, sehingga dapat menyebabkan kematian [11]. Kualitas air juga berpengaruh pada tingkat risiko kerugian pada perikanan budidaya. Sehingga, kualitas air dalam melakukan budidaya harus selalu dijaga agar kondisinya tetap baik [12]. Beberapa alat yang digunakan dalam menjaga kualitas air sudah banyak digunakan dalam kegiatan budidaya perikanan, namun masih menggunakan metode konvensional yang artinya pengukurannya dilakukan secara periodik. Hal ini menjadi permasalahan dalam perikanan budidaya untuk menjaga kualitas air secara real-time agar ikan tidak mengalami [4]. Oleh karena itu, diperlukan pengukuran kualitas air secara real-time dan pengendalian parameter agar tetap konstan dalam rentang nilai yang diijinkan [13]. Salah satu caranya adalah dengan memberikan pemberitahuan atau alarm.

Sistem pemantauan secara real-time pada kualitas air perikanan budidaya menjadi salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan perikanan budidaya yang membutuhkan alat yang dapat membaca secara real-time dan

memberikan notifikasi ketidakstandaran kualitas air. Beberapa penelitian tentang pembuatan alat dan sistem pemantauan kualitas air menggunakan Arduino telah dilakukan. Salah satunya adalah pembuatan sistem pemantauan dan kontrol kualitas air menggunakan NodeMCU dengan sensor pH dan suhu. Hasilnya menunjukkan bahwa pH dan suhu dapat termonitor dan terkontrol menggunakan blynk [14]. Namun, penelitian tersebut perlu ditambahkan dengan sensor yang berkaitan dengan kualitas air lainnya. Selain itu, pembuatan sistem pemantauan kualitas air yang digunakan untuk monitoring real-time pada sistem akuaponik. Sensor yang digunakan meliputi sensor kelarutan padatan pada larutan, pH, suhu, dan tingkat kekeruhan air menggunakan Arduino pro mini yang terhubung dengan Raspberry 3 model B. Hasilnya menunjukkan tingkat akurasi pengukuran dengan sensor tersebut adalah lebih dari 96% [15]. Selanjutnya, penggunaan ESP 32 dalam pengukuran pH, suhu, dan TDS digunakan dalam sistem pemantauan kualitas air. Namun, dalam penggunaan ESP 32 diperlukan koneksi internet dan perlu adanya pengembangan sistem yang serupa [16]. Penggunaan Arduino pada sistem pengukuran kualitas air dengan parameter pH, suhu, dan kekeruhan menjadi hal yang dapat digunakan. Terlebih dengan adanya layar yang dapat membantu pemantauan. Namun, hal ini perlu ada perkembangan dan penggunaan sensor lainnya [17]. Penggunaan sensor pada Arduino juga dapat disambungkan ke komputer untuk mempermudah pemantauan kualitas air dalam pembangunan sistem [18]. Sistem pemantauan air pada perikanan budidaya menjadi lebih praktis ketika menggunakan sistem berbasis Arduino.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem mikrokontroler dapat digunakan dalam pengukuran dan pemantauan kualitas air secara real-time [19]). Namun, beberapa penelitian yang telah dilakukan masih memerlukan pengembangan dari segi penggunaan sensor dan mikrokontroler yang digunakan. Penggunaan Arduino sebagai mikrokontroler dalam sistem pemantauan kualitas air masih belum banyak ditemukan. Terlebih lagi dengan sistem alarm yang menggunakan sensor TDS, pH, dan suhu.

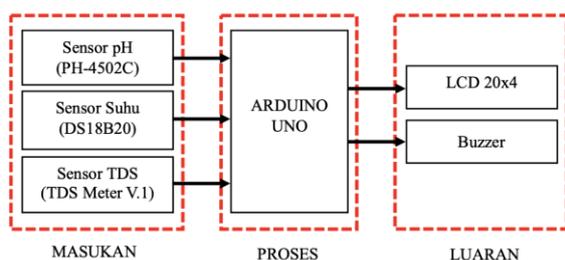
Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis hasil rancangan sistem pemantauan kualitas air berbasis

II. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan, meliputi tahapan perancangan dan pembuatan sistem, pengujian sistem pada berbagai kondisi, serta pengolahan dan validasi hasil pengujian sistem.

