

Pengujian dan Kalibrasi Sensor Sistem kendali untuk PH, Temperatur, dan Kadar Oksigen pada Kolam Ikan

1st Wahyu Purwo Atmojo

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

wahyupurwo@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Erwin Susanto

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

erwinelektro@telkomuniversity.ac.id

3rd Porman Pangaribuan

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

porman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Dalam industri perikanan, pengawasan kualitas air secara real-time sangat krusial untuk menjaga kesehatan ikan dan meningkatkan produktivitas budidaya. Ada beberapa parameter penting yang harus dikontrol yaitu pH air, temperatur, dan kadar oksigen. Masing – masing memiliki acuannya masing – masing agar ikan nila dapat bertahan hidup. Kandungan pH air yang baik untuk ikan nila yaitu 6,5 sampai 7,5 , untuk temperatur yaitu 24 sampai 28 °C , dan sedangkan untuk kadar oksigen yang baik yaitu 7 sampai 9 mg/L. Dalam membuat suatu sistem yang efektif dan tepat, maka alat yang digunakan yaitu sensor dari tiga parameter tersebut perlu dilakukan proses kalibrasi dan pengujian terlebih dahulu. Kalibrasi adalah proses penyesuaian dan verifikasi alat ukur atau sensor untuk memastikan bahwa hasil pengukurannya akurat dan konsisten dengan standar atau nilai referensi yang diketahui sehingga alat atau sensor layak digunakan. Metode yang digunakan dalam proses kalibrasi adalah dengan membandingkan sensor dengan alat ukur, dimana metode ini diharapkan dapat mempengaruhi output dari sensor.

Kata kunci— *kualitas air, kalibrasi, sensor*

I. PENDAHULUAN

Budidaya perikanan adalah kegiatan membudidayakan berbagai jenis makhluk hidup seperti ikan, udang, kerang pada lingkungan yang memadai dengan tujuan keuntungan. Saat ini dalam membudidayakan ikan nila sangat susah dikarenakan ada beberapa kendala yaitu Menurut Aris Andi Manurun (2023) [1] permasalahan saat ini pada proses peternakan ikan nila yaitu kualitas air kolam yang dapat berubah dan tidak sesuai kadar pH dan pengeluaran biaya untuk penggunaan tenaga manusia yang banyak.

Tanpa adanya pengawasan, peneliti merasa kondisi kolam ikan nila saat ini sangatlah memprihatinkan. Para pembudidaya ikan nila pasti memiliki rasa takut bila suatu waktu terjadi hal yang tidak diinginkan seperti, kualitas air pada kolamnya mengalami perubahan kualitas air atau memerlukan tenaga manusia untuk mengontrol kualitas air kolam mereka secara manual dan mengeluarkan biaya yang tidak sedikit. Ini sangat menyebabkan kerugian bagi para

Oleh karena itu, penelitian ini mempunyai gagasan untuk membuat alat dengan suatu sistem yang dapat mengontrol kualitas untuk pH, temperatur, dan kadar oksigen pada kolam ikan. Parameter kualitas air yang dikendalikan adalah pH dan

kadar oksigen, untuk temperatur dilakukan monitoring yang akan ditampilkan pada LCD yang ada pada panel box. Sistem kendali yang digunakan adalah kendali fuzzy logic. Sistem kendali fuzzy logic [2] dinilai mampu menyelesaikan permasalahan dalam kualitas air pada kolam ikan dikarenakan perlu memperhatikan beberapa kondisi dan menjaga parameter kualitas air dengan baik. Menurut Miftachul Ali (2024) [3] Fuzzy logic berguna sebagai sistem kontrol yang bisa menggerakkan output pompa, pada kolam ikan ini kami menggunakan dua pompa untuk mengatur pH. Pompa berguna untuk menambahkan cairan asam atau basa kedalam kolam untuk menyesuaikan nilai pH. Hal ini akan memberikan solusi terbaik untuk permasalahan yang dialami oleh para pembudidaya ikan nila.

