

Penerapan Internet of Things (IoT) untuk Otomatisasi Pemberian Pakan dan Pemantauan Air Kelompok Tani Wiyata

Axel Danu Pramudita
Program Studi Teknologi Informasi
Universitas Telkom, Kampus Surabaya
Surabaya, Jawa Timur, Indonesia
axeldanupramudita@student.telkomuniversity.ac.id

Helmy Widyantara
Program Studi Teknologi Informasi
Universitas Telkom, Kampus Surabaya
Surabaya, Jawa Timur, Indonesia
helmywidyantara@telkomuniversity.ac.id

Muhammad Adib Kamali
Program Studi Teknologi Informasi
Universitas Telkom, Kampus Surabaya
Surabaya, Jawa Timur, Indonesia
adibmkamali@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pembudidayaan ikan lele menghadapi tantangan dalam pemberian pakan yang tepat untuk mencegah overfeeding dan penurunan kualitas air akibat kekeruhan, yang dapat berdampak pada kesehatan ikan. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemberian pakan otomatis berbasis IoT dengan kemampuan pemantauan kualitas air jarak jauh. Sistem dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor dan aktuator, serta menerapkan regresi linier untuk memprediksi berat ikan berdasarkan umur sebagai dasar logika pemberian pakan. Sistem diuji di kolam Kelompok Tani Wiyata dan berhasil berfungsi sesuai rancangan, memungkinkan kontrol dan pemantauan jarak jauh. Hasil penelitian menunjukkan prediksi berat ikan dengan rata-rata error 18,27 persen, namun akurasi porsi pakan memiliki error sebesar 42,23 persen akibat metode perhitungan dan ketidaktepatan mekanis alat pemberi pakan. Akurasi perangkat pemberian pakan memiliki error 17 persen, sedangkan pembacaan sensor kekeruhan belum akurat. Meskipun sistem sudah fungsional, diperlukan kalibrasi sensor, penyempurnaan algoritma prediksi pakan, dan perbaikan mekanis agar efisiensi pemberian pakan optimal serta risiko overfeeding dapat ditekan secara efektif.

Kata kunci— ikan lele, overfeeding, Internet of Things (IoT), regresi linier, kualitas air, sistem otomatisasi

I. PENDAHULUAN

Budidaya ikan lele merupakan sektor perikanan dengan potensi besar di Indonesia karena tingkat kelangsungan hidupnya yang tinggi dan permintaan pasar yang stabil. Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah pemberian pakan yang tidak terkontrol atau overfeeding. Overfeeding tidak hanya berdampak pada efisiensi biaya produksi, di mana pakan mendominasi struktur biaya [1], tetapi juga menyebabkan penurunan kualitas air. Sisa pakan yang menumpuk meningkatkan kadar amonia dan kekeruhan air, yang dapat membuat ikan stres dan menurunkan kualitas produksi. Batas kekeruhan air yang ideal untuk ikan lele adalah 0-50 NTU [2]. Penanganan masalah ini secara manual seringkali kurang efektif dan akurat. Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) terbukti efektif dalam mengatasi permasalahan serupa [3]. Penelitian ini bertujuan merancang

dan membangun sistem otomatisasi untuk pemberian pakan dan pemantauan kualitas air pada kolam lele milik Kelompok Tani Wiyata. Sistem ini dirancang untuk memberikan pakan sesuai kebutuhan harian berdasarkan usia ikan menggunakan logika regresi linier dan memantau kualitas air berdasarkan parameter kekeruhan (NTU), sehingga dapat mencegah overfeeding dan memudahkan pemantauan jarak jauh.

II. KAJIAN TEORI

A. Ikan Lele (*Clarias sp.*)

Ikan lele adalah ikan air tawar yang populer di Indonesia karena memiliki nilai ekonomi tinggi, daya adaptasi yang baik terhadap lingkungan dengan kualitas air kurang ideal, dan pertumbuhan yang cepat [4]. Keberhasilan budidayanya sangat bergantung pada manajemen lingkungan, terutama efisiensi pemberian pakan dan kualitas air.

B. Regresi Linier

Regresi linier adalah metode statistik untuk memprediksi hubungan antara variabel independen (X) dan variabel dependen (Y) melalui persamaan garis lurus [5]. Persamaan umum yang digunakan adalah:

$$Y = a + bX \quad (1)$$

dimana Y adalah variabel dependen, X adalah variabel independen, a adalah intersep, dan b adalah koefisien regresi.

C. Perhitungan Kebutuhan Pakan Ikan Lele (*Feeding Rate*)

Manajemen pakan yang presisi sangat penting untuk menekan biaya produksi dalam budidaya lele. Penelitian ini menggunakan metode *restricted feeding*, yang perhitungannya terukur berdasarkan persentase dari total bobot ikan (biomassa) [6]. Berikut adalah rumus biomassa:

$$\text{Biomassa (kg)} = \text{Jumlah Total Ikan (ekor)} \times \text{Bobot per Ekor (kg)} \quad (2)$$

Feeding Rate (FR) adalah persentase pakan harian yang diberikan berdasarkan biomassa, dan nilainya menurun

seiring bertambahnya bobot ikan. Berikut merupakan tabel *feeding rate* berdasarkan biomassa yang menggunakan standar dari Dinas Perikanan Kabupaten Pamekasan [7].