A. Perancangan Sistem

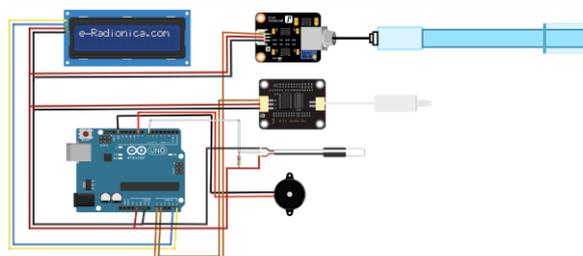
Struktur dan fungsi sistem yang dirancang menggunakan tiga sensor parameter: sensor TDS (TDS Meter v.1), sensor pH (PH-4502C), dan sensor suhu (DS18B20). Nilai-nilai masukan dari ketiga sensor tersebut akan diproses oleh Arduino Uno yang telah diprogram dengan beberapa kode dan terhubung dengan sumber daya listrik. Nilai-nilai masukan akan dikonversi ke dalam satuan tertentu. Nilai-nilai parameter dalam bentuk satuan akan ditampilkan pada keluaran. Pada sistem ini, keluaran dirancang menggunakan LCD 16x2 sebagai bentuk visualisasi dari nilai-nilai yang dibaca. Untuk memberikan peringatan mengenai kondisi berbahaya pada kualitas air, buzzer ditambahkan sebagai komponen tambahan. Diagram blok rancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 1.



Gbr. 1 Diagram blok rancangan sistem pemantauan kualitas air menggunakan arduino

Gambar 2 menunjukkan rangkaian diagram pada sistem pemantauan kualitas air. Dalam gambar tersebut, ditampilkan aliran kerja dan pin yang digunakan untuk membaca nilai-nilai dari sensor masukan. Sensor menghasilkan sinyal analog yang dikirimkan ke pin yang telah disediakan untuk setiap sensor. Sedangkan untuk tahapan pembacaan, digunakan prosesor Arduino Uno. Nilai-nilai

digital dari pembacaan sensor dan konversi akan ditampilkan pada LCD untuk menunjukkan nilai pembacaan. Selain itu, dengan adanya pin yang disalurkan ke komponen buzzer, diharapkan dapat menghasilkan sinyal suara sebagai tanda batas kualitas air.



Gbr. 2 Diagram sirkuit sistem pemantauan kualitas air

B. Pengujian Sistem

Setelah proses perancangan dan pembuatan selesai, prototipe sistem perlu diuji dalam kondisi simulasi dan kondisi nyata. Objek penelitian menggunakan air yang diperkaya dengan kondisi standar dan air yang diambil dari kolam ikan. Sampel air tersebut akan diuji menggunakan prototipe sistem pemantauan kualitas air yang telah dibangun. Air yang dikondisikan terdiri dari larutan air dengan penambahan serbuk buffer pH 4.00, pH 6.86, dan pH 9.18, serta larutan TDS kalibrasi 1382 ppm (mg/L). Suhu air dijaga sekitar 25°C. Sedangkan pada kondisi nyata, air dari kolam ikan akan digunakan. Pengujian responsivitas sensor dilakukan dengan membandingkan alat ukur dan standar larutan buatan. Pengujian respons sensor dilakukan dengan mengaktifkan prototipe sistem dan menempatkan sensor-sensor pada wadah uji yang disediakan. Pengukuran perbandingan sensor menggunakan alat ukur yang biasa digunakan di lapangan, seperti alat pengukur kualitas air (Multifunction EZ-9909). Pengukuran respons sensor dilakukan selama 15 menit, dengan pencatatan setiap 3 menit dalam selang waktu tersebut menggunakan alat ukur. Sementara itu, pengukuran dari prototipe didapatkan dari tangkapan layar LCD sistem.

C. Pengolahan Hasil Pengujian

Proses pengujian sensor dengan sistem pada kondisi yang sudah ditentukan sangat penting karena dapat digunakan sebagai acuan untuk

kepresisian dan tingkat akurasi dari sistem yang telah dibangun. Proses validasi dan penentuan tingkat akurasi sistem dilakukan dengan membandingkan antara sistem yang dibangun dengan alat ukur yang sudah terlabel khusus. Pengukuran parameter pada prototipe dibandingkan dengan alat ukur yang telah dikalibrasi. Perbandingan ini diperlukan untuk mengetahui nilai kesalahan yang dihasilkan oleh prototipe. Melalui perbandingan ini, tingkat akurasi dapat lebih mudah diestimasi. Pengukuran kepresisian data digunakan untuk mengkalkulasi beberapa parameter, seperti kesalahan (error), akurasi, dan presisi pada sistem pemantauan yang digunakan, menggunakan persamaan yang telah ditetapkan [15], [16], [20].