II. KAJIAN TEORI

A. kalibrasi

Kalibrasi menurut Calvin Leonardo (2019) [4] merupakan rangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menentukan hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur atau sistem pengukuran dengan nilai yang telah diketahui pada suatu besaran tertentu dalam kondisi tertentu.

B. Sensor gravity: analog pH Sensor/Meter Kit V2

Sensor pH adalah perangkat sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau pH dalam larutan, yang bekerja dengan mengonversi nilai pH menjadi sinyal analog.

Sensor ini biasanya terdiri dari elektroda kaca dan elektroda referensi yang bekerja bersama untuk mendeteksi konsentrasi ion hidrogen (H⁺) dalam larutan. pH adalah skala yang digunakan untuk menentukan konsentrasi ion hidrogen, dengan skala pH berkisar dari 0 hingga 14. Skala ini menunjukkan tingkat keasaman (pH < 7) atau kebasaan (pH > 7), sedangkan pH 7 dianggap netral. Selain itu, beberapa sensor pH dilengkapi dengan fitur kompensasi suhu otomatis (ATC) untuk memastikan akurasi pengukuran yang lebih tinggi dalam kondisi suhu yang berfluktuasi. Sensor pH dapat terintegrasi dalam sistem otomatis yang mengendalikan pompa atau alat lain untuk menjaga pH dalam rentang yang diinginkan [5].



GAMBAR 1

Sensor gravity: Analog pH Sensor/Meter kit V2

C. Sensor DS18B20

Sensor suhu DS18B20 adalah sensor digital yang menggunakan protokol one-wire, sehingga hanya membutuhkan satu pin data untuk berkomunikasi [6]. Keunggulan ini membuat sensor ini mudah dipasang dan digunakan. Selain itu, DS18B20 memiliki kemampuan untuk mengukur suhu dengan rentang antara -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi sekitar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, menjadikannya sangat andal dalam berbagai aplikasi suhu ekstrem. Setiap sensor DS18B20 memiliki nomor seri unik sepanjang 64-bit, yang memungkinkan penggunaan beberapa sensor pada satu bus daya yang sama, sehingga beberapa sensor dapat terhubung ke pin GPIO yang sama. Fitur ini sangat bermanfaat dalam proyek-proyek yang memerlukan pengontrolan suhu dan pencatatan data secara presisi serta dalam lingkungan yang memerlukan pengukuran suhu di beberapa titik secara simultan.



GAMBAR 2

sensor DS18B20

D. Sensor Dissolved Oxygen Df Robot

Oksigen terlarut (DO) merupakan pengukuran dalam fluida proses yang digunakan untuk mengetahui jumlah oksigen yang terlarut atau terkandung dalam fluida tersebut [7]. Sensor DO biasanya menggunakan teknik polarografik, galvanik, atau optik untuk mengukur kadar oksigen dengan akurasi tinggi. DO diukur dalam satuan miligram per liter (mg/L) atau dalam persen saturasi, yang menunjukkan seberapa penuh air tersebut jenuh dengan oksigen. Sensor DO sangat penting dalam berbagai aplikasi seperti pengolahan air limbah, akuakultur, dan pengawasan kualitas lingkungan, karena kadar oksigen yang tepat diperlukan untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung proses biologis yang sehat.

DO diukur dalam satuan miligram per liter (mg/L) atau dalam persen saturasi, yang menunjukkan seberapa penuh air tersebut jenuh dengan oksigen [8].



GAMBAR 3

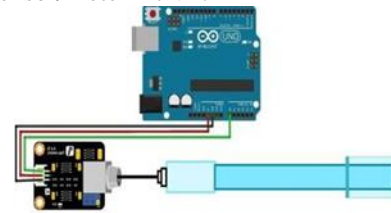
Sensor Dissolved Oxygen

III. METODE

A. Perancangan sensor pH

Langkah pertama dalam merancang pengujian sensor adalah melakukan identifikasi terhadap sistem pengkabelan (wiring) dari setiap sensor yang akan digunakan. Ini penting

untuk memastikan bahwa semua sensor terhubung dengan benar dan dapat berfungsi optimal selama proses pengujian. Berikut adalah sistem wiring pada sensor Gravity: Analog pH Sensor pH Sensor/Meter kit V2.



