

**IMPLEMENTASI IOT UNTUK EWS MENGGUNAKAN  
FORECASTING METODE DES MODEL HOLT PADA TAMBAK  
UDANG VANAME**

Tugas Akhir  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Mencapai derajat S-1 Program Studi Teknik Informatika



Oleh:  
**Muhamad Wisnu Alfiansyah**  
**F1D 015 052**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MATARAM  
2020**

## Tugas Akhir

### IMPLEMENTASI IOT UNTUK EWS MENGGUNAKAN FORECASTING METODE DES MODEL HOLT PADA TAMBAK UDANG VANAME

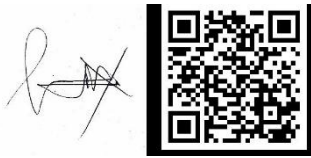
Oleh:

**Muhamad Wisnu Alfiansyah**

**F1D 015 052**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

1. Pembimbing Utama



**Dr.Eng. I Gde Putu Wirarama W.W, S.T., M.T.**  
**NIP: 19840919 201803 1 001**

Tanggal: 30 Mei 2020

2. Pembimbing Pendamping



**Ahmad Zafrullah Mardiansyah, S.T., M.Eng**  
**NIP. -**

Tanggal: 30 Mei 2020

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Teknik  
Universitas Mataram



**Prof. I Gede Pasek Suta Wijaya S.T., M.T., D.Eng.**  
**NIP : 19731130 200003 1 001**

## Tugas Akhir

# IMPLEMENTASI IOT UNTUK EWS MENGGUNAKAN FORECASTING METODE DES MODEL HOLT PADA TAMBAK UDANG VANAME

Oleh:

**Muhamad Wisnu Alfiansyah**

**F1D 015 052**

Telah dipertahankan di Depan Dewan Penguji  
Pada tanggal 20 Mei 2020  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan tim penguji


1. Pembimbing Utama



**Ariyan Zubaidi, S.Kom., M.T.**  
**NIP: 19860913 201504 1 001**

Tanggal: 30 Mei 2020

2. Pembimbing Utama



**Andy Hidayat Jatmika, S.T., M.Kom.**  
**NIP: 19831209 201212 1 001**

Tanggal: 30 Mei 2020

3. Pembimbing Utama



**Gibran Satya Nugraha, S.Kom., M.Eng.**  
**NIP: 19920323 201903 1 012**

Tanggal: 30 Mei 2020

Mataram, Juni 2020



**Akmaluddin, ST., M.Sc.(Eng.), Ph.D**  
**NIP : 196812311994121001**

## **HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Mataram, 30 Mei 2020

Penulis

## **PRAKATA**

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Pengasih dan Penyayang atas segala berkat, bimbingan, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul “Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname”.

Tugas Akhir ini dilaksanakan di Laboratorium *Embedded System*, Jurusan Teknik Informatika Universitas Mataram. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah pertama, untuk merancang dan membangun suatu sistem monitoring kualitas air di tambak udang vaname.; kedua yaitu untuk merancang dan membangun suatu *Early Warning System* (EWS) yang dapat memberikan peringatan dini kepada pemilik tambak udang vaname melalui *forecasting* data yang telah didapatkan sebelumnya melalui sistem monitoring kualitas air di tambak udang vaname. Tugas akhir ini juga merupakan salah satu persyaratan kelulusan guna mencapai gelar kesarjanaan di Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Akhir kata semoga tidaklah terlampau berlebihan, bila penulis berharap agar karya ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Mataram, 30 Mei 2020

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan berkat bimbingan dan dukungan ilmiah maupun materil dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Dr.Eng. I Gde Putu Wirarama W.W, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini, sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Ahmad Zafrullah Mardiansyah, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama menyusun Tugas Akhir ini.
3. Bapak I Wayan Agus Arimbawa, S.T., M.Eng., yang telah memberikan ide dan bimbingannya ketika masih menjadi dosen pembimbing sebelum melanjutkan studinya untuk meraih gelar S3 di Seoul National University.
4. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moril dan material selama menyusun Tugas Akhir ini.
5. Bapak Menge Warman, selaku pemilik tambak udang vaname yang telah mengizinkan melakukan penelitian di tambak udang vaname miliknya.
6. Ilda Higianty, Arif Wahyudin, Keluarga Besar LPM MOMEN, Grup Pejuang Wisuda'15 yang telah membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan imbalan yang setimpal atas bantuan yang diberikan kepada penulis.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>iv</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1. Udang Vaname .....	8
2.2.2. <i>Early Warning System (EWS)</i> .....	9
2.2.3. Forecasting .....	9
2.2.4. <i>Double Exponential Smoothing</i> .....	10
2.2.5. <i>Internet of Things (IoT)</i> .....	11
2.2.6. Wemos.....	11
2.2.7. Sensor pH .....	12
2.2.8. Sensor DS18B20.....	13
2.2.9. Breadboard .....	14
2.2.10. Protokol MQTT .....	14
<b>BAB III METODE PERANCANGAN</b> .....	<b>16</b>
3.1. Rencana Pelaksanaan .....	16
3.2. Perancangan Arsitektur Sistem.....	18
3.3. Analisis Kebutuhan Sistem.....	19
3.4. Perancangan Perangkat Keras .....	20
3.5. Perancangan Perangkat Lunak.....	22
3.6. Implementasi .....	31

3.6.1.	Penyusunan Perangkat .....	31
3.6.2.	Pembangunan Sistem Monitoring .....	31
3.6.3.	Pembangunan <i>Early Warning System (EWS)</i> .....	32
3.7.	Pengujian dan Evaluasi Sistem .....	32
3.7.1.	Pengujian Perangkat Keras .....	32
3.7.2.	Pengujian Monitoring Kualitas Air di Tambak Udang Vaname .....	32
3.7.3.	Pengujian <i>Early Warning System (EWS)</i> Menggunakan <i>Metode Double Exponential Smoothing Holt</i> .....	33
3.8.	Dokumentasi dan Laporan .....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>34</b>
4.1.	Realisasi Arsitektur Sistem .....	34
4.2.	Realisasi Penyusunan Perangkat Keras .....	35
4.3.	Realisasi Pembangunan Web .....	36
4.4.	Realisasi <i>Interface</i> Sistem .....	36
4.5.	Realisasi Pembangunan Program pada <i>Microcontroller</i> .....	39
4.5.1.	<i>Source Code</i> di <i>Microcontroller</i> Arduino Uno .....	39
4.5.2.	<i>Source Code</i> di <i>Microcontroller</i> Wemos D1 R2 .....	42
4.6.	Realisasi Pembangunan Arsitektur Komunikasi Data MQTT .....	46
4.6.1.	<i>Source Code</i> untuk Publish Data ke <i>Broker</i> .....	46
4.6.2.	<i>Source Code</i> untuk Subscribe Data dari <i>Broker</i> .....	46
4.7.	Realisasi Pembangunan <i>Early Warning System (EWS)</i> dengan Menggunakan Metode <i>Double Exponential Smoothing Holt</i> .....	49
4.7.1.	<i>Source Code</i> Forecasting Menggunakan Metode <i>Double Exponential Smoothing Holt</i> .....	49
4.7.2.	<i>Source Code</i> Notifikasi Via Telegram .....	53
4.8.	Pengujian dan Evaluasi Sistem .....	54
4.8.1.	Pengujian Perangkat Keras .....	54
4.8.2.	Pengujian Monitoring Kualitas Air di Tambak Udang Vaname .....	55
4.8.3.	Pengujian Keseluruhan Fungsi Sistem .....	57
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>65</b>
5.1.	Kesimpulan .....	65
5.2.	Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Board Wemos D1 R2.....	12
Gambar 2.2 Sensor pH.....	13
Gambar 2.3 DS18B20 Sensor.....	13
Gambar 2.4 Breadboard.....	14
Gambar 2.5 Sistem umum IoT memakai MQTT.....	15
Gambar 3.1 Rencana pelaksanaan .....	16
Gambar 3.2 Arsitektur sistem.....	18
Gambar 3.3 Rancangan perangkat keras.....	21
Gambar 3.4 Penempatan perangkat IoT di tambak udang.....	22
Gambar 3.5 Rancangan alur data.....	22
Gambar 3.6 <i>Use Case</i> diagram.....	23
Gambar 3.7 <i>Entity relationship</i> diagram.....	23
Gambar 3.8 Desain halaman <i>login</i> .....	25
Gambar 3.9 Desain halaman <i>home</i> .....	26
Gambar 3.10 Desain halaman kelola parameter.....	26
Gambar 3.11 Desain halaman hasil pengamatan.....	27
Gambar 3.12 Desain tampilan notifikasi di Telegram.....	27
Gambar 3.13 <i>Flowchart</i> metode <i>double exponential smoothing</i> Holt.....	28
Gambar 4.1 Realisasi arsitektur sistem.....	34
Gambar 4.2 Realisasi penyusunan perangkat keras.....	35
Gambar 4.3 <i>Folder</i> Struktur pembangunan <i>web</i> dengan <i>CodeIgniter</i> .....	36
Gambar 4.4 Halaman <i>login</i> sistem.....	37
Gambar 4.5 Halaman <i>dashboard</i> sistem.....	37
Gambar 4.6 Halaman kelola parameter sistem.....	38
Gambar 4.7 Halaman hasil pengamatan sistem.....	38
Gambar 4.8 Halaman notifikasi Telegram sistem.....	39
Gambar 4.9 Grafik suhu dan <i>forecast</i> suhu.....	63
Gambar 4.10 Grafik suhu dan <i>forecast</i> pH.....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kondisi optimal bagi udang vaname. ....	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Wemos D1 R2. ....	12
Tabel 2.3 Spesifikasi DS18B20 Sensor ....	13
Tabel 3.1 Perencanaan biaya ....	20
Tabel 3.2 Tabel Admin ....	24
Tabel 3.3 Tabel Parameter ....	24
Tabel 3.4 Tabel Hasil_Pengamatan ....	24
Tabel 3. 5 Tabel Hasil_Forecast ....	25
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor pH meter ....	54
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor pH meter ....	55
Tabel 4.3 Hasil pengujian fungsi <i>login</i> .....	55
Tabel 4.4 Hasil pengujian fungsi ubah nilai parameter ....	56
Tabel 4.5 Hasil pengujian fungsi pengiriman notifikasi via Telegram.....	57
Tabel 4.6 Hasil pengambilan data hari pertama sensor dan <i>forecast</i> dari sistem .....	57
Tabel 4.7 Hasil pengambilan data hari kedua sensor dan <i>forecast</i> dari sistem .....	59
Tabel 4.8 Hasil pengambilan data hari ketiga sensor dan <i>forecast</i> dari sistem .....	60
Tabel 4.9 Hasil pengambilan data hari keempat sensor dan <i>forecast</i> dari sistem .....	61

## ABSTRAK

Udang vaname merupakan salah satu jenis budidaya perairan yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan memiliki pertumbuhan yang relatif cepat. Tambak sebagai salah satu media pembudidayaan udang vaname yang paling umum diterapkan. Kualitas air yang baik menjadi kunci dalam budidaya udang vaname di tambak. pH air dan suhu air merupakan parameter penting yang perlu dipantau secara berkala. Namun pemantauan kondisi air tambak masih dilakukan secara manual dan tidak dilakukan secara intens. *Internet of Things* (IoT) dan *Early Warning System* (EWS) sebagai teknologi terkini bisa menjadi solusi dalam kegiatan *monitoring* tambak berkala dan memberikan peringatan dini kepada pemilik tambak. *Double Exponential Smoothing Holt* merupakan salah satu metode untuk melakukan *forecasting* dalam *time series*. Pada penelitian ini sistem memprediksi adanya potensi yang dapat membahayakan kondisi tambak, ketika terdapat indikasi bahaya, maka akan menginformasikan pengguna melalui chat Telegram. Proses pengambilan data pada penelitian ini dilakukan selama tiga setengah hari di Desa Kidang, Kecamatan Praya Timur. Adapun jumlah data pH air dan suhu air yang didapat masing-masing sebanyak 165 data. Untuk data *forecasting* yang didapat sebanyak 163 data. Dari hasil *forecasting* yang dilakukan, nilai uji akurasi menggunakan MAPE untuk suhu air sebesar 9.0859% dan untuk pH air yaitu 0.828%. Dari 163 kali *forecasting* tercatat sistem mengirimkan peringatan dini kepada pemilik tambak melalui notifikasi Telegram sebanyak 130 kali dengan prediksi nilai suhu air berada di luar ambang batas yang ditentukan yaitu antara 28-32 °C. Sedangkan untuk pH air selama pengambilan data masih berada di ambang batas yang ditentukan yaitu 7.5-8.5.

**Kata kunci:** Vaname, IoT, EWS, Holt, Telegram

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) berasal dari Pantai Barat Pasifik Amerika Latin. Udang vaname termasuk jenis hewan budidaya yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan termasuk jenis udang yang dapat dibudidayakan di Indonesia selain jenis udang putih (*Panaeus merguensis*) dan udang windu (*Panaeus monodon*). 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]. Namun sama halnya dengan jenis udang yang lain, udang vaname termasuk hewan budidaya yang cukup sensitif dan rentan terkena penyakit sehingga memerlukan perhatian dan perlakuan yang khusus dari pemilik tambak.

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]. Terdapat beberapa parameter yang perlu diperhatikan untuk tetap menjaga kualitas air di tambak, seperti pH, suhu, kekeruhan, salinitas dan oksigen dalam air. Namun parameter yang menjadi perhatian pemilik tambak setiap harinya yaitu pH dan suhu air. Namun mekanisme pengecekan kondisi lingkungan tambak udang yang diterapkan sekarang masih menggunakan cara manual. Pemilik tambak melakukan pengecekan menggunakan alat yang dimiliki. Satu alat biasanya hanya digunakan untuk satu parameter, contohnya untuk mengetahui pH air tambak menggunakan pH meter. Pengecekannya pun dilakukan tidak secara berkala, hanya pada waktu tertentu saja sehingga terkadang pengambilan tindakan pemilik tambak udang bisa saja terlambat. Hal ini akan berdampak terhadap kesehatan udang vaname bahkan dapat menimbulkan kematian secara massal pada udang vaname. Dilansir dari laman Suara NTB, jumlah produksi udang vaname pada tahun 2009-2011 sekitar 30.000 ton/tahun. Akan tetapi, pada tahun 2016 jumlahnya 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]. Penyakit-penyakit ini diakibatkan oleh menurunnya kualitas air tambak atau tidak stabilnya kualitas air budidaya. Hal ini tidak menutup kemungkinan hanya terjadi di Pulau Sumbawa saja, akan tetapi dapat terjadi di daerah-daerah lain seperti di Pulau Lombok. Oleh karena itu, untuk dapat mengantisipasi terjadinya penurunan kualitas air tambak diperlukan piranti atau perangkat yang mampu memantau kualitas air tambak secara berkala dan sistem yang dapat memberikan peringatan dini kepada pemilik tambak jika adanya potensi penurunan kualitas air tambak.

*Internet of Things* (IoT) sebagai salah satu teknologi terbaru dapat menjadi solusi untuk memantau dan *me-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]. Dalam IoT terdapat banyak protokol yang dapat digunakan untuk melakukan pengiriman data seperti protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*), CoAP (*Constrained Application Protocol*) dan lain-lain. Pada sistem yang memerlukan data secara *real time*, protokol MQTT cocok digunakan karena memiliki *delay* pengiriman data dengan kualitas yang baik karena menghasilkan rata-rata *delay* sebesar 0.028183014 detik dan *packet loss* dari *publisher* ke *server* sebesar 0% [5]. Selain itu dengan adanya sistem *monitoring* ini serta penggunaan protokol MQTT pada sektor pengiriman datanya dapat memudahkan masyarakat dalam melakukan pemantauan jarak jauh secara *real time*.

*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 [6]. 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* [7].

Dari pemaparan yang telah dijelaskan di atas, diperlukan penerapan IoT pada EWS untuk melakukan *monitoring* kondisi tambak dan memberikan peringatan dini kepada pemilik tambak. Dengan penerapan IoT tersebut serta penggunaan protokol MQTT dapat dilakukan *monitoring* secara *real time*. Data yang telah didapatkan dari perangkat IoT akan dikirim dan diolah oleh sistem kemudian akan dilakukan *forecasting* untuk memprediksi data selanjutnya. Apabila data hasil *forecasting* berada diluar ambang batas parameter yang ditentukan, sistem akan mengirimkan peringatan dini kepada pemilik tambak. Dengan adanya peringatan dini tersebut, diharapkan dapat memberikan informasi lebih dini jika terjadi perubahan kualitas air tambak sehingga pemilik tambak bisa lebih antisipatif dan dapat melakukan tindakan pencegahan terhadap hal-hal yang dapat mengancam udang vaname. Maka dari itu, maka dibuat penelitian yang berjudul “Implementasi IoT untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, dapat diambil rumusan masalah yaitu “Bagaimana mengimplementasikan *Internet of Things* (IoT) untuk *Early Warning System* (EWS) kualitas air pada tambak udang vaname menggunakan *forecasting* metode *Double Exponential Smoothing* model Holt?”