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \times 100 \% \quad (1)$$

$$\% \text{ Akurasi} = \left(1 - \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \right) \times 100 \% \quad (2)$$

$$\% \text{ Kepresisian} = \left(1 - \left| \frac{X_n - \bar{x}_n}{\bar{x}_n} \right| \right) \times 100 \% \quad (3)$$

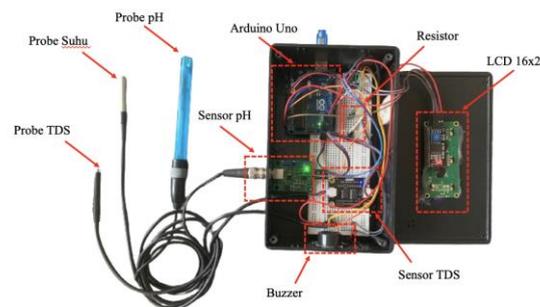
Dimana Y adalah nilai parameter referensi, X_n merupakan nilai parameter pengukuran ke n , dan \bar{x}_n adalah nilai rata-rata pada pengukuran parameter n . Hasil pengukuran ini nantinya akan diolah dan dibandingkan sehingga akan mendapatkan rata-rata setiap pengukuran terhadap aspek-aspek yang diukur selama pengukuran. Sehingga dalam menganalisisnya akan mengacu dari data tingkat presisi sistem dengan alat ukur.

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Model Prototipe

Sistem pemantauan kualitas air menggunakan Arduino yang telah dirancang dirangkai dan diprogram menggunakan kode pada Arduino IDE. Proses perakitan dan pengkodean didasarkan pada rangkaian yang telah ditetapkan. Hasil dari perakitan tersebut menunjukkan model prototipe sistem yang diilustrasikan pada Gambar 3. Sementara itu, bill of material dari model prototipe sistem pemantauan kualitas air dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan gambar dan tabel tersebut, sistem yang dibangun telah dapat digunakan untuk pemantauan secara real-time dan dapat berfungsi dalam jangka panjang.

Secara keseluruhan, alat yang dibangun dapat berjalan dan berfungsi dengan baik [21].



Gbr. 3 Realisasi model prototipe sistem pemantauan kualitas air

Tabel 1. *Bill of Material* prototipe sistem pemantauan kualitas air

No	Nama Komponen	Penggunaan
1	LCD 16x2 dengan I2C	Menampilkan hasil pengukuran berupa bentuk angka dari sinyal sensor-sensor
2	Sensor Suhu DS18B20	Pengukuran tingkat suhu
3	Buzzer	Alarm sebagai penanda
4	PH meter	Pengukuran tingkat pH
5	TDS meter	Pengukuran tingkat TDS
6	Arduino Uno	Mikrokontroler penerima sinyal dan diteruskan ke layar dan alarm
7	Resistor 3,7 Ω	Rangkaian pada sensor suhu

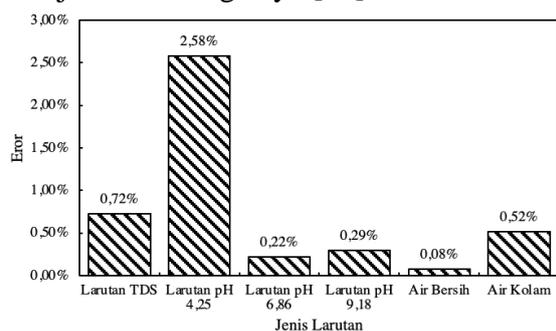
B. Pengujian Sistem

1) Sensor pH

Data hasil pemantauan berbagai larutan disajikan dalam bentuk perbandingan kesalahan antara pengukuran prototipe dengan alat ukur pH, seperti yang terlihat dalam Tabel 2. Perbedaan hasil pengukuran antara prototipe dan alat ukur sensor pH dinyatakan dalam bentuk persentase kesalahan. Alat ukur ini digunakan sebagai standar dalam pengukuran prototipe. Analisis kesalahan pengukuran sensor pH menghasilkan nilai rata-rata kesalahan dari berbagai larutan.

Nilai rata-rata kesalahan dari berbagai larutan adalah 0,72% untuk larutan TDS, 2,58% untuk larutan pH 4,25, 0,22% untuk larutan

pH 6,86, 0,29% untuk larutan pH 9,18, 0,08% untuk air bersih, dan 0,52% untuk air kolam. Dari Gambar 4, terlihat bahwa nilai kesalahan paling tinggi terdapat pada larutan pH 4,25 sebesar 2,58%, sementara nilai rata-rata kesalahan terkecil terdapat pada air bersih yaitu 0,08%. Berdasarkan nilai rata-rata kesalahan, keseluruhan kesalahan pengukuran sensor pH adalah 0,74%. Terdapat perbedaan dalam pembacaan waktu pengujian antara nilai prototipe dan alat ukur pH yang tidak jauh berbeda [16]. Meskipun demikian, nilai kesalahan sangat kecil dan dapat ditoleransi karena berada di bawah 2% [22]. Kesalahan yang kecil pada pengukuran pH menunjukkan tingkat sensitivitas pH yang sangat tinggi dan baik [23]. Sehingga, sensor tersebut dapat digunakan dengan baik. Tingkat kesalahan yang kecil dapat disebabkan oleh kesalahan manusia [24]. Oleh karena itu, sensor ini dapat bekerja sesuai fungsinya [25].