GAMBAR 4

wiring sensor pH

Gambar 4 menunjukkan penerapan wiring yang dilakukan dengan menghubungkan sensor pH ke mikrokontroler Arduino. Tujuan dari rangkaian ini adalah untuk memastikan bahwa komunikasi data antara sensor dan mikrokontroler berjalan dengan benar, sehingga pengukuran kadar pH pada kualitas air kolam dapat dilakukan secara akurat dan efisien.

TABEL 1

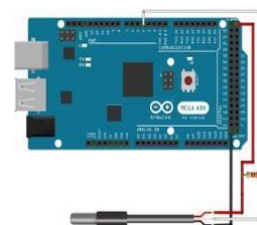
Pin Arduino Mega dengan Pin Modul pH Sensor Df Robot

Pin Arduino Mega	Pin Modul pH Df Robot
GND	GND
5V	VCC
IN	A1

Tabel 1 adalah wiring integrasi antara Arduino Mega dengan sensor pH DfRobot. Pada konfigurasi ini, pin GND pada Arduino Mega dihubungkan dengan pin GND pada sensor pH untuk menyediakan jalur tanah yang stabil. Untuk selanjutnya, pin 5V pada Arduino Mega disambungkan dengan pin VCC pada pin modul sensor pH untuk menyediakan daya yang diperlukan agar sensor bekerja dengan baik. Terakhir, pin IN pada Arduino Mega dihubungkan dengan pin A1 pada modul sensor pH DfRobot memungkinkan transfer data nilai pH ke mikrokontroler. Konfigurasi wiring ini memastikan bahwa semua komponen terhubung dengan benar dan dapat beroperasi secara efektif.

B. Perancangan sensor DS18B20

Langkah pertama dalam merancang pengujian sensor adalah melakukan identifikasi terhadap sistem pengkabelan (wiring) dari setiap sensor yang akan digunakan. Ini penting untuk memastikan bahwa semua sensor terhubung dengan benar dan dapat berfungsi optimal selama proses pengujian.. Berikut adalah sistem wiring pada sensor suhu DS18B20



GAMBAR 5

wiring sensor DS18B20

Gambar 5 menunjukkan penerapan wiring yang dilakukan dengan menghubungkan sensor DS18B20 ke mikrokontroler Arduino. Tujuan dari rangkaian ini adalah untuk memastikan bahwa komunikasi data antara sensor dan mikrokontroler berjalan dengan benar, sehingga pengukuran temperatur dapat dilakukan secara akurat dan efisien.

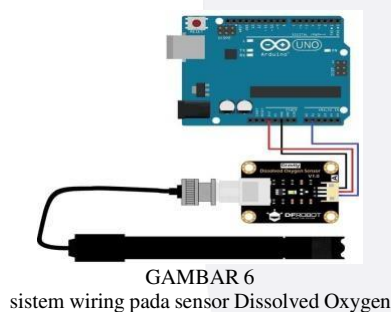
TABEL 2
Pin Arduino Mega dan Pin Sensor DS18B20

Pin Arduino Mega	Pin DS18B20
GND	GND
VCC	VIN
DO	2
Resistor	VIN/2

Tabel 2 menunjukkan konfigurasi wiring antara Arduino Mega dan sensor DS18B20. Pada pengaturan ini, pin GND dari Arduino Mega dihubungkan dengan pin GND pada sensor DS18B20 untuk memastikan adanya jalur tanah yang stabil. Selanjutnya, pin VCC dari Arduino Mega dihubungkan ke pin VIN pada modul sensor DS18B20, yang berfungsi untuk menyediakan daya yang diperlukan bagi sensor agar dapat beroperasi dengan baik. Selanjutnya, pin DO pada Arduino Mega dihubungkan ke pin 2 pada sensor DS18B20, memungkinkan transfer data nilai pH secara langsung ke mikrokontroler. Konfigurasi wiring ini memastikan bahwa semua komponen terhubung dengan benar dan siap berfungsi secara optimal