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Peralatan IoT yang akan dibuat berfungsi untuk *collecting* data.
2. Perhitungan *forecasting* (prediksi) yang digunakan yaitu menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt dan menggunakan bahasa pemrograman Python.
3. Sistem *monitoring* sederhana berbasis *Codeigniter* dan MySQL.
4. Parameter yang digunakan adalah pH dan suhu air tambak.
5. Perangkat yang dibuat difokuskan untuk dapat *memonitoring* kualitas air di tambak ditinjau dari segi pH dan suhu air.
6. *Microcontroller* yang digunakan adalah Wemos D1 R2 dan Arduino Uno.
7. Sensor yang digunakan adalah sensor PH-4502C, dan sensor DS18B20.
8. Jenis tambak yang digunakan selama penelitian adalah jenis tambak intensif.

9. Pengiriman notifikasi melalui Telegram Messenger.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini yaitu “Mengimplementasikan *Internet of Things* (IoT) untuk *Early Warning System* (EWS) kualitas air pada tambak udang vaname menggunakan *forecasting* metode *double exponential smoothing* model Holt.”

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini yaitu :

1. Diharapkan dapat menjadi alternatif dalam *me-monitoring* kualitas air di tambak udang vaname berbasis IoT.
2. Diharapkan mampu memberikan peringatan dini kepada pemilik tambak jika terjadi perubahan kualitas air pada tambak udang vaname.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan, maka sistematika penulisan yang disusun dalam tugas akhir ini dibagi menjadi 5 bab sebagai berikut :

- Bab I. Pendahuluan  
Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
- Bab II. Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori  
Bab ini memuat tentang tinjauan pustaka yang menjabarkan hasil penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini dan landasan teori yang menjabarkan teori-teori penunjang yang berhubungan dengan penelitian ini.
- Bab III. Metodologi Penelitian  
Memuat tentang metode penelitian, mulai dari pelaksanaan penelitian, diagram alir penelitian, menentukan alat dan bahan, lokasi penelitian, dan langkah-langkah penelitian.
- Bab IV. Hasil dan Pembahasan  
Memuat tentang hasil dan pembahasan yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan.
- Bab V. Penutup  
Memuat tentang kesimpulan dan saran berdasarkan hasil pembahasan yang telah diperoleh.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian yang dilakukan oleh Yudi Yuliyus Maulana dkk. [8] peneliti membuat 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. Pada penelitian [8] dengan penelitian Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname memiliki persamaan pada beberapa parameter yang digunakan yaitu pH dan suhu. Selain itu, persamaan juga terletak pada pengiriman notifikasi peringatan dini menggunakan Telegram Messenger. Perbedaan dengan penelitian [8] yaitu *microcontroller* yang digunakan pada penelitian sebelumnya menggunakan Raspberry Pi 2, sedangkan penelitian yang akan dilakukan menggunakan Wemos D1 R2. Selain itu pada penelitian ini, akan digunakan sebuah *Early Warning System* (EWS) yang akan digunakan untuk pemberian informasi atau peringatan dini jika terjadi hal-hal yang dapat membahayakan kondisi udang di tambak.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rozeff Pramana [9] peneliti membuat 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*. Pada penelitian [9] dengan penelitian Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname memiliki persamaan pada *monitoring* alat IoT yang berbasis *website*. Perbedaan dengan penelitian [9] yaitu parameter yang digunakan menggunakan parameter pH dan suhu air. Selain itu pada penelitian ini tidak terdapat sistem kontrol kualitas air, akan tetapi terdapat sebuah *Early Warning System* (EWS) untuk memberikan peringatan dini kepada pemilik tambak jika kualitas air tambak menurun. Untuk pengiriman notifikasi pada penelitian ini juga nantinya akan menggunakan Telegram Messenger.



Pada penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Fatchi Machzar dkk. [10] peneliti membuat rancangan sistem *monitoring* kualitas air pada budidaya tambak udang dan bandeng. Adapun parameter yang digunakan yaitu pH, kekeruhan dan sensor suhu. Sistem *monitoring* yang dibuat terdiri dari *microcontroller* Arduino Nano, Motor DC untuk sistem pakan otomatis dan sebuah LCD untuk menampilkan nilai yang diambil dari setiap sensor. Pada penelitian [10] dengan penelitian Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname memiliki persamaan pada beberapa parameter yang digunakan yaitu pH dan suhu air. Perbedaan dengan penelitian [10] yaitu tidak menggunakan parameter kekeruhan. Selain itu *microcontroller* yang digunakan pada penelitian sebelumnya menggunakan Arduino Nano, sedangkan pada penelitian yang akan digunakan menggunakan Wemos D1 R1. Pada penelitian yang akan dibuat juga tidak menggunakan sistem pakan otomatis, tetapi menggunakan sebuah *Early Warning System* (EWS) yang akan digunakan untuk pemberian informasi atau peringatan dini jika terjadi hal-hal yang dapat membahayakan kondisi di tambak udang. Untuk menampilkan data dan informasi pada penelitian ini tidak menggunakan LCD, tetapi menggunakan sebuah *website* dan untuk pengiriman notifikasi menggunakan Telegram Messenger.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Zulhan Mindriawan dkk [5] peneliti melakukan sebuah penelitian tentang “Implementasi *Internet of Things* Pada Sistem *Monitoring* Suhu dan Kontrol Air Pada Kandang Burung Puyuh Petelur dengan Menggunakan Protokol MQTT” pada tahun 2018. Penelitian ini bertujuan untuk membantu peternak ayam potong agar dapat memantau keadaan kandang seperti memantau jumlah makanan yang tersedia di tempat pakan ayam. Selain itu juga dapat melakukan pengendalian jarak jauh pada beberapa perangkat yang ada dengan bantuan *microcontroller* yang mengimplementasikan protokol MQTT. Pada penelitian [5] dengan Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname memiliki persamaan persamaan pada protokol pengiriman data yang digunakan yaitu MQTT. Adapun perbedaannya terletak pada *platform* yang digunakan untuk melakukan *monitoring* yaitu *Android*, sedangkan pada penelitian ini menggunakan *website*. Selain itu pada penelitian ini terdapat notifikasi untuk memberikan peringatan dini kepada pengguna.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ana Hisbiana Al-Farikhi dkk[11] peneliti melakukan sebuah penelitian tentang “Perbandingan *Autoregressive Integrated Moving*

*Average* (ARIMA) dan *Double Exponential Smoothing* pada Peramalan Curah Hujan di Provinsi Aceh” pada tahun 2018. Adapun data curah hujan yang digunakan adalah data bulanan curah hujan di Provinsi Aceh tahun 2013-2016. Adapun bentuk atau pola data yang digunakan menunjukkan adanya *trend* atau ketidakstasioneran. Setelah dilakukan penelitian, didapatkan hasil metode terbaik untuk meramalkan curah hujan Provinsi Aceh satu tahun yang akan datang adalah metode *Double Exponential Smoothing*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rudy Ariyanto dkk [12] peneliti melakukan sebuah penelitian tentang “Penerapan Metode *Double Exponential Smoothing* Pada Peramalan Produksi Tanaman Pangan” pada tahun 2017. Adapun data produksi pangan yang digunakan adalah data tahunan di Provinsi Jawa Timur dari tahun 1993-2014. Adapun model yang digunakan dalam metode *Double Exponential Smoothing* adalah model *Holt*. Pola data yang dibentuk dari data yang telah dikumpulkan menunjukkan adanya *trend* atau tidak stasioner. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan nilai *Persentase Error* (PE) yang relatif kecil untuk memprediksi data selanjutnya di tahun 2015 sebesar 1.21%. Sehingga dapat disimpulkan metode *Double Exponential Smoothing* model *Holt* dapat digunakan untuk mengetahui prediksi atau peramalan produksi tanaman pangan pada masa mendatang berdasarkan tahun di Jawa Timur.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Julnita Bidanghan dkk [7] peneliti melakukan sebuah penelitian tentang “Perbandingan Peramalan Metode *Double Exponential Smoothing* Satu Parameter Brown dan Metode *Double Exponential Smoothing* Dua Parameter Holt” pada tahun 2016. Adapun data yang digunakan untuk membandingkan kedua metode *double exponential smoothing* yaitu data bulanan produksi air bersih di Kota Samarinda dari Januari 2013 hingga Oktober 2015. Pola data yang terbentuk dari data yang telah dikumpulkan jika dilihat dari grafik menunjukkan adanya *trend*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan hasil yaitu metode *double exponential smoothing* dua parameter dari Holt dengan parameter  $\alpha=0,31$  dan  $\gamma=0,92$  menghasilkan ramalan jumlah produksi air pada bulan November 2015 adalah 6.694,09 m<sup>3</sup>, bulan Desember 2015 adalah 6.831,22 m<sup>3</sup>, dan bulan Januari 2016 adalah 6.968,35 m<sup>3</sup> dengan MAPE adalah 2,9016 %. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa MAPE untuk metode *double exponential smoothing* dua parameter dari Holt dengan  $\alpha=0,31$  dan  $\gamma=0,92$  lebih kecil dibandingkan MAPE untuk metode *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Brown.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tersebut, penerapan IoT pada *Early Warning System*(EWS) pada tambak udang vaname dapat dibangun untuk mendapatkan data berupa pH dan suhu air, serta dapat dilakukannya *forecasting* atau peramalan untuk memprediksi nilai data selanjutnya dari pH dan suhu air. Pada sektor pengiriman data dapat menggunakan protokol MQTT yang akan menyalurkan data ke pengguna. Untuk metode prediksi yang digunakan yaitu metode *double exponential smoothing* model dua parameter Holt. Metode ini dipilih karena cocok digunakan untuk pola atau *trend* data yang membentuk kurva. Untuk pengiriman notifikasi kepada pengguna akan menggunakan aplikasi Telegram.

## 2.2 Dasar Teori

Dasar teori tentang konsep-konsep yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan sistem pada penelitian ini akan dibahas pada sub bab berikut:

### 2.2.1. Udang Vaname

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) atau dikenal dengan *Pacific White Shrimp* merupakan jenis udang introduksi yang memiliki nilai ekonomi tinggi karena banyak dikonsumsi bukan hanya skala nasional akan tetapi mampu diekspor hingga ke pasar Amerika dan dunia. Udang ini mulai masuk dan dibudidayakan di Indonesia pada tahun 2001. Udang ini mulai menjadi alternatif seiring menurunnya tingkat produksi udang windu akibat terserang penyakit virus *White Spot Syndrome Virus* (WSSV) sehingga pertumbuhannya menjadi terhambat[2].

Udang vaname memiliki pertumbuhan yang relatif lebih cepat, tahan terhadap serangan penyakit, dan memiliki toleransi yang lebih baik dibanding jenis udang yang lainnya. Pertumbuhan udang vaname rata-rata 3 gram/minggu, dapat ditebar dengan kepadatan sampai 150 ekor/m<sup>2</sup>. Adapun kondisi lingkungan yang optimal bagi udang vaname dapat dilihat pada Tabel 2.1[2].

Tabel 2.1 Kondisi optimal bagi udang vaname.

No.	Parameter	Kondisi Optimum
1.	Salinitas	0.5-4.5 ppt
2.	pH	7.5-8.5
3.	Suhu air	28-32 °C
4.	Kekeruhan	25-45 cm

5.	<i>Dissolved Oxygen (DO)</i>	4-7.5 ppm
----	------------------------------	-----------

Pemberian pakan udang vaname dilakukan empat kali setiap hari dengan kandungan protein dalam pelet sebesar 30%. Untuk pemeliharaan pH air menggunakan kapur jika kondisi pH air naik dan bakteri molase jika kondisi pH air turun. Untuk mengatur tingkat suhu air pada tambak dengan mengatur ketinggian air tambak.

### **2.2.2. Early Warning System (EWS)**

*Early Warning System (EWS)* atau sistem peringatan dini merupakan kumpulan sistem yang melibatkan sensor, deteksi kejadian dan pengambilan keputusan terhadap masa yang akan datang dalam rangkaantisipasi untuk mengurangi dampak. EWS merupakan sebuah sistem yang saling terintegrasi untuk melakukan *monitoring*, mengumpulkan data, kemudian dianalisa, diinterpretasikan, dan data yang sudah dianalisa dikomunikasikan kepada setiap kalangan yang kemudian dapat digunakan untuk mengambil keputusan sejak dini[13].

Secara umum, EWS terdiri dari empat komponen yaitu :

1. Informasi dan pengumpulan data multidisiplin tentang fenomena tersebut.
2. Evaluasi, pemrosesan, dan analisis data yang dikumpulkan.
3. Penyebaran informasi peringatan kepada pembuat kebijakan dan pengguna akhir.
4. Implementasi respon yang efektif dan tepat waktu ke awal peringatan dikeluarkan.

EWS memberikan informasi kepada masyarakat dengan bahasa yang mudah dicerna oleh setiap orang yang menerima pesan tersebut. Tujuannya yaitu agar setiap orang yang menerima pesan tersebut dapat merespon informasi yang diterima secara cepat dan tepat. Kecepatan dan kesigapan reaksi dari orang yang menerima pesan tentu akan sangat dibutuhkan karena waktu yang sedikit dari waktu informasi diterima hingga saat dugaan datangnya kejadian alam terjadi. Penanganan yang terlambat tentu akan merugikan pihak yang terkait. *Early warning system* tidak hanya digunakan untuk deteksi dini terjadinya kejadian alam seperti bencana alam saja, namun dapat juga digunakan untuk aktivitas sehari-hari masyarakat yang sifatnya *urgent*[6].

### **2.2.3. Forecasting**

*Forecasting* adalah peramalan atau perkiraan mengenai sesuatu yang belum terjadi. Peralaman biasanya dilakukan dengan menggunakan data dari masa lalu yang dianalisis dengan menggunakan metode tertentu. Melalui *forecasting* diharapkan dapat meminimalisasi pengaruh ketidakpastian di masa yang akan datang[14].

Pada umumnya kegunaan dari *forecasting* adalah sebagai berikut :

1. Sebagai alat bantu dalam perencanaan yang efektif dan efisien.
2. Untuk menentukan kebutuhan sumber daya di masa yang mendatang.
3. Untuk membuat keputusan yang tepat.

Terdapat dua jenis peramalan yang digunakan, pertama peramalan kualitatif dan kedua peramalan kuantitatif. Peramalan kualitatif merupakan peramalan yang didasarkan atas data kualitatif pada masa lalu. Hasil peramalannya bergantung pada orang yang menyusunnya. Sedangkan peramalan kuantitatif merupakan peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat bergantung pada metode yang dipergunakan dalam peramalan tersebut.

#### **2.2.4. Double Exponential Smoothing**

*Exponential Smoothing* merupakan prosedur perbaikan terus-menerus pada peramalan terhadap objek pengamatan terbaru. Ia menitik beratkan pada penurunan prioritas secara *exponential* pada objek pengamatan yang lebih tua. Dengan kata lain, observasi terbaru akan diberikan prioritas lebih tinggi bagi peramalan daripada observasi yang lebih lama. *Double exponential smoothing* merupakan salah satu metode dari *exponential smoothing*. Metode ini digunakan ketika data menunjukkan adanya *trend*. *Exponential smoothing* dengan adanya *trend* seperti pemulusan sederhana kecuali bahwa dua komponen harus diperbaharui setiap periode-level dan *trend*-nya. Level adalah estimasi yang dimuluskan dari nilai data pada akhir masing-masing periode. *Trend* adalah estimasi yang dihaluskan dari pertumbuhan rata-rata pada akhir masing-masing periode. Pemberian bobot pemulusan nilai pada saat ini dan masa lalu menjadi dasar dari perhitungan *double exponential smoothing*. Pembobotan ini diberikan secara menurun atau menaik membentuk fungsi eksponensial. Pada pemulusan eksponensial, terdapat satu atau lebih parameter yang ditentukan [15]. Salah satu model dari metode *double exponential smoothing* yang ada yaitu model Holt.

Metode *double exponential smoothing Holt* merupakan salah satu metode peramalan yang menggunakan dua parameter untuk memuluskan *trend* yang terdapat pada data. Dalam prinsipnya metode *double exponential smoothing Holt* tidak menggunakan rumus pemulusan berganda secara langsung. Sebagai gantinya, Metode *double exponential smoothing Holt* memuluskan nilai *trend* dengan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan pada deret yang asli. Ramalan dari metode *double*

*exponential smoothing* dari *Holt* didapat dengan menggunakan dua konstanta pemulusan (dengan nilai 0 dan 1) yaitu  $\alpha$  dan  $\beta$ . Nilai parameter yang dipilih yakni nilai parameter yang meminimalkan nilai MSE (*Mean Square Error*). Persamaan yang digunakan pada metode ini yaitu :

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

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

$$F_{t+m} = S_t + T_t \times m \quad (2-3)$$

Keterangan :

$S_t$  = Nilai pemulusan tunggal

$X_t$  = Data sebenarnya pada waktu ke-t

$T_t$  = Pemulusan *trend*

$F_{t+m}$  = nilai ramalan

$m$  = Periode masa mendatang

$\alpha, \beta$  = konstanta dengan nilai anatar 0 dan 1

### 2.2.5. *Internet of Things (IoT)*

*Internet of Things (IoT)* adalah skenario dari suatu objek yang dapat melakukan suatu pengiriman data atau informasi melalui jaringan tanpa campur tangan manusia. Teknologi IoT telah berkembang dari konvergensi *micro- electromechanical systems (MEMS)*, dan Internet pada jaringan nirkabel. Sedangkan “*A Things*” dapat didefinisikan sebagai subjek seperti orang dengan implant jantung, hewan peternakan dengan transponder *chip* dan lain- lain. IoT sangat erat hubungannya dengan komunikasi mesin dengan mesin (M2M) tanpa campur tangan manusia ataupun komputer yang lebih dikenal dengan istilah cerdas (*smart*)[16].