Gbr. 4 Perbandingan rata-rata error pengujian sensor pH dengan alat ukur dari berbagai larutan

Tabel 2. Hasil error pengujian sensor pH dengan alat ukur dari berbagai larutan

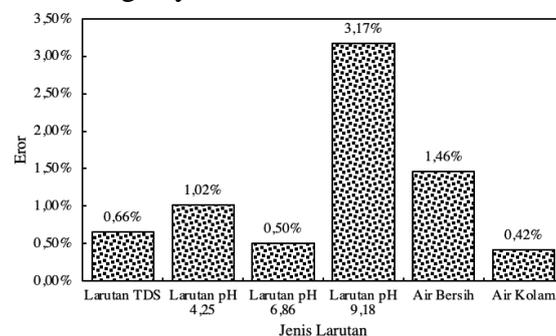
Menit	TDS	pH 4,25	pH 6,86	pH 9,18	Air Bersih	Air Kolam
1	1,03%	0,51%	0,44%	0,56%	0,63%	0,38%
3	0,77%	2,54%	0,29%	0,56%	0,00%	0,25%
5	0,93%	3,05%	0,15%	0,11%	0,00%	1,89%
7	0,51%	1,01%	0,15%	0,34%	0,00%	0,13%
9	1,91%	4,46%	0,29%	0,45%	0,00%	0,38%
11	0,26%	0,51%	0,15%	0,33%	0,00%	0,38%
13	0,26%	4,76%	0,15%	0,00%	0,00%	0,38%
15	0,13%	3,83%	0,15%	0,00%	0,00%	0,38%
Rata - Rata	0,72%	2,58%	0,22%	0,29%	0,08%	0,52%

2) Sensor TDS

Data hasil pemantauan berbagai larutan disajikan dalam bentuk perbandingan kesalahan antara pengukuran prototipe dengan alat ukur TDS, seperti yang terlihat

dalam Tabel 3. Perbedaan hasil pengukuran antara prototipe dan alat ukur sensor TDS dinyatakan dalam bentuk persentase error. Alat ukur ini digunakan sebagai standar dalam pengukuran prototipe. Analisis error pengukuran sensor TDS menghasilkan nilai rata-rata kesalahan dari berbagai larutan. Nilai rata-rata kesalahan dari berbagai larutan adalah 0,66% untuk larutan TDS, 1,02% untuk larutan pH 4,25, 0,50% untuk larutan pH 6,86, 3,17% untuk larutan pH 9,18, 1,46% untuk air bersih, dan 0,42% untuk air kolam.

Dari Gambar 5, terlihat bahwa nilai kesalahan paling tinggi terdapat pada larutan pH 9,18 sebesar 3,17%, sementara nilai rata-rata kesalahan terkecil terdapat pada air kolam yaitu 0,42%. Berdasarkan nilai rata-rata kesalahan, keseluruhan kesalahan pengukuran sensor TDS adalah 1,20%. Terdapat perbedaan dalam pembacaan waktu pengujian antara nilai prototipe dan alat ukur TDS yang tidak jauh berbeda [16]. Meskipun demikian, nilai kesalahan sangat kecil dan dapat ditoleransi karena berada di bawah 2% [22]. Oleh karena itu, sensor ini dapat bekerja sesuai fungsinya [25].



Gbr. 5 Perbandingan rata-rata error pengujian sensor TDS dengan alat ukur dari berbagai larutan