C. Perancangan Sensor Dissolved Oxygen

Langkah pertama dalam merancang pengujian sensor adalah melakukan identifikasi terhadap sistem pengkabelan (wiring) dari setiap sensor yang akan digunakan. Ini penting untuk memastikan bahwa semua sensor terhubung dengan benar dan dapat berfungsi optimal selama proses pengujian. Berikut adalah sistem wiring pada sensor Dissolved Oxygen



Gambar 6 menunjukkan penerapan wiring yang dilakukan dengan menghubungkan sensor Dissolved Oxygen ke mikrokontroler Arduino. Tujuan dari rangkaian ini adalah untuk memastikan bahwa komunikasi data antara sensor dan mikrokontroler berjalan dengan benar, sehingga pengukuran kadar oksigen dapat dilakukan secara akurat dan efisien

TABEL 3
pin Arduino mega dan pin sensor dissolved oxygen

Pin Arduino	Pin Modul Dissolved Oxygen
GND	GND
5V	VCC
IN	A3

Tabel 3 menunjukan konfigurasi wiring antara Arduino Mega dan sensor Dissolved Oxygen. Dalam pengaturan ini, pin GND dari Arduino Mega dihubungkan dengan pin GND pada sensor Dissolved Oxygen untuk memastikan adanya jalur tanah yang stabil, yang penting untuk menghindari gangguan listrik dan memastikan pengukuran yang akurat. Selanjutnya, pin 5V dari Arduino Mega dihubungkan ke pin VCC pada modul sensor Dissolved Oxygen, yang menyediakan suplai daya yang dibutuhkan oleh sensor agar dapat beroperasi dengan baik dan konsisten. Kemudian, pin IN pada Arduino Mega dihubungkan ke pin A3 pada sensor Dissolved Oxygen, memungkinkan transfer data nilai

kadar oksigen secara langsung ke mikrokontroler. Data ini kemudian dapat digunakan untuk memantau dan mengontrol kondisi air. Konfigurasi wiring ini memastikan bahwa semua komponen elektronik terhubung dengan benar, dan siap berfungsi dengan optimal, sehingga sistem dapat bekerja dengan efisiensi dan keandalan tinggi.

D. Persamaan

Persamaan regresi linier sering digunakan dalam kalibrasi sensor untuk menentukan hubungan antara nilai yang diukur oleh sensor dengan nilai standar atau nilai referensi. Dalam kalibrasi sensor pH, sensor temperatur DS18B20, dan sensor Dissolved Oxygen, persamaan regresi linier sederhana ($Y = a + bX$) digunakan, di mana (Y) adalah nilai kalibrasi yang diharapkan, (X) adalah nilai yang diukur oleh sensor, (a) adalah nilai intercept, dan (b) adalah kemiringan garis regresi yang menunjukkan perubahan dalam nilai kalibrasi berdasarkan nilai pengukuran sensor.

Dengan regresi linier, setiap sensor dapat diatur untuk menghasilkan pengukuran yang lebih akurat, mengurangi error antara nilai aktual dan nilai yang diukur, sehingga memperbaiki keandalan dalam aplikasi seperti monitoring kualitas air atau suhu lingkungan.

Setelah menggunakan regresi linier untuk kalibrasi sensor, langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata error untuk mengevaluasi akurasi hasil kalibrasi. Rata-rata error dihitung dengan membandingkan nilai hasil prediksi dari model regresi linier dengan nilai aktual yang diukur oleh sensor.

Rata-rata error ini memberikan gambaran seberapa jauh atau dekat prediksi dari nilai sebenarnya. Jika rata-rata error rendah, berarti model regresi linier yang digunakan dalam kalibrasi memiliki akurasi tinggi, dan hasil pengukuran sensor lebih dapat diandalkan. Sebaliknya, jika rata-rata error tinggi, model regresi perlu disesuaikan lebih lanjut untuk mengurangi perbedaan antara nilai prediksi dan nilai aktual. Untuk rumus mencari rata-rata error adalah sebagai berikut :

$$\text{Rata-rata error} = \frac{\text{jumlah dari persentase nilai error}}{\text{jumlah pengujian}} \times 100\%$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tabel

TABEL 4
hasil pengujian sensor pH dengan alat ukur pH meter dicairan pH buffer 4

No/Menit	Sensor pH Df Robot	pH meter	Presentase Error %
1	pH: 4.09	pH: 4.11	0,48
2	pH: 3.91	pH: 4.11	0,48
3	pH: 4.00	pH: 4.11	0,48
4	pH: 4.06	pH: 4.13	0,48
5	pH: 4.09	pH: 4.02	0,48
6	pH: 4.00	pH: 4.02	0,48
7	pH: 4.00	pH: 4.05	0,48
8	pH: 4.03	pH: 4.05	0,48
9	pH: 4.00	pH: 4.05	0,48
10	pH: 4.03	pH: 4.08	0,48

11	pH: 4.09	pH: 4.12	0,59
12	pH: 4.09	pH: 4.12	0,59
13	pH: 4.01	pH: 4.01	0,59
14	pH: 4.09	pH: 4.11	0,59
15	pH: 4.04	pH: 4.07	0,59
16	pH: 4.04	pH: 4.07	0,73
17	pH: 4.07	pH: 4.10	0,73
18	pH: 4.06	pH: 4.08	0,73
19	pH: 4.01	pH: 4.01	0,73
20	pH: 4.06	pH: 4.07	0,73
Rata-rata Error			0,57

Dari Tabel 4 di atas, setelah pengujian menggunakan pH meter dan cairan buffer dengan pH 4, diketahui bahwa rata-rata errornya berada di angka 0,57%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor telah melampaui target yang ditetapkan, yaitu $\pm 1\%$ dari nilai toleransi. Oleh karena itu, akurasi sensor sudah memenuhi standar yang diharapkan, dan tidak perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut. Dengan error yang rendah ini, sensor dapat diandalkan untuk pengukuran pH yang presisi.

TABEL 5

hasil pengujian sensor pH dengan alat ukur pH meter di cairan pH buffer 7

No/Menit	Sensor pH Df Robot	pH meter	Presentase Error (%)
1	pH: 7.59	pH: 7.63	0,52
2	pH: 7.74	pH: 7.78	0,52
3	pH: 7.71	pH: 7.78	0,52
4	pH: 7.62	pH: 7.70	0,38
5	pH: 7.62	pH: 7.70	0,38
6	pH: 7.76	pH: 7.80	0,38
7	pH: 7.79	pH: 7.80	0,38
8	pH: 7.79	pH: 7.80	0,12
9	pH: 7.59	pH: 7.62	0,12
10	pH: 7.85	pH: 7.90	0,63
11	pH: 7.80	pH: 7.83	0,63
12	pH: 7.67	pH: 7.70	0,63
13	pH: 7.82	pH: 7.85	0,63
14	pH: 7.60	pH: 7.63	0,63
15	pH: 7.77	pH: 7.80	0,63
16	pH: 7.64	pH: 7.68	0,52
17	pH: 7.73	pH: 7.76	0,52
18	pH: 7.71	pH: 7.74	0,52
19	pH: 7.75	pH: 7.78	0,52
20	pH: 7.78	pH: 7.80	0,52
Rata-rata Error			0,48

Dari Tabel 5 di atas, setelah pengujian menggunakan pH meter dan cairan buffer dengan pH 7, diketahui bahwa rata-rata errornya berada di angka 0,48%. Hasil ini menunjukkan

bahwa sensor telah melampaui target yang ditetapkan, yaitu $\pm 1\%$ dari nilai toleransi. Oleh karena itu, akurasi sensor sudah memenuhi standar yang diharapkan, dan tidak perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut. Dengan error yang rendah ini, sensor dapat diandalkan untuk pengukuran pH yang presisi.