TABEL 1
(Standar Feeding Rate)

Biomassa (gram/ekor)	Feeding Rate (% dari Biomassa)
3 – 4,5	7%
4,5 – 7,5	6%
7,5 – 12,5	5%
12,5 – 16,5	4%
16 – 25	4%
25 – 66	3%
66 – 100	3% – 2%
100 – 120	2%

Setelah biomassa dan FR diketahui, kebutuhan pakan total dalam satu hari dapat dihitung. Kebutuhan pakan harian dihitung dengan rumus:

$$\text{Kebutuhan Pakan Harian (kg)} = \text{Biomassa (kg)} \times \text{FR (\%)} \quad (3)$$

D. Kelompok Tani Wiyata

Kelompok tani merupakan sebuah lembaga sosial-ekonomi yang terdiri atas komunitas petani dan pembudidayaan di Indonesia [8]. Salah satu kelompok tani tersebut yaitu Kelompok Tani Wiyata. Kelompok tani ini merupakan salah satu kelompok tani yang berada di Surabaya. Kelompok tani ini berada di Ketintang Wiyata, Surabaya. Salah satu hasil dari kelompok tani ini adalah kolam pembudidayaan ikan lele.

E. Internet of Things (IoT)

IoT adalah teknologi yang memungkinkan perangkat fisik terhubung ke internet untuk bertukar data secara otomatis [4]. Arsitektur IoT umumnya terdiri dari tiga lapisan: persepsi (sensor dan aktuator), jaringan (mikrokontroler dan konektivitas), dan aplikasi (antarmuka pengguna untuk pemantauan dan kontrol).

F. Kekeruhan Air

Kekeruhan air adalah ukuran tingkat kejernihan air yang disebabkan oleh partikel-partikel halus yang tidak larut [9]. Tingkat kekeruhan diukur dengan satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Nilai NTU yang tinggi menunjukkan air yang semakin keruh, yang dapat disebabkan oleh penumpukan sisa pakan, kotoran ikan, atau faktor eksternal lainnya.

G. Komponen Sistem

Sistem ini menggunakan beberapa komponen utama, yaitu ESP32 NodeMCU, sensor turbidity, sensor ultrasonik, modul Real-Time Clock (RTC) DS3231, dan motor servo sebagai aktuator. ESP32 NodeMCU berfungsi sebagai mikrokontroler pusat yang dilengkapi konektivitas WiFi. Program untuk sistem ditanamkan kedalam ESP32 menggunakan Arduino IDE. Sensor Turbidity digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Cara kerja sensor

tersebut yaitu menilai tingkat kekeruhan air dengan bantuan cahaya [10].

Sensor Ultrasonik berfungsi mengukur jarak dengan cara memantulkan gelombang ultrasonik pada suatu benda dan benda tersebut akan memantulkan kembali gelombang tersebut kepada sensor untuk dihitung jaraknya [10]. Sensor tersebut digunakan untuk menghitung ketersediaan pakan. Modul Real Time Clock (RTC) DS3231 digunakan untuk penjadwalan waktu yang presisi dan akurat, bahkan saat catu daya utama mati. Motor Servo berfungsi sebagai aktuator untuk membuka dan menutup katup wadah pakan secara presisi. Firebase digunakan sebagai platform backend untuk menyimpan dan menampilkan data secara real-time pada website yang dibangun menggunakan HTML dan CSS.

III. METODE

Penelitian ini menerapkan perancangan sistem yang dibagi menjadi tiga fase utama: pengambilan dan pengolahan sampel untuk logika regresi linier pada sistem, perancangan hardware, perancangan software.

A. Pengambilan Sampel

Sampel sangat diperlukan pada penelitian ini karena merupakan data utama yang dikumpulkan untuk perhitungan regresi linier yang akan diterapkan pada sistem. Data sampel ini diambil langsung dari kolam budidaya ikan lele milik Kelompok Tani Wiyata dengan menggunakan serokan. Setiap serokan dilakukan perhitungan jumlah ikan dan berat total dalam setiap total tersebut sebanyak 3 kali untuk masing-masing usia. Setelah mendapatkan data ke 3 sampel tersebut beserta rata-rata berat per ikan dari perhitungan sebelumnya, dilakukan perhitungan total rata-rata berat ikan untuk mengetahui perkiraan rata-rata berat per ikan pada masing-masing usia. Data sampel tersebut kemudian diproses menjadi 2 variabel yang akan digunakan untuk pembuatan model regresi linier. Variabel tersebut yaitu usia ikan berdasarkan hari dan total rata-rata berat per ikan.