Tabel 3. Hasil error pengujian sensor TDS dengan alat ukur dari berbagai larutan

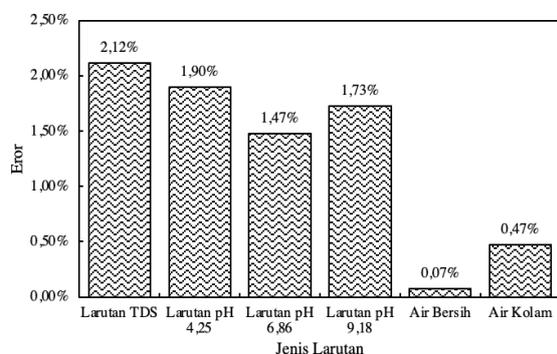
Menit	TDS	pH 4,25	pH 6,86	pH 9,18	Air Bersih	Air Kolam
1	2,22%	0,77%	0,54%	2,06%	3,92%	2,36%
3	1,51%	0,51%	0,44%	3,16%	0,97%	0,00%
5	0,58%	1,85%	0,41%	3,43%	2,88%	0,41%
7	0,29%	1,27%	0,27%	3,43%	0,00%	0,28%
9	0,29%	0,83%	0,27%	3,43%	0,97%	0,00%
11	0,07%	0,25%	1,12%	2,33%	0,97%	0,00%
13	0,07%	0,83%	0,27%	3,76%	0,97%	0,00%
15	0,22%	1,85%	0,67%	3,76%	0,97%	0,28%
Rata - Rata	0,66%	1,02%	0,50%	3,17%	1,46%	0,42%

3) Sensor Suhu

Data hasil pemantauan berbagai larutan disajikan dalam bentuk perbandingan kesalahan antara pengukuran prototipe dengan alat ukur suhu, seperti yang terlihat dalam Tabel 4. Perbedaan hasil pengukuran antara prototipe dan alat ukur sensor suhu dinyatakan dalam bentuk persentase kesalahan. Alat ukur ini digunakan sebagai standar dalam pengukuran prototipe. Analisis kesalahan pengukuran sensor suhu menghasilkan nilai rata-rata kesalahan dari berbagai larutan. Nilai rata-rata kesalahan dari berbagai larutan adalah 2,12% untuk larutan TDS, 1,90% untuk larutan pH 4,25, 1,47% untuk larutan pH 6,86, 1,73% untuk larutan pH 9,18, 0,07% untuk air bersih, dan 0,47% untuk air kolam.

Dari Gambar 6, terlihat bahwa nilai kesalahan paling tinggi terdapat pada larutan TDS sebesar 2,12%, sementara nilai rata-rata kesalahan terkecil terdapat pada air bersih yaitu 0,07%. Berdasarkan nilai rata-rata kesalahan, keseluruhan kesalahan pengukuran sensor suhu adalah 1,29%. Terdapat perbedaan dalam pembacaan waktu pengujian antara nilai prototipe dan alat ukur suhu yang tidak jauh berbeda [16] Meskipun demikian, nilai kesalahan sangat kecil dan dapat ditoleransi karena berada di bawah 2% [22].

Dengan tingkat kesalahan yang kecil tersebut, sensor suhu yang digunakan dapat dianggap mampu membaca kualitas air dengan baik [26]. Oleh karena itu, sensor ini dapat bekerja sesuai fungsinya [25].

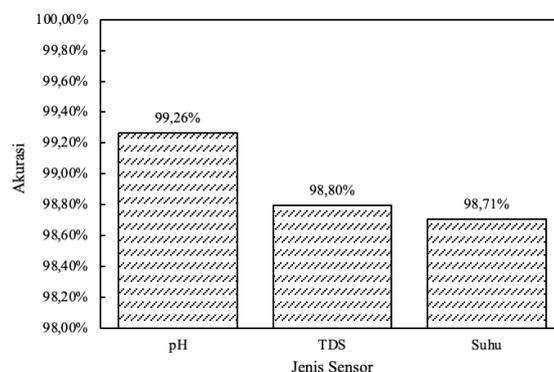


Gbr. 6 Perbandingan rata-rata eror pengujian sensor suhu dengan alat ukur dari berbagai larutan

Tabel 4. Hasil eror pengujian sensor suhu dengan alat ukur dari berbagai larutan

Me nit	TDS	pH 4,25	pH 6,86	pH 9,18	Air Bersih	Air Kolum
1	2,21%	0,36%	1,28%	1,25%	0,07%	3,20%
3	2,34%	0,58%	1,28%	5,54%	0,07%	0,04%
5	2,34%	2,33%	1,50%	1,85%	0,07%	0,30%
7	2,14%	2,33%	1,50%	2,07%	0,07%	0,07%
9	2,14%	2,33%	1,97%	0,58%	0,07%	0,07%
11	1,90%	2,33%	3,70%	0,84%	0,07%	0,04%
13	1,93%	2,33%	0,36%	0,84%	0,07%	0,04%
15	1,93%	2,56%	0,21%	0,84%	0,07%	0,04%
Rata - Rata	2,12%	1,90%	1,47%	1,73%	0,07%	0,47%

C. Tingkat Kepresisian Sistem Presisi



Gbr. 7 Rata-rata tingkat kepresisian sensor pada sistem dari berbagai larutan

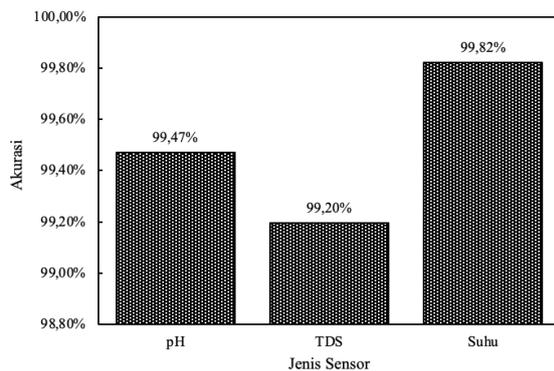
Tabel 5. Hasil pengujian tingkat kepresisian sensor pada sistem pada berbagai larutan

Parameter	Jenis Larutan						
	TDS	pH 4,25	pH 6,86	pH 9,18	Air Bersih	Air Kolum	Rata-rata
pH	99,28%	97,42%	99,78%	99,71%	99,92%	99,48%	99,26%
TDS	99,34%	98,98%	99,50%	96,83%	98,54%	99,58%	98,80%
Suhu	97,88%	98,10%	98,53%	98,27%	99,93%	99,53%	98,71%

Tingkat akurasi pengukuran menunjukkan seberapa miripnya hasil pengukuran dengan acuan dan seberapa konsisten pengukuran tersebut dengan pengukuran sebelumnya. Pada penelitian ini, terdapat rata-rata tingkat akurasi pada setiap sensor pada prototipe yang telah dibuat. Berdasarkan Tabel, nilai rata-rata tingkat akurasi pada sensor pH adalah 99,26%, untuk sensor TDS adalah 98,80%, dan untuk sensor suhu adalah 98,71%. Gambar menunjukkan bahwa nilai tingkat akurasi masing-masing sensor yang digunakan. Nilai tingkat akurasi tertinggi berada pada sensor

pH, TDS, dan suhu secara berturut-turut. Nilai tingkat akurasi tersebut memberikan informasi bahwa sensor yang digunakan memiliki tingkat pembacaan yang stabil sehingga dapat digunakan dalam instrumen pengukuran [27]. Nilai tingkat akurasi yang mendekati 100% merupakan nilai yang baik dalam pengujian sensor [28]. Tingkat akurasi yang tinggi menunjukkan bahwa alat ukur yang telah dibuat layak digunakan untuk mengukur kualitas air [29].

Akurasi



Gbr. 8 Rata-rata tingkat akurasi sensor pada sistem dari berbagai larutan

Tabel 6. Hasil pengujian tingkat akurasi sensor pada sistem pada berbagai larutan

Parameter	Jenis Larutan						
	TDS	pH 4,25	pH 6,86	pH 9,18	Air Bersih	Air Kolam	Rata-rata
pH	98,7 6%	98,8 7%	99,8 9%	99,7 9%	99,91 %	99,60 %	99,4 7%
TDS	98,6 2%	99,0 1%	99,5 9%	99,5 8%	98,84 %	99,53 %	99,2 0%
Suhu	99,8 1%	99,8 5%	99,6 1%	99,7 6%	100,00 %	99,92 %	99,8 2%

Tingkat presisi pengukuran menunjukkan seberapa konsisten hasil pengukuran ketika diulang dalam kondisi yang sama, tanpa mengalami perbedaan yang signifikan. Pada penelitian ini, terdapat rata-rata tingkat presisi pada setiap sensor pada prototipe yang telah dibuat. Berdasarkan Tabel, nilai rata-rata tingkat presisi pada sensor pH adalah 99,47%, untuk sensor TDS adalah 99,20%, dan untuk sensor suhu adalah 99,82%. Gambar menunjukkan bahwa nilai tingkat presisi masing-masing sensor yang digunakan berbeda-beda. Nilai tingkat presisi tertinggi berada pada sensor suhu, pH, dan TDS secara berturut-turut. Nilai tersebut menunjukkan bahwa alat tersebut memiliki tingkat presisi yang tinggi karena melebihi batas aman dan

hanya memiliki sedikit kesalahan dalam pengukuran [9]. Tingkat presisi yang tinggi menunjukkan bahwa alat yang dirancang dapat digunakan untuk mengukur kualitas air dalam hal pH, TDS, dan suhu [30].

IV. PENUTUP

Perancangan sistem pemantauan kualitas air untuk budidaya ikan bertujuan membantu dalam pemantauan kualitas air dengan menganalisis hasil pengukuran dari sistem dan membandingkannya dengan alat ukur. Sistem ini menggunakan Arduino sebagai platform utama dan dilengkapi dengan sensor pH, TDS, dan suhu. Tingkat kesalahan dari pengukuran prototipe dibandingkan dengan alat ukur cenderung rendah, yaitu di bawah 5%. Sementara itu, tingkat akurasi pengukuran menggunakan prototipe mendekati nilai 100%, menunjukkan kinerja sistem yang baik. Selain itu, tingkat kepresisian sistem pemantauan air yang dirancang juga sangat baik, mengindikasikan sedikit kesalahan dalam pengukuran yang diulang. Signifikansi dari penelitian ini adalah adanya pengukuran real-time pada kualitas air dengan parameter pH, TDS, dan suhu yang dilengkapi dengan alarm untuk mengingatkan jika melebihi batas yang ditentukan. Rekomendasi untuk penelitian ini adalah meningkatkan perancangan sistem dengan mengintegrasikannya ke dalam perangkat mobile phone agar dapat dipantau setiap saat dan di mana saja. Hal ini akan memudahkan pengguna untuk memantau kondisi kualitas air secara lebih fleksibel dan efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Workshop Permesinan Kapal Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai yang telah memberikan tempat untuk melakukan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Rifa', M. U. H. Al Rasyid, and A. I. Gunawan, "Sistem Pemantauan Dan Kontrol Otomatis Kualitas Air Berbasis IoT Menggunakan Platform Node-Red Untuk Budidaya Udang," *JTT (Jurnal*

- Teknologi Terapan*), vol. 7, no. 1, pp. 19–26, 2021.
- [2] M. Ghufron, M. Lamid, P. Desi, W. Sari, and H. Suprpto, “Teknik Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Pada Tambak Pendampingan Pt Central Proteina Prima Tbk Di Desa Randutatah, Kecamatan Paiton, Probolinggo, Jawa Timur,” *Journal of Aquaculture and Fish Health*, vol. 7, no. 2, pp. 54–77, 2017.
- [3] A. N. Anugrah and A. Alfarizi, “Literature Review Potensi Dan Pengelolaan Sumber Daya Perikanan Laut Di Indonesia,” *Jurnal Sains Edukatika Indonesia (JSEI)*, vol. 3, no. 2, pp. 31–36, 2021.
- [4] M. Dwiyanti and R. Novita, “Desain Sistem Pemantauan Kualitas Air pada Perikanan Budidaya Berbasis Internet of Things dan Pengujiannya,” *JURNAL MULTINETICS*, vol. 5, no. 2, pp. 57–61, 2019.
- [5] Y. N. Kristiantya, E. Setiawan, and B. H. Prasetyo, “Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Kolam Ikan Air Tawar menggunakan Logika Fuzzy berbasis Arduino,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 7, pp. 3145–3154, 2022, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [6] E. Lintang, Firdaus, and I. Nurcahyani, “Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Kolam Ikan Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan Komunikasi Zigbee,” in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Informatika Ke-4*, 2017, pp. 145–152.
- [7] G. Wiranto and I. D. P. Hermida, “Pembuatan Sistem Monitoring Kualitas Air Secara Real Time Dan Aplikasinya Dalam Pengelolaan Tambak Udang,” *Teknologi Indonesia*, vol. 33, no. 2, pp. 107–113, 2010.
- [8] A. Susilo and Y. Fazeri, “Monitor Kualitas Air Kolam Budi Daya Ikan Lele Berkonsep IoT,” *Jurnal Sains & Teknologi*, vol. 11, no. 2, pp. 34–41, 2021.
- [9] N. T. Somantri, N. Darwin, D. F. Nurjaman, M. R. Hidayat, and N. Winanti, “Sistem Monitoring Kualitas Air pada Akuarium Budidaya Ternak Ikan Guppy Menggunakan Mikrokontroler Berbasis IoT,” *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, vol. 21, no. 02, pp. 144–157, 2022, [Online]. Available: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- [10] D. Azhari and A. M. Tomaso, “Kajian Kualitas Air Dan Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Yang Dibudidayakan Dengan Sistem Akuaponik,” *Jurnal Akuatika Indonesia*, vol. 3, no. 2, pp. 84–90, 2018.
- [11] Y. Cahyanti and I. Awalina, “Studi Literatur: Pengaruh Suhu terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*),” *Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, vol. 2, no. 4, pp. 224–235, Oct. 2022, doi: 10.36312/pjipst.v2i4.110.
- [12] M. S. Lembang and L. Kuing, “Efektivitas pemanfaatan sistem resirkulasi akuakultur (RAS) terhadap kualitas air dalam budidaya ikan koi (*Cyprinus rubrofasciatus*),” *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, vol. 12, no. 2, pp. 105–112, 2021.
- [13] H. F. Nurwirasaputra, S. Sumaryo, and P. Pangaribuan, “Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Air Secara Real-Time Untuk Budidaya Perikanan Menggunakan Metode Fuzzy Logic,” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 7, no. 2, p. 2992, 2020.
- [14] H. L. Johar, S. Mohamad, S. M. Shah, and R. M. Hanifa, “Water Quality Monitoring and Controlling using IoT,” *Journal of Electronic Voltage and Application*, vol. 2, no. 1, pp. 20–25, Jun. 2021, doi: 10.30880/jeva.2021.02.01.003.
- [15] R. Alfia, A. Widodo, Nurhayati, and N. Kholis, “Sistem Monitoring Kualitas Air pada Sistem Akuaponik Berbasis IoT,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 3, pp. 707–714, 2021.
- [16] F. Chuzaini and Dzulkifli, “IoT Monitoring Kualitas Air Dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH, Dan Total Dissolved Solids (TDS),” *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, vol. 11, no. 3, pp. 46–56, 2022.
- [17] V. Lakshmikantha, A. Hiriyannagowda, A. Manjunath, A. Patted, J. Basavaiah, and A. A. Anthony, “IoT based smart water quality monitoring system,” *Global Transitions Proceedings*, vol. 2, no. 2, pp. 181–186, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.gltip.2021.08.062.
- [18] W. J. Hong *et al.*, “Water quality monitoring with arduino based sensors,” *Environments*, vol. 8, no. 6, pp. 1–15, Mar. 2021, doi: 10.3390/environments8010006.
- [19] A. B. Pratama, I. M. I. Subroto, and A. Riansyah, “Sistem Monitoring Dan Kontrol Kualitas Air Pada Kolam Ikan Koi Berbasis Internet of Things (IoT),” *Jurnal Transistor Elektro dan Informatika*