TABEL 6

Hasil Pengujian Sensor DS18B20 dengan alat ukur Termometer Digital pada suhu 27°C

No	Sensor DS18B20 (°C)	Thermometer digital (°C)	Presentase Error (%)
1	27.1	27.3	0,73
2	27.2	27.3	0,73
3	27.2	27.3	0,73
4	27.0	27.4	0,73
5	27.1	27.4	0,73
6	27.2	27.4	0,72
7	27,3	27,4	0,72
8	27.4	27.4	0,72
9	27.4	27.4	0,73
10	27.4	27.4	0,73
Rata-rata Error			0,73

Dari Tabel 6 di atas, setelah pengujian menggunakan termometer digital pada air ber suhu 27°C, diketahui bahwa rata-rata errornya berada di angka 0,4%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor telah melampaui target yang ditetapkan, yaitu $\pm 1\%$ dari nilai toleransi. Oleh karena itu, akurasi sensor sudah memenuhi standar yang diharapkan, dan tidak perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut. Dengan error yang rendah ini, sensor dapat diandalkan untuk pengukuran temperatur yang presisi.

TABEL 7

Hasil Pengujian Sensor DS18B20 dengan alat ukur Termometer Digital pada suhu 33°C

No	Sensor DS18B20 (°C)	Thermometer digital (°C)	Presentase Error (%)
1	33.1	33	0,3
2	32.8	33.3	0,5
3	32.7	33.2	0,5
4	33.8	33.5	0,3
5	33	33.3	0,3
6	33.2	33.1	0,3
7	33.6	33.6	0,3
8	32.7	33.5	0,3
9	32.7	33.2	0,5
10	33.2	33.2	0,5
Rata-rata error			0,38

Dari Tabel 7 di atas, setelah pengujian menggunakan termometer digital pada air ber suhu 33°C, diketahui bahwa rata-rata errornya berada di angka 0,38%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor telah melampaui target yang ditetapkan, yaitu $\pm 1\%$ dari nilai toleransi. Oleh karena itu, akurasi sensor sudah memenuhi standar yang diharapkan, dan tidak perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut. Dengan error yang rendah ini, sensor dapat diandalkan untuk pengukuran temperatur yang presisi.

Tabel 8 hasil pengujian Sensor Dissolved Oxygen [1] yang belum dikalibrasi untuk perbandingan Sensor Dissolved Oxygen yang telah dikalibrasi [2] pada kondisi air normal

No	Sensor Dissolved Oxygen [1] (mg/L)	Sensor Dissolved Oxygen [2] (mg/L)	Selisis error	Presentase Error (%)
1	8.20	8.18	0.02	0,002
2	7.95	7.93	0.02	0,003
3	6.80	6.75	0.05	0,007
4	9.10	9.05	0.05	0,005
5	8.60	8.55	0.05	0,006
6	7.50	7.46	0.04	0,005
7	6.40	6.38	0.02	0,003
8	9.25	9.18	0.07	0,008
9	8.35	8.30	0.05	0,006
10	7.70	7.68	0.02	0,003
11	8.00	7.96	0.04	0,005
12	9.00	8.95	0.05	0,006
13	7.60	7.55	0.05	0,007
14	8.50	8.46	0.04	0,005
15	6.90	6.87	0.03	0,004
16	9.05	9.00	0.05	0,006
17	8.30	8.28	0.02	0,002
18	7.80	7.76	0.04	0,005
19	6.70	6.65	0.05	0,007
20	9.15	9.10	0.05	0,005
Rata-rata Error				0,005

Tabel 8 adalah hasil pengujian menggunakan Sensor Dissolved [2] yang sudah terkalibrasi yang akan digunakan sebagai alat ukur sensor Dissolved Oxygen [3] kami.

