

Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname

(Implemented of IoT for EWS Using the Holt Model Des Method in Vaname Shrimp Ponds)

Muhamad Wisnu Alfiansyah, I Gede Putu Wirarama Wedashwara*, Ahmad Zafrullah Mardiansyah

Dept Informatics Engineering, Mataram University

Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: wisnualfiansyah70@gmail.com, [wirarama, zaf]@unram.ac.id

**Penulis Korespondensi*

Abstract Vaname shrimp is a type of aquaculture that has a high economic value and has relatively fast growth. Good water quality is key in the cultivation of vaname shrimp on ponds. Water pH and water temperature are important parameters that needs to be monitored regularly. However, monitoring of pond water condition is still manual and not really intensive. Internet of Things (IoT) and Early Warning System (EWS) as the latest technology could be a solution in periodic pond monitoring activities and give early warning to farm owners. Double Exponential Smoothing Holt is a method for forecasting in time series. In this study, the system predicts the potentials that can harm the condition of the pond. If there are indications of danger, it will inform the user via Telegram chats. The accuracy test value using MAPE for water temperature is 9.0859% and water pH is 0.828%.

Key words: Vaname, IoT, EWS, Holt, Telegram

I. PENDAHULUAN

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan jenis udang yang berasal dari Pantai Barat Pasifik Amerika Latin. Jenis udang ini termasuk jenis udang yang memiliki pertumbuhan yang relatif cepat sehingga banyak pengelola tambak memilih udang vaname. Dikutip dari buku keluaran Badan Pusat Statistik Indonesia yang dikeluarkan tahun 2016, jumlah produksi udang vaname di Indonesia sebesar 428.905 ton. Jumlah ini jauh lebih besar jika dibandingkan dengan jumlah produksi jenis udang lainnya. Sebesar 21,07% dari total produksi udang vaname tersebut diekspor ke berbagai negara di dunia [1]. Untuk dapat menghasilkan kualitas udang vaname yang baik, tentu membutuhkan persiapan dan perawatan yang matang hingga masa panen tiba.

Tambak sebagai salah satu media pembudidayaan udang vaname yang paling umum diterapkan. Pengelolaan kondisi kualitas air yang baik menjadi kunci dalam keberhasilan budidaya udang vaname di tambak [2]. Adapun mekanisme pengecekan kondisi lingkungan tambak udang yang diterapkan sekarang, masih menggunakan cara manual. Pemilik tambak melakukan

pengecekan secara manual menggunakan alat yang dimiliki. Dilansir dari laman Suara NTB, jumlah produksi udang vaname pada tahun 2009-2011 sekitar 30.000 ton/tahun. Akan tetapi, pada tahun 2016 jumlah produksinya menurun dan hanya mampu memproduksi hingga belasan ton saja. Penyebab menurunnya hasil produksi udang tersebut, diakibatkan oleh serangan penyakit *Myonecrosis* (lebih dikenal dengan penyakit Myo). Selain penyakit Myo, terdapat juga beberapa penyakit lain seperti *White Spot Syndrome Virus* (WSSV) dan *Taura Syndrome Virus* (TSV) [3].

Internet of Things (IoT) sebagai salah satu teknologi terbaru dapat menjadi solusi untuk memantau dan *monitoring* kondisi tambak udang vaname. Penerapan IoT pada sistem *monitoring* diharapkan dapat menjadikan pemantauan kondisi tambak yang awalnya dilakukan secara manual berubah menjadi pemantauan secara digital [4].

Early Warning System (EWS) kini sudah mulai banyak digunakan sebagai alternatif untuk memberikan peringatan dini kepada pengguna untuk dapat mengantisipasi hal-hal yang tidak diinginkan [5]. Pemanfaatan EWS dapat digunakan untuk memprediksi (*forecasting*) data selanjutnya di tambak udang vaname dimana pola pengambilan datanya bersifat deret waktu (*time series*). Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam melakukan *forecasting* data yang berbentuk *time series*, seperti *Single Exponential Smoothing*, *Double Exponential Smoothing*, *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Pada data *time series* yang cenderung berbentuk *trend*, metode yang cocok digunakan yaitu *Double Exponential Smoothing* [6].

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terkait implementasi IoT untuk EWS menggunakan metode DES model Holt pada tambak udang vaname belum pernah dilakukan. Penelitian yang masih ada hanya sebatas untuk memantau kualitas air pada

tambak udang vaname tanpa adanya sistem untuk *forecasting* atau memprediksi data selanjutnya.

Pada penelitian pertama tentang pembuatan rancangan sistem *monitoring* kualitas air pada budidaya udang. Adapun parameter yang digunakan yaitu *Dissolved Oxygen* (DO), pH dan suhu. Sistem *monitoring* kualitas air terdiri dari Raspberry Pi 2, serial Xbee, sensor DO, pH, *conductivity* dan suhu dari Atlas Scientific, sensor DS18B20, dan *server database*. Sistem ini menggunakan Telegram Messenger untuk pengiriman informasi atau data yang diterima oleh sensor [7].

Pada penelitian kedua tentang pembuatan rancangan sistem kontrol dan *monitoring* kualitas air dan suhu air pada kolam budidaya ikan. Adapun parameter yang digunakan yaitu salinitas, suhu dan kesadahan. Sistem kontrol dan *monitoring* kualitas air terdiri dari Arduino Uno, *Ethernet Shield*, LCD dan pompa air. *Monitoring* kualitas air yang digunakan yaitu berbasis *website* [8].

Pada penelitian ketiga tentang “Perbandingan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Double Exponential Smoothing* pada Peramalan Curah Hujan di Provinsi Aceh”. Adapun data curah hujan yang digunakan adalah data bulanan curah hujan di Provinsi Aceh tahun 2013-2016. Setelah dilakukan penelitian, didapatkan hasil metode terbaik untuk meramalkan curah hujan Provinsi Aceh satu tahun yang akan datang adalah metode *Double Exponential Smoothing* [9].

Pada penelitian terakhir tentang “Perbandingan Peramalan Metode *Double Exponential Smoothing* Satu Parameter Brown dan Metode *Double Exponential Smoothing* Dua Parameter Holt”. Adapun data yang digunakan yaitu data bulanan produksi air bersih di Kota Samarinda dari Januari 2013 hingga Oktober 2015. Setelah dilakukan penelitian didapatkan hasil metode *double exponential smoothing* dua parameter Holt menghasilkan MAPE lebih kecil dibandingkan *double exponential smoothing* satu parameter Brown [6].

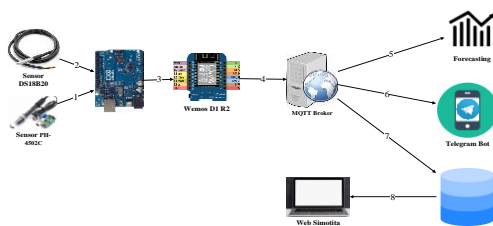
III. METODE PERANCANGAN

A. Perancangan Perangkat Keras

Pada tahapan perancangan perangkat keras melibatkan dua tahap yakni tahap arsitektur sistem dan rangkaian elektronika.

A.1. Arsitektur Sistem

Rancangan arsitektur sistem implementasi IoT untuk EWS menggunakan metode DES model Holt pada tambak udang vaname yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 1.