Setelah itu, variabel tersebut disederhanakan menjadi variabel X dan Y. Usia ikan berdasarkan hari dinyatakan sebagai variabel X, yaitu variabel independen dan total rata-rata berat per ikan dinyatakan sebagai variabel Y, yaitu variabel dependen yang digunakan sebagai nilai yang diprediksi. Dari sampel tersebut kemudian menghitung nilai X^2 dan $X \cdot Y$ seperti pada TABEL 2 yang akan digunakan untuk menentukan persamaan regresi linier.

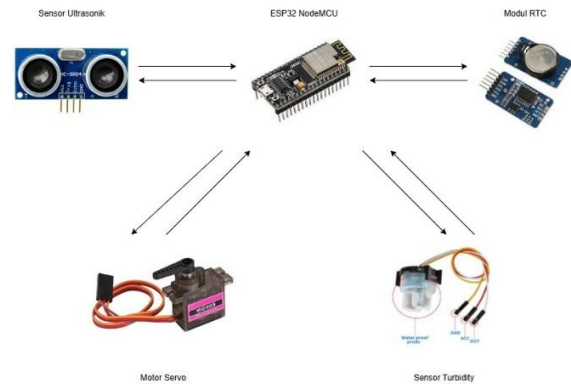
TABEL 2
(Variabel Pemodelan Regresi Linier)

No	Usia (X)	Berat Ikan (Y)	X^2	$X \cdot Y$
1	6	3,194	36	19,164
2	7	3,762	49	26,334
3	8	5,718	64	45,744
4	9	6,094	81	54,846
5	10	5,743	100	57,43
6	11	6,127	121	67,397
7	12	6,863	144	82,356
8	13	7,315	169	95,095
9	14	9,715	196	136,01

No	Usia (X)	Berat Ikan (Y)	X ²	X · Y
10	21	11,093	441	232,953
11	23	23,102	529	531,346
12	24	30,190	576	724,56
13	25	26,614	625	665,35
14	26	27,607	676	717,782
15	27	28,597	729	772,119
16	28	33,819	784	946,932
17	29	31,143	841	903,147
18	30	23,402	900	702,06
19	45	38,472	2025	1731,24
20	46	44,378	2116	2041,388
21	47	45,056	2209	2117,632
22	48	49,667	2304	2384,016
23	49	49,907	2401	2445,443
24	50	50,841	2500	2542,05
25	51	56,250	2601	2868,75
26	60	73,220	3600	4393,2
27	61	78,857	3721	4810,277
28	62	82,333	3844	5104,646
29	63	90,667	3969	5712,021
30	64	82,540	4096	5282,56
31	65	83,889	4225	5452,785
32	66	83,175	4356	5489,55
33	90	106,429	8100	9578,61
Total (Σ)	1190	1306	59128	68735

B. Perancangan Hardware

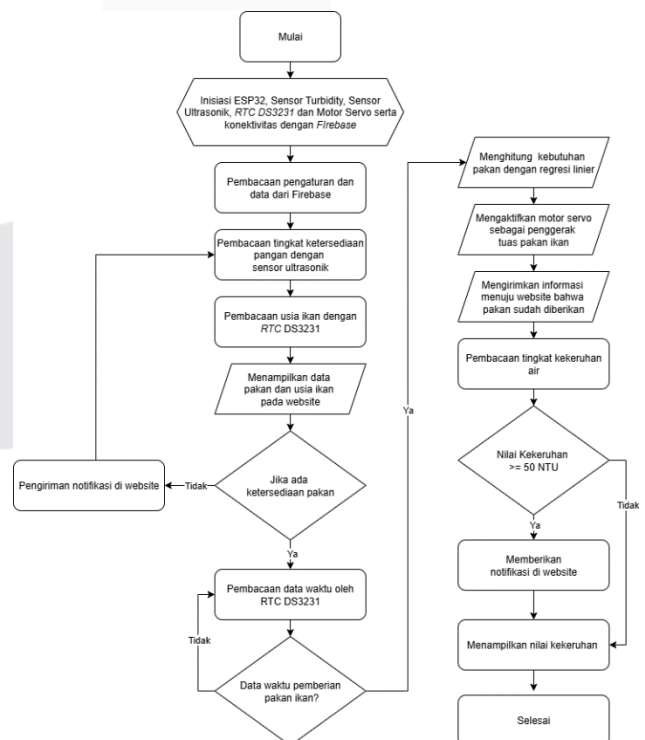
Sebelum memulai perancangan hardware, perlu adanya persiapan komponen seperti mikrokontroler ESP32, sensor turbidity, sensor ultrasonik, modul RTC DS3231, dan motor servo. Perancangan hardware mencakup dua subsistem utama yang terhubung ke ESP32. Pertama, sistem pemberian pakan otomatis yang terdiri dari sensor ultrasonik untuk memonitor ketersediaan pakan, modul RTC untuk penjadwalan dan penghitungan usia ikan, serta motor servo untuk membuka dan menutup katup pakan. Kedua, sistem pemantauan kualitas air yang menggunakan sensor turbidity untuk mengukur tingkat kekeruhan (NTU) di dalam kolam. Data dari sensor ini dikirimkan oleh ESP32 ke website untuk pemantauan. Berikut merupakan perancangan hardware secara sederhana pada sistem otomatisasi yang ditunjukkan pada GAMBAR 1.



GAMBAR 1
(Rangkaian Sederhana Sistem)

C. Perancangan Software

Perancangan software dilakukan menggunakan Arduino IDE untuk memprogram logika pada mikrokontroler ESP32. Alur kerja sistem dimulai dengan inisialisasi semua komponen dan koneksi ke Firebase. Sistem secara kontinu memantau ketersediaan pakan dan tingkat kekeruhan air. Berdasarkan waktu yang dibaca dari modul RTC, sistem akan menjalankan logika regresi linier untuk menghitung jumlah pakan yang dibutuhkan, kemudian mengaktifkan motor servo untuk mengeluarkan pakan sesuai jadwal. Semua data sensor dan status sistem dikirimkan ke database Firebase untuk ditampilkan pada website pemantauan. Penelitian ini diterapkan secara langsung pada kolam budidaya ikan lele milik Kelompok Tani Wiyata di Surabaya. Berikut merupakan diagram alir dari *software* sistem otomatisasi yang ditunjukkan pada GAMBAR 2.



GAMBAR 2
(Diagram Alir Sistem)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Model Regresi Linier untuk Sistem

Berdasarkan data yang disajikan pada TABEL 2, nilai koefisien regresi atau slope (b) dan intersep (a) dihitung dengan menetapkan usia ikan sebagai variabel independen (X) dan total rata-rata berat ikan sebagai variabel dependen (Y). Proses perhitungannya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (4)$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (5)$$

Hasil perhitungan nilai dari slope dan intersep menggunakan Persamaan (4) dan Persamaan (5) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a &= \frac{(1306)(59128) - (1190)(68735)}{33(59128) - (1190)^2} \\ &= \frac{77208100,71 - 81794403,67}{1951224 - 1416100} \\ &= \frac{-4586302,958}{535124} \\ &= -8,57054 \\ b &= \frac{33(68735) - (1190)(1306)}{33(59128) - (1190)^2} \\ &= \frac{2268248,169 - 1553877,01}{1951224 - 1416100} \\ &= \frac{714371,159}{535124} \\ &= 1,334964 \end{aligned}$$

Maka dengan diketahuinya nilai *slope* dan intersep, persamaan regresi linier sederhana yang digunakan oleh sistem pada Persamaan (6) dapat ditentukan sesuai dengan Persamaan (1).

$$Y = -8,57054 + 1,334964X \quad (6)$$

Persamaan tersebut mengartikan bahwa berat ikan diprediksi meningkat 1,335 gram per hari. Namun, nilai intersepnya yang negatif (-8,57054) tidak valid secara biologis. Maka, untuk menjamin agar nilai prediksi berat (Y) tidak negatif, harus ditentukan usia minimum (X) yang memenuhi syarat berikut:

$$Y \geq 0$$

Syarat tersebut kemudian dimasukkan kedalam rumus regresi pada Persamaan (6) dan dilakukan perhitungan untuk menemukan nilai X:

$$\begin{aligned} -8,57054 + 1,334964X &\geq 0 \\ X &\geq \frac{8,57054}{1,334964} \\ X &\geq 6,42005 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, usia ikan (X) harus lebih besar dari 6,42 atau jika dibulatkan yaitu 7 hari. Sehingga untuk mendapatkan hasil berat yang realistis atau

tidak negatif, nilai minimal usia ikan adalah 7 hari untuk bisa diterapkan pada sistem ini.

B. Perbandingan Regresi Linier

Perlu adanya pengujian keandalan logika regresi linier yang menjadi inti sistem penelitian ini sehingga dilakukan perbandingan antara data sampel aktual dengan hasil prediksi sistem. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan akurasi prediksi sistem dalam meningkatkan efisiensi pakan, yang diukur melalui persentase error. Adapun rumus untuk menghitung persentase error adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Persentase Error} &= \frac{|\text{Nilai Eksperimen} - \text{Nilai Sebenarnya}|}{\text{Nilai Sebenarnya}} \quad (7) \\ &\times 100\% \end{aligned}$$

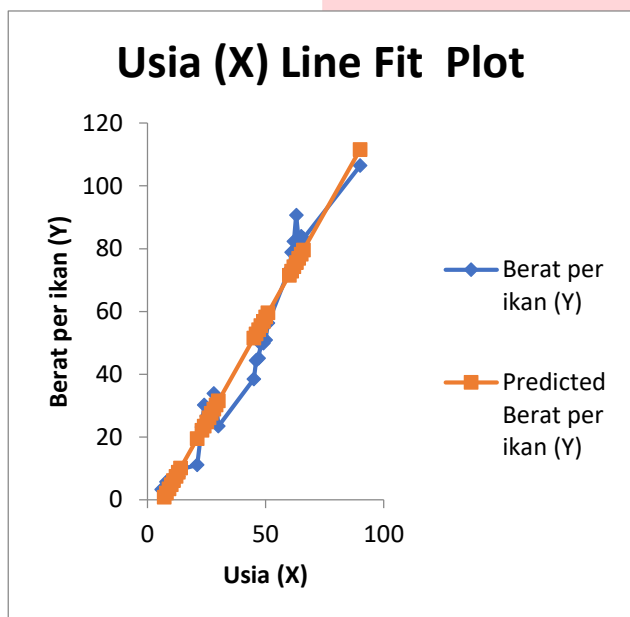
Pada Persamaan (7), nilai eksperimen merupakan nilai dari perkiraan estimasi berat ikan dan nilai sebenarnya merupakan nilai dari data sampel pada TABEL 2. Data dari sistem ini beserta dengan persentase error perhitungan regresi linier ditunjukkan pada TABEL 3.

TABEL 3
(Hasil Perhitungan Sistem)

Estimasi Usia Ikan (hari)	Estimasi Berat Ikan (gram)	Error (%)
7	0,77	79,42
8	2,11	63,11
9	3,44	43,48
10	4,78	16,78
11	6,11	0,21
12	7,45	8,54
13	8,78	20,08
14	10,12	4,16
21	19,46	75,46
23	22,13	4,19
24	23,47	22,26
25	24,80	6,80
26	26,14	5,32
27	27,47	3,93
28	28,81	14,82
29	30,14	3,21
30	31,48	34,51
45	51,50	33,87
46	52,84	19,06
47	54,17	20,23
48	55,51	11,76
49	56,84	13,90
50	58,18	14,43
51	59,51	5,80
60	71,53	2,31
61	72,86	7,60
62	74,20	9,88

Estimasi Usia Ikan (hari)	Estimasi Berat Ikan (gram)	Error (%)
63	75,53	16,69
64	76,87	6,87
65	78,20	6,78
66	79,54	4,37
90	111,58	4,84
Total Rata-Rata (Σ)		18,27

Pada tabel diatas, usia ikan 6 hari tidak dihitung dikarenakan minimal usia ikan (X) pada sistem ini adalah 6,42. Hasil perbandingan prediksi umur menggunakan regresi linier pada sistem dengan sampel ditunjukkan pada gambar berikut.



GAMBAR 3
(Grafik Perbandingan Prediksi Umur dengan Sampel)

Sistem prediksi berat ikan menggunakan regresi linier menunjukkan rata-rata error 18,27% (TABEL 3). Hal ini terjadi karena pertumbuhan ikan melambat seiring waktu, sehingga model linier menjadi kurang akurat untuk ikan yang lebih tua. Seperti yang terlihat pada grafik di GAMBAR 3, kesalahan prediksi menjadi jauh lebih besar untuk ikan berusia lebih dari 60 hari.

C. Implementasi Sistem

Setelah model regresi linier tersebut ditanamkan di dalam mikrokontroler, selanjutnya ialah mengimplementasikan dan merakit komponen sistem. Hasil akhir dari perakitan alat dapat dilihat pada GAMBAR 4.



GAMBAR 4
(Implementasi Sistem)

Sistem tersebut dijalankan sesuai fungsinya menggunakan kode program yang ditulis menggunakan bahasa C++ pada Arduino IDE yang diunggah ke mikrokontroler ESP32.

D. Analisa Perkiraan Porsi Kebutuhan Pakan

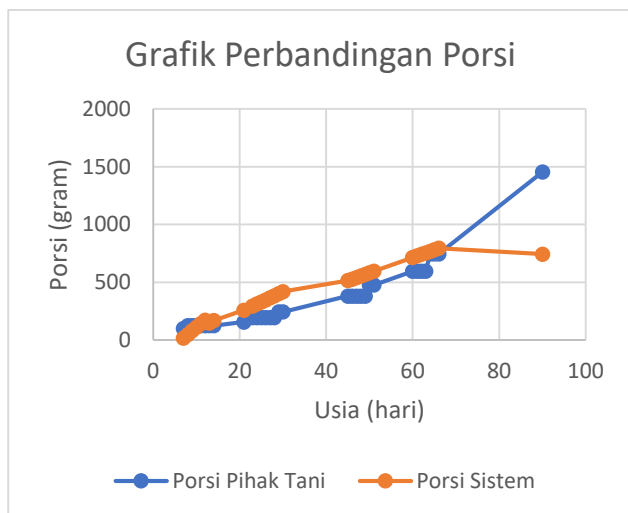
Pengujian ini membandingkan porsi pakan versi Kelompok Tani Wiyata dengan rekomendasi pakan dari sistem regresi linier. Kelompok Tani memberikan pakan 100 gram yang ditambah 25% per minggu, sementara sistem menghitungnya secara teoritis menggunakan metode restricted feeding (berdasarkan biomassa dan feeding rate DPKP). Perbedaan antara keduanya diukur sebagai persentase error dengan rumus dari Persamaan (7). Tabel di bawah ini menunjukkan hasil perbandingan dan persentase error tersebut.

TABEL 4
(Hasil Perbandingan Porsi Pakan)

Usia	Porsi Pihak Tani	Porsi Sistem	Error (%)
7	100,00	18,06	81,94
8	125,00	49,21	60,63
9	125,00	80,36	35,71
10	125,00	111,51	10,79
11	125,00	142,66	14,13
12	125,00	173,81	39,05
13	125,00	146,40	17,12
14	125,00	168,65	34,92
21	156,25	259,52	66,09
23	195,31	295,12	51,10
24	195,31	312,91	60,21
25	195,31	330,71	69,33
26	195,31	348,51	78,44
27	195,31	366,31	87,55
28	195,31	384,11	96,67
29	244,14	401,91	64,62
30	244,14	419,71	71,91

Usia	Porsi Pihak Tani	Porsi Sistem	Error (%)
45	381,47	515,03	35,01
46	381,47	528,38	38,51
47	381,47	541,73	42,01
48	381,47	555,08	45,51
49	381,47	568,43	49,01
50	476,84	581,78	22,01
51	476,84	595,13	24,81
60	596,05	715,27	20,00
61	596,05	728,62	22,24
62	596,05	741,97	24,48
63	596,05	755,32	26,72
64	745,06	768,67	3,17
65	745,06	782,02	4,96
66	745,06	795,37	6,75
90	1455,19	743,84	48,88
Total Rata-Rata (Σ)			42,32

Tabel diatas kemudian dilakukan plotting kedalam grafik untuk memudahkan analisis. Grafik tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



GAMBAR 5
(Grafik Perbandingan Porsi)

Berdasarkan TABEL 4, terdapat rata-rata error sebesar 43,32% saat membandingkan porsi pakan Kelompok Tani Wiyata dengan prediksi sistem. Tingginya error ini disebabkan oleh perbedaan mendasar antara metode mingguan yang statis (Kelompok Tani) dan metode harian yang dinamis (sistem).

Perbedaan ini divisualisasikan pada GAMBAR 5, yang menunjukkan kesenjangan besar karena dua alasan utama. Alasan pertama yaitu perbedaan metode pemberian pakan. Porsi pakan dari kelompok tani yang tetap selama seminggu menciptakan jarak perbedaan yang besar di akhir minggu (karena sistem terus naik) dan di awal minggu berikutnya (karena kenaikan pakan tani tidak cukup untuk

mengejar pertumbuhan harian sistem). Alasan yang kedua yaitu penurunan feeding rate sistem. Sekitar usia 90 hari, error melonjak karena sistem merekomendasikan pakan lebih sedikit akibat penurunan feeding rate (dari 3% ke 2%), sementara metode kelompok tani yang naik 25% per minggu terus berlanjut tanpa penyesuaian.

E. Pengujian Akurasi Pemberian Pakan

Tujuan pengujian ini adalah mengukur akurasi antara pakan yang diestimasi oleh sistem dengan pakan yang benar-benar dikeluarkan oleh motor servo. Dengan mengubah-ubah input usia ikan, sistem menghasilkan berbagai target berat pakan. Akurasi untuk setiap target diukur berdasarkan persentase error menggunakan Persamaan (7) antara jumlah yang diestimasi dan jumlah yang dikeluarkan. Tabel berikut menyajikan data hasil pengujian beserta nilai error-nya.

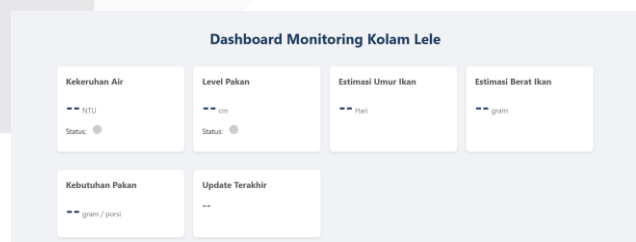
TABEL 5
(Hasil Pengujian Akurasi Pemberian Pakan)

Porsi Pakan yang Harus Dikeluarkan	Porsi Pakan yang Keluar dari Motor Servo	Error (%)
31,57	35	10,865
63,83	75	17,499
96,09	90	6,338
128,34	110	14,29
160,6	100	37,734
Total Rata-Rata (Σ)		17,345

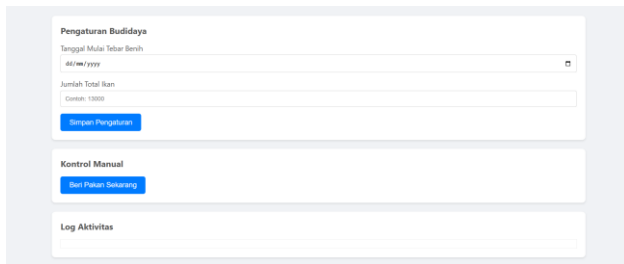
Pengujian akurasi pada TABEL 5 mencatat rata-rata error sebesar 17%. Penyebab utamanya adalah masalah mekanis: pakan sering tersangkut di dalam wadah karena tidak ada pendorong. Akibatnya, jumlah pakan yang keluar lebih sedikit dari yang diperintahkan sistem. Terbukti, error ini semakin besar ketika sistem mencoba mengeluarkan porsi pakan yang lebih banyak.

F. Fungsionalitas Website

Website ini berfungsi sebagai dasbor pemantauan jarak jauh untuk Kelompok Tani Wiyata. Antarmukanya, yang ditunjukkan pada GAMBAR 6 dan GAMBAR 7, menampilkan data penting secara *real-time* seperti hasil pembacaan sensor dan berbagai perhitungan sistem yang memungkinkan pembudidaya untuk memastikan sistem berjalan dengan baik dari mana saja.



GAMBAR 6
(Tampilan Website Monitoring)

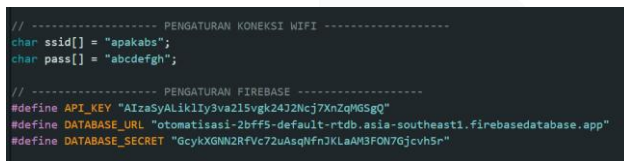


GAMBAR 7
(Tampilan Website untuk Pengaturan Budidaya)

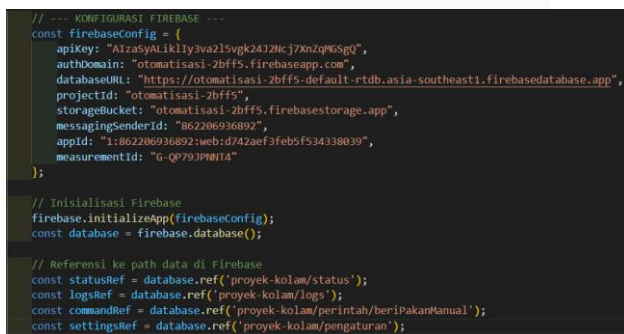
Tampilannya website ditunjukkan pada GAMBAR 6 menyediakan dasbor untuk memantau kondisi penting secara *real-time*, seperti kekeruhan air, sisa pakan, dan estimasi pertumbuhan ikan (umur, berat, kebutuhan pakan). Disisi lain, menu pengaturan yang ditunjukkan pada GAMBAR 7 memungkinkan pembudidaya untuk mengonfigurasi siklus budidaya (tanggal tebar, jumlah ikan), memberikan pakan secara manual, dan melacak seluruh aktivitas pemberian pakan melalui fitur *log*.

G. Integrasi Sistem dengan Website

Integrasi sistem antara perangkat keras dan website telah berhasil dimana konfigurasi dan pengaturan pada Arduino IDE dan HTML sehingga kedua sistem tersebut dapat saling terhubung melalui Firebase sebagai database dijelaskan pada GAMBAR 8 dan 9.



GAMBAR 8
(Pengaturan Firebase pada Arduino IDE)



GAMBAR 9
(Pengaturan Firebase pada HTML)



GAMBAR 10
(Hasil Integrasi)

Hasilnya GAMBAR 10 mengonfirmasi bahwa data sensor berhasil dikirim ke website secara *real-time* untuk pemantauan jarak jauh. Namun, sebuah isu signifikan masih ditemukan pada sensor kekeruhan, yang gagal memberikan pembacaan akurat dan terus menunjukkan nilai NTU tinggi di air jernih.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sebuah sistem fungsional untuk otomatisasi pakan lele dan pemantauan kualitas air, yang secara efektif mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 dan sensor-sensor terkait dengan antarmuka website melalui database Firebase. Integrasi ini terbukti mampu menyediakan fasilitas pemantauan jarak jauh bagi Kelompok Tani Wiyata. Salah satu keberhasilan utama sistem adalah penerapan logika regresi linier yang mampu memprediksi berat ikan berdasarkan usia dengan tingkat error yang relatif akurat sebesar 18,27%. Meskipun demikian, ditemukan kelemahan signifikan pada fungsi perhitungan porsi pakan, yang menghasilkan error sangat tinggi sebesar 42,32%. Disparitas ini bersumber dari perbedaan fundamental antara metode pemberian pakan harian dinamis oleh sistem dengan metode mingguan bertahap yang diterapkan oleh petani, serta adanya anomali pada logika feeding rate. Keterbatasan sistem juga ditemukan pada perangkat keras, di mana mekanisme dispenser pakan memiliki error 17% akibat desain wadah yang kurang efisien sehingga menyebabkan sumbatan, serta pembacaan sensor turbiditas yang tidak akurat.

Berdasarkan temuan tersebut, penelitian di masa depan harus memprioritaskan beberapa penyempurnaan krusial untuk meningkatkan keandalan dan akurasi sistem. Peningkatan model prediksi, melalui penambahan sampel data ikan pada usia di bawah 7 hari dan kalibrasi ulang feeding rate, menjadi esensial untuk mengatasi error pada perhitungan pakan. Dari sisi perangkat keras, diperlukan desain ulang wadah pakan yang lebih ergonomis untuk mencegah pakan tersangkut, serta kalibrasi sensor turbiditas yang lebih baik atau penggunaan sensor alternatif yang lebih andal. Untuk meningkatkan nilai praktis dan kenyamanan pengguna, sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur notifikasi otomatis melalui platform seperti WhatsApp atau email, serta membangun aplikasi mobile untuk aksesibilitas yang lebih tinggi. Sebagai langkah validasi akhir, sangat disarankan untuk melakukan uji coba jangka panjang guna mengevaluasi ketahanan sistem, efisiensi pakan, dan dampaknya secara holistik terhadap pertumbuhan ikan.

REFERENSI

- [1] D. Fitria and Y. Nugroho, "Harga Pokok Produksi Budidaya Ikan Lele Pada Sanggar Petani Muda Desa Langkak Dengan Metode Abc the Production Cost of Catfish Cultivation At the Workshop of Young Farmers in Langkak Village Using the Abc Method," *J. Pertan. Agros*, vol. 25, no. 1, pp. 31–41, 2023.
- [2] M. Tasya Aulia and N. Anisah, "SISTEM KONTROL DAN MONITORING KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN LELE DENGAN

MEDIA KOLAM BERBASIS IOT,” 2022.

- [3] G. Dendy Denhero, I. P. Elba Duta Nugraha, and L. Jasa, “Perancangan Sistem Monitoring Dan Kontrol Kualitas Air Serta Pemberian Pakan Otomatis Pada Budidaya Lele Bioflok Berbasis Internet of Things,” *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 4, p. 135, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i04.p16.
- [4] M. E.-K. Kesuma and D. Salsabilla, “IMPLEMENTASI ALAT PEMBERIAN PAKAN IKAN OTOMATIS BERBASIS IoT PADA BUDIDAYA IKAN LELE SISTEM BIOFLOK YANG RAMAH LINGKUNGAN DAN BERKELANJUTAN,” *J. Comput. Sci. Inf. Syst. J-Cosys*, vol. 5, no. 1, pp. 1–11, 2025, doi: 10.53514/jco.v5i1.537.
- [5] A. M. A. Rusdy, P. Purnawansyah, and H. Herman, “Penerapan Metode Regresi Linear Pada Prediksi Penawaran dan Permintaan Obat Studi Kasus Aplikasi Point Of Sales,” *Bul. Sist. Inf. dan Teknol. Islam*, vol. 3, no. 2, pp. 121–126, 2022, doi: 10.33096/busiti.v3i2.1130.
- [6] eFishery, “Berapa Kebutuhan Pakan Ikan Lele Sampai Panen? Cek di Sini!” [Online]. Available: <https://efishery.com/id/resources/kebutuhan-pakan-ikan-lele-sampai-panen/>
- [7] DPKP, “Mari Mengenal Teknik Budidaya Lele Tingkat Dasar,” Dinas Perikanan Kabupaten Pamekasan. [Online]. Available: <https://perikanan.pamekasankab.go.id/?p=2609>
- [8] S. Nuryanti and D. K. S. Swastika, “Peran Kelompok Tani dalam Penerapan Teknologi Pertanian,” *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 29, no. 2, p. 115, 2016, doi: 10.21082/fae.v29n2.2011.115-128.
- [9] F. Rachmansyah, S. B. Utomo, J. T. Elektro, F. Teknik, U. J. Unej, and J. Kalimantan, “PERANCANGAN DAN PENERAPAN ALAT UKUR KEKERUHAN AIR MENGGUNAKAN METODE NEFELOMETRIK PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR DENGAN MULTI MEDIA CARD (MMC) SEBAGAI MEDIA PENYIMPANAN (STUDI KASUS DI PDAM JEMBER) METHOD IN WATER TREATMENT PLANT WITH MULTI MEDIA CARD ,” no. Mmc, pp. 17–21, 2014.
- [10] I. G. H. Putrawan, P. Rahardjo, and I. G. A. P. R. Agung, “Sistem Monitoring Tingkat Kekerusuhan Air dan Pemberi Pakan Otomatis pada Kolam Budidaya Ikan Koi Berbasis NodeMCU,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 19, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.24843/mite.2020.v19i01.p01.