- (*TRANSISTOR EI*), vol. 4, no. 3, pp. 171–180, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.unissula.ac.id/online/index.php/EI>
- [20] D. Rosandi, D. K. Apriyanto, and A. Surtono, “Design of Water Quality Monitoring System for Koi Fish Farming Using NodeMCU ESP32 and Blynk Application Based on Internet of Things,” *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 32–38, 2023.
- [21] I. Lubis and A. B. Pulungan, “Rancang Bangun Alat Monitoring Kualitas Air Berbasis Online,” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 2, pp. 462–472, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.398.
- [22] C. I. Barung, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Minum Pada Jasa Layanan Galon Isi Ulang,” 2022.
- [23] I. E. Prasetya, S. Achmadi, and D. Rudhistiar, “Penerapan Iot (Internet Of Things) Untuk Sistem Monitoring Air Dan Controlling Pada Kolam Ikan Gurami Berbasis Website,” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 2, pp. 1184–1191, 2022.
- [24] W. Dewantoro and M. B. Ulum, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Hias Air Tawar Berbasis Iot (Internet Of Things),” *Jurnal Komputasi*, vol. 9, no. 2, pp. 67–75, 2021.
- [25] R. Aprilia, D. N. Ramadhan, and I. D. Irawati, “Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Tambak Udang Vaname Di Kecamatan Kalitengah Berbasis Internet Of Things,” *e-Proceeding of Applied Science*, vol. 9, no. 1, pp. 306–315, 2023.
- [26] J. Faza, S. I. Purnama, and F. T. Syifa, “Sistem Monitoring Tingkat pH, Kekeruhan dan Suhu Air Limbah Batik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Berbasis LoRa,” *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, vol. 3, no. 1, pp. 11–16, Jul. 2021, doi: 10.20895/jtece.v3i1.146.
- [27] B. E. Cahyono, I. D. Utami, N. P. Lestari, and N. S. Oktaviany, “Karakterisasi Sensor LDR dan Aplikasinya pada Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Arduino UNO,” *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 7, no. 2, pp. 179–186, 2019.
- [28] A. Lestari and A. Zafia, “Penerapan Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet Of Things,” *Journal Informatic and Information Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 17–24, 2022.
- [29] Rezeki, B. S. Nugroho, and Nurhasanah, “Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Air Berdasarkan pH Air dan Kekeruhan,” *PRISMA FISIKA*, vol. 9, no. 3, pp. 297–303, 2014.
- [30] L. Handayani, J. Pebralia, I. Amri, and A. P. Lestari, “Pengembangan Alat Ukur Kematangan Kompos Berbasis Arduino ATMEGA328,” *JoP*, vol. 8, no. 2, pp. 96–102, 2023.