### 2.2.6. *Wemos*

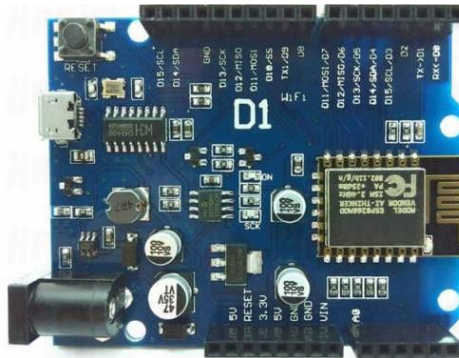
*Micro-controller Wemos* adalah sebuah *micro-controller* pengembangan berbasis modul *micro-controller* ESP 8266 yang memiliki kemampuannya untuk menyediakan fasilitas konektifitas *Wi-fi* dengan mudah serta memori yang digunakan sangat besar yaitu 4 MB. Pada *micro-controller* *Wemos* memiliki 2 buah *chipset* yang digunakan sebagai otak kerja *platform* tersebut yaitu *chipset* ESP8266 dan *chipset* CH340[17].

### 2.2.6.1. Wemos D1 R2

Wemos D1 mini adalah modul *development board* WiFi ESP8266 yang dapat diprogram via Arduino IDE atau NodeMCU. Kelebihan WeMos D1 R2 dengan *development board* ESP8266 lainnya adalah dukungan berbagai *shield* Wemos.

### 2.2.6.2. Board Wemos D1 R2

Wemos D1 R2 adalah *micro-controller* dengan kemampuan *wi-fi* berbasis ESP8266EX yang dapat di program dengan Arduino IDE. *Micro-controller* ini digunakan untuk mengendalikan peralatan IoT.



Gambar 2.1 Board Wemos D1 R2

Tabel 2.2 Spesifikasi Wemos D1 R2[17]

<i>Micro-controller</i>	ESP-8266EX
Tegangan Kerja	5V
Pin I/O Digital	11
Pin Analog	1( <i>Input</i> Maksimal: 3,3V)
<i>Clock Speed</i>	80MHz/160MHz
<i>Flash</i>	4MB

### 2.2.7.Sensor pH

Sebuah pH meter analog, yang dirancang khusus untuk *controller* Arduino dan memiliki *built-in* yang sederhana, koneksi yang mudah dan fitur yang praktis. Memiliki LED yang bekerja sebagai indikator *power*, BNC konektor dan PH2.0 antarmuka sensor. Untuk menggunakannya, cukup menghubungkan sensor pH dengan konektor BNC, dan pasang antarmuka PH2.0 ke *port input* analog dari *controller* Arduino [18].



Gambar 2.2 Sensor pH

#### Spesifikasi

- Modul power: 5.00V
- Rentang pengukuran: 0-14
- pH mengukur suhu: 0-60 °C
- Akurasi:  $\pm 0.1\text{pH}$  (25 °C)
- Response time:  $\leq 1$  min
- pH sensor dengan BNC Connector
- Keuntungan Penyesuaian potensiometer
- LED Indikator Daya

#### 2.2.8.Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan sebuah sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu air. Sensor ini memiliki 12-bit ADC internal. Sensor ini bekerja menggunakan protokol komunikasi 1-wire(*one-wire*). Ini berarti bahwa itu hanya memerlukan satu jalur data (dan GND) untuk berkomunikasi dengan Arduino. Untuk menggunakan sensor ini, digunakan juga sebuah resistor berdaya 4.7k yang berfungsi membatasi jumlah arus yang mengalir dalam rangkaian[10].



Gambar 2.3 DS18B20 Sensor

Tabel 2.3 Spesifikasi DS18B20 Sensor

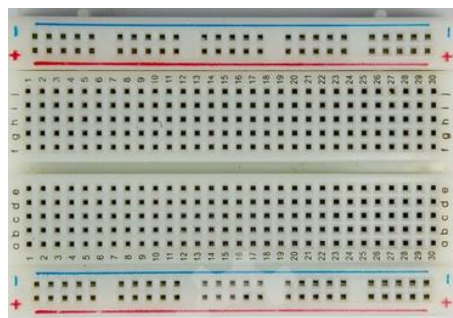
<b>Metode Output</b>	<b>Digital</b>
Tegangan Kerja	3.0V to 5.5V



Rentang <i>Output</i>	-55°C to +125°C
Akurasi	+/-0.5 °C

### 2.2.9. Breadboard

*Breadboard* merupakan konstruksi dasar sebuah sirkuit elektronik dan prototipe dari suatu rangkaian elektronik. Breadboard banyak digunakan untuk membuat rangkaian komponen karena pada saat pembuatan *prototipe* tidak perlu melakukan proses solder karena *breadboard* bersifat *solderless*. Jadi *breadboard* sangat cocok pada tahap proses pembuatan prototipe karena akan sangat membantu berkreasi dalam desain sirkuit elektronika.

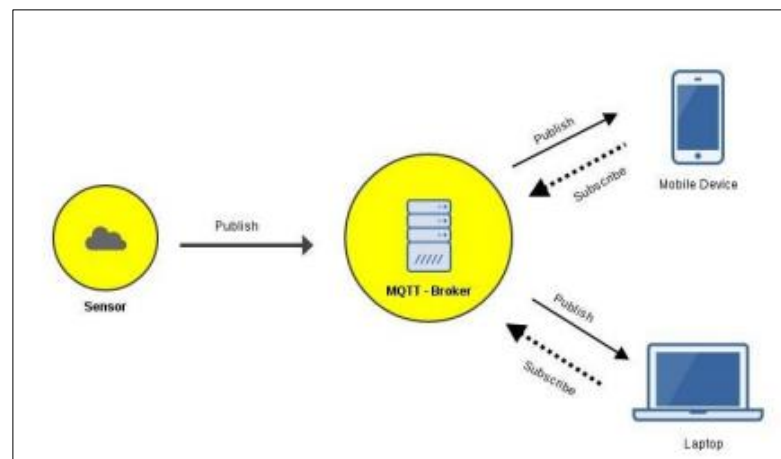


Gambar 2.4 *Breadboard*

### 2.2.10. Protokol MQTT

MQTT adalah salah satu model sistem terdistribusi yang digunakan untuk komunikasi antar perangkat adalah dengan sistem *publish* atau *subscribe* (PUB/SUB). *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) adalah sebuah protokol komunikasi data *machine to machine* (M2M) yang berada pada *layer* aplikasi, MQTT bersifat *lightweight message* artinya MQTT berkomunikasi dengan mengirimkan data pesan yang memiliki *header* berukuran kecil yaitu hanya sebesar 2 *bytes* untuk setiap jenis data, sehingga dapat bekerja di dalam lingkungan yang terbatas sumber dayanya seperti kecilnya *bandwidth* dan terbatasnya sumber daya listrik, selain itu protokol ini juga menjamin terkirimnya semua pesan walaupun koneksi terputus sementara, protokol MQTT menggunakan metode *publish* atau *subscribe* untuk metode komunikasinya. *Publish* atau *subscribe* sendiri adalah sebuah pola pertukaran pesan di dalam komunikasi jaringan dimana pengirim data disebut *publisher* dan penerima data disebut dengan *subscriber*. Selain itu juga terdapat sebuah entitas yang berfungsi untuk menangani *publish* dan *subscribe* data

yaitu *Broker* [5]. Untuk lebih jelasnya, sistem umum IoT memakai MQTT dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sistem umum IoT memakai MQTT

Prinsip yang ditawarkan dari skema MQTT ini adalah untuk meminimalkan penggunaan *bandwidth* jaringan dan kebutuhan sumber daya. Dari skema ini juga dapat memastikan semua data yang dikirimkan (*publish*) dapat terkirim ke semua *subscriber* yang terdaftar pada *Broker*. Dengan adanya prinsip ini memungkinkan pengembangan IoT kedepannya dapat menghubungkan semua perangkat yang ada dengan *bandwidth* dan daya yang kecil. Berikut ini merupakan fitur dari protokol MQTT[19]:

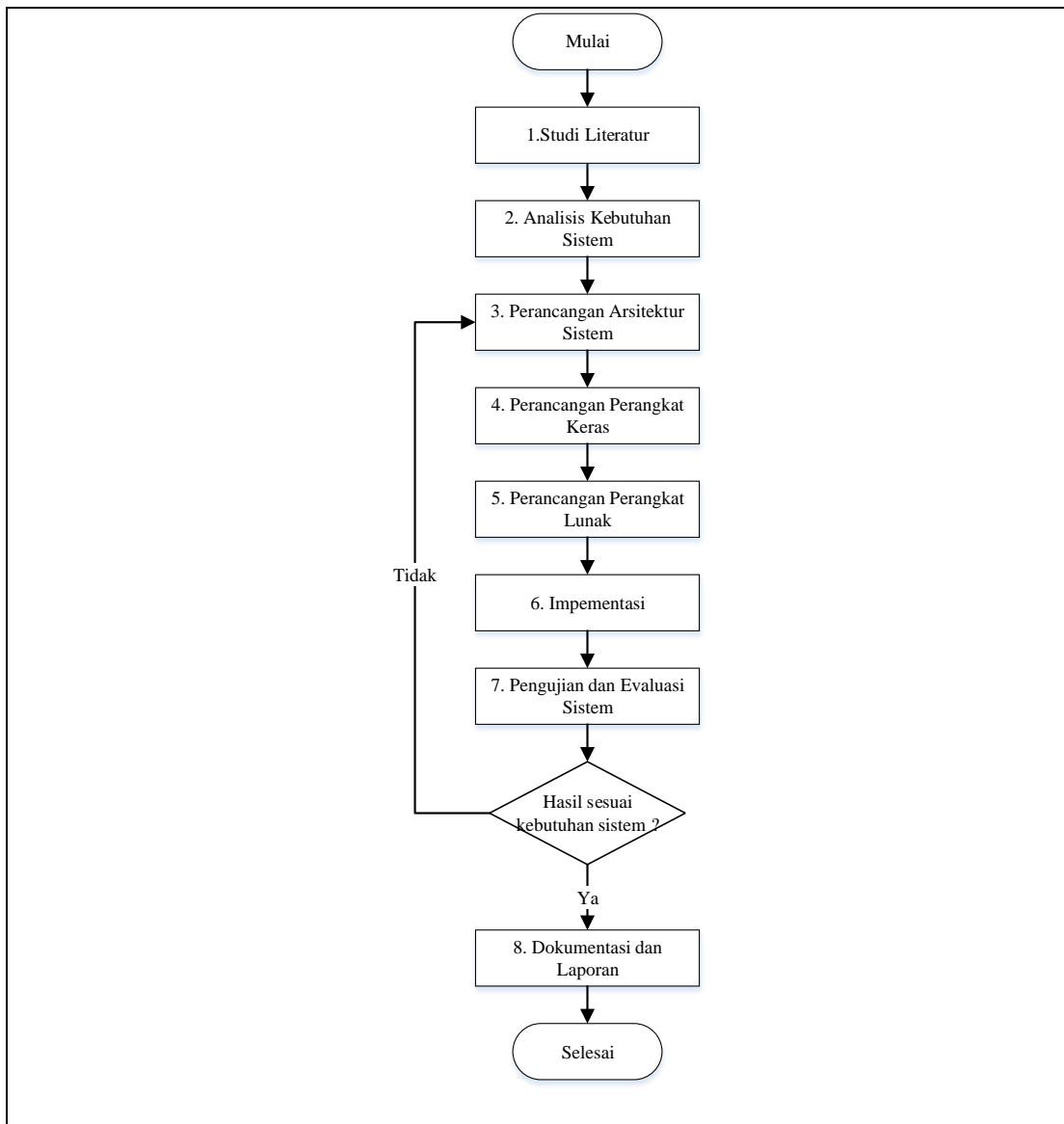
1. *Publish/subscribe message pattern* yang menyediakan distribusi *message* dari satu ke banyak dan *decoupling* aplikasi.
2. *Messaging transport* yang *agnostic* dengan isi dari *payload*.
3. Menggunakan TCP/IP sebagai konektivitas dasar jaringan.
4. Terdapat tiga level *Qualities of Service* (QoS) dalam penyampaian pesan :
  - a. “*At most once*”, di mana pesan dikirim dengan upaya terbaik dari jaringan TCP/IP. Kehilangan pesan satau terjadi duplikasi dapat terjadi.
  - b. “*At least once*”, dapat dipastikan pesan tersampaikan walaupun duplikasi dapat terjadi.
  - c. “*Exactly once*”, dimana pesan dapat dipastikan tiba tepat satu kali.

# BAB III

## METODE PERANCANGAN

### 3.1. Rencana Pelaksanaan

Rencana pelaksanaan penelitian “Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname” dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Rencana pelaksanaan

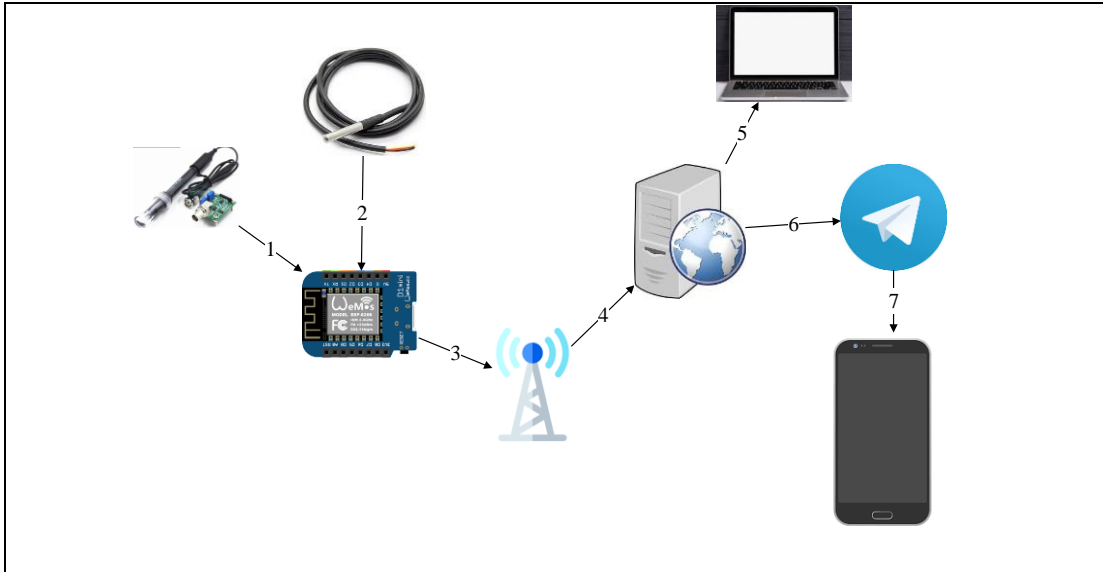
Pada Gambar 3.1 merupakan alur pelaksanaan penelitian “Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang

Vaname”. Rincian dari masing-masing proses pada Gambar 3.1 akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Pada tahap studi literatur akan dilakukan pengumpulan literatur yang berkaitan dengan IoT, *Microcontroller*, Sensor, EWS serta mempersiapkan segala kebutuhan alat.
2. Pada tahap analisa kebutuhan sistem akan dilakukan analisa kebutuhan dari sistem EWS pada tambak udang vaname yang akan dibangun, menjelaskan apa saja perangkat yang dibutuhkan dalam proses perancangan dan pembangunan sistem.
3. Pada tahap perancangan arsitektur sistem akan dilakukan perancangan terhadap arsitektur dan alur kerja dari IoT untuk *Early Warning System* (EWS pada tambak udang vaname yang akan dibangun).
4. Pada tahap perancangan perangkat keras akan dilakukan perancangan terhadap alat yang digunakan untuk menghubungkan semua perangkat keras yang dibutuhkan seperti Wemos D1 R2, Sensor pH Meter dan Sensor DS18B20.
5. Pada tahap perancangan perangkat lunak akan dilakukan perancangan terhadap perangkat lunak yang dibutuhkan oleh sistem serta perancangan *database* sistem. Aplikasi-aplikasi yang dibutuhkan tersebut adalah sistem monitoring, *forecasting system* dan *web service*.
6. Pada tahap implementasi akan dilakukan penyusunan perangkat, pembangunan aplikasi-aplikasi yang dibutuhkan oleh sistem serta pembangunan *database*. *Control Application* akan diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman C. *Forecasting system* dan *web service* akan diimplementasikan dengan menggunakan bahasa *Python*. Sementara itu, *database* diimplementasikan menggunakan *MySQL*.
7. Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem, pengujian sistem informasi akan dilakukan dengan menggunakan teknik pengujian *black box* yang berfungsi untuk mengetahui kinerja dari fitur-fitur yang ada pada sistem. Jika sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisis maka akan dilanjutkan ke tahap dokumentasi. Jika sistem belum berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisis maka akan dilakukan perbaikan dari tahap perancangan arsitektur sistem.
8. Pada tahap dokumentasi dan laporan, akan dilakukan pencatatan dari hasil pengujian dan evaluasi sistem.

### 3.2. Perancangan Arsitektur Sistem

Gambaran dari arsitektur penelitian “Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname” yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Arsitektur sistem

Pada Gambar 3.2. merupakan arsitektur dari Implementasi IoT untuk *Early Warning System*(EWS) pada Tambak Udang Vaname yang akan dibuat pada penelitian ini. Masing-masing proses yang terdapat pada Gambar 3.2. 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. Wemos D1 R2 akan mengirimkan data yang sudah didapat ke *web server* melalui internet.
4. *Web server* akan menampung data yang sudah didapatkan agar mampu di akses kapan saja oleh admin, selain itu proses *forecasting* terhadap nilai pH dan suhu air akan dilakukan di *web server*.
5. Sistem *monitoring* akan mengambil data yang ada pada *web server* untuk ditampilkan.

6. *Web server* akan mengirimkan hasil *forecasting* ke Bot Telegram jika hasil hasil *forecasting* mengindikasikan bahaya terhadap kondisi lingkungan air tambak.
7. Notifikasi akan dikirimkan melalui Bot Telegram yang telah diterima ke Telegram pemilik tambak ketika data yang didapat oleh hasil *forecasting* tersebut mengindikasikan status bahaya pada tambak udang vaname.

### **3.3. Analisis Kebutuhan Sistem**

Pada tahap analisis kebutuhan sistem akan dilakukan analisis terhadap kebutuhan dari penelitian “Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname”. Analisis yang dilakukan meliputi analisis kebutuhan alat dan bahan untuk Implementasi IoT untuk *Early Warning System* (EWS) pada Tambak Udang Vaname.

#### **3.2.1. Analisis Kebutuhan Alat dan Bahan**

Dalam perancangan penelitian “Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname”, ada beberapa alat dan bahan yang dibutuhkan yaitu:

1. Laptop yang akan digunakan sebagai media pembangunan aplikasi dan bahan uji coba sistem adalah Asus A442U dengan spesifikasi Prosesor Intel Core i7 7500U @3,50GHz dan RAM 8GB.
2. Sistem operasi yang digunakan adalah Windows 10 dimana sistem operasi ini berfungsi untuk menjalankan *software* yang akan digunakan untuk membangun sistem.
3. 1 buah Wemos D1 R2 digunakan sebagai *microcontroller* pada Implementasi IoT untuk *Early Warning System* (EWS) pada Tambak Udang Vaname.
4. 1 buah Arduino Uno digunakan sebagai *microcontroller* yang akan menerima data dari tiap sensor pH dan suhu air.
5. 1 buah sensor pH meter yang digunakan sebagai alat pengukur kadar pH.
6. 1 buah sensor DS18B20 yang akan digunakan sebagai alat pengukur suhu air tambak.
7. 2 set kabel *jumper* yang digunakan untuk menghubungkan sensor dan modul ke Wemos D1 R2.
8. 1 buah *BreadBoard* yang digunakan sebagai alat bantu agar kabel *jumper* untuk sensor dan modul dapat terpasang dengan rapi.

9. *Sublime text 3* yang digunakan sebagai *text* editor untuk membangun sistem informasi yang akan dibuat.
10. *CodeIgniter* adalah *micro framework* PHP yang digunakan untuk membangun sebuah sistem informasi agar pembangunan sistem dapat dilakukan dengan lebih mudah dengan adanya *framework*.
11. XAMPP merupakan *software web server* yang didalamnya terdapat *server* MySQL dan apache yang akan digunakan sebagai *server* dalam pembuatan aplikasi dan digunakan untuk membuat serta mengelola *database* yang dibutuhkan.
12. Python merupakan bahasa pemrograman yang digunakan untuk *forecasting*(peramalan) pada sistem peringatan dini yang akan dibuat.
13. Aplikasi pendukung dalam pembangunan sistem, seperti *Browser* sebagai uji coba sistem. *Software* lainnya seperti Arduino IDE dan beberapa *software* lainnya digunakan untuk memudahkan pengerjaan tugas akhir ini.

### 3.2.2. Perencanaan Biaya

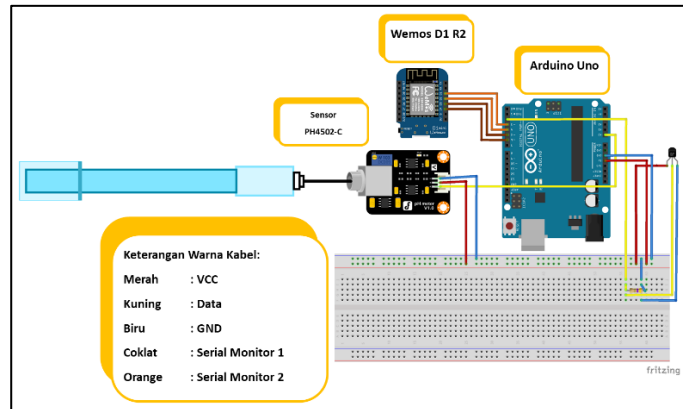
Anggaran biaya pada Tabel 3.1 merupakan anggaran biaya yang akan digunakan untuk membeli alat-alat sesuai dengan kebutuhan pada analisis kebutuhan alat dan bahan.

Tabel 3.1 Perencanaan biaya

No.	Nama	Jumlah	Harga
1.	Wemos D1 R2	1	Rp. 74.000,-
2.	Sensor pH Meter	1	Rp. 450.000,-
3.	Sensor DS18B20	1	Rp. 20.000,-
4.	Resistor 4.7K	10 buah, Rp.100,-	Rp. 1.000,-
5.	Kabel <i>Jumper (male/female)</i>	2 set, Rp.5.000,-	Rp.32.000,-
6.	<i>Breadboard</i>	1	Rp.20.000,-
7.	Arduino Uno	1	Rp. 78.000,-
Jumlah			Rp. 675.000,-

### 3.4. Perancangan Perangkat Keras

Pada tahap rancangan perangkat keras adalah tahap untuk memulai dalam penyusunan *microcontroller* dengan modul–modul elektronika yang akan dipasangkan pada objek dari sistem. Gambaran untuk rancangan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 3.3.



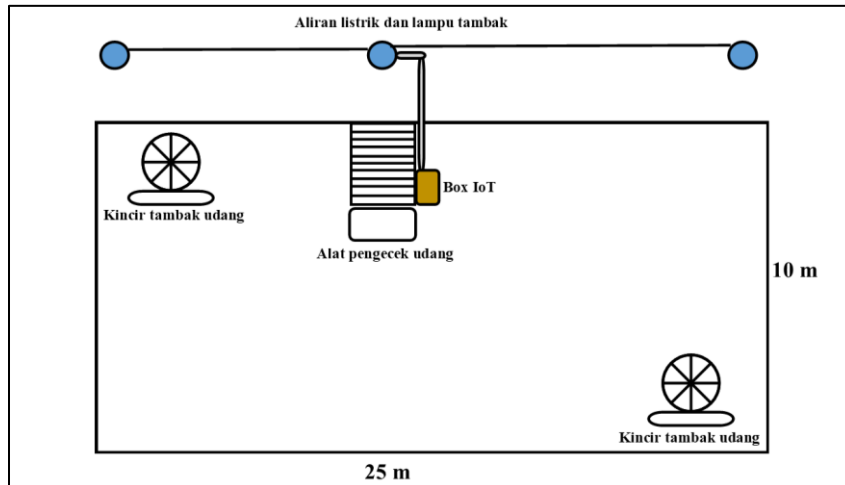
Gambar 3.3 Rancangan perangkat keras

Pada gambar 3.3 perangkat yang tersusun dari Arduino Uno, Wemos D1 R2, pH meter sensor, DS18B20 sensor dan *Breadboard*. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing rangkaian yang terdapat pada Gambar 3.3.

1. pH meter sensor sebagai sensor untuk mengukur nilai pH air pada rangkaian elektronika yang terdiri tiga kaki. Kaki pertama terhubung dengan pin GND dari *microcontroller* Arduino Uno. Untuk kaki kedua dihubungkan dengan pin 5V pada *microcontroller* Arduino Uno. Kemudian kaki ketiga adalah pin analog yang dihubungkan dengan pin A0 pada *microcontroller* Arduino Uno.
2. DS18B20 sensor sebagai sensor untuk mengukur nilai suhu air pada rangkaian elektronika yang terdiri tiga kaki. Kaki pertama terhubung dengan pin GND dari *microcontroller* Arduino Uno. Untuk kaki kedua dihubungkan dengan pin 5V pada *microcontroller* Arduino Uno. Kemudian kaki ketiga adalah pin digital yang dihubungkan dengan pin D2 pada *microcontroller* Arduino Uno. Untuk menguatkan tegangan pada sensor DS18B20, dipasang sebuah resistor berukuran 4.7K Ohm yang menghubungkan *signal* data dengan GND.
3. Data yang telah diterima oleh *microcontroller* Arduino Uno akan dikirimkan ke *microcontroller* Wemos D1 R2 melalui serial monitor TX dan RX yang terhubung. Serial monitor 1 dihubungkan oleh masing-masing pin D3 dan D4, sedangkan untuk serial monitor 2 dihubungkan oleh masing-masing pin D5 dan D6.

Adapun rancangan penempatan perangkat di tambak akan diletakkan di tengah tambak dekat dengan alat untuk pengecekan pertumbuhan udang. Pada tambak udang yang bertipe intensif, terdapat mesin kincir air yang diletakkan di tiap sudut tambak dan terus berputar sehingga kondisi pH dan suhu air di titik yang satu dengan titik yang lain memiliki kesamaan nilai. Untuk lebih detailnya, dapat dilihat pada Gambar 3.4.





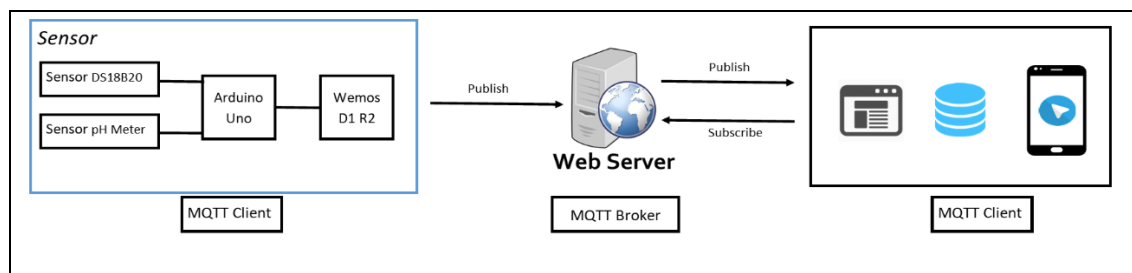
Gambar 3.4 Penempatan perangkat IoT di tambak udang.

### 3.5. Perancangan Perangkat Lunak

Sistem *monitoring* digunakan untuk melihat dan mencatat data yang masuk atau yang sudah didapatkan dari sensor pH meter dan DS18B20 *sensor*.

#### 3.5.1. Perancangan Alur Data

Adapun rancangan alur data menggunakan protokol MQTT pada “Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname” yaitu sebagai berikut:



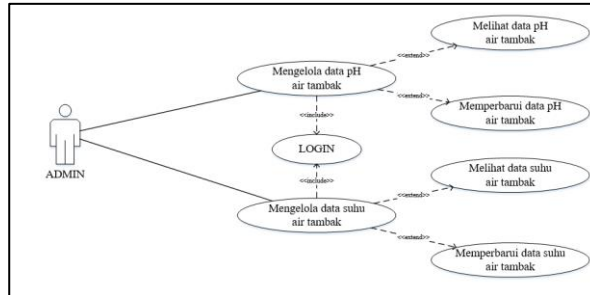
Gambar 3.5 Rancangan alur data

Seperti pada Gambar 3.5, sensor yang digunakan pada kasus ini masing-masing sensor yaitu pH meter dan DS18B20 akan mengirimkan data yang didapatkan di tambak udang vaname ke Arduino Uno dan kemudian data akan diteruskan ke Wemos D1 R2 dimana 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.

### 3.5.2. Use Case Diagram

Pada sistem *monitoring* sederhana memiliki *use case* diagram sebagai berikut:

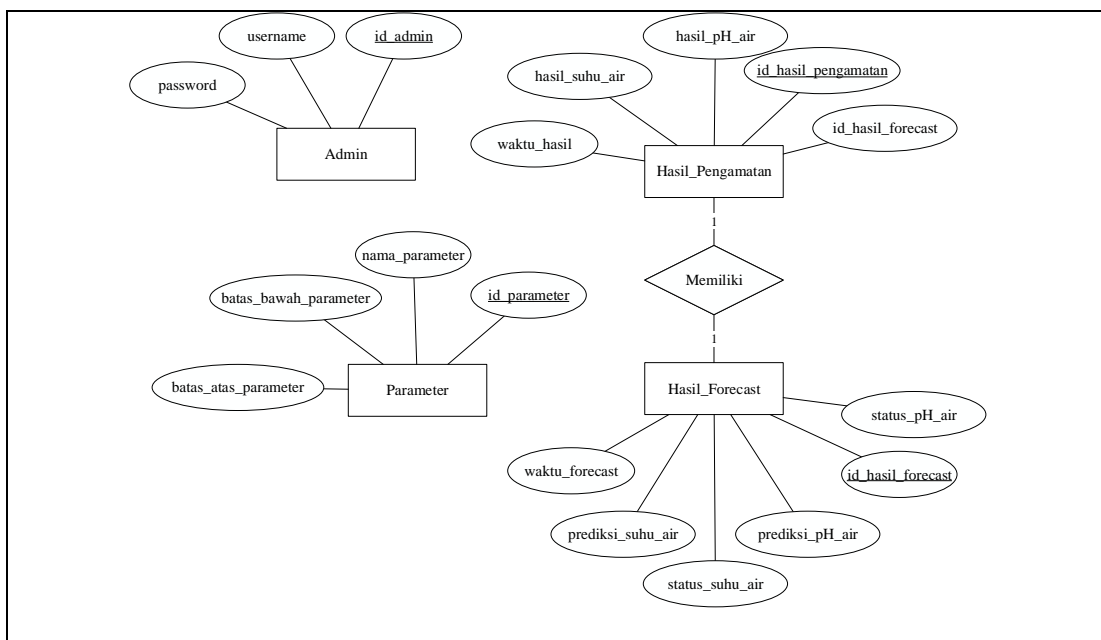


Gambar 3.6 Use Case diagram

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.

### 3.5.3. Entity Relationship Diagram (ERD)

Pada sistem *monitoring* memiliki *Entity Relationship Diagram* (ERD) sebagai berikut :



Gambar 3.7 Entity relationship diagram

Pada *Entity Relationship Diagram* (ERD) “Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* 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 buah atribut yaitu `id_admin`, `username`, dan `password`. Pada tabel Parameter terdapat empat buah atribut yaitu `id_parameter`, `nama_parameter`, `batas_bawah_parameter` dan `batas_atas_parameter`. Pada tabel Hasil\_Pengamatan terdapat empat buah atribut yaitu `id_hasil_pengamatan`, `hasil_suhu_air`, `hasil_pH_air`, dan `waktu_hasil`. Pada tabel Hasil\_Forecast terdapat empat buah atribut yaitu `id_hasil_forecast`, `prediksi_suhu_air`, `prediksi_pH_air`, `nilai_k_air` dan `waktu_forecast`.

Berdasarkan ERD pada Gambar 3.4. maka didapatkan empat tabel *database* yaitu tabel Admin, tabel Parameter, tabel Hasil\_Pengamatan dan tabel Hasil\_Forecast.

Tabel 3.2 Tabel Admin

Field	Type	Null	Default
<u>id_admin</u>	Int(3)	No	None
username	Varchar(20)	No	None
password	Varchar(20)	No	None

Tabel 3.3 Tabel Parameter

Field	Type	Null	Default
<u>id_parameter</u>	Int(10)	No	None
nama_parameter	Varchar(20)	No	None
batas_bawah_parameter	Float(10)	No	None
batas_atas_parameter	Float(10)	No	None

Tabel 3.4 Tabel Hasil\_Pengamatan

Field	Type	Null	Default
<u>id_hasil_pengamatan</u>	Int(3)	No	None
hasil_suhu_air	Float(10)	No	None
hasil_pH_air	Float(10)	No	None
hasil_forecast	datetime	No	None
id_hasil_forecast	Int(3)	No	None

Tabel 3. 5Tabel Hasil\_Forecast

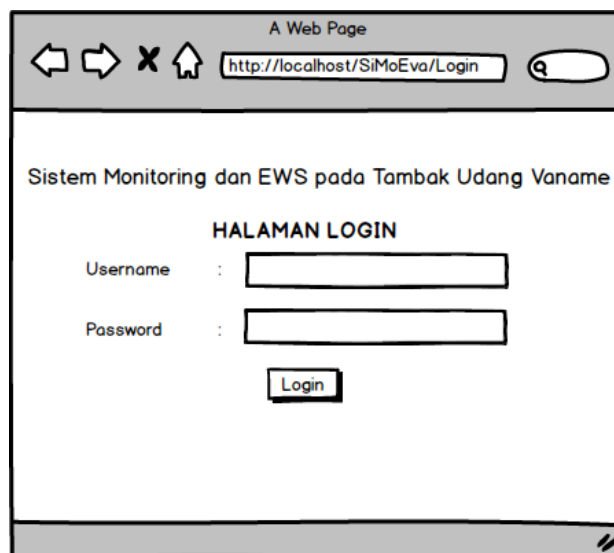
Field	Type	Null	Default
<u>id_hasil_forecast</u>	Int(3)	No	None
prediksi_suhu_air	Float(10)	No	None
prediksi_pH_air	Float(10)	No	None
status_suhu_air	Varchar(20)	No	None
status_suhu_air	Varchar(20)	No	None
waktu_forecast	datetime	No	None

### 3.5.4.Rancangan Interface Sistem Monitoring

Pada sistem *monitoring* memiliki beberapa halaman untuk melakukan *monitoring* pada data yang diperoleh dari pengambilan data kekeruhan air, pH air, dan ketinggian air.

#### 1. Halaman *Login*

Halaman *login* adalah halaman yang muncul pertama kali saat memulai sistem *monitoring*. Halaman *login* ini berfungsi untuk mengamankan data yang telah diperoleh agar tidak sembarang orang dapat mengakses data yang sudah didapatkan. Berikut merupakan tampilan dari halaman *login*.

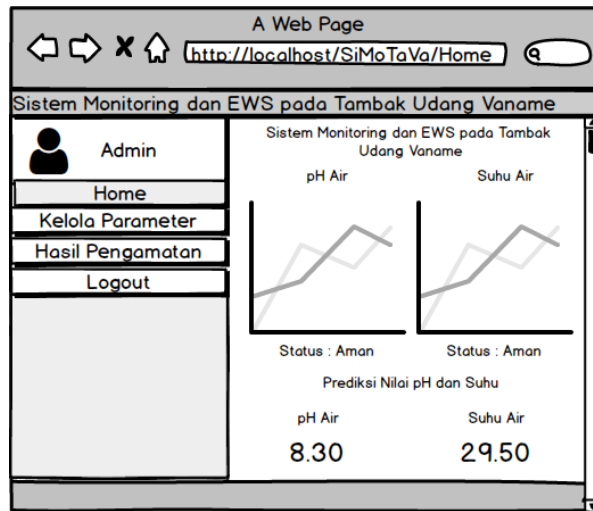


Gambar 3.8 Desain halaman *login*

#### 2. Halaman *Home*

Halaman *Home* atau tampilan awal merupakan tampilan yang akan muncul pertama kali setelah admin berhasil masuk ke sistem *monitoring*. Pada tampilan awal ini akan ditampilkan grafik dari parameter-parameter yang digunakan dalam sistem *monitoring* ini seperti grafik pH air dan suhu air. Selain itu pada halaman ini akan ditampilkan nilai

prediksi data selanjutnya untuk pH air dan suhu air. Adapun data akan ditampilkan dalam bentuk diagram garis.



Gambar 3.9 Desain halaman *home*

### 3. Halaman Kelola Parameter

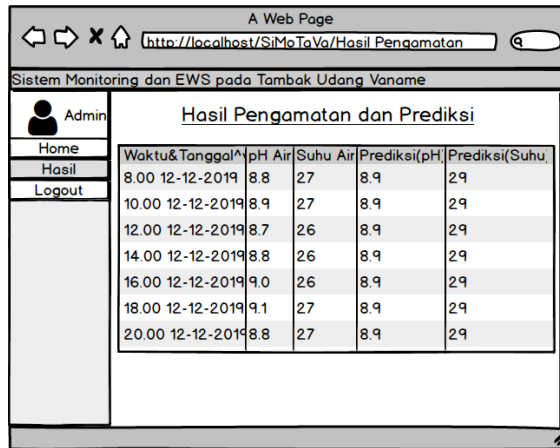
Pada halaman kelola parameter akan ditunjukkan nilai batas bawah dan batas atas dari parameter pH air dan suhu air. Selain dapat melihat, dapat juga dilakukan perubahan (*update*) pada batas bawah dan batas atas dari masing-masing parameter.

The screenshot shows the 'Kelola Parameter' page. It has the same sidebar menu as the home page. The main content area is titled 'Kelola Parameter' and contains two sections. The first section is for 'pH Air' and has two input fields labeled 'Batas Bawah' and 'Batas Atas', followed by an 'Ubah' button. The second section is for 'Suhu Air' and also has two input fields labeled 'Batas Bawah' and 'Batas Atas', followed by an 'Ubah' button.

Gambar 3.10 Desain halaman kelola parameter

### 4. Halaman Hasil Pengamatan dan Prediksi

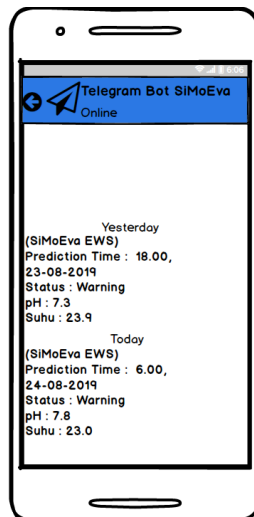
Pada halaman hasil pengamatan akan ditunjukkan semua data yang telah diperoleh dari dua buah sensor. Data yang akan ditampilkan berbentuk tabel dari kedua variabel yang telah diukur yaitu pH air dan suhu air. Selain itu, pada tabel hasil pengamatan akan ditampilkan juga hasil prediksi dari masing-masing parameter untuk data berikutnya.



Gambar 3.11 Desain halaman hasil pengamatan

## 5. Halaman Notifikasi

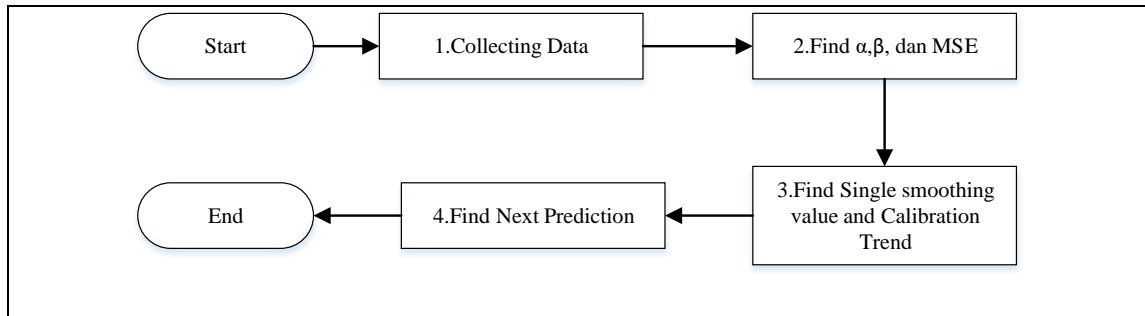
Pada halaman ini merupakan tampilan notifikasi peringatan dini yang akan dikirimkan secara otomatis oleh sistem ke ponsel pemilik atau penjaga tambak ketika kondisi tambak teridentifikasi menunjukkan penurunan kualitas untuk keberlangsungan hidup udang vaname. Adapun notifikasi akan dikirimkan melalui aplikasi Telegram.



Gambar 3.12 Desain tampilan notifikasi di Telegram

### 3.5.5. Early Warning System Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Holt

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



Gambar 3.13 Flowchart metode *double exponential smoothing* Holt

Pada Gambar 3.13 merupakan *flowchart* dari metode *double exponential smoothing* Holt pada “Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname”. Rincian dari masing-masing proses pada Gambar 3.13 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.
2. Setelah melakukan *collecting data*, selanjutnya yaitu menentukan nilai dari  $\alpha$  dan  $\beta$  yang akan digunakan sebagai parameter untuk melakukan *forecasting* data menggunakan *double exponential smoothing* Holt. Dimana rentang nilai dari  $\alpha$  dan  $\beta$  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  $\alpha$  dan  $\beta$  terbaik untuk dijadikan parameter dengan menghitung nilai *Mean Square Error* (MSE) dari kedua parameter tersebut. Adapun rumus dari MSE yaitu :

$$MSE = \frac{\sum e_t^2}{n} = \frac{\sum (X_i - F_i)^2}{n} \quad (2-4)$$

Keterangan :

MSE = *Mean Square Error*

$e_i$  = *error* ke  $i$

3. Setelah menemukan nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  berdasar nilai MSE terkecil, selanjutnya yaitu menentukan nilai pemulusan tunggal dan *trend* dari data yang telah dikumpulkan dengan menggunakan persamaan (2-1) dan (2-2).
4. Setelah nilai pemulusan tunggal dan *trend* ditemukan, selanjutnya adalah menghitung nilai *forecasting* untuk data selanjutnya menggunakan persamaan (2-3).

Adapun contoh perhitungan *forecasting* sebagai berikut:

Misalkan terdapat empat data pH air yang telah dihimpun, kemudian akan diprediksi data kelima yang akan muncul. Adapun kedua data pH air secara berturut-turut yaitu 7.90, 7.92, 7.93 dan 7.94.

1. Mencari nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  berdasarkan MSE terkecil, akan dicari kombinasi nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  yang dapat menghasilkan MSE terkecil.

$$\alpha = 0.1 \text{ dan } \beta = 0.1$$

Perhitungan nilai pemulusan ke-2

$$A_2 = (0.1 * 7.92) + (1 - 0.1) * (7.9 + 0.02)$$

$$A_2 = 7.92$$

Perhitungan estimasi pemulusan ke-2

$$T_2 = 0.1(7.92 - 7.90) + (1 - 0.1)0.02$$

$$T_2 = 0.02$$

Peramalan perhitungan data ke-3

$$F_3 = 7.92 + (0.02 * 1)$$

$$F_3 = 7.94$$

Perhitungan nilai pemulusan ke-3

$$A_3 = (0.1 * 7.93) + (1 - 0.1) * (7.92 + 0.02)$$

$$A_3 = 7.939$$

Perhitungan estimasi pemulusan ke-3

$$T_3 = 0.1(7.93 - 7.92) + (1 - 0.1)0.02$$

$$T_3 = 0.019$$

Peramalan perhitungan data ke-4

$$F_4 = 7.939 + (0.02 * 1)$$

$$F_4 = 7.958$$

Perhitungan nilai pemulusan ke-4

$$A_4 = (0.1 * 7.94) + (1 - 0.1) * (7.939 + 0.02)$$

$$A_4 = 7.957$$

Perhitungan estimasi pemulusan ke-4

$$T_4 = 0.1(7.957 - 7.939) + (1 - 0.1)0.02$$

$$T_4 = 0.0197$$

Peramalan perhitungan data ke-5

$$F_5 = 7.957 + (0.0197 * 1)$$

$$F_5 = 7.9767$$



$$\begin{aligned} \text{Nilai MSE} &= ((X_3 - F_3)^2 + (X_4 - F_4)^2) / 2 \\ &= ((7.93 - 7.94)^2 + (7.94 - 7.97589)^2) / 2 \\ &= 0.000228605 \end{aligned}$$

Untuk proses perhitungan dengan nilai  $\alpha = (0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9)$  dan  $\beta = (0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9)$  mulai dari perhitungan pemulusan tunggal hingga MSE sama seperti proses di atas. Adapun nilai MSE dari tiap kombinasi nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Nilai MSE tiap kombinasi  $\alpha$  dan  $\beta$

		$\alpha$								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$\beta$	0.1	0.00022861	0.00020842	0.00018945	0.00017168	0.00015513	0.00013978	0.00012565	0.00011272	0.000101005
	0.2	0.00022672	0.00020488	0.00018448	0.00016552	0.000148	0.00013192	0.00011728	0.00010408	0.00009232
	0.3	0.00022485	0.00020138	0.00017961	0.00015952	0.00014113	0.00012442	0.00010941	0.00009608	0.000084445
	0.4	0.00022298	0.00019792	0.00017482	0.00015368	0.0001345	0.00011728	0.00010202	0.00008872	0.00007738
	0.5	0.00022113	0.0001945	0.00017013	0.000148	0.00012813	0.0001105	9.5125E-05	0.000082	0.000071125
	0.6	0.00021928	0.00019112	0.00016552	0.00014248	0.000122	0.00010408	0.00008872	0.00007592	0.00006568
	0.7	0.00021745	0.00018778	0.00016101	0.00013712	0.00011613	0.00009802	8.2805E-05	0.00007048	0.000061045
	0.8	0.00021562	0.00018448	0.00015658	0.00013192	0.0001105	0.00009232	0.00007738	0.00006568	0.00005722
	0.9	0.00021381	0.00018122	0.00015225	0.00012688	0.00010513	0.00008698	7.2445E-05	0.00006152	0.000054205

Dari Tabel 3.6 dapat dilihat bahwa kombinasi nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  yang menghasilkan nilai MSE terkecil adalah kombinasi nilai  $\alpha = 0.9$  dan  $\beta = 0.9$ . Maka dari itu masing-masing nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  yang digunakan adalah 0.9.

## 2. Mencari nilai pemulusan tunggal dan *trend*

$$\alpha = 0.9 \text{ dan } \beta = 0.9$$

Perhitungan nilai pemulusan ke-2

$$A_2 = (0.9 * 7.92) + (1 - 0.1) * (7.9 + 0.02)$$

$$A_2 = 7.92$$

Perhitungan estimasi pemulusan ke-2

$$T_2 = 0.9(7.92 - 7.90) + (1 - 0.9)0.02$$

$$T_2 = 0.02$$

Peramalan perhitungan data ke-3

$$F_3 = 7.92 + (0.02 * 1)$$

$$F_3 = 7.94$$

Perhitungan nilai pemulusan ke-3

$$A_3 = (0.9 * 7.94) + (1 - 0.9) * (7.92 + 0.02)$$

$$A_3 = 7.931$$

Perhitungan estimasi pemulusan ke-3

$$T3 = 0.9(7.93-7.92)+(1-0.9)0.02$$

$$T3 = 0.0119$$

Peramalan perhitungan data ke-4

$$F4 = 7.931+(0.0119*1)$$

$$F4 = 7.9429$$

Perhitungan nilai pemulusan ke-4

$$A4 = (0.9*7.94)+(1-0.1)*(7.931+0.0119)$$

$$A4 = 7.940$$

Perhitungan estimasi pemulusan ke-4

$$T4 = 0.9(7.940-7.931)+(1-0.9)0.02$$

$$T4 = 0.00955$$

Peramalan perhitungan data ke-5

$$F5 = 7.940+(0.00955*1)$$

$$F5 = 7.94955$$

Jadi, prediksi untuk data kelima dari data-data yang telah diketahui adalah 7.94955.

### **3.6. Implementasi**

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).

#### **3.6.1.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.

#### **3.6.2.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*.

### **3.6.3.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.

## **3.7. 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.

### **3.7.1.Pengujian Perangkat Keras**

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

### **3.7.2.Pengujian Monitoring Kualitas Air di Tambak 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*.

### 3.7.3. 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 *Early Warning System* (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:

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|e_i|}{x_i} \times 100\%}{n} = \frac{\sum \frac{|X_i - F_i|}{x_i} \times 100\%}{n} \quad (2-5)$$

Kemampuan sebuah metode melakukan *forecasting* dikatakan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10% dan mempunyai kemampuan melakukan *forecasting* yang baik jika nilai MAPE kurang dari 20% [20].

### 3.8. Dokumentasi dan Laporan

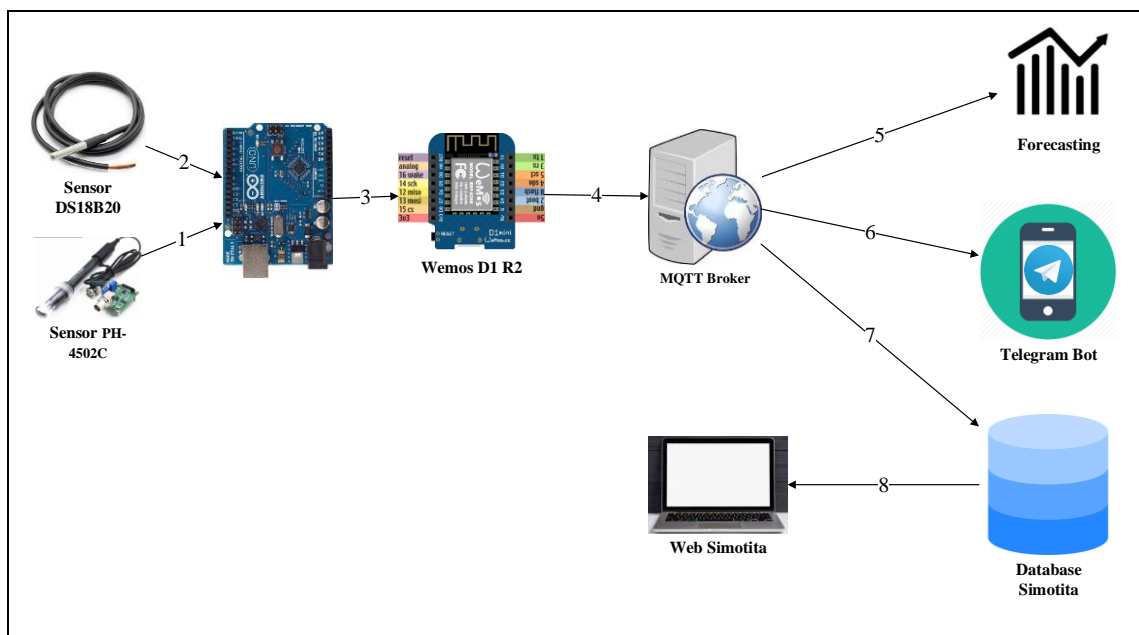
Pada tahap dokumentasi dan laporan, hasil dari pengujian sistem akan didokumentasikan dan diambil kesimpulan berdasarkan dokumentasi tersebut. Kesimpulan yang telah didapatkan akan dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan selanjutnya.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Realisasi Arsitektur Sistem

Pada bab ini, akan membahas alur sistem secara keseluruhan dari penelitian “Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname”. Realisasi arsitektur yang dilakukan telah dibuat sesuai dengan perancangan yang dijabarkan pada bab sebelumnya Adapun bagian-bagian dari penelitian ini yaitu sekumpulan perangkat keras (*hardware*) IoT. Adapun realisasi arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 4.1.



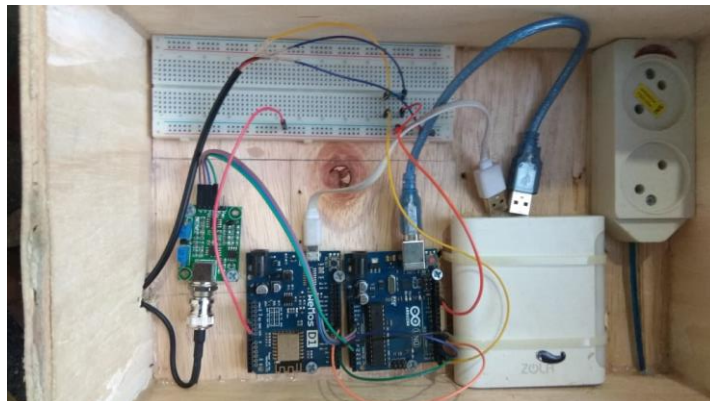
Gambar 4.1 Realisasi arsitektur sistem.

Pada Gambar 4.1 merupakan implementasi arsitektur dari penelitian yang dilakukan. Adapun pada proses (1) dan (2) merupakan proses mengirim data yang didapat dari sensor PH4502-C sebagai sensor pH air dan DS18B20 sebagai sensor suhu air ke *microcontroller* Arduino Uno. Hal ini dilakukan karena sensor PH4502-C hanya bisa diakses oleh *microcontroller* jenis Arduino. Setelah data didapat dari sensor yang terhubung ke Arduino Uno akan diteruskan menuju *microcontroller* Wemos D1 R2 seperti terlihat pada proses (3). Kemudian setelah data diterima oleh Wemos D1 R2 data-data tersebut akan di *publish* ke MQTT *Broker*, seperti yang terdapat pada proses (4). Adapun jenis MQTT *Broker* yang digunakan yaitu *paho-mqtt*. Setelah itu, di MQTT *Broker* akan melakukan proses *forecasting* atau prediksi untuk memperkirakan data selanjutnya dari pH dan suhu air di tambak seperti yang ditunjukkan pada proses ke (5).

Pada proses (6) apabila dari hasil prediksi nilai data yang didapat berada di luar batas yang ditentukan, MQTT *broker* akan mengirimkan notifikasi kepada pemilik tambak melalui Telegram Bot. Pada proses (7) data-data yang diolah oleh MQTT *Broker* seperti data dari sensor pH dan suhu air, data hasil *forecasting* dan lain-lain akan disimpan ke dalam *database*. Untuk proses monitoring tambak, menentukan batas parameter akan ditampilkan melalui *web* Simotita, seperti yang ditunjukkan pada proses (8).

#### 4.2. Realisasi Penyusunan Perangkat Keras

Realisasi penyusunan perangkat keras dari “Implementasi IoT Untuk EWS Menggunakan *Forecasting* Metode DES Model Holt Pada Tambak Udang Vaname” mengacu pada rancangan perangkat keras yang terdapat pada bab sebelumnya. Realisasi perangkat keras yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.2 Realisasi penyusunan perangkat keras.

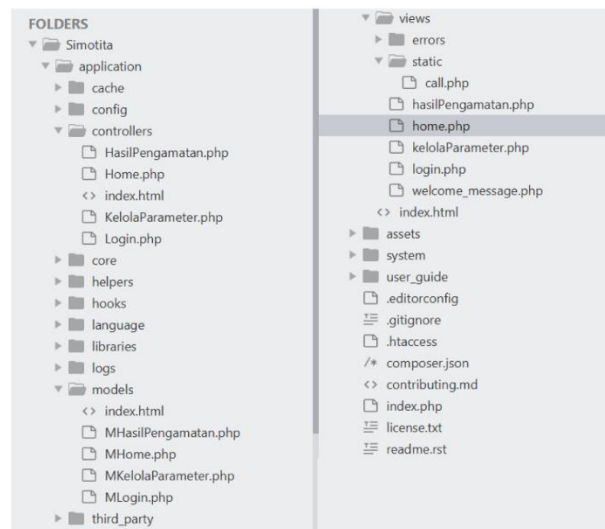
Pada Gambar 4.1 terdapat 7 alat yang dihubungkan menjadi sebuah perangkat untuk melakukan monitoring secara otomatis pada tambak udang vaname. Adapun alat-alat tersebut terdiri dari Arduino Uno, Wemos D1 R2, sensor pH meter, sensor DS18B20, *breadboard*, *powerbank*, *charger* dan *cokrol*. Fungsi dari masing-masing yaitu sebagai berikut :

1. 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.
2. 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.

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

### 4.3. Realisasi Pembangunan Web

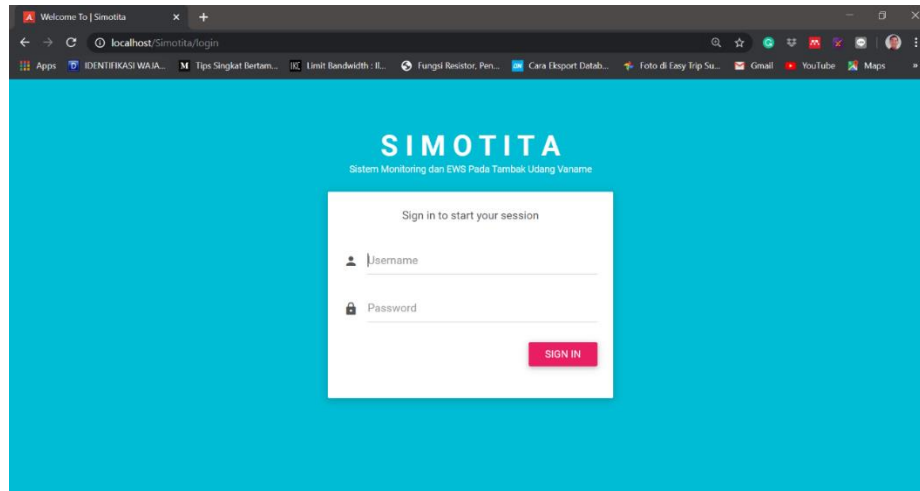
Realisasi pembangunan sistem monitoring dan EWS pada tambak udang vaname secara otomatis dibuat sesuai dengan perancangan pada bab sebelumnya. Bahasa yang digunakan dalam pembangunan web ini adalah menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework CodeIgniter*. Struktur *folder* yang terdapat pada *CodeIgniter* dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4. 3 *Folder* Struktur pembangunan *web* dengan *CodeIgniter*.

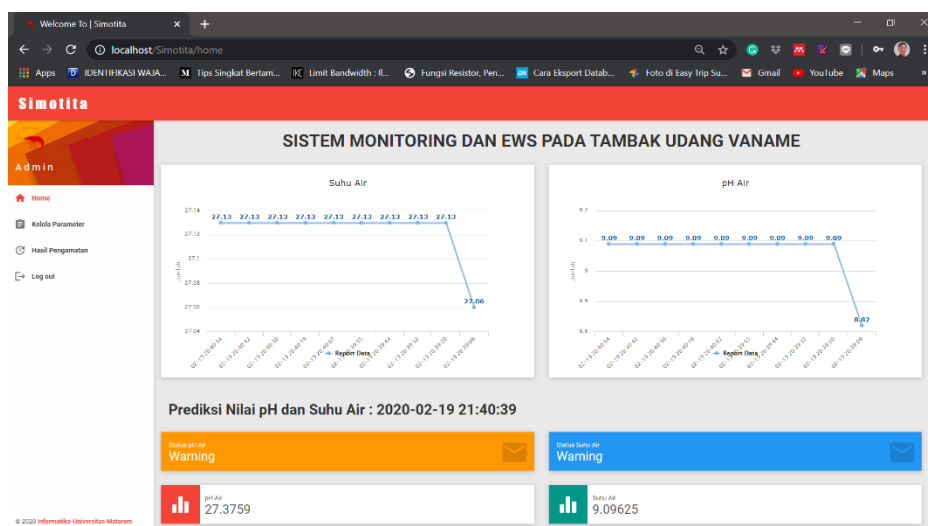
### 4.4. Realisasi Interface Sistem

Dalam pembuatan *web* sistem monitoring dan EWS pada tambak udang vaname digunakan bahasa PHP dengan *framework Codeigniter*. Seperti yang telah dijelaskan pada *use case* diagram Gambar 3.6 pada bab sebelumnya. Terdapat satu aktor atau pengguna yang menjalankan sistem yaitu pemilik tambak udang. Berikut ini adalah realisasi dari *interface* sistem monitoring dan EWS pada tambak udang vaname.



Gambar 4.4 Halaman *login* sistem.

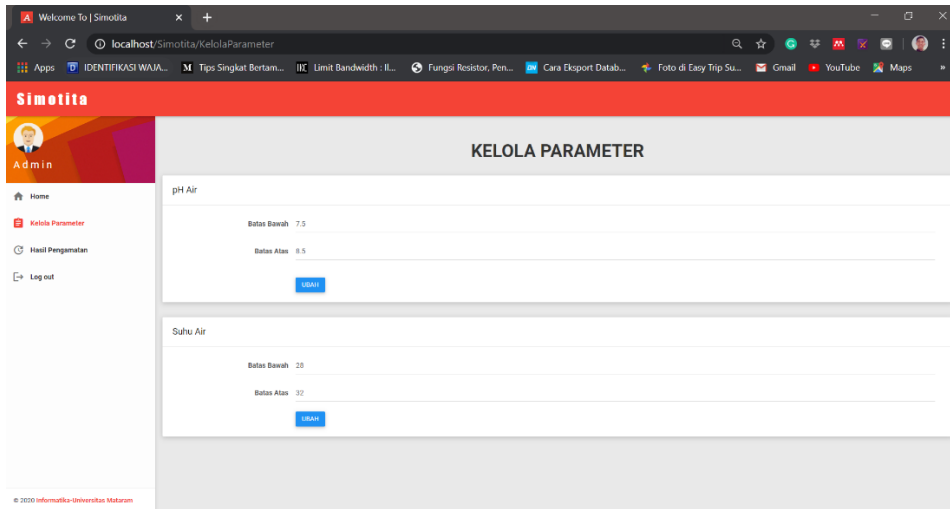
Pada Gambar 4.3 merupakan halaman *login* dari pengguna. Pada halaman *login* pengguna akan diminta memasukkan *username* dan *password* sesuai dengan data yang telah tersimpan di *database*. Jika berhasil, pengguna akan diarahkan ke halaman *dashboard*. Jika tidak, pengguna akan diarahkan ke halaman *login* dan akan diminta untuk memasukkan *username* dan *password* lagi.



Gambar 4.5 Halaman *dashboard* sistem.

Pada Gambar 4.4 merupakan halaman *dashboard* sistem. Halaman *dashboard* merupakan tampilan yang akan muncul pertama kali setelah admin berhasil masuk ke sistem. Pada halaman *dashboard* terdapat grafik berbentuk *line* atau garis yang digunakan untuk memonitoring 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.





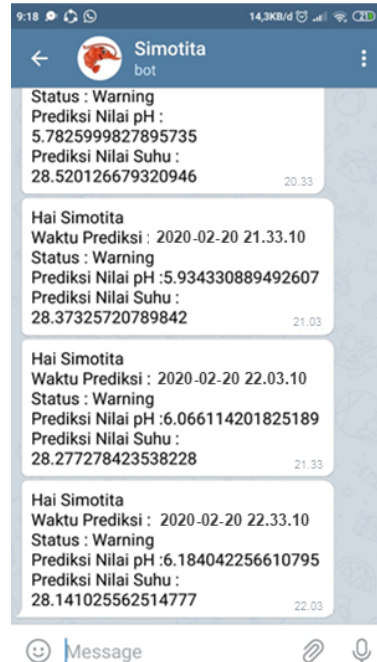
Gambar 4.6 Halaman kelola parameter sistem.

Pada Gambar 4.5 merupakan halaman kelola parameter sistem. Pada halaman ini, 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 pada status aman atau bahaya.

Waktu & Tanggal	pH Air	Suhu Air	Prediksi (pH Air)	Prediksi (Suhu Air)	Status (pH Air)	Status (Suhu Air)
2020-02-18 18:42:12	0	0	0	0	Warning	Warning
2020-02-18 18:42:24	0	0	0	0	Warning	Warning
2020-02-18 18:42:36	7.23	26.31	26.0469	7.1577	Warning	Warning
2020-02-18 18:42:48	7.23	26.31	26.0753	7.87068	Warning	Warning
2020-02-18 18:42:59	7.23	26.31	26.7202	7.88371	Warning	Warning
2020-02-18 18:43:11	7.23	26.25	26.4335	7.85335	Warning	Warning
2020-02-18 18:43:23	7.23	26.37	26.3468	7.77503	Warning	Warning
2020-02-18 18:43:34	7.23	26.31	26.0968	7.71994	Warning	Warning
2020-02-18 18:43:19	0	0	1.8661	0.512641	Warning	Warning
2020-02-18 18:43:31	0	0	0.925116	0.234227	Warning	Warning
Waktu & Tanggal	pH Air	Suhu Air	Prediksi (pH Air)	Prediksi (Suhu Air)	Status (pH Air)	Status (Suhu Air)

Gambar 4.7 Halaman hasil pengamatan sistem.

Pada Gambar 4.6 merupakan halaman yang digunakan untuk melihat hasil pengamatan dari sistem. 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 4.8 Halaman notifikasi Telegram sistem.

Pada Gambar 4.7 merupakan tampilan halaman telegram pengguna. Sistem akan mengirimkan notifikasi kepada pengguna secara otomatis ketika hasil prediksi untuk data selanjutnya dari pH air dan suhu air berada di luar ambang batas yang ditentukan.

#### 4.5. Realisasi Pembangunan Program pada *Microcontroller*

Realisasi 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. Berikut merupakan penjelasan *source code* program pada *microcontroller* Arduino Uno dan Wemos D1 R2.

##### 4.5.1. Source Code di *Microcontroller* Arduino Uno

```
#include <stdlib.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <SoftwareSerial.h>
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk memasukkan *library* yang akan digunakan. Adapun *library* yang digunakan pada program ini yaitu "#include <stdlib.h>"

merupakan *library* C untuk melakukan konversi data seperti data *string* ke integer, dan lain-lain, “#include <OneWire.h>” dan “#include <DallasTemperature.h>” merupakan *library* untuk modul sensor suhu air dan “#include <SoftwareSerial.h>” merupakan *library* untuk komunikasi data antara Arduino Uno dan Wemos D1 R2.

```
SoftwareSerial s(5, 6);
SoftwareSerial t(3, 4);
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk membuat komunikasi serial mengirim data dari Arduino Uno ke Wemos D1 R2. *Script* “SoftwareSerial s(5, 6);” untuk membuat mendeklarasikan secara global variabel s dengan pin digital 5 sebagai RX dan pin digital 6 sebagai TX. Kemudian *script* “SoftwareSerial t(3, 4);” untuk membuat mendeklarasikan secara global variabel “t” dengan pin digital 3 sebagai RX dan pin digital 4 sebagai TX.

```
#define ONE_WIRE_BUS D1
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
float suhu;
DallasTemperature sensorSuhu(&oneWire);
```

*Script* di atas berfungsi untuk mendefinisikan objek-objek *library* yang telah dimasukkan sebelumnya. Adapun objek-objek *library* yang didefinisikan yaitu *library* “ONE\_WIRE\_BUS D1” berfungsi untuk mendefinisikan sensor DS18B20 diletakkan di pin D1, *library* “OneWire” didefinisikan dengan variabel “oneWire”, *library* “DallasTemperature” didefinisikan dengan variabel “sensorSuhu”.

```
const int phmeter = A0;
int phValue = 0;
unsigned long int avgValue;
float b;
int buf[10], temp;
float nilaiph;
```

*Script* di atas berfungsi untuk mendeklarasikan variabel-variabel yang dibutuhkan untuk mengolah data yang didapat oleh sensor PH4502-C. Adapun sensor pH air diletakkan di pin A0.

```
void setup() {
  s.begin(9600);
  t.begin(9600);
}
```

*Script* di atas merupakan *script* fungsi “void setup()” untuk mengatur modul-modul yang digunakan sesuai dengan *library* yang telah dimasukkan sebelumnya. “s.begin(9600)” merupakan perintah untuk mulai menjalankan komunikasi serial pada variabel “s”. “t.begin(9600)” merupakan perintah untuk mulai menjalankan komunikasi serial pada variabel “t”.

```
for(int i=0;i<10;i++)
```

```

{
  buf[i]=analogRead(A0);
  delay(10);
}
for(int i=0;i<9;i++)
{
  for(int j=i+1;j<10;j++)
  {
    if(buf[i]>buf[j])
    {
      temp=buf[i];
      buf[i]=buf[j];
      buf[j]=temp;
    }
  }
}
avgValue=0;
for(int i=2;i<8;i++)
avgValue+=buf[i];
float pHVol=(float)avgValue*5.0/1024/6;
nilaiph= -5.70 * pHVol + 21.34;
Serial.print("sensor ph = ");
Serial.println(nilaiph);

```

*Script* di atas merupakan *script* yang digunakan untuk mengambil data atau nilai yang didapat dari sensor PH4502-C secara analog. Adapun pertama akan dicek berapa nilai voltase yang masuk ke arduino. Kemudian akan dilakukan pengambilan nilai analog yang terbaca dari sensor pH yang diletakkan pada pin A0 sebanyak 10 kali. Kemudian dari 10 data yang diambil akan dilakukan *sorting* atau pengurutan dari yang terkecil hingga terbesar. Setelah diurutkan akan diambil enam nilai tengah dengan menyisihkan dua nilai terkecil dan dua nilai terbesar yang ada. Enam data yang tersisa akan dicari nilai rata-ratanya kemudian akan dikonversi ke nilai *millivolt*. Dari nilai *millivolt* yang telah didapat akan dikonversi lagi ke nilai pH. Nilai pH yang didapatkan akan disimpan dalam variabel “nilaiph”.

```

Value = dtostrf(pHValue, 4, 2, buff2);
valueString = valueString + Value;

s.println(valueString);
valueString = "";

```

*Script* di atas merupakan *script* untuk mengirimkan data sensor pH dari Arduino Uno ke Wemos D1 R2. Sebelum dikirim, data dari sensor yang awalnya bertipe *float* akan diubah menjadi *string* dengan menggunakan “*dtostrf()*”. Setelah itu, data akan dikirim ke Wemos D1 R2 melalui serial monitor “s” yang telah dideklarasikan sebelumnya.

```

sensorSuhu.requestTemperatures();
suhu = sensorSuhu.getTempCByIndex(0);
Serial.print("Suhu :");
Serial.println(suhu);

```

*Script* di atas merupakan *script* yang digunakan untuk mengambil data atau nilai yang didapat dari sensor DS18B20 menggunakan *library* yang telah dideklarasikan pada *script* sebelumnya. Adapun nilai yang didapatkan akan disimpan dalam variabel “suhu”.

```
ValueSuhu = dtostrf(suhu, 4, 2, buffSuhu);
valueStringSuhu = valueStringSuhu + ValueSuhu;
t.println(valueStringSuhu);
valueStringSuhu = "";
delay(1800000);
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk mengirimkan data sensor suhu DS18B20 di Arduino Uno ke Wemos D1 R2. Sebelum dikirim, data dari sensor yang awalnya bertipe *float* akan diubah menjadi *string* dengan menggunakan “*dtostrf()*”. Setelah itu, data akan dikirim ke Wemos D1 R2 melalui serial monitor “*t*” yang telah dideklarasikan sebelumnya. Adapun *script* ini merupakan *script* terakhir dari fungsi “*loop()*” dimana untuk pengulangannya dilakukan setiap 1.800 detik atau setengah jam.

#### 4.5.2. Source Code di *Microcontroller* Wemos D1 R2

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <SoftwareSerial.h> //Included SoftwareSerial Library
//Started SoftwareSerial at RX and TX pin of ESP8266/NodeMCU
SoftwareSerial s(D6, D5);
SoftwareSerial t(D4, D3);
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk memasukkan *library* yang akan digunakan. Adapun *library* yang digunakan pada program ini yaitu “*#include "ESP8266Wifi.h"*” merupakan *library* untuk modul ESP8266 pada Wemos D1 R(2), “*#include <SoftwareSerial.h>*” merupakan *library* untuk komunikasi data antara Arduino Uno dan Wemos D1 R2 dan “*#include <PubSubClient.h>*” merupakan *library* untuk *publish* dan *subscribe* MQTT broker.

```
SoftwareSerial s(5, 6);
SoftwareSerial t(3, 4);
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk membuat komunikasi serial mengirim data dari Arduino Uno ke Wemos D1 R2. *Script* “*SoftwareSerial s(5, 6);*” untuk membuat mendeklarasikan secara global variabel “*s*” dengan pin digital 5 sebagai RX dan pin digital 6 sebagai TX. Kemudian *script* “*SoftwareSerial t(3, 4);*” untuk membuat mendeklarasikan secara global variabel “*t*” dengan pin digital 3 sebagai RX dan pin digital 4 sebagai TX.

```
String data;
String IpH;
String myString; // complete message from arduino, which consists of
sensors data
char rdata; // received characters
```

```
//Suhu punya
String dataSuhu;
String ISuhu;
String myStringSuhu;
char rdataSuhu;
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk mendeklarasikan beberapa variabel yang dibutuhkan untuk menampung data nilai sensor pH dan suhu air yang dikirimkan oleh Arduino Uno ke Wemos D1 R2.

```
const char* ssid = "Redmi Note 4";
const char* password = "qwerty123";
const char* mqtt_server = "broker.hivemq.com";
const char* clientID = "A010";

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk mendeklarasikan variabel-variabel *wifi* dan MQTT yang akan digunakan *microcontroller* Wemos D1 R(2) dengan modul ESP8266 untuk terhubung dengan jaringan internet dan MQTT *broker*. “ssid” merupakan variabel untuk menampung nama jaringan *wifi*, “password” merupakan variabel untuk menampung password jaringan *wifi* yang digunakan, “mqtt\_server” merupakan variabel untuk menampung alamat *broker* MQTT yang digunakan sebagai tempat menyimpan data, “clientID = “A010”” merupakan variabel yang digunakan untuk mendeklarasikan *client ID* di alamat *broker* MQTT di “A010”.

```
void setup() {
  s.begin(9600);
  t.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, 1883);
  client.setCallback(callback);
```

*Script* di atas merupakan *script* fungsi “void setup()” untuk mengatur modul-modul yang digunakan sesuai dengan *library* yang telah dimasukkan sebelumnya. “s.begin(9600)” merupakan perintah untuk mulai menjalankan komunikasi serial pada variabel “s”. “t.begin(9600)” merupakan perintah untuk mulai menjalankan komunikasi serial pada variabel “t”. “setup\_wifi()” merupakan pengaturan untuk memanggil fungsi “setup\_wifi” dan “client.setServer” merupakan pengaturan untuk mengatur *server* yang digunakan dengan parameter nilai variabel “mqtt\_server” dan *port* 1883. “client.setCallback(callback)” digunakan untuk memanggil fungsi menerima pesan dari pengguna ke Wemos.

```
void loop() {
  //connection to mqtt broker
  if (!client.connected()) {
    reconnect();
```

```

}
client.loop();

// publish data ke MQTT Broker
String celcius = "";
String ph = "";
client.publish("SiMoTiTa/clientID", clientID);
if (t.available() > 0)
{
  rdataSuhu = t.read();
  myStringSuhu = myStringSuhu + rdataSuhu;
  Serial.print(rdataSuhu);

  if ( rdataSuhu == '\n')
  {
    celcius += myStringSuhu;
    client.publish("SiMoTiTa/celcius", (char*) celcius.c_str());
    ISuhu = getValueSuhu(myStringSuhu, '.' , 0);
    myStringSuhu = "";
  }
}
if (s.available() > 0)
{
  rdata = s.read();
  myString = myString + rdata;
  Serial.print(rdata);
  if ( rdata == '\n')
  {
    ph += myString;
    client.publish("SiMoTiTa/ph", (char*) ph.c_str());
    IpH = getValueSuhu(myString, '.' , 0);
    myString = "";
  }
}
Delay(1800000);
}

```

*Script* di atas merupakan *script* fungsi “void loop()” untuk melakukan pengulangan dalam pembacaan nilai sensor-sensor yang dikirimkan oleh Arduino ke Wemos D1 R2. Jika data yang dikirimkan berhasil diterima oleh Wemos D1 R2, sistem akan membaca masing-masing data, baik data suhu air dan pH air. Sejak awal dijalankan, Wemos D1 R2 akan mencoba terhubung dengan *internet* dan *MQTT broker*. Setelah proses pembacaan data-data yang didapat dari sensor selesai, kemudian *microcontroller* akan mem-*publish* ke *MQTT broker* yang telah ditentukan. Adapun nilai-nilai yang akan di-*publish* diantaranya yaitu *client ID*, nilai suhu air dan pH air. Adapun *delay* pengiriman data selama 1800 detik(setengah jam).

```

void setup_wifi() {
  delay(10);
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);
}

```

```

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());

if (client.connect(clientID)) {
  Serial.println("Connected to MQTT Broker!");
}
else {
  Serial.println("Connection to MQTT Broker failed...");
}
}

```

*Script* di atas merupakan *script* fungsi “void setup\_wifi()” untuk mengatur proses koneksi *microcontroller* Wemos D1 R(2) dengan jaringan internet dan MQTT yaitu dengan mengambil nilai variabel “ssid” dan “password” yang telah dideklarasikan sebelumnya. Apabila tidak terhubung, pada serial monitor akan tercetak “Connection to MQTT Broker failed...”.

```

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
}

```

*Script* ini digunakan untuk membuat fungsi yang digunakan untuk menerima pesan dari pengguna ke Wemos.

```

void reconnect() {
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Attempting MQTT connection...");
    if (client.connect(clientID)) {
      Serial.println("connected");
      client.publish("Simotita/coba", "hello world");
    } else {
      Serial.print("failed, rc=");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println(" try again in 5 seconds");
      delay(5000);
    }
  }
}
}

```

*Script* di atas merupakan *script* fungsi “void reconnect()” untuk mengatur proses koneksi kembali *microcontroller* Wemos D1 (R2) dengan jaringan *internet* dan MQTT dengan *delay* 5 detik.

```

String getValue(String data, char separator, int index)
{
  int found = 0;
  int strIndex[] = { 0, -1 };
  int maxIndex = data.length() - 1;

  for (int i = 0; i <= maxIndex && found <= index; i++) {

```



```

if (data.charAt(i) == separator || i == maxIndex) {
    found++;
    strIndex[0] = strIndex[1] + 1;
    strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i + 1 : i;
}
}
return found > index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) :
"";
}

```

*Script* di atas merupakan fungsi untuk menerima data setiap kali dikirimkan oleh Arduino Uno. Fungsi ini dibuat karena keterbatasan dari *library* “SoftwareSerial” yang hanya mampu mengirimkan data secara satu per satu(per karakter). Ketika pembacaan data sudah sampai di akhir, kemudian data akan dikembalikan bentuk *string*. Adapun *script* di atas adalah untuk sensor pH. Masing-masing sensor dibuatkan fungsi untuk menerima data dari Arduino Uno.

#### 4.6. Realisasi Pembangunan Arsitektur Komunikasi Data MQTT

Pada tahap realisasi pembangunan arsitektur komunikasi data MQTT ini dilakukan pada *microcontroller* untuk *publish* data ke *broker* dan menggunakan bahasa pemrograman *Python* untuk *subscribe* atau mengambil data dari *broker* dan menyimpannya ke *database*. Berikut merupakan penjelasan *source code* program di MQTT.

##### 4.6.1. Source Code untuk Publish Data ke Broker

```

String celcius = "";
celcius += suhu;
String ph = "";
ph += nilaiph;

client.publish("SiMoTiTa/clientID", clientID);
client.publish("SiMoTiTa/celcius", (char*) celcius.c_str());
client.publish("SiMoTiTa/ph", (char*) ph.c_str());
delay(1800000);
}

```

*Script* di atas merupakan bagian *script* fungsi “void loop()” pada program *microcontroller* yang digunakan untuk mem-*publish* hasil perhitungan nilai sensor *client* ID ke MQTT *broker* dengan masing-masing topik yang dikirim yaitu “SiMoTiTa/clientID”, “test/gas”, “SiMoTiTa/celcius” dan “SiMoTiTa/ph”. Data yang dikirim yaitu dalam bentuk *string* dengan *delay* pengiriman data 1800 detik atau setengah jam. Fungsi ini akan berjalan jika *microcontroller* Wemos D1 R2 yang sudah terhubung dengan internet dan MQTT *broker*.

##### 4.6.2. Source Code untuk Subscribe Data dari Broker

```

import paho.mqtt.client as mqtt
import pymysql
import time

```

*Script* di atas berfungsi memanggil *library* yang akan digunakan. Adapun *library* yang digunakan pada program ini yaitu “paho.mqtt.client as mqtt” merupakan *library* yang berfungsi untuk melakukan komunikasi melalui protokol MQTT yakni menjalankan aktivitas *publish* dan *subscribe*, “pymysql” merupakan *library* yang berfungsi untuk mengakses dan menjalankan fungsi yang berkaitan dengan *database* MYSQL dan “time” merupakan *library* yang berfungsi untuk mengakses dan menjalankan fungsi yang berkaitan dengan waktu.

```
nilaiSuhu = '';  
nilaipH = '';  
clientID = '';
```

*Script* di atas merupakan *script* yang digunakan untuk mendeklarasikan variabel-variabel yang digunakan pada program. Adapun variabel yang digunakan yaitu “nilaiSuhu”, “nilaipH” dan “clientID” dengan masing-masing memiliki tipe data *string*.

```
# Open database connection  
db = pymysql.connect("localhost","root","","simotita" )  
# prepare a cursor object using cursor() method  
cursor = db.cursor()
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk membuat koneksi dengan *database*. Koneksi ini dibuat untuk memanggil fungsi “connect” dengan parameternya yaitu *host*, *username*, *password*, dan nama *database*. Adapun untuk menyiapkan sebuah objek kursor pada *database* menggunakan method “cursor()”.

```
def on_connect(client, userdata, flags, rc):  
    print("Connected With Result Code {}".format(rc))  
    client.subscribe("clientID")  
    client.subscribe("SiMoTiTa/celcius")  
    client.subscribe("SiMoTiTa/ph")  
  
def on_disconnect(client, userdata, rc):  
    print("Disconnected From Broker")
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk membuat fungsi yang dapat mmengambil pesan berupa data dari MQTT *broker* yang dibawa oleh topik yang telah ditentukan. Adapun topik yang digunakan dalam fungsi ini yaitu “clientID”, “SiMoTiTa/celcius”, dan “SiMoTiTa/ph”.

```
def on_message_id(client, userdata, message):  
    global clientID  
    print("(Subscribe) Menerima Data ID:")  
    print(message.payload.decode())  
    #print(message.topic)  
    clientID = message.payload.decode()  
  
def on_message_suhu(client, userdata, message):  
    global nilaiSuhu  
    print("(Subscribe) Menerima Data Suhu:")
```

```

print(message.payload.decode())
#print(message.topic)
nilaiSuhu = message.payload.decode()

def on_message_ph(client, userdata, message):
    global nilaipH
    print("(Subscribe) Menerima Data pH:")
    print(message.payload.decode())
    nilaipH = message.payload.decode()

```

*Script* di atas merupakan *script* untuk membuat fungsi yang dapat menerima dan membaca pesan dari topik yang telah ditentukan sebelumnya yang disimpan dalam variabel “clientID”, “nilaiSuhu” dan “nilaipH”.

```

broker_address = "broker.hivemq.com"
broker_portno = 1883
client = mqtt.Client()
mqtt.Client.connected flag=False

```

*Script* di atas merupakan *script* untuk mendeklarasikan variabel-variabel yang akan digunakan membangun komunikasi melalui protokol MQTT. “Broker\_address” merupakan alamat *broker* MQTT, “Broker\_portno” merupakan *port* yang digunakan untuk mengakses *broker* dan “Client” merupakan pembuatan objek MQTT *client*.

```

client.on_connect = on_connect
client.on_disconnect = on_disconnect
client.message_callback_add("SiMoTiTa/clientID", on_message_id)
client.message_callback_add("SiMoTiTa/celcius", on_message_suhu)
client.message_callback_add("SiMoTiTa/ph", on_message_ph)

```

*Script* di atas merupakan *script* fungsi “message\_callback\_add()” yang memiliki parameter topik dan fungsi dan digunakan untuk membaca pesan pada masing-masing topik tersebut.

```

client.connect(broker_address, broker_portno)
client.loop_start()

```

*Script* di atas merupakan *script* yang digunakan untuk memulai koneksi menggunakan protokol MQTT dengan fungsi “connect” yang memiliki parameter berupa variabel “broker\_address” dan “broker\_portno” yang telah dideklarasikan sebelumnya. *Script* “client.loop\_start()” digunakan untuk membuat sebuah perintah berulang terhadap *script code* yang ada di dalam fungsi “loop” tersebut.

```

while not client.connected_flag:
    now = time.strftime('%Y-%m-%d %H-%M-%S')
    timeForecast = pendulum.now(tz='Asia/Jayapura')
    time_forecast = timeForecast.format('YYYY-MM-DD HH:mm:ss')

    tmp= "SELECT id_hasil_pengamatan FROM hasil_pengamatan ORDER
BY id_hasil_pengamatan DESC LIMIT 1"
    cursor.execute(tmp)
    tmpNew= list(cursor.fetchall())
    tmpAll = pd.DataFrame(tmpNew)
    tmpIdForecast = int(tmpAll[0])

```

```

sql = "INSERT INTO hasil_pengamatan(id_hasil_pengamatan,
hasil_pH_air, hasil_suhu_air, waktu_hasil, id_hasil_forecast) \
VALUES ('%s', '%s', '%s', '%s', '%s')" % \
('', nilaiSuhu, nilaipH, now, (tmpIdForecast+1))

```

*Script* di atas merupakan *script* yang digunakan untuk mendeklarasikan variabel “now” dan “timeforecast” yang digunakan untuk mengambil data tanggal dan waktu sekarang dari *server* dan waktu yang akan diprediksi serta variabel serta “sql” yang merupakan *query* untuk mengirim data yang sudah didapat ke *database*.

```

try:
# Execute the SQL command
    cursor.execute(sql)
# Commit your changes in the database
    db.commit()
except:
# Rollback in case there is any error
    db.rollback()

```

*Script* di atas merupakan *script* yang digunakan untuk mengeksekusi *script* “sql” yang telah dibuat sebelumnya. Jika gagal mengeksekusi, program akan memanggil method “db.rollback()” untuk mengeksekusi kembali program yang mengalami *error*.

#### **4.7. Realisasi Pembangunan Early Warning System (EWS) dengan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Holt**

Realisasi pembangunan *Early Warning System*(EWS) dengan menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt dilakukan pada MQTT dengan menggunakan program *python*. Adapun pada tahap ini, terdapat dua program, yaitu *forecasting* menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt dan notifikasi via Telegram.

##### **4.7.1. Source Code Forecasting Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Holt**

Adapun untuk *source code forecasting* nilai pH dan nilai suhu selanjutnya memiliki *code* yang sama, namun dibedakan oleh variabel masing-masing proses *forecasting*. Adapun *source code forecasting* menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt sebagai berikut :

```

import pandas as pd
from pandas import DataFrame
import statsmodels.tsa.holtwinters as ets
import numpy as np
import datetime
import mysql.connector
import csv
import pendulum

```

*Script* di atas merupakan *script* untuk memasukkan *library* yang akan digunakan. Adapun *library* yang akan digunakan pada program ini yaitu “import pandas as pd”

untuk kebutuhan data analisis, manipulasi dan pembersihan data. *Script* “from pandas import DataFrame” untuk membaca *file* kemudian dijadikan sebuah *table*. Kemudian *script* “import statsmodels.tsa.holtwinters as ets” untuk mengakses *library* yang berhubungan dengan *exponential smoothing* model Holt. *Script* “import numpy as np” digunakan untuk melakukan operasi vektor dan matriks dengan mengolah *array* dan *array* multidimensi. *Script* “import datetime” digunakan untuk mengambil data tanggal dan waktu dari *server*. *Script* “import mysql.connector” digunakan untuk menghubungkan *database* dengan program. *Script* “import csv” digunakan untuk menulis dan membaca sebuah *file* yang berbentuk csv. *Script* “import pendulum” digunakan untuk memanipulasi sebuah data yang berbentuk *datetime*.

```
#get timestamp of 3 days ago until now
a= 3*24*3600
timestamp = int(time.time())
d3t = timestamp-a
```

*Script* di atas berfungsi untuk mendapatkan *timestamp* tiga hari yang lalu dan sekarang. Adapun *timestamp* tiga hari yang lalu disimpan dalam variabel “d3t” sedangkan *timestamp* hari ini disimpan dalam variabel “timestamp”.

```
#get data pH air
sqlpH = "SELECT hasil_pH_air FROM hasil_pengamatan WHERE
UNIX_TIMESTAMP(waktu_hasil) BETWEEN '%s' AND '%s'"
valpH = (d3t, timestamp, )
cursor.execute(sqlpH, valpH)

resultspH = cursor.fetchall()
```

*Script* di atas berfungsi untuk mendapatkan data dari *database* MySQL. Adapun data yang diambil yaitu data hasil pengamatan pH air air selama tiga hari dengan menggunakan “UNIX\_TIMESTAMP”. Kemudian “sqlpH” akan dieksekusi dan akan ditampung dalam variabel “resultspH”.

```
#save result pH of query to CSV
data_testpH = pd.DataFrame(list(resultspH))
data_testpH.to_csv('dataForecastpH.csv', index=None)
```

*Script* di atas berfungsi untuk mengubah hasil dari *query* yang disimpan dalam variabel “resultspH” ke dalam bentuk tabel. Setelah data diubah ke bentuk tabel, kemudian akan disimpan ke dalam sebuah *file* yang memiliki format csv.

```
#get data from CSV
csv_datasetpH = pd.read_csv("dataForecastpH.csv")
```

*Script* di atas digunakan untuk membaca isi dari *file* “dataForecastpH.csv” yang telah dibuat sebelumnya kemudian akan disimpan dalam variabel “csv\_datasetpH”.

```

#get optimal value alpha, gamma from best MSE(Mean Square Error)
optimal_alphapH = None
optimal_gammapH = None
best_msepH = None
dbpH = csv_datasetpH.iloc[:, :].values.astype('float32')
mean_results_for_all_possible_alpha_gamma_valuespH = np.zeros((9, 9))
for gammapH in range(0, 9):
    for alphapH in range(0, 9):
        ptpH = dbpH[0][0]
        btpH = dbpH[1][0] - dbpH[0][0]
        mean_for_alpha_gammapH = np.zeros(len(dbpH))
        mean_for_alpha_gammapH[0] = np.power(dbpH[0][0] - ptpH, 2)
        for i in range(1, len(dbpH)):
            temp_ptpH = ((alphapH + 1) * 0.1) * dbpH[i][0] + (1 -
((alphapH + 1) * 0.1)) * (ptpH + btpH)
            btpH = ((gammapH + 1) * 0.1) * (temp_ptpH - ptpH) + (1 -
((gammapH + 1) * 0.1)) * btpH
            ptpH = temp_ptpH
            mean_for_alpha_gammapH[i] = np.power(dbpH[i][0] - ptpH, 2)
        mean_results_for_all_possible_alpha_gamma_valuespH[gammapH][a
lphapH] = np.mean(mean_for_alpha_gammapH)
        optimal_gammapH, optimal_alphapH = np.unravel_index(
np.argmin(mean_results_for_all_possible_alpha_gamma_valuesp
H),
np.shape(mean_results_for_all_possible_alpha_gamma_valuespH))
optimal_alphapH = (optimal_alphapH + 1) * 0.1
optimal_gammapH = (optimal_gammapH + 1) * 0.1
best_msepH=np.min(mean_results_for_all_possible_alpha_gamma_valuespH)

```

*Script* di atas merupakan *script* yang berfungsi untuk mencari optimum nilai *alpha* dan *gamma* dengan mempertimbangkan nilai *Mean Square Error* (MSE) terkecil dari setiap kombinasi nilai *alpha* dan *gamma*. Data tiga hari sebelumnya yang telah diambil kemudian diolah pada *script* ini. Adapun rentang masing-masing nilai *alpha* dan *gamma* yaitu dari 0.1 hingga 0.9. Semua nilai MSE dihimpun dalam *array* “mean\_results\_for\_all\_possible\_alpha\_gamma\_valuespH”. Kombinasi nilai *alpha* dan *gamma* yang menghasilkan MSE terkecil akan dipilih untuk diolah ke tahap berikutnya.

```

ptpH = dbpH[0][0]
btpH = dbpH[1][0] - dbpH[0][0]
for i in range(1, len(dbpH)):
    temp_ptpH = optimal_alphapH * dbpH[i][0] + (1 - optimal_alphapH) *
(ptpH + btpH)
    btpH = optimal_gammapH * (temp_ptpH - ptpH) + (1 - optimal_gammapH)
* btpH
    ptpH = temp_ptpH

```

*Script* di atas merupakan *script* yang berfungsi untuk menentukan nilai pemulusan tunggal dan nilai *trend* dari data yang ada. Adapun untuk nilai pemulusan tunggal menggunakan nilai optimal *alpha* yang telah didapat sebelumnya. Nilai pemulusan

tunggal disimpan dalam variabel “ptpH”. Sedangkan untuk nilai *trend* menggunakan nilai optimal *gamma* yang telah didapat sebelumnya. Nilai *trend* disimpan variabel “btpH”.

```
next_pH= ptpH+(1*btpH)
```

*Script* di atas merupakan *script* yang berfungsi untuk memprediksi data selanjutnya menggunakan nilai pemulusan tunggal dan *trend* data yang telah didapat sebelumnya.

```
sql_pH = "SELECT batas_bawah_parameter, batas_atas_parameter FROM
parameter WHERE id_parameter = 1"
cursor.execute(sql_pH)
result_pH=cursor.fetchall()
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk mengambil nilai dari batas atas dan batas bawah dari parameter. Adapun parameter yang diambil adalah parameter pH air. Kemudian *query* tersebut dieksekusi dan akan ditampung ke dalam variabel “result\_pH”.

```
data_pH = pd.DataFrame(list(result_pH))
bb_pH = float(data_pH[0])
ba_pH = float(data_pH[1])
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk mengubah data yang telah ditampung oleh “result\_pH” yang awalnya berbentuk *list* akan diubah ke dalam bentuk *array*. Untuk batas bawah parameter akan disimpan ke dalam variabel “bb\_pH”, sedangkan batas atas parameter akan disimpan ke dalam variabel “ba\_pH”.

```
if(next_pH>=bb_pH and next_pH<=ba_pH):
    status_pH='Aman'
else:
    status_pH='Warning'
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk menentukan apakah data yang telah dikirimkan oleh sensor berada di antara batas yang telah ditentukan atau tidak. Jika aman, maka pada variabel “status\_pH” akan disimpan “Aman”. Sebaliknya, jika tidak aman maka variabel “status\_pH” akan disimpan “Warning”.

```
sqlForecast = "INSERT INTO hasil_forecast(id_hasil_forecast,
waktu_forecast, prediksi_pH_air, prediksi_suhu_air, status_pH_air,
status_suhu_air) \
VALUES ('%s', '%s', '%.2f', '%.2f', '%s', '%s')" % \
((tmpIdForecast+1), time_forecast, next_pH, next_Suhu, status_pH,
status_Suhu)
try:
# Execute the SQL command
cursor.execute(sqlForecast)
# Commit your changes in the database
db.commit()
except:
# Rollback in case there is any error
db.rollback()
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk menyimpan data yang telah diambil ke dalam tabel “hasil\_forecast” yang ada di *database*. Kemudian *query* akan dieksekusi dan data akan tersimpan di *database*.

#### 4.7.2. Source Code Notifikasi Via Telegram

```
import requests
```

*Script* di atas merupakan *script* untuk memasukkan *library* “requests” yang diperlukan untuk mengirimkan pesan ke telegram Bot yang telah disiapkan.

```
def telegram_bot_senddata_pH(waktu, parameter1, parameter2):

    bot_token = ''
    bot_chatID = '737845485'
    notifikasi = 'Tolong diperhatikan kondisi pH air pada tambak demi
kelangsungan udang vaname anda yaa.'
    send_text = 'https://api.telegram.org/bot' +
'857988240:AAHoTUaZItyt6hTKq26J4QEiRiLUiNND-xs' +
'/sendMessage?chat_id=' + bot_chatID + \
'&parse_mode=Markdown&text=' + 'Hai Simotita\n' +
'Waktu Prediksi : ' + waktu + '\nStatus : Warning on pH and Suhu' + \
'\nPrediksi Nilai pH : ' + parameter1 + '\nPrediksi
Nilai Suhu : ' + parameter2 + '\nPesan : ' + notifikasi

    response = requests.get(send_text)

    return response.json()
```

*Script* di atas merupakan *script* yang digunakan untuk membuat fungsi mengirimkan pesan teks ke Telegram Bot. Variabel “bot\_chatID” akan menyimpan ID dari Telegram Bot yang telah dibuat. “send\_text” merupakan variabel yang akan menampung alamat tujuan, ID Telegram Bot dan seluruh pesan yang akan dikirimkan ke Telegram Bot.

```
text_send_to_telegram = ''
if(status_Suhu=='Warning' and status_pH=='Warning'):
    telegram_all = telegram_bot_senddata_all(time_forecast,
str(next_pH), str(next_Suhu))
elif(status_pH=='Warning'):
    telegram_pH = telegram_bot_senddata_pH(time_forecast,
str(next_pH), str(next_Suhu))
elif(status_Suhu=='Warning'):
    telegram_suhu = telegram_bot_senddata_suhu(time_forecast,
str(next_pH), str(next_Suhu))
else :
    continue;
```

*Script* di atas merupakan *script* yang digunakan untuk mempertimbangkan hasil *forecasting* yang telah dihasilkan dari sistem berada di dalam ambang batas yang telah ditentukan atau tidak. Jika salah satu hasil *forecasting* parameter berada diluar ambang batas, maka sistem akan mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui Telegram Bot.



#### 4.8. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pengujian implementasi sistem monitoring dan EWS 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 sistem monitoring dan EWS pada tambak udang vaname.

##### 4.8.1. 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.

###### 1. Pengujian Sensor pH Meter

Pengujian sensor pH meter ini, sensor ditempatkan pada bagian dalam wadah yang telah dibuat. Melakukan pengujian terhadap sensor agar dapat membaca kadar pH air. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga jenis larutan *buffer* yang berbeda yaitu larutan asam, larutan netral, dan larutan basa. Nilai yang ditampilkan pada sensor PH4502-C akan dibandingkan dengan alat ukur pH manual. Dari hasil pengujian yang dilakukan didapat rata-rata persentase *error* sebesar 7.94% dari alat ukur pH manual sebagai nilai sebenarnya. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor pH meter

Larutan	Alat ukur pH manual (pH)	Sensor pH meter (pH)	Error	Persentase Error
Asam	4.5	4.0	0.5	11.11%
Netral	7	6.5	0.5	7.14%
Basa	9	8.5	0.5	5.56%
Rata-rata				7.94%

###### 2. Pengujian Sensor DS18B20

Pengujian sensor DS18B20 ini, sensor ditempatkan pada bagian dalam wadah yang dibuat. Kemudian akan diisikan dengan air dengan berbagai suhu. Nilai yang

ditampilkan pada sensor DS18B20 akan dibandingkan dengan Thermo 300. Dari sepuluh kali percobaan yang dilakukan, didapatkan rata-rata persentase *error* sebesar sebesar 3.79% dari alat ukur Thermo 300[21]. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor pH meter

No	Alat Ukur Thermo 300	Sensor DS18B20 (Suhu)	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%

#### 4.8.2. 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. Berikut merupakan hasil pengujian fitur *website* dan notifikasi via Telegram.

##### 1. Pengujian Fungsi *Login*

Pengujian fungsi *login* ini dilakukan untuk mengetahui apakah fungsi ini sudah berjalan dengan baik dan benar saat pengguna akan mengakses ke dalam sistem. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, fungsi sistem *login* sudah berjalan dengan baik dan benar. Tabel 4.3 di bawah ini merupakan hasil pengujian fungsi *login* yang telah dilakukan.

Tabel 4.3 Hasil pengujian fungsi *login*

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	<i>Form username</i> dan <i>password</i> diisi dengan data yang benar	Fungsi <i>login</i> berhasil masuk dan <i>user</i> akan diarahkan ke halaman beranda sistem	Sesuai	Valid

2.	<i>Form username</i> dan <i>password</i> diisi dengan data yang tidak benar	Fungsi <i>login</i> gagal dengan menampilkan <i>alert</i> dan <i>user</i> akan diarahkan kembali ke halaman <i>login</i> sistem	Sesuai	Valid
----	---	---	--------	-------

## 2. Pengujian Fungsi Merubah Parameter pH dan Suhu Air

Pengujian fungsi *login* ini dilakukan untuk mengetahui apakah fungsi ini sudah berjalan dengan baik dan benar saat pengguna akan mengubah batas bawah dan batas atas setiap parameter. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, fungsi sistem mengubah batas bawah dan batas atas parameter sudah berjalan dengan baik dan benar. Tabel 4.4 di bawah ini merupakan hasil pengujian fungsi *login* yang telah dilakukan.

Tabel 4.4 Hasil pengujian fungsi ubah nilai parameter

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	<i>Form</i> 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 <i>database</i>	Sesuai	Valid
2.	<i>Form</i> 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 <i>alert</i> dan <i>user</i> akan diarahkan kembali ke halaman kelola parameter	Sesuai	Valid

## 3. Pengujian Fungsi Pengiriman Notifikasi Via Telegram

Pengujian fungsi pengiriman notifikasi via Telegram ini dilakukan untuk mengetahui apakah fungsi ini sudah berjalan dengan baik dan benar saat sistem mengirimkan notifikasi kepada pengguna jika hasil dari *forecasting* berada di luar batas parameter yang telah ditentukan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, fungsi

pengiriman notifikasi via Telegram sudah berjalan dengan baik dan benar. Tabel 4.5 di bawah ini merupakan hasil pengujian fungsi *login* yang telah dilakukan.

Tabel 4.5 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

#### 4.8.3. Pengujian Keseluruhan Fungsi 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. Untuk peringatan dini kepada pemilik tambak akan dikirimkan melalui Telegram. Adapun data yang didapat setiap harinya yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.6 Hasil pengambilan data hari pertama sensor dan *forecast* dari sistem

Waktu	suhu	pH	Forecast Suhu	Forecast pH	Persentase Error(Suhu)	Persentase Error(pH)	Notifikasi Telegram
7.00	26.00	7.84					
7.30	26.10	7.85	26.20	7.86	0.04%	0.13%	Ya
8.00	26.21	7.87	26.20	7.88	0.57%	0.00%	Ya
8.30	26.35	7.88	26.48	7.89	0.23%	0.13%	Ya
9.00	26.54	7.90	26.72	7.91	0.52%	0.13%	Ya
9.30	26.86	7.92	27.14	7.94	0.18%	0.13%	Ya
10.00	27.09	7.93	27.35	7.95	0.33%	0.13%	Ya
10.30	27.26	7.94	27.45	7.95	0.04%	0.00%	Ya

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

Dari Tabel 4.6 dapat dilihat data yang telah dikumpulkan pada hari pertama pengambilan data di tambak udang vaname. Dari Tabel 4.6 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 4.7 Hasil pengambilan data hari kedua sensor dan *forecast* dari sistem

Waktu	suhu	pