



Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis TDS pada Budidaya Udang Windu menggunakan Metode Holt-Winters Forecasting

Rifaldy Ramadhan Latief¹, Ismayati Sutina Azis², Hamdan Gani³

¹Politeknik ATI Makassar, ²Politeknik ATI Makassar, ³Politeknik ATI Makassar

¹rifaldy@atim.ac.id, ²ismayati@atim.ac.id, ³hamdan@atim.ac.id

ABSTRAK

Budidaya udang windu menjadi salah satu pilihan usaha yang digemari oleh para petambak karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Meski demikian, dalam beberapa tahun terakhir, banyak petambak mengalami penurunan hasil produksi. Salah satu faktor utama yang memengaruhi keberhasilan budidaya ini adalah kualitas air, karena kondisi air yang tidak optimal dapat berdampak buruk pada pertumbuhan dan kesehatan udang. Konsentrasi senyawa kimia dalam air biasanya diukur dalam satuan PPM (Parts Per Million) atau mg/l (miligram per liter). Namun, banyak petambak kesulitan untuk melakukan pemantauan kualitas air secara konsisten, terutama saat tidak berada langsung di lokasi tambak.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem informasi yang mampu memantau dan memberikan data terkait perubahan kadar PPM dalam budidaya udang windu. Sistem ini dibangun dengan memanfaatkan perangkat keras seperti sensor TDS (Total Dissolved Solids), Sensor Analog TDS, dan modul Wemos D1 Mini. Perangkat tersebut berfungsi sebagai penghubung antara sensor dengan server, yang kemudian mengirimkan data PPM ke Bot Telegram melalui platform Flask.

Untuk meramalkan perubahan kadar PPM di masa depan, penelitian ini menerapkan metode peramalan Holt-Winters. Dengan adanya sistem ini, diharapkan para petambak dapat melakukan pemantauan kualitas air secara lebih efisien dan menerima notifikasi dini jika terjadi fluktuasi kadar PPM yang dapat mengganggu proses budidaya.

Kata kunci : Budidaya Udang Windu, Kualitas Air, TDS, Telegram Bot, Holt Winters

1. PENDAHULUAN

Udang windu (*Penaeus monodon*), salah satu spesies asli Indonesia, merupakan komoditas unggulan dalam sektor perikanan budidaya karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi dibandingkan dengan jenis udang lainnya (Waode Munaeni et al., 2019). Keunggulan udang ini antara lain ukuran tubuh yang besar saat panen, cita rasa daging yang lezat, serta kandungan nutrisi yang tinggi (Edison Saade, 2020). Sejak pertengahan dekade 1980-an hingga awal 1990-an, para petambak di Indonesia telah mengembangkan budidaya udang windu melalui berbagai pendekatan, mulai dari metode tradisional, semi-intensif, hingga ekstensif (Supono S, 2019). Perkembangan ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu produsen udang terbesar secara global, dengan tujuan menghasilkan produk berkualitas tinggi dan berdaya saing (Nurhidayah, 2018; Dr. Muzahar, n.d.).

Penurunan produksi ini sebagian besar disebabkan oleh meningkatnya kerentanan udang terhadap penyakit akibat melemahnya sistem kekebalan tubuh. Kondisi lingkungan yang tidak optimal, terutama kualitas air yang buruk, menjadi pemicu utama munculnya infeksi bakteri, virus, maupun parasit. Salah satu penyakit yang paling merugikan adalah White Spot Syndrome Virus (WSSV), yang ditandai dengan munculnya bercak putih pada tubuh udang dan berpotensi menyebabkan kematian massal (Umiyana, 2021). Risiko dalam budidaya udang sangat tinggi, mencakup kebutuhan modal besar untuk pengadaan lahan, benur, pakan, dan pengendalian penyakit, khususnya pada masa awal budidaya, yakni 45 hari pertama pasca penebaran.



Dalam budidaya tambak, kualitas air menjadi faktor penentu keberhasilan karena sangat mempengaruhi kesehatan dan pertumbuhan organisme budidaya. Salah satu parameter penting adalah Total Dissolved Solids (TDS), yang menunjukkan jumlah zat terlarut dalam air, baik organik maupun anorganik. TDS diukur dalam satuan ppm (parts per million) atau mg/L, dan mencerminkan konsentrasi mineral seperti natrium, kalsium, magnesium, dan karbonat. Beberapa di antaranya berperan dalam pembentukan cangkang dan metabolisme udang. Namun, konsentrasi TDS yang terlalu tinggi dapat mengganggu keseimbangan osmotik tubuh udang, menimbulkan stres, bahkan kematian (Panca Wahyuni et al., 2020).