Pememilihan untuk mengkalibrasi sensor Dissolved Oxygen (DO) dengan membandingkannya terhadap sensor Dissolved Oxygen yang telah terkalibrasi, bukan menggunakan alat ukur eksternal, karena keterbatasan biaya yang ada. Menggunakan alat ukur eksternal atau laboratorium khusus dapat memerlukan investasi yang signifikan dan biaya perjalanan, khususnya jika harus melibatkan kalibrasi di luar kampus, seperti ke ITB.

Dengan membandingkan sensor kami terhadap sensor yang telah terkalibrasi, Dapat memastikan akurasi pengukuran tanpa harus mengeluarkan biaya tambahan untuk alat dan perjalanan. Metode ini memungkinkan kami untuk menjaga biaya operasional tetap rendah sambil tetap memastikan bahwa sensor kami memberikan hasil yang akurat dan konsisten dalam aplikasi praktisnya.

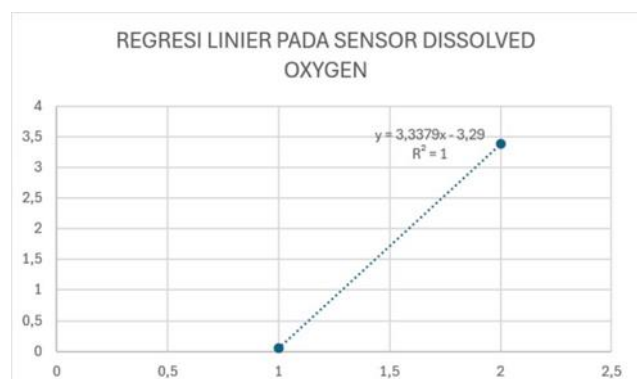
TABEL 8

Hasil pengujian Sensor Dissolved Oxygen [2] yang sudah dikalibrasi dengan sensor Dissolved Oxygen yang belum dikalibrasi [3]

Waktu (Jam)	Sensor DO sudah dikalibrasi [2] (mg/L)	Sensor DO belum dikalibrasi [3] (mg/L)	Selisih Error	Persentase Error (%)
08:00	3.5	3.4	0.1	2.86
08:05	3.6	3.5	0.1	2.78
08:10	3.7	3.6	0.1	2.7
08:15	3.8	3.7	0.1	2.63

Dari Tabel 8 di atas, setelah pengujian menggunakan sensor yang sudah dikalibrasi, diketahui bahwa rata-rata errornya berada di angka 3,50%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor melebihi target yang ditetapkan, yaitu $\pm 1\%$ dari nilai toleransi. Oleh karena itu, akurasi sensor belum memenuhi standar yang diharapkan, dan perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut. Dengan error yang tinggi ini, sensor belum dapat diandalkan untuk pengukuran kadar oksigen yang presisi.

Data yang telah diperoleh akan diolah menggunakan metode regresi linier untuk melakukan kalibrasi sensor. Metode ini digunakan untuk menentukan hubungan antara nilai yang diukur oleh sensor dan nilai referensi yang diketahui, sehingga memungkinkan untuk memodelkan koreksi yang diperlukan. Dengan menganalisis pola hubungan linier antara kedua set data, Dapat menghitung koefisien regresi yang akan digunakan untuk menyesuaikan hasil pengukuran sensor. Proses kalibrasi ini penting untuk meningkatkan akurasi sensor, sehingga nilai yang dihasilkan lebih mendekati nilai sebenarnya dan dapat digunakan dengan kepercayaan tinggi dalam berbagai aplikasi. Berikut hasil dari regresi linier:



GAMBAR 7
hasil regresi linier pada sensor dissolved oxygen

TABEL 9

Hasil pengujian Sensor Dissolved Oxygen [2] yang sudah dikalibrasi dengan sensor Dissolved Oxygen [3] yang sudah dikalibrasi