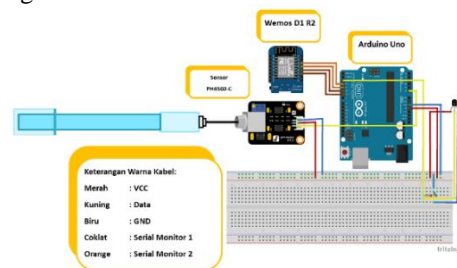
Gambar 1. Arsitektur Sistem

Arsitektur dari “Implementasi IoT untuk EWS Menggunakan Metode DES Model Holt pada Tambak Udang Vaname” yang akan dibuat pada penelitian ini. Untuk masing-masing proses yang terdapat pada Gambar 1. dijelaskan sebagai berikut:

1. Sensor pH meter digunakan untuk mengukur kadar pH yang terdapat pada air tambak udang vaname. Nilai pH yang didapat akan digunakan untuk memberikan informasi kepada pemilik tambak dan menjadi penunjang dalam *forecasting* pH air selanjutnya pada tambak udang vaname.
2. Sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu yang terdapat pada air tambak udang vaname. Nilai suhu air yang didapat akan digunakan untuk memberikan informasi kepada pemilik tambak dan menjadi penunjang dalam *forecasting* suhu air selanjutnya pada tambak udang vaname.
3. Arduino Uno menerima data dari sensor pH dan sensor suhu air untuk selanjutnya dikirim ke Wemos D1 R2 melalui serial monitor.
4. Wemos D1 R2 akan mengirimkan data yang sudah didapat ke MQTT melalui internet.
5. Setelah data diterima dari Wemos D1 R2, MQTT broker akan melakukan *forecasting* menggunakan metode *double exponential smoothing* model Holt.
6. Notifikasi akan dikirimkan melalui Bot Telegram yang telah diterima ke Telegram pemilik tambak ketika data yang didapat oleh hasil *forecasting* tersebut berada di luar ambang batas parameter yang telah ditentukan.
7. Data sensor, data hasil *forecasting* akan disimpan ke dalam *database* yang telah dibuat.
8. *Website* Simotita menampilkan data hasil *monitoring* dan *forecasting* yang telah disimpan dalam *database*.

A.2. Rangkaian Elektronika

Perancangan rangkaian elektronika dimulai dari penyusunan *microcontroller* dengan modul-modul elektronika yang akan dipasangkan pada sensor dari sistem. Gambar 2 merupakan rangkaian elektronika yang telah dirancang.



Gambar 2. Rangkaian Elektronika

Pada Gambar 2, perangkat yang tersusun dari Arduino Uno, Wemos D1 R2, sensor PH4502-C, DS18B20, resistor 4.7K Ohm dan *bread board*.

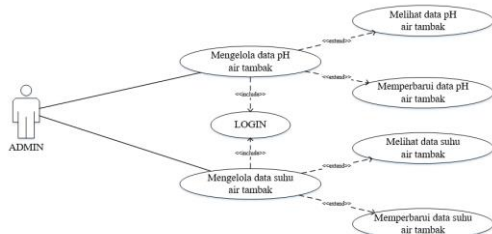
B. Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahapan perancangan perangkat keras melibatkan dua tahap yakni tahap perancangan *use case diagram*, *entity relationship diagram*, alur pengiriman data dan alur kerja

forecasting menggunakan *double exponential smoothing* dua parameter Holt.

B.1. Use Case Diagram

Rancangan *use case diagram* penelitian “Implementasi IoT untuk EWS Menggunakan Metode DES Model Holt pada Tambak Udang Vaname” dapat dilihat pada Gambar 3.

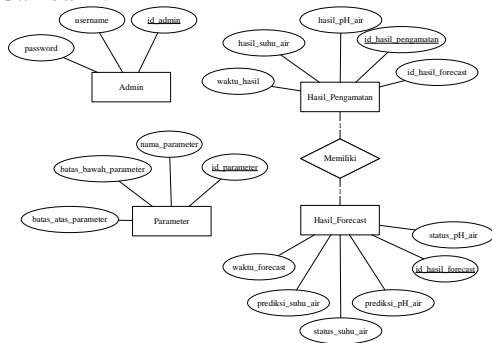


Gambar 3 Use Case Diagram

Pada *use case diagram* admin dapat mengelola data yang telah dikirimkan oleh *microcontroller*. Adapun aktifitas dilakukan pada pengelolaan data yaitu melihat data dan memperbarui data. Data yang didapatkan oleh Arduino Uno yang diteruskan ke Wemos D1 R2 adalah data yang diperoleh dari dua buah sensor yaitu data pH air dan suhu air pada tambak yang kemudian akan ditampilkan pada sistem *monitoring* sederhana.

B.2. Entity Relationship Diagram

Rancangan *entity relationship diagram* penelitian Implementasi IoT untuk EWS Menggunakan Metode DES Model Holt pada Tambak Udang Vaname dapat dilihat pada Gambar 4.



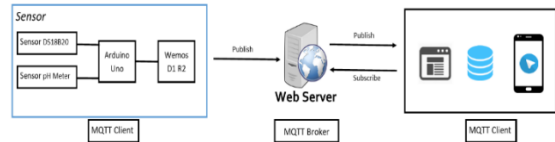
Gambar 4. Entity Relationship Diagram

Pada *Entity Relationship Diagram* penelitian “Implementasi IoT untuk EWS Menggunakan Metode DES Model Holt pada Tambak Udang Vaname” memiliki empat buah tabel *database* yaitu tabel Admin, tabel Parameter, tabel Hasil_Pengamatan dan tabel Hasil_Forecast. Pada tabel Admin terdapat tiga atribut yaitu *id_admin*, *username*, dan *password*. Pada tabel Parameter terdapat empat atribut yaitu *id_parameter*, *nama_parameter*, *batas_bawah_parameter* dan *batas_atas_parameter*. Pada tabel Hasil_Pengamatan terdapat empat atribut yaitu *id_hasil_pengamatan*, *hasil_suhu_air*, *hasil_pH_air*, dan *waktu_hasil*. Pada tabel Hasil_Forecast terdapat empat atribut yaitu

id_hasil_forecast, *prediksi_suhu_air*, *prediksi_pH_air*, *nilai_k_air* dan *waktu_forecast*.

B.3. Alur Pengiriman Data

Alur pengiriman data penelitian “Implementasi IoT untuk EWS Menggunakan Metode DES Model Holt pada Tambak Udang Vaname” yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 3.

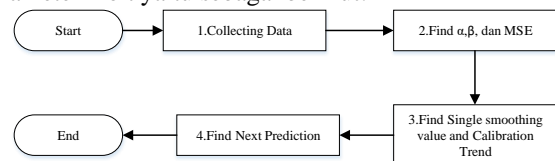


Gambar 5. Alur pengiriman data

Penjelasan secara detail dari alur pengiriman data pada Gambar 3 yaitu sensor PH4502-C dan DS18B20 akan mengirimkan data yang didapatkan di tambak udang vaname ke Arduino Uno. Kemudian data akan diteruskan ke Wemos D1 R2. Arduino Uno dan Wemos D1 R2 bertindak sebagai *microcontroller*. Dari Wemos D1 R2 akan melakukan pengiriman data yang bisa disebut *publish* ke MQTT broker yang akan melakukan *publish* ke client yang telah melakukan *subscribe* dalam kasus ini yaitu web yang digunakan sebagai sistem *monitoring*. Sistem melakukan *forecasting* pada MQTT broker. Apabila hasil *forecasting* berada di luar ambang batas yang ditentukan, sistem akan mengirimkan notifikasi via Telegram melalui MQTT broker. Media penyimpanan pada sistem informasi yang dibangun menggunakan MySQL yang akan menyimpan *id*, waktu, data sensor dan data hasil *forecasting* setiap parameter.

B.4. Early Warning System(EWS)menggunakan double exponential smoothing dua parameter Holt

Adapun rancangan alur kerja(*flowchart*) pada penelitian “Implementasi IoT untuk EWS Menggunakan Metode DES Model Holt pada Tambak Udang Vaname” menggunakan metode *double exponential smoothing* dua parameter Holt yaitu sebagai berikut:



Gambar 6. Flowchart double exponential smoothing dua parameter Holt

Pada Gambar 6 merupakan *flowchart* dari metode *double exponential smoothing* Holt pada penelitian “Implementasi IoT untuk EWS Menggunakan Metode DES Model Holt pada Tambak Udang Vaname”. Rincian dari masing-masing proses pada Gambar 6 akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Pada tahap *collecting* data, akan dilakukan pengumpulan data yang dilakukan oleh sensor pH meter dan DS18B20 sensor yang disimpan di dalam *database*. Adapun data yang akan digunakan yaitu data terbaru yang telah dimasukkan ke dalam *database*.

Adapun jumlah data terbanyak yang akan digunakan nantinya adalah pengambilan data tiga hari terbaru.

- Setelah melakukan *collecting* data, selanjutnya yaitu menentukan nilai dari α dan β yang akan digunakan sebagai parameter untuk melakukan *forecasting* data menggunakan *double exponential smoothing* Holt. Dimana rentang nilai dari α dan β adalah antara 0-1 (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9). Pada tahap ini akan dicari nilai dari α dan β terbaik untuk dijadikan parameter dengan menghitung nilai *Mean Square Error* (MSE) dari kedua parameter tersebut. Adapun rumus dari MSE yaitu :

$$MSE = \frac{\sum e_i^2}{n} = \frac{\sum (X_i - F_i)^2}{n} \quad (1)$$

Keterangan :

MSE = *Mean Square Error*

e_i = error ke i

- Setelah menemukan nilai α dan β berdasar nilai MSE terkecil, selanjutnya yaitu menentukan nilai pemulusan tunggal dan *trend* dari data yang telah dikumpulkan. Adapun rumus pemulusan tunggal dan *trend* sebagai berikut:

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2)$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3)$$

Keterangan :

S_t = Nilai pemulusan tunggal

X_t = Data sebenarnya pada waktu ke- t

T_t = Pemulusan trend

m = Periode masa mendatang

α, β = konstanta dengan nilai anatar 0 dan 1

- Setelah nilai pemulusan tunggal dan *trend* ditemukan, selanjutnya adalah menghitung nilai *forecasting* untuk data selanjutnya menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_{t+m} = S_t + T_t \times m \quad (4)$$

Keterangan :

F_{t+m} = nilai ramalan

C. Implementasi Sistem

Setelah dilakukan tahap perancangan selanjutnya akan dilakukan proses implementasi dari alat yang dibuat. Pada penelitian ini terdapat tiga tahap dalam proses implementasi yaitu penyusunan perangkat, pembangunan sistem *monitoring* dan pembangunan *Early Warning System* (EWS).

C.1. Penyusunan Perangkat

Pada tahap penyusunan perangkat Arduino Uno, Wemos D1 R2, sensor PH4502-C dan DS18B20 sensor akan dihubungkan menggunakan kabel. Proses penyusunan perangkat akan dilakukan sesuai dengan rancangan perangkat pada tahap perancangan perangkat.

C.2. Pembangunan Sistem Monitoring

Pada tahap pembangunan sistem *monitoring* akan dihubungkan dengan Wemos D1 R2 guna melakukan *monitoring* data yang masuk ke dalam sensor pH meter dan DS18B20 sensor. Dalam pembuatan sistem *monitoring* ini

menggunakan *framework* CodeIgniter dan MySQL sebagai *database*.

C.3. Pembangunan Early Warning System (EWS)

Pada tahap pembangunan *Early Warning System* (EWS) akan dibuat pada pada sisi MQTT Broker dimana setiap data yang dikirimkan oleh sensor melalui Wemos D1 R2, sistem akan melakukan *forecasting* atau prediksi untuk nilai data selanjutnya baik itu data pH maupun suhu air. Sistem hanya akan mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui Telegram Bot apabila dari hasil prediksi didapatkan nilai berada di luar batas yang ditentukan.

D. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem, akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibangun. Pada tahap pengujian ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu pengujian perangkat keras, pengujian pemantauan kualitas air di tambak udang vaname dan pengujian *Early Warning System* (EWS) menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt.

D.1. Pengujian Perangkat Keras

Pada pengujian perangkat keras, akan diuji apakah masing-masing sensor dapat melakukan identifikasi berdasarkan data *input* yang dapat diterima seperti sensor PH4502-C dan DS18B20. Apabila sensor PH4502-C dan DS18B20 belum dapat membaca data *input* maka akan dilakukan perangkaian ulang agar dapat menerima *input* berupa data kadar pH air dan suhu air. Dilakukan juga pengujian sensor PH4502-C dengan alat pengukur pH meter biasa dan sensor DS18B20 dengan alat ukur suhu air digital sebagai validasi kesesuaian data yang diterima.

D.2. Pengujian Monitoring Kualitas Air Tambak di Udang Vaname

Pada pengujian sistem pemantauan kualitas air di tambak udang vaname akan diuji apakah sistem dapat menampilkan data di *website* berdasarkan data yang dikirimkan perangkat sensor dan modul melalui perangkat Arduino Uno dan Wemos D1 R2. Selain *website*, pada tahap ini akan menguji apakah sistem dapat mengirimkan notifikasai via Telegram kepada pengguna ketika hasil *forecasting* pH dan suhu air berada di luar ambang batas yang ditentukan. Adapun metode yang digunakan untuk menguji fungsi fitur yang ada di dalam *website* menggunakan metode *black box*.

D.3. Pengujian Early Warning System (EWS) Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Holt

Pada pengujian *Early Warning System* (EWS) menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt dilakukan untuk mengetahui apakah sistem peringatan dini yang telah dibuat untuk memprediksi ketika akan terjadi kondisi yang dapat membahayakan kehidupan udang vaname di tambak sudah sesuai dengan keadaan lapangan atau lokasi penelitian. Adapun untuk mengukur akurasi dari hasil prediksi, dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi dengan data selanjutnya yang diambil oleh sensor. Metode pengukuran akurasi yang digunakan adalah *Mean*

Absolute Percentage Error(MAPE). Dengan evaluasi pada perhitungan EWS menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt maka akan didapatkan hasil prediksi yang paling maksimal untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun rumus untuk MAPE yaitu :

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|e_i|}{X_i} \times 100\%}{n} = \frac{\sum \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100\%}{n} \quad (5)$$

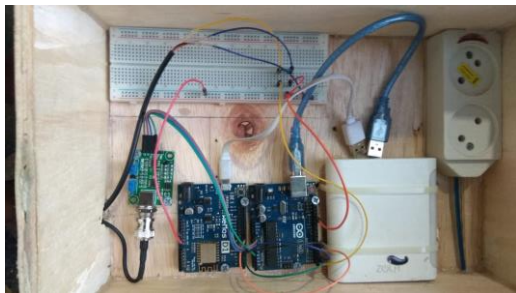
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Sistem

Realisasi sistem penelitian “Implementasi IoT untuk EWS Menggunakan Metode DES Model Holt pada Tambak Udang Vaname” dibuat sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat. Beberapa hasil yang akan dibahas meliputi realisasi penyusunan perangkat keras, realisasi pembangunan sistem *monitoring* dan realisasi pembangunan *Early Warning System*(EWS).

A.1. Realisasi Penyusunan Perangkat Keras

Realisasi penyusunan perangkat keras dari penelitian “Implementasi IoT untuk EWS Menggunakan Metode DES Model Holt pada Tambak Udang Vaname” sebagai berikut.



Gambar 7. Realisasi Penyusunan Perangkat Keras

Pada Gambar 7 terdapat 7 alat yang dihubungkan menjadi sebuah perangkat untuk melakukan *monitoring* secara otomatis pada tambak udang vaname. Adapun alat-alat tersebut terdiri dari Arduino Uno, Wemos D1 R2, sensor PH4502-C, sensor DS18B20, *bread board*, *powerbank*, *charger* dan *cokrol*. Fungsi dari masing-masing yaitu sebagai berikut :

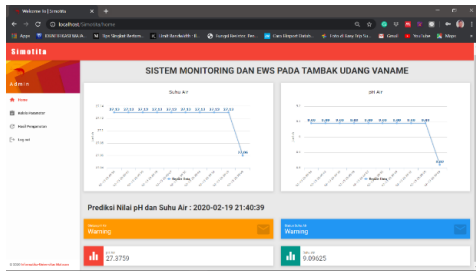
- Arduino Uno, digunakan sebagai *microcontroller* dari sistem *monitoring* secara otomatis di tambak udang vaname. *Microcontroller* ini akan menerima data yang dikirimkan oleh sensor PH4502-C dan DS18B20. Data-data yang telah diterima akan dikirim ke *microcontroller* Wemos D1 R2.
- Wemos D1 R2, digunakan sebagai *microcontroller* dari sistem *monitoring* secara otomatis di tambak udang vaname, dimana pada *microcontroller* akan menerima data yang dikirimkan oleh *microcontroller* Arduino Uno. Pada *microcontroller* ini sudah menyediakan modul ESP8266 untuk terhubung ke jaringan internet.

- Sensor PH4502-C merupakan sensor yang digunakan untuk mengambil nilai atau data pH air yang ada di tambak udang vaname.
- Sensor DS18B20 merupakan sensor yang digunakan untuk mengambil nilai atau data dari suhu air yang ada di tambak udang vaname.
- *Breadboard* merupakan alat yang digunakan untuk membuat rangkaian komponen menjadi satu kesatuan sebelum dihubungkan ke Wemos D1 R2.
- *Powerbank* merupakan komponen tambahan yang digunakan untuk memberikan daya atau listrik ke rangkaian IoT.
- *Cokrol* merupakan komponen pendukung yang digunakan untuk mengisi daya ke *powerbank*.

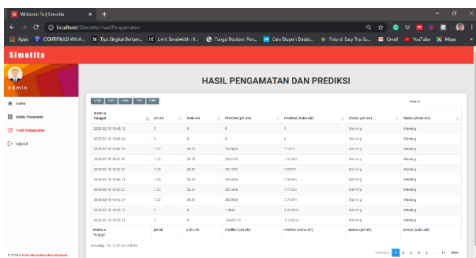
A.2. Realisasi Pembangunan Sistem Monitoring

Pada realisasi pembangunan sistem *monitoring* terdiri dari pembuatan program pada *microcontroller* dan pembangunan *website*. Pembangunan program pada *microcontroller* ini dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman C dengan aplikasi Arduino IDE. Adapun program yang dibangun pada tahap ini yaitu program untuk mengambil data dari sensor, program untuk menyambungkan *microcontroller* dengan internet dan MQTT *broker* serta program untuk mengirimkan data sensor ke MQTT *broker*. Untuk mengambil data dari sensor menggunakan *microcontroller* Arduino Uno, sedangkan untuk menyambungkan dan mengirimkan data sensor ke MQTT *broker* menggunakan Wemos D1 R2.

Pembangunan pada *website* menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework* CodeIgniter. Seperti yang telah dijelaskan pada *use case diagram* Gambar 3, terdapat satu aktor atau pengguna yang menjalankan sistem yaitu pemilik tambak udang. Halaman *website* terdiri dari empat halaman yaitu halaman *login*, *dashboard*, kelola parameter dan hasil pengamatan. Pada halaman *login* pengguna akan diminta untuk memasukkan *username* dan *password* sesuai dengan data yang tersimpan di *database*. Setelah berhasil melakukan *login*, pengguna akan diarahkan ke halaman *dashboard*. Pada halaman ini terdapat grafik berbentuk *line* atau garis yang digunakan untuk *monitoring* kondisi dari pH air dan suhu air di tambak udang vaname. Grafik tersebut akan menunjukkan perubahan data yang didapat dari sensor pH air dan suhu air. Selain itu pada halaman ini menampilkan hasil prediksi dan keterangan halaman ini akan ditampilkan nilai prediksi data selanjutnya untuk pH air dan suhu air. Pada halaman kelola parameter pengguna dapat melihat dan mengatur batas bawah dan batas atas dari pH air dan suhu air. Penentuan batas parameter ini akan mempengaruhi pemberian status terhadap hasil *forecasting* apakah berada pada status aman atau bahaya. Halaman keempat yaitu halaman hasil pengamatan. Pada halaman ini, data akan ditampilkan dalam bentuk tabel dari parameter yang telah ditentukan, yaitu pH air dan suhu air. Selain data yang didapat dari sensor, pada tabel ini akan ditampilkan juga hasil prediksi dan status dari hasil prediksi pH air dan suhu air.



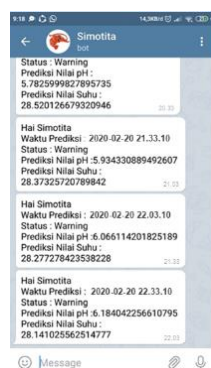
Gambar 8. Halaman dashboard



Gambar 9. Halaman hasil pengamatan

A.3. Realisasi Pembangunan Early Warning System (EWS)

Realisasi pembangunan *Early Warning System*(EWS) dengan menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt dilakukan pada MQTT broker dengan menggunakan program *python*. Setelah sistem menerima data dari sensor yang dikirimkan melalui *microcontroller* Wemos D1 R2, sistem kemudian akan melakukan *forecasting* menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt. Dari hasil *forecasting* yang telah dilakukan, sistem akan mengkategorikan apakah hasil *forecasting* masih berada di luar ambang batas yang ditentukan atau tidak. Jika hasil *forecasting* berada di luar ambang batas yang ditentukan, sistem akan mengirimkan notifikasi kepada pengguna via Telegram. Adapun bentuk tampilan notifikasi via Telegram dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan notifikasi via Telegram

B. Pengujian Sistem

Pengujian sistem implementasi IoT untuk EWS menggunakan metode DES model Holt pada tambak udang vaname ini dilakukan beberapa bagian, diantaranya yaitu pengujian perangkat keras, pengujian *monitoring* kualitas air di tambak udang vaname dan pengujian

metode *forecasting* menggunakan *double exponential smoothing* model Holt. Pengujian ini dilakukan dengan metode pengujian *black box* yaitu menguji perangkat dari segi spesifikasi fungsional tanpa menguji desain dan kode program. Maksud dari pengujian ini yaitu dapat mengetahui apakah fungsi-fungsi dan keluaran sudah berjalan sesuai dengan harapan atau tidak. Berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan pada implementasi IoT dan EWS pada tambak udang vaname.

B.1. Pengujian Perangkat Keras

Pada tahap pengujian perangkat keras ini, akan diuji apakah masing-masing sensor dapat melakukan identifikasi berdasarkan data *input* yang dapat diterima seperti sensor PH4502-C dan DS18B20. Untuk pengujian masing-masing sensor akan dibandingkan dengan alat pengukur pH meter digital dan Thermo 300. Tabel hasil pengujian sensor PH4502C dan DS18B20 dapat dilihat pada Tabel I dan Tabel II.

TABEL I. PENGUJIAN SENSOR PH4502-C

Larutan	Alat Ukur pH digital	Sensor PH4502-C (pH)	Error	Persentase Error
Asam	4,5	4,0	0,5	11,11%
Netral	7,0	6,5	0,5	7,14%
Basa	9,0	8,5	0,5	5,56%
Rata-rata				7,94%

TABEL II. PENGUJIAN SENSOR DS18B20

No	Alat Ukur Thermo 300(°C)	Sensor DS18B20(°C)	Error	Persentase Error
1	37,8	37,8	0	0,00%
2	37,8	38	0,2	0,53%
3	41	40,13	0,87	2,12%
4	42,1	41	1,1	2,61%
5	43,6	42	1,6	3,67%
6	45,2	43,2	2	4,42%
7	46,2	44	2,2	4,76%
8	48	45,1	2,9	6,04%
9	49,3	46,1	3,2	6,49%
10	51	47,3	3,7	7,25%
Rata-rata				3,79%

B.2. Pengujian Monitoring Kualitas Air di Tambak Udang Vaname

Pada tahap pengujian pemantauan kualitas air di tambak udang vaname dilakukan dengan metode pengujian *black box*. Pengujian mencakup fungsi fitur dari *website monitoring* kualitas air di tambak udang vaname dan fungsi mengirimkan notifikasi via Telegram kepada pemilik tambak. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel III, Tabel IV dan Tabel V.

B.3. Pengujian Fungsi Keseluruhan Sistem

Pengujian fungsi sistem secara keseluruhan sistem ditempatkan di Tambak Udang Vaname yang terdapat di Desa Kidang, Kecamatan Praya Timur. Pengujian ini dilakukan selama tiga setengah hari dan mendapatkan 165 data. Untuk jeda tiap pengambilan data dan *forecasting* selama 30 menit. Pada pengujian ini nilai ambang batas parameter pH air yaitu 7.5-8.5 dan untuk suhu air yaitu

28°C-32°C. Pengiriman notifikasi akan dikirimkan via Telegram jika hasil *forecasting* yang didapat berada diluar ambang batas parameter yang ditentukan. Adapun data hari pertama hingga hari keempat sebagai berikut.

TABEL III. HASIL PENGUJIAN FUNGSI LOGIN

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Form username dan password diisi dengan data yang benar	Fungsi login berhasil masuk dan user akan diarahkan ke halaman beranda sistem	Sesuai	Valid
2.	Form username dan password diisi dengan data yang tidak benar	Fungsi login gagal dengan menampilkan alert dan user akan diarahkan kembali ke halaman login sistem	Sesuai	Valid

TABEL IV. HASIL PENGUJIAN FUNGSI UBAH PARAMETER

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Form batas bawah dan batas atas setiap parameter diisi dengan data yang benar	Fungsi mengubah nilai batas bawah dan batas atas parameter berhasil diubah dan data akan disimpan di database	Sesuai	Valid
2.	Form batas bawah dan batas atas setiap parameter diisi dengan data yang tidak benar	Fungsi mengubah nilai batas bawah dan batas atas parameter gagal dengan menampilkan alert dan user akan diarahkan kembali ke halaman kelola parameter	Sesuai	Valid

TABEL V. HASIL PENGUJIAN FUNGSI PENGIRIMAN NOTIFIKASI VIA TELEGRAM

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Hasil <i>forecasting</i> yang dihasilkan berada di luar ambang batas parameter yang ditentukan	Sistem mengirimkan notifikasi via Telegram kepada pemilik tambak	Sesuai	Valid
2.	Hasil <i>forecasting</i> yang dihasilkan berada di luar ambang batas parameter yang ditentukan	Sistem tidak mengirimkan notifikasi via Telegram kepada pemilik tambak	Sesuai	Valid

TABEL VI. HASIL PENGAMBILAN DATA HARI PERTAMA SENSOR DAN FORECAST DARI SISTEM

Waktu	Suhu	pH	Forecast Suhu	Forecast pH	PE Suhu	PE pH
7.00	26.00	7.84				
7.30	26.10	7.85	26.20	7.86	0.04%	0.13%
8.00	26.21	7.87	26.20	7.88	0.57%	0.00%
8.30	26.35	7.88	26.48	7.89	0.23%	0.13%
9.00	26.54	7.90	26.72	7.91	0.52%	0.13%
9.30	26.86	7.92	27.14	7.94	0.18%	0.13%
10.00	27.09	7.93	27.35	7.95	0.33%	0.13%
10.30	27.26	7.94	27.45	7.95	0.04%	0.00%
11.00	27.46	7.95	27.65	7.96	0.25%	0.00%
11.30	27.58	7.96	27.72	7.97	0.04%	0.13%
12.00	27.71	7.98	27.84	7.99	0.64%	0.25%
12.30	28.02	8.01	28.26	8.04	0.28%	0.00%
13.00	28.18	8.04	28.38	8.07	0.57%	0.12%
13.30	28.22	8.08	28.37	8.12	0.39%	0.25%
14.00	28.26	8.10	28.30	8.12	0.07%	0.00%
14.30	28.28	8.12	28.30	8.14	0.00%	0.12%
15.00	28.30	8.13	28.32	8.14	0.18%	0.00%
15.30	28.37	8.14	28.43	8.15	0.11%	0.25%
16.00	28.40	8.13	28.44	8.12	0.64%	0.00%
16.30	28.26	8.12	28.17	8.11	0.18%	0.73%
17.00	28.22	8.17	28.15	8.18	0.18%	0.25%
17.30	28.20	8.16	28.16	8.18	0.21%	0.25%
18.00	28.10	8.16	28.03	8.17	0.79%	0.37%
18.30	27.81	8.14	27.60	8.14	0.72%	0.00%
19.00	27.80	8.14	27.68	8.14	0.54%	0.12%
19.30	27.53	8.13	27.37	8.12	0.11%	0.00%
20.00	27.40	8.12	27.24	8.11	0.29%	0.00%
20.30	27.32	8.11	27.19	8.10	0.40%	0.12%
21.00	27.30	8.09	27.22	8.08	0.15%	0.00%
21.30	27.18	8.08	27.09	8.07	0.07%	0.12%
22.00	27.11	8.08	27.03	8.07	0.04%	0.00%
22.30	27.02	8.07	26.94	8.06	0.15%	0.00%
23.00	26.90	8.06	26.80	8.05	0.19%	0.12%
23.30	26.75	8.06	26.63	8.05	0.26%	0.12%
0.00	26.70	8.04	26.60	8.03	0.23%	0.00%
0.30	26.54	8.03	26.43	8.02	0.00%	0.00%
1.00	26.43	8.02	26.31	8.01	0.38%	0.00%
1.30	26.21	8.01	26.06	8.00	0.15%	0.00%
2.00	26.10	8.00	25.95	7.99	0.46%	0.12%
2.30	26.07	8.00	25.97	7.99	0.12%	0.12%
3.00	26.00	8.00	25.92	8.00	0.23%	0.13%
3.30	25.86	7.99	25.76	7.98	0.04%	0.00%
4.00	25.77	7.98	25.67	7.97	0.16%	0.00%
4.30	25.71	7.97	25.62	7.96	0.16%	0.13%
5.00	25.58	7.95	25.48	7.94	0.27%	0.00%
5.30	25.55	7.94	25.47	7.93	0.04%	0.00%
6.00	25.48	7.93	25.41	7.92	0.08%	0.13%
6.30	25.43	7.93	25.37	7.92	0.59%	0.00%

Dari Tabel VI dapat dilihat data yang telah dikumpulkan pada hari pertama pengambilan data di tambak udang vaname. Dari Tabel VI dapat dilihat kenaikan nilai baik suhu dan pH air dimulai dari jam 7.00 dan terus naik hingga pukul 15.30. Adapun untuk suhu dan pH maksimum di hari pertama yaitu 28.40 °C dan 8.17. Sedangkan suhu dan pH minimum di hari pertama yaitu 25.40 °C dan 7.84. Dari pengambilan data di hari pertama tercatat sistem mengirimkan notifikasi kepada pemilik tambak sebanyak 35 kali dan tidak mengirimkan notifikasi sebanyak 12 kali. Dari 35 kali notifikasi yang dikirimkan,

berasal dari hasil forecasting suhu yang berada di luar ambang batas yang ditentukan.

TABEL VII. HASIL PENGAMBILAN DATA HARI KEDUA SENSOR DAN FORECAST DARI SISTEM

Waktu	Suhu	pH	Forecast Suhu	Forecast pH	PE Suhu	PE pH
7.00	25.22	7.92	25.11	7.91	3.09%	0.13%
7.30	25.91	7.90	26.00	7.89	0.27%	0.13%
8.00	26.07	7.90	26.26	7.89	0.04%	0.25%
8.30	26.25	7.91	26.44	7.91	0.49%	0.13%
9.00	26.31	7.92	26.47	7.92	3.22%	0.50%
9.30	27.35	7.96	27.72	7.98	1.24%	0.13%
10.00	27.38	7.99	27.71	8.02	0.95%	0.00%
10.30	27.45	8.02	27.71	8.05	0.47%	0.37%
11.00	27.58	8.02	27.79	8.04	0.25%	0.00%
11.30	27.86	8.04	28.07	8.06	0.25%	0.00%
12.00	28.00	8.06	28.21	8.08	0.21%	0.00%
12.30	28.15	8.08	28.34	8.10	0.04%	0.12%
13.00	28.33	8.11	28.51	8.13	0.04%	0.00%
13.30	28.50	8.13	28.68	8.15	0.28%	0.00%
14.00	28.60	8.15	28.76	8.17	0.38%	0.12%
14.30	28.65	8.18	28.79	8.20	0.31%	0.00%
15.00	28.70	8.20	28.81	8.22	0.59%	0.00%
15.30	28.64	8.22	28.71	8.24	0.38%	0.24%
16.00	28.60	8.22	28.64	8.23	0.32%	0.12%
16.30	28.55	8.24	28.56	8.25	0.21%	0.36%
17.00	28.50	8.22	28.49	8.22	0.14%	0.24%
17.30	28.45	8.20	28.43	8.19	0.18%	0.00%
18.00	28.38	8.19	28.35	8.18	0.00%	0.12%
18.30	28.35	8.17	28.31	8.15	0.04%	0.12%
19.00	28.30	8.16	28.26	8.15	0.21%	0.12%
19.30	28.20	8.14	28.15	8.12	0.18%	0.12%
20.00	28.10	8.13	28.03	8.12	0.47%	0.00%
20.30	27.90	8.12	27.81	8.11	0.14%	0.12%
21.00	27.85	8.10	27.75	8.09	0.18%	0.12%
21.30	27.80	8.08	27.71	8.06	0.25%	0.12%
22.00	27.64	8.07	27.55	8.06	0.18%	0.12%
22.30	27.50	8.07	27.39	8.06	0.11%	0.00%
23.00	27.42	8.06	27.31	8.05	0.22%	0.00%
23.30	27.25	8.05	27.13	8.04	0.18%	0.12%
0.00	27.18	8.03	27.07	8.02	0.45%	0.00%
0.30	26.95	8.02	26.82	8.01	0.64%	0.12%
1.00	26.65	8.00	26.48	7.98	0.30%	0.13%
1.30	26.40	7.99	26.18	7.98	0.46%	0.13%
2.00	26.30	7.99	26.11	7.98	0.34%	0.00%
2.30	26.20	7.98	26.03	7.97	0.46%	0.13%
3.00	26.15	7.98	26.01	7.98	0.23%	0.13%
3.30	25.95	7.97	25.81	7.96	0.19%	0.00%
4.00	25.76	7.96	25.61	7.95	0.23%	0.13%
4.30	25.55	7.94	25.38	7.93	0.08%	0.13%
5.00	25.40	7.94	25.23	7.93	0.51%	0.00%
5.30	25.36	7.93	25.21	7.92	0.16%	0.00%
6.00	25.25	7.92	25.12	7.91	0.32%	0.00%
6.30	25.20	7.91	25.09	7.90	0.28%	0.00%

Dari Tabel VII dapat dilihat data yang telah dikumpulkan pada hari kedua pengambilan data di tambak udang vaname. Dari Tabel VII dapat dilihat kenaikan nilai baik suhu dan pH air dimulai dari jam 7.30 dan terus naik hingga pukul 16.00. Adapun untuk suhu dan pH maksimum di hari pertama yaitu 28.80 °C dan 8.24. Sedangkan suhu dan pH minimum di hari pertama yaitu 25.20 °C dan 7.90. Dari pengambilan data di hari pertama tercatat sistem mengirimkan notifikasi kepada pemilik tambak sebanyak 31 kali dan tidak mengirimkan notifikasi

sebanyak 17 kali. Dari 31 kali notifikasi yang dikirimkan, berasal dari hasil forecasting suhu yang berada di luar ambang batas yang ditentukan.

TABEL VIII. HASIL PENGAMBILAN DATA HARI KETIGA SENSOR DAN FORECAST DARI SISTEM

Waktu	Suhu	pH	Forecast Suhu	Forecast pH	PE Suhu	PE pH
7.00	25.16	7.90	25.07	7.89	0.95%	0.13%
7.30	25.31	7.88	25.30	7.87	0.51%	0.00%
8.00	25.43	7.87	25.48	7.86	1.05%	0.13%
8.30	25.75	7.87	25.88	7.86	0.65%	0.38%
9.00	26.05	7.89	26.25	7.90	0.19%	0.13%
9.30	26.20	7.91	26.41	7.92	0.15%	0.13%
10.00	26.45	7.93	26.66	7.95	0.15%	0.00%
10.30	26.70	7.95	26.93	7.97	0.44%	0.13%
11.00	27.05	7.98	27.31	8.00	0.77%	0.00%
11.30	27.10	8.00	27.32	8.02	0.63%	0.12%
12.00	27.15	8.03	27.30	8.06	0.37%	0.12%
12.30	27.20	8.07	27.31	8.10	0.04%	0.12%
13.00	27.30	8.09	27.40	8.12	0.22%	0.25%
13.30	27.34	8.10	27.42	8.12	0.15%	0.00%
14.00	27.38	8.12	27.44	8.14	0.15%	0.12%
14.30	27.40	8.15	27.45	8.17	0.36%	0.24%
15.00	27.55	8.19	27.62	8.22	0.07%	0.12%
15.30	27.60	8.21	27.68	8.24	0.07%	0.24%
16.00	27.70	8.22	27.78	8.24	0.11%	0.24%
16.30	27.75	8.22	27.82	8.23	0.32%	0.37%
17.00	27.73	8.20	27.78	8.19	0.36%	0.00%
17.30	27.68	8.19	27.69	8.18	0.33%	0.12%
18.00	27.60	8.17	27.58	8.15	0.11%	0.12%
18.30	27.55	8.16	27.51	8.15	0.11%	0.00%
19.00	27.48	8.15	27.43	8.14	1.03%	0.12%
19.30	27.15	8.13	27.02	8.11	0.26%	0.00%
20.00	26.95	8.11	26.78	8.09	0.07%	0.12%
20.30	26.80	8.10	26.63	8.09	0.41%	0.12%
21.00	26.74	8.08	26.60	8.06	0.15%	0.00%
21.30	26.56	8.06	26.42	8.04	0.23%	0.12%
22.00	26.48	8.05	26.35	8.04	0.38%	0.00%
22.30	26.25	8.04	26.10	8.03	0.38%	0.12%
23.00	26.20	8.04	26.07	8.04	0.31%	0.12%
23.30	26.15	8.03	26.05	8.02	0.19%	0.00%
0.00	26.00	8.02	25.89	8.01	0.19%	0.00%
0.30	25.94	8.01	25.84	8.00	0.27%	0.00%
1.00	25.91	8.00	25.83	7.99	0.12%	0.00%
1.30	25.86	7.99	25.80	7.98	0.19%	0.00%
2.00	25.75	7.98	25.68	7.97	0.31%	0.13%
2.30	25.60	7.96	25.50	7.94	0.27%	0.25%
3.00	25.57	7.96	25.48	7.95	0.16%	0.00%
3.30	25.52	7.95	25.45	7.94	0.12%	0.00%
4.00	25.48	7.94	25.42	7.93	0.04%	0.00%
4.30	25.43	7.93	25.38	7.92	0.08%	0.13%
5.00	25.36	7.93	25.30	7.93	0.04%	0.13%
5.30	25.29	7.92	25.23	7.91	0.08%	0.00%
6.00	25.21	7.91	25.14	7.90	0.04%	0.00%
6.30	25.15	7.90	25.08	7.89	0.08%	0.13%

Dari Tabel VIII dapat dilihat data yang telah dikumpulkan pada hari ketiga pengambilan data di tambak udang vaname. Dari Tabel VIII dapat dilihat kenaikan nilai baik suhu dan pH air dimulai dari jam 7.30 dan terus naik hingga pukul 17.30. Adapun untuk suhu dan pH maksimum di hari pertama yaitu 27.80 °C dan 8.22. Sedangkan suhu dan pH minimum di hari pertama yaitu 25.10 °C dan 7.87. Dari pengambilan data di hari pertama tercatat sistem mengirimkan notifikasi kepada pemilik

tambak sebanyak 48 kali. Dari 48 kali notifikasi yang dikirimkan, berasal dari hasil forecasting suhu yang berada di luar ambang batas yang ditentukan.

TABEL IX. HASIL PENGAMBILAN DATA HARI KEEMPAT SENSOR DAN FORECAST DARI SISTEM

Waktu	Suhu	pH	Forecast Suhu	Forecast pH	PE Suhu	PE pH
7.00	25.06	7.90	24.99	7.90	0.83%	0.25%
7.30	25.20	7.88	25.18	7.87	1.06%	0.00%
8.00	25.45	7.87	25.52	7.86	1.01%	0.38%
8.30	25.78	7.89	25.95	7.89	0.76%	0.25%
9.00	26.15	7.91	26.44	7.93	0.42%	0.00%
9.30	26.33	7.93	26.60	7.95	0.11%	0.13%
10.00	26.57	7.96	26.82	7.99	0.52%	0.13%
10.30	26.68	7.98	26.88	8.00	0.30%	0.12%
11.00	26.96	8.01	27.17	8.04	0.44%	0.00%
11.30	27.05	8.04	27.24	8.07	0.52%	0.25%
12.00	27.10	8.05	27.22	8.07	0.04%	0.12%
12.30	27.21	8.08	27.31	8.10	0.07%	0.00%
13.00	27.33	8.10	27.44	8.12	0.76%	0.12%
13.30	27.65	8.13	27.82	8.16	0.36%	0.12%
14.00	27.72	8.15	27.88	8.17	0.36%	0.12%
14.30	27.78	8.18	27.91	8.21	0.00%	0.24%
15.00	27.91	8.19	28.03	8.21	0.21%	0.00%
15.30	28.09	8.21	28.22	8.23	0.57%	0.00%
16.00	28.06	8.23	28.16	8.25	0.21%	0.36%
16.30	28.10	8.22	28.17	8.22	0.46%	0.00%
17.00	28.04	8.22	28.07	8.22		

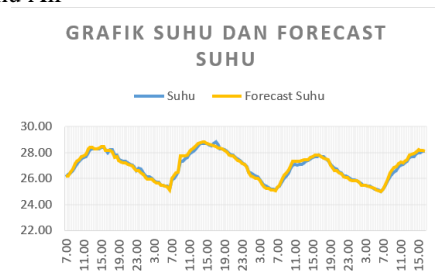
Dari Tabel IX dapat dilihat data yang telah dikumpulkan pada hari keempat pengambilan data di tambak udang vaname. Dari Tabel IX dapat dilihat kenaikan nilai baik suhu dan pH air dimulai dari jam 7.00 dan terus naik hingga proses pengambilan data selesai dilakukan. Adapun untuk suhu dan pH maksimum di hari keempat yaitu 28.10 °C dan 8.22. Sedangkan suhu dan pH minimum di hari pertama yaitu 25.00 °C dan 7.87. Dari pengambilan data di hari pertama tercatat sistem mengirimkan notifikasi kepada pemilik tambak sebanyak 16 kali dan tidak mengirimkan notifikasi sebanyak 5 kali. Dari 16 kali notifikasi yang dikirimkan, berasal dari hasil forecasting suhu yang berada di luar ambang batas yang ditentukan.

Dari pengujian yang dilakukan dengan data selama tiga setengah hari tercatat sistem telah mengirimkan notifikasi kepada pemilik tambak sebanyak 130 kali dimana dari 130 kali berasal dari hasil forecasting suhu yang berada di luar ambang batas yang telah ditentukan.

Dari hasil pengambilan data yang didapat oleh sensor dan hasil forecast dari sistem, akan diuji tingkat akurasi dari hasil forecast sistem. Adapun metode yang digunakan untuk melakukan prediksi yaitu *double exponential smoothing* model Holt, dimana menggunakan dua variabel bantu yaitu α dan β . Sebelum dilakukan forecasting, Nilai α dan β dioptimasi terlebih dahulu untuk menentukan nilai α dan β terbaik dengan data yang sudah dikumpulkan sebelumnya. Untuk menguji akurasi, akan digunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada

persamaan (2-5). Adapun untuk uji akurasi tiap parameter sebagai berikut.

1. Suhu Air



Gambar 11. Grafik suhu dan forecast suhu air

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa alat monitoring suhu air mampu mengambil data di tambak udang vaname. Selain mendapatkan data, sistem juga mendapatkan hasil forecasting data suhu selanjutnya di tambak udang vaname. Gambar 10 di atas merupakan grafik suhu air di tambak udang vaname. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada suhu air mengalami kenaikan mulai jam 7.00 dan mulai mengalami penurunan di jam 16.00. Berikut merupakan perhitungan akurasi hasil forecasting dengan MSE dan MAPE.

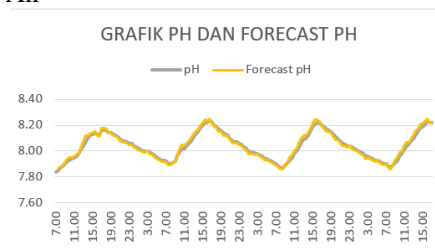
$$MAPE_{suhu} = \frac{\sum \frac{|e_i|}{X_i} \times 100\%}{n} = \frac{\sum \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100\%}{n}$$

$$= \frac{(|26.21 - 26.2| + |26.35 - 26.20| + \dots + |28.04 - 28.17|) \times 100\%}{163}$$

$$= 9.0859 \%$$

Adapun dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil MAPE sebesar 9.0859 % di mana jumlah data yang digunakan untuk membandingkan nilai aktual dan forecasting data suhu air di tambak udang vaname sebanyak 163 data.

2. pH Air



Gambar 11. Grafik suhu dan forecast pH air

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa alat monitoring pH air mampu mengambil data di tambak udang vaname. Selain mendapatkan data, sistem juga mendapatkan hasil forecasting data suhu selanjutnya di tambak udang vaname. Gambar 11 di atas merupakan grafik suhu air di tambak udang vaname. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada suhu air mengalami kenaikan mulai jam 7.00 dan mulai mengalami penurunan di jam 16.00. Berikut merupakan perhitungan akurasi hasil forecasting dengan MSE dan MAPE.

$$\begin{aligned} \text{MAPE}_{pH} &= \frac{\sum \frac{|e_i|}{X_i} \times 100\%}{n} = \frac{\sum \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100\%}{n} \\ &= \frac{(|7.87-7.86| + 7.88-7.88| + \dots + |8.22-8.22|) \times 100\%}{163} \\ &= 0.828\% \end{aligned}$$

Adapun dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil MAPE sebesar 0.828% dimana jumlah data yang digunakan untuk membandingkan nilai aktual dan *forecasting* data suhu air di tambak udang vaname sebanyak 163 data.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Sensor PH4502-C menghasilkan *output* analog sehingga untuk menghasilkan hasil yang akurat memerlukan *microcontroller* yang memiliki *bit rate* yang lebih rendah seperti *microcontroller* Arduino Uno.
2. Sistem *Early Warning System* (EWS) yang telah dibuat dengan menggunakan metode *double exponential smoothing* model Holt dapat memprediksi dengan sangat baik data dari suhu air dan pH air selanjutnya dengan rentang waktu tiap pengambilan data selama setengah jam. Nilai uji akurasi dari metode ini yaitu untuk suhu air nilai MAPE sebesar 9.0859%. Sedangkan untuk pH air nilai MAPE sebesar 0.828%.
3. Pengiriman notifikasi via Telegram sebagai *Early Warning System* (EWS) ketika hasil prediksi dari nilai suhu dan pH air selanjutnya berada di luar ambang batas yang ditentukan juga sudah dapat terkirim dengan baik dimana dari 163 kali prediksi yang dilakukan tercatat pengiriman notifikasi dilakukan sebanyak 130 kali dengan prediksi nilai suhu air berada di luar ambang batas yang ditentukan yaitu antara 28 -32 oC. Sedangkan untuk pH air selama pengambilan data masih berada di ambang batas yang ditentukan yaitu 7.5-8.5.

B. Saran

Saran penulis untuk penelitian ini apabila dikembangkan kembali antara lain.

1. Penelitian ini menggunakan data yang telah diambil sebelum wabah Covid-19 terjadi, sehingga untuk perhitungan *forecasting* dilakukan secara manual dengan meng-input-kan data satu demi satu hingga data terakhir di-input-

kan. Diharapkan pada penelitian selanjutnya pengujian sistem dapat dilakukan secara penuh di tambak udang vaname.

2. Diharapkan sistem yang dibangun dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor untuk parameter yang lain seperti kekeruhan, salinitas dan *Dissolved Oxygen* (DO).
3. Diharapkan sistem yang dibangun dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur untuk membedakan siang dan malam hari sehingga dapat menjadi penunjang pertimbangan dalam menentukan kondisi hasil *forecasting* apakah "Warning" atau "Aman".

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. P. Statistik, "Statistik Sumber Daya Laut dan Pesisir," 2016.
- [2] U. Utojo and A. M. Tangko, "Status, Masalah, dan Alternatif Pemecahan Masalah pada Pengembangan Budidaya Udang Vanamei (*Litopenaeus vannamei*) di Sulawesi Selatan," *Media Akuakultur*, vol. 3, no. 2, pp. 118–125, 2008.
- [3] S. NTB, "Produksi Udang NTB Merosot," <https://www.suarantb.com/ekonomi.dan.bisnis/2017/05/23/8290/Produksi.Udang.NTB.Merosot/>, 2017.
- [4] A. Junaidi, "Internet of Things , Sejarah , Teknologi Dan Penerapannya," *Jurnal Ilmu Teknologi. Informasi Terapan*, vol. 1, no. AUGUST 2015, pp. 62–66, 2016.
- [5] Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Kebumen, "Mengenal Sistem Peringatan Dini (*Early Warning System*) & Gejala Alam," kebumenkab.go.id, 2015. [Online]. Available : <https://www.kebumenkab.go.id/index.php/public/news/detail/3132>. [Accessed: 13-Jun-2019].
- [6] J. Bidang, I. Purnamasari, and M. N. Hayati, "Perbandingan Peramalan Metode *Double Exponential Smoothing* Satu Parameter Brown dan Metode *Double Exponential Smoothing* Dua Parameter Holt," *Statistika*, vol. 4, no. 1, pp. 14–19, 2016.
- [7] Y. Y. Maulana, G. Wiranto, and D. Kurniawan, "Online Monitoring Kualitas Air pada Budidaya Udang Berbasis WSN dan IoT Online," *Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*, vol. 10, pp. 81–86, 2017.
- [8] R. Pramana, "Perancangan Sistem Kontrol dan *Monitoring* Kualitas Air dan Suhu Air Pada Kolam Budidaya Ikan," *Jurnal Sustainable*, vol. 07, no. 01, pp. 13–23, 2018.
- [10] M. Y. D. Ana Hisbiana Al Farikhi, "Perbandingan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Double Exponential Smoothing* pada Peramalan Curah Hujan di Provinsi Aceh," in *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Unimus*, vol. 1, pp. 471–478, 2018.