Sistem ini juga dilengkapi dengan fitur peramalan menggunakan metode Holt-Winters Forecasting, yang memungkinkan prediksi nilai TDS berdasarkan data historis. Metode ini efektif karena mampu mengakomodasi pola musiman dan tren dalam data waktu, sehingga membantu petambak dalam merencanakan tindakan preventif untuk menjaga kualitas air.

Implementasi sistem monitoring TDS berbasis IoT ini telah diterapkan dalam berbagai proyek, "IoT Based TDS Meter using ESP8266 for Water Quality Monitoring", di mana NodeMCU ESP8266 dan sensor TDS digunakan untuk memantau kualitas air secara real-time dan server Flask untuk pengolahan data. Dengan mengadopsi teknologi IoT dalam pemantauan kualitas air, petambak dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi risiko kerugian akibat kualitas air yang buruk, dan mendukung praktik budidaya yang berkelanjutan.

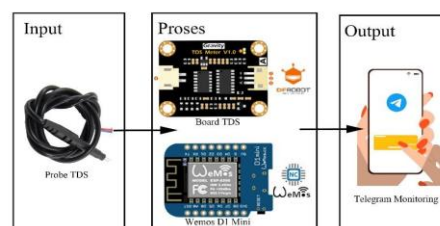
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen rekayasa sistem yang berfokus pada pengembangan dan pengujian sistem monitoring kualitas air berbasis Internet of Things (IoT) yang dilengkapi dengan kemampuan peramalan menggunakan metode *Holt-Winters Forecasting*. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam memodelkan data musiman dan tren dalam deret waktu, sehingga cocok digunakan untuk memprediksi kadar TDS (Total Dissolved Solids) dalam air tambak udang.

Sistem monitoring terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

2.1 Rancangan Sistem Monitoring

- 2.1.1 **Sensor TDS Analog:** Digunakan untuk mengukur nilai Total Dissolved Solids (TDS) dalam satuan ppm.
- 2.1.2 **Wemos D1 Mini:** Mikrokontroler berbasis ESP8266 yang digunakan sebagai pengolah data dan penghubung ke jaringan internet.
- 2.1.3 **Server Flask:** Server lokal berbasis Python yang berfungsi sebagai penghubung antara perangkat keras dan layanan cloud.
- 2.1.4 **Bot Telegram:** Media pengiriman notifikasi dan informasi secara real-time kepada petambak mengenai kondisi kadar TDS.



Gambar 2.1. Diagram Blok Sistem

2.2 Pengumpulan Data

Data TDS dikumpulkan selama periode tertentu dalam satuan waktu yang konstan (misalnya setiap 30 menit atau setiap jam) untuk mendapatkan pola tren dan musiman. Data ini disimpan dalam basis data dan digunakan sebagai dataset untuk proses pemodelan peramalan.

2.3 Metode Peramalan

Model peramalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Triple Exponential Smoothing* atau metode *Holt-Winters*. Model ini terdiri dari tiga komponen utama:

- 2.3.1 **Level (L):** Nilai rata-rata dari data.
- 2.3.2 **Trend (T):** Perubahan jangka panjang data.
- 2.3.3 **Seasonality (S):** Pola musiman yang terjadi secara berulang.

Persamaan umum metode Holt-Winters digunakan untuk menghitung estimasi nilai TDS pada waktu mendatang, sehingga dapat mengantisipasi potensi peningkatan atau penurunan drastis kualitas air.

```

Input:
Y = [y1, y2, ..., yn] // Deret waktu historis
α, β, γ ∈ [0,1] // Parameter smoothing untuk level, tren, dan musiman
m // Panjang periode musiman (misalnya, 12 untuk data bulanan)
h // Jumlah langkah waktu ke depan untuk peramalan

Langkah 1: Inisialisasi
L0 = rata-rata dari Y[1 hingga m]
T0 = (rata-rata dari Y[m+1 hingga 2m] - rata-rata dari Y[1 hingga m]) / m
Untuk i = 1 hingga m:
    Si = Yi - L0

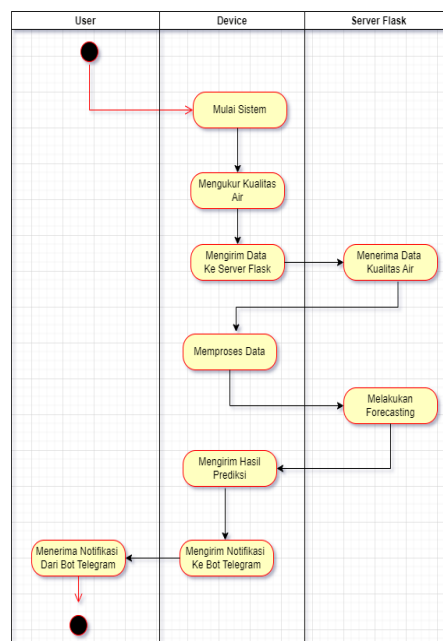
Langkah 2: Perbarui komponen untuk t = m+1 hingga n:
Untuk setiap t:
    Lt = α * (Yt - Sm-t) + (1 - α) * (Lt-1 + Tt-1)
    Tt = β * (Lt - Lt-1) + (1 - β) * Tt-1
    St = γ * (Yt - Lt) + (1 - γ) * Sm-t

Langkah 3: Peramalan untuk t = n+1 hingga n+h:
Untuk setiap langkah ke depan k = 1 hingga h:
    Fctk = Lt + k * Tt + Sm-t+k
    
```

Gambar 2.2 Pseudocode Holt-Winters

2.4 Evaluasi Sistem

- 2.4.1 Akurasi peramalan, dengan menggunakan metrik seperti MAPE (Mean Absolute Percentage Error) atau RMSE (Root Mean Square Error).
- 2.4.2 Respons sistem, dinilai dari kecepatan dan ketepatan pengiriman notifikasi ke Telegram berdasarkan ambang batas nilai PPM.



Gambar 2.3 Diagram Aktivitas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem merupakan fase krusial dalam suatu penelitian atau pengembangan teknologi yang bertujuan untuk mengevaluasi performa serta kesesuaian sistem dengan spesifikasi teknis dan kebutuhan fungsional yang telah ditentukan sebelumnya. Tujuan utama dari tahap ini adalah memastikan bahwa sistem beroperasi secara stabil, bebas dari kesalahan atau bug yang dapat mengganggu kinerjanya, serta mampu memenuhi tujuan penggunaannya secara optimal.

Proses pengujian dilakukan melalui serangkaian eksperimen yang bertujuan untuk mendeteksi potensi ketidaksesuaian atau tingkat ketidakakuratan pada setiap tahapan proses yang ada. Pengujian sistem dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap dengan pendekatan menyeluruh yang mencakup beberapa aspek penting, yaitu:

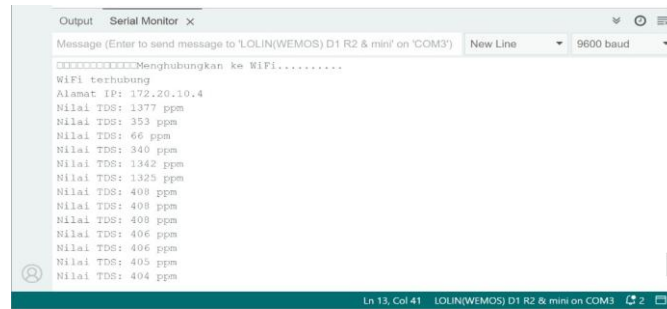
3.1 Pengujian Perangkat Keras (Hardware Testing)

Pada tahap ini, semua komponen fisik sistem seperti sensor TDS, Analog TDS Sensor, dan Wemos D1 Mini diuji untuk memastikan bahwa perangkat mampu mendeteksi dan mengirimkan data kadar TDS dengan akurat. Pengujian ini juga mencakup kestabilan konektivitas perangkat dan respons sensor terhadap perubahan kadar zat terlarut dalam air.