Waktu	Sensor DO sudah dikalibrasi [2] (mg/L)	Sensor DO belum dikalibrasi [3] (mg/L)	Selisih Error	Persentase Error (%)
18.50	4,20	4,17	0,03	0,71
18.51	4,20	4,17	0,03	0,71
18.52	4,20	4,17	0,03	0,71
18.53	4,30	4,27	0,03	0,70
18.54	4,30	4,27	0,03	0,70
18.55	4,30	4,27	0,03	0,70
18.56	4,30	4,27	0,03	0,70
18.57	4,40	4,37	0,03	0,68
18.58	4,40	4,37	0,03	0,68
18.59	4,40	4,37	0,03	0,68
19.00	4,40	4,37	0,03	0,68
19.01	4,50	4,47	0,03	0,67
19.02	4,50	4,47	0,03	0,67
19.03	4,50	4,47	0,03	0,67
19.04	4,50	4,47	0,03	0,67
19.05	4,60	4,57	0,03	0,65
19.06	4,60	4,57	0,03	0,65
19.07	4,60	4,57	0,03	0,65
19.08	4,60	4,57	0,03	0,65
19.09	4,70	4,67	0,03	0,64
Rata-rata Error				0,679

Dari Tabel 9 di atas, setelah pengujian menggunakan sensor Dissolved Oxygen yang sudah dikalibrasi, diketahui bahwa rata-rata errornya berada di angka 0,679%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor telah melampaui target yang ditetapkan, yaitu $\pm 1\%$ dari nilai toleransi. Oleh karena itu, akurasi sensor sudah memenuhi standar yang diharapkan, dan tidak perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut. Dengan error yang rendah ini, sensor dapat diandalkan untuk pengukuran kadar oksigen yang presisi.

V. KESIMPULAN

Pembuatan alat ini telah mencapai tujuan utama dari penelitian yang kami lakukan yaitu membuat alat untuk memudahkan para pembudidaya ikan dalam pemantauan dan pengendalian pada kolam ikan.

Indikator keberhasilannya yaitu sensor pH Df Robot, sensor temperatur DS18B20, dan sensor Dissolved Oxygen Df Robot telah melalui proses kalibrasi dengan rata-rata error di bawah $\pm 1\%$. Oleh karena itu, akurasi sensor sudah memenuhi standar yang diharapkan, dan tidak perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut. Dengan error yang rendah ini, sensor dapat diandalkan untuk pengukuran kadar oksigen

yang presisi, sehingga hasil pengukuran menjadi lebih konsisten dan dapat dipercaya dalam jangka waktu panjang. Hal ini juga berarti bahwa sistem yang menggunakan sensor-sensor tersebut dapat memberikan performa optimal dalam mengontrol kualitas air pada kolam ikan.

REFERENSI

- [1] A. A. Manurun, "Peningkatan Kualitas Pembudidayaan Ikan Nila dengan Sistem," 2023.
- [2] E. S. B. H. P. Yosia Nindra Kristiantya, "Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Kolam Ikan Air Tawar menggunakan Logika Fuzzy berbasis Arduino," Vol. 1 av %2Vol.6, No 7, Juli 2022.
- [3] M. A. Hikmah, "SISTEM KONTROL KUALITAS AIR BERBASISFUZZY LOGIC PADA KOLAM PENDEDERANIKAN BANDENG," vol. 17, 1 Maret 2024.
- [4] S. d. H. T. Calvin Leonardo, "ANALISIS KALIBRASI PENGUKURAN DAN KETIDAKPASTIAN SOUND LEVEL METER," vol. 8, 2019.
- [5] "Gravity: Analog pH Sensor/Meter Kit V2," [Online]. Available: <https://www.dfrobot.com/product-1782.html>.
- [6] "Sensor DS18B20 for Arduino," [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/ds18b20/>.
- [7] "Gravity: Analog Dissolved Oxygen Sensor/Meter Kit for Arduino," [Online]. Available: <https://www.dfrobot.com/product-1628.html>.
- [8] J. J. P. S. W. R. M. R. E. L. G. W. E. P. Mikhael P. Pinontoan, "OKSIGEN TERLARUT DAN pH DI AIR SISIPAN SEDIMEN MANGROVE DAN PESISIR," *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 2023.