3.1.1 Pengujian Reading Sensor

Pada pengujian *Reading Sensor* akan ditampilkan hasil pengukuran konsentrasi zat terlarut (*TDS*)

menggunakan sensor *Dfrobot Analog TDS Sensor*. Di bawah ini adalah hasil uji yang telah dilakukan pada perangkat *Wemos D1 Mi*



Gambar 3.1 Hasil Pengujian *Reading Sensor*

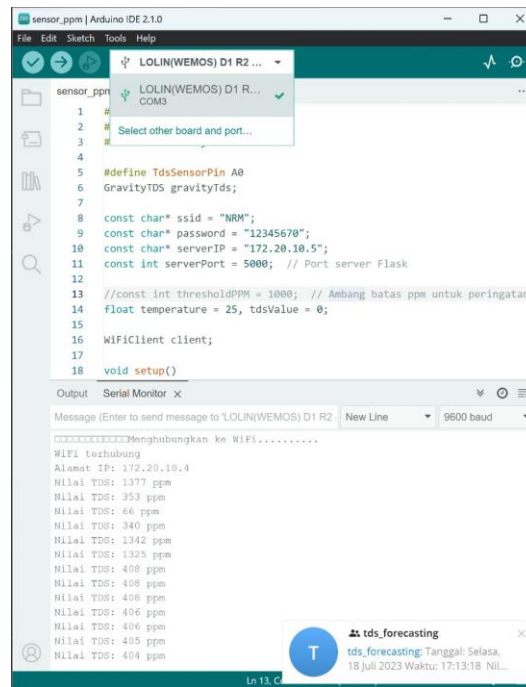


Gambar 3.2 Pengujian *TDS Meter dan TDS Sensor*

Tabel 3.1 Pengujian *Reading Sensor*

Testing	TDS Actual	TDS Meter	TDS Sensor	Error Meter	Error Sensor	Average TDS Meter	Average TDS Sensor
Uji Coba 1	1382	1230	1274	152	108	1275	1292
Uji Coba 2	1382	1230	1284	152	98	1293	1293
Uji Coba 3	1382	1250	1288	132	94	1280	1294
Uji Coba 4	1382	1250	1281	132	101	1282	1294
Uji Coba 5	1382	1290	1301	92	81	1284	1295
Uji Coba 6	1382	1294	1301	88	81	1283	1294
Uji Coba 7	1382	1200	1291	182	91	1282	1294
Uji Coba 8	1382	1299	1301	83	81	1289	1294
Uji Coba 9	1382	1289	1291	93	91	1288	1294
Uji Coba 10	1382	1289	1297	93	85	1288	1294
Uji Coba 11	1382	1304	1291	78	91	1288	1293
Uji Coba 12	1382	1299	1301	83	81	1286	1294
Uji Coba 13	1382	1230	1288	152	94	1284	1293
Uji Coba 14	1382	1299	1301	83	81	1292	1293
Uji Coba 15	1382	1299	1291	83	91	1291	1292
Uji Coba 16	1382	1284	1288	98	94	1289	1292
Uji Coba 17	1382	1299	1297	83	85	1291	1294
Uji Coba 18	1382	1250	1288	132	94	1288	1292
Uji Coba 19	1382	1304	1301	78	81	1307	1295
Uji Coba 20	1382	1309	1288	73	94	1309	1288
Average						1287	1293
Accuracy						89	92

3.1.2 Pengujian Konektifitas



Gambar 3.3 Pengujian Konektifitas

3.2 Pengujian Sistem (System Testing)

Pengujian ini bertujuan untuk menguji integrasi antar komponen sistem, termasuk pengolahan data oleh mikrokontroler, pengiriman data ke server berbasis Flask, dan penerusan informasi kepada pengguna melalui platform komunikasi seperti Telegram bot. Keberhasilan komunikasi antar komponen menjadi indikator penting keberhasilan tahap ini.

Tabel 3.2 Pengujian Sistem

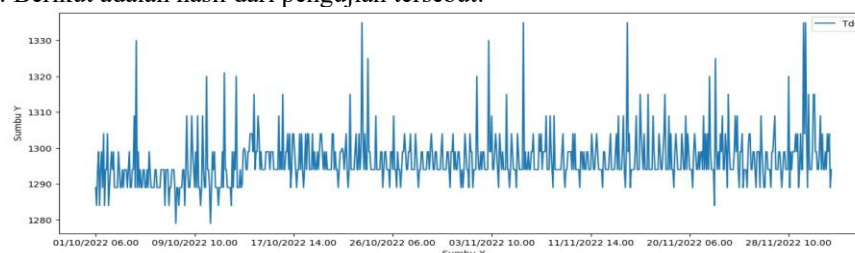
NO	Pengujian	Status
1	Server Flask	Berhasil
2	Notifikasi Telegram	Berhasil

3.3 Pengujian Algoritma (Algorithm Testing)

Pengujian difokuskan pada implementasi metode *Holt-Winters Forecasting* dalam melakukan prediksi nilai TDS berdasarkan data historis. Evaluasi dilakukan terhadap akurasi hasil peramalan dengan membandingkannya terhadap data aktual yang diperoleh dari pengukuran sensor. Metrik evaluasi seperti *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) atau *Root Mean Square Error* (RMSE) digunakan untuk menilai kinerja algoritma.

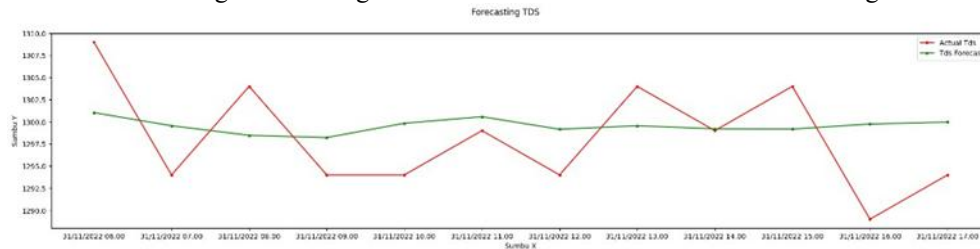
3.3.1 Plotting Data Forecasting

Dalam pengujian ini, dilakukan proses pengolahan data untuk mengevaluasi data hasil TDS yang akan diproses. Berikut adalah hasil dari pengujian tersebut:



Gambar 3.4 Plotting Dataset

Gambar plotting diatas menampilkan data nilai TDS dari budidaya udang windu, dapat disimpulkan bahwa data tersebut digunakan sebagai model sederhana untuk melakukan forecasting.



Gambar 3.5 Plotting Actual TDS dan TDS Forecasting

Kemudian setelah melakukan implementasi model Holt – Winter maka didapatkan garis forecasting dari data hasil nilai TDS. Plotting diatas menunjukan hasil nilai aktual dari TDS dan nilai TDS forecasting. Dari Garis kedua tersebut memiliki nilai forecasting yang tidak jauh dari nilai sebenarnya pada nilai TDS.

3.3.2 Perhitungan implementasi Holt Winter

Pada perhitungan implementasi holt winter terdapat dua varian utama additive dan multiplicative. Pemilihan antara keduanya tergantung pada pengaruh faktor-faktor terhadap level dan trend, serta faktor musiman. Jika pengaruh musiman bersifat tetap atau berubah secara absolut, metode additive dapat lebih sesuai. Namun, jika pengaruh musiman berubah secara persentase atau tergantung pada level dan trend data, metode multiplicative dapat memberikan hasil yang lebih baik.

Holt Winters

```
# Holt Winters Additive
model_additive = HWES(df_train['Tds'], seasonal_periods=12, trend='add', seasonal='add')
fitted_additive = model_additive.fit()
print(fitted_additive.summary())
```

ExponentialSmoothing Model Results

Dep. Variable:	Tds	No. Observations:	732
Model:	ExponentialSmoothing	SSE	35199.820
Optimized:	True	AIC	2867.048
Trend:	Additive	BIC	2940.580
Seasonal:	Additive	AICC	2868.007
Seasonal Periods:	12	Date:	Sun, 11 Jun 2023
Box-Cox:	False	Time:	19:19:20
Box-Cox Coeff.:	None		

	coeff	code	optimized
smoothing_level	0.0218472	alpha	True
smoothing_trend	3.6158e-08	beta	True
smoothing_seasonal	6.9145e-05	gamma	True

Gambar 3.6 Perhitungan Model Additive

```
# Holt Winters Multiplicative
model_multiplicative = HWES(df_train['Tds'], seasonal_periods=12, trend='mul', seasonal='mul')
fitted_multiplicative = model_multiplicative.fit()
print(fitted_multiplicative.summary())
```

ExponentialSmoothing Model Results

Dep. Variable:	Tds	No. Observations:	732
Model:	ExponentialSmoothing	SSE	37541.613
Optimized:	True	AIC	2914.195
Trend:	Multiplicative	BIC	2987.727
Seasonal:	Multiplicative	AICC	2915.154
Seasonal Periods:	12	Date:	Sun, 11 Jun 2023
Box-Cox:	False	Time:	19:19:23
Box-Cox Coeff.:	None		

	coeff	code	optimized
smoothing_level	0.0403571	alpha	True
smoothing_trend	0.0001	beta	True
smoothing_seasonal	0.0685459	gamma	True

Gambar 3.7 Perhitungan Model Multiplicative

- 3.3.2.1 Smoothing Level: Mengontrol sejauh mana model merespons perubahan data actual, Jika nilai level lebih rendah membuat model lebih sensitif terhadap kondisi yang tidak tetap atau berubah ubah.
- 3.3.2.2 Smoothing Trend: Mengontrol seberapa responsif model terhadap perubahan trend dalam data. Nilai yang tinggi akan memberikan bobot yg lebih besar pada trend dan membuat model lebih sensitif terhadap perubahan trend.
- 3.3.2.3 Smoothing Seasonal: Mengontrol seberapa responsif model terhadap perubahan musiman dalam data. Nilai yang tinggi akan memberikan bobot yang lebih besar pada komponen musiman dan membuat model lebih sensitif terhadap perubahan musiman.

Berdasarkan analisis nilai-nilai smoothing level, smoothing trend, dan komponen musiman dalam model holt winter, dapat disimpulkan bahwa model holt winters additive cenderung lebih kuat dalam menangkap komponen additive dalam data, sedangkan model holt winter multiplicative cenderung lebih kompleks dan kuat dalam menangkap komponen multiplicative dalam data.

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Implementasi Holt Winter

Testing	Actual TDS Meter	Actual TDS Sensor	Forecast TDS Meter	Forecast TDS Sensor
Uji Coba 1	1230	1274	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 2	1230	1284	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 3	1250	1288	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 4	1250	1281	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 5	1290	1301	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 6	1294	1301	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 7	1200	1291	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 8	1299	1301	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 9	1289	1291	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 10	1289	1297	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 11	1304	1291	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 12	1299	1301	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 13	1230	1288	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 14	1299	1301	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 15	1299	1291	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 16	1284	1288	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 17	1299	1297	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 18	1250	1288	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 19	1304	1301	1287,874857	1292,808418
Uji Coba 20	1309	1288	1287,874857	1292,808418

3.4 Pengujian Menyeluruh (End-to-End Testing)

Pengujian ini mensimulasikan seluruh alur kerja sistem secara nyata, dari proses pengukuran di tambak hingga informasi diterima oleh pengguna. Tujuannya adalah memastikan bahwa sistem dapat beroperasi secara real-time dan memberikan notifikasi secara tepat waktu saat terjadi perubahan signifikan dalam nilai TDS.

Melalui pendekatan pengujian yang komprehensif ini, sistem yang dikembangkan diharapkan memiliki reliabilitas dan performa yang tinggi, sehingga mampu mendukung kegiatan budidaya udang windu secara lebih efektif dan efisien.

Dalam analisis kelayakan sistem Analisa Kadar PPM Menggunakan metode holt winter forecasting pada Budidaya Udang Windu, telah dilakukan pengujian terhadap hardware, sistem, dan algoritma yang digunakan. Pengujian tersebut dilakukan untuk memverifikasi kesesuaian sistem yang dikembangkan dengan harapan yang diinginkan.

Sistem ini dirancang dengan menggunakan perangkat keras, dimana probe TDS berfungsi sebagai Input melalui pembacaan sensor TDS. Selanjutnya, data tersebut dikelola melalui proses Analog TDS Sensor dan Wemos D1 untuk pengolahan data, dan kemudian dikirim melalui bot telegram yang telah dibuat. Nilai PPM yang diperoleh dari probe TDS berhasil dikirimkan ke bot telegram dengan menggunakan Server Flask sebagai backend dan memberikan hasil forecasting PPM melalui model yang telah dilatih sebelumnya dan dilakukan fine tune dan train model.

Melalui pengujian yang dilakukan, sistem ini terbukti mampu mengintegrasikan perangkat keras, algoritma analisis menggunakan metode Holt Server Flask. Hal ini menunjukkan bahwa sistem ini memiliki kelayakan yang sesuai dan dapat digunakan dalam budidaya udang windu.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

- 4.1.1 Kinerja Perangkat: Sensor TDS, Analog TDS Sensor, dan Wemos D1 Mini berhasil mengukur dan mengirim data TDS ke server Flask. Server kemudian mengirimkan informasi tersebut ke aplikasi Telegram melalui bot, menunjukkan integrasi perangkat keras dan lunak yang baik.
- 4.1.2 Kinerja Algoritma: Metode Holt-Winters menunjukkan akurasi tinggi dalam meramalkan nilai PPM, dengan sensitivitas yang baik terhadap perubahan parameter dan stabilitas dalam jangka panjang.



- 4.1.3 Kinerja Sistem Keseluruhan: Sistem secara keseluruhan berfungsi sesuai harapan, memberikan notifikasi real-time kepada pengguna mengenai nilai PPM saat ini dan prediksi ke depan melalui Telegram.

4.2 Saran

- 4.2.1 Membutuhkan Perpanjangan Durasi Pengukuran: Memperpanjang periode pengukuran kadar PPM hingga usia 60 atau 90 hari akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang dinamika kualitas air selama siklus budidaya.
- 4.2.2 Eksplorasi Algoritma Alternatif: Meskipun metode Holt-Winters telah menunjukkan hasil yang memuaskan, eksplorasi algoritma lain seperti ARIMA atau model berbasis pembelajaran mesin dapat meningkatkan akurasi prediksi.
- 4.2.3 Kurangnya Integrasi Sensor Tambahan: Menambahkan sensor untuk parameter lain seperti suhu, pH, dan kekeruhan dapat memberikan data yang lebih komprehensif, sebagaimana diterapkan dalam sistem monitoring kualitas air pada budidaya udang vannamei.
- 4.2.4 Kurangnya Peningkatan Antarmuka Pengguna: Meningkatkan visualisasi dan presentasi data pada aplikasi Telegram agar lebih ramah pengguna dan mudah dipahami, seperti yang dilakukan dalam sistem monitoring kualitas air tambak ikan koi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dr. Muzahar, S. Pi., M. S. (n.d.). Teknologi Dan Manajemen Budidaya Udang (Muzahar, Ed.; 1st ed.). Umar Press.
- [2] Edwin Yulia Setyawan. (2022). KKP | Kementerian Kelautan dan Perikanan. <https://kkp.go.id/brsdm/sosek/artikel/38955-budi-daya-tambak-pangkajene-2020>
- [3] Encik Rosalina, S. S. M. D. H. G. (2016). Metode Peramalan Holt - Winter Untuk Memprediksi Jumlah Pengunjung Perpustakaan Universitas Riau.
- [4] Faruq, M. M., & Hirawan, D. (2019). Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Tambak Udang Vaname di Kecamatan Tirtayasa Berbasis Internet Of Things.
- [5] Hady Prasetya Hamid. (2022). Penentuan Konsumsi Oksigen Dan Pakan Larva Bandeng Berbasis Edge Computing Menggunakan Metode Ses (Single Exponential Smoothing).
- [6] Septian Pratama, A., Heri Efendi, A., Burhanudin, D., Rofiq, M., & Asia Malang, S. (2019). SIMKARTU (Sistem Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Berbasis Arduino dan SMS Gateway) Penulis Korespondensi. <http://www.jurnal.umk.ac.id/sitech>
- [7] Sholahuddin, M. R., Atqiya, F., Wulan, S. R., Harika, M., Fitriani, S., & Sofyan, Y. (2023). Implementasi Sistem Identifikasi Senjata Real Time Menggunakan YOLOv7 dan Notifikasi Chat Telegram. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 4(2), 598–606. <https://doi.org/10.47065/josh.v4i2.2774>
- [8] Supono S. (2019). Teknologi Produksi Udang (Supono S, Ed.; 1st ed.). 2017. https://www.researchgate.net/publication/332528747_Budidaya_Udang
- [9] Umiyana, H. D. T. (2021). Analisis Pendapatan Usaha Budidaya Tambak Udang Windu Di Desa Lalombi Kecamatan Banawa Selatan Kabupaten Donggala Income analysis of Tiger Shrimp Farming in Lalombi Village South Banawa Subdistrict Donggala Regency Umiyana 1) , Hadayani 2) Dance Tangkesalu 2) 1). 1428 j. *Agrotekbis*, 9(6), 1428–1436.
- [10] Waode Munaeni, Muhamad Gustilatov, Muhammad Haikal Abdurachman, Muhammad Latiful Khobir, Ardana Kurniaji, Retno Cahya Mukti, Aprelia Martina Tomaso, Anis Zubaidah, Mohammad Faizal Ulkhaq, & Muh. Herjayanto. (2019). Budidaya Udang Windu (F. M. Nadia Mega Aryani, Ed.; 1st ed.). 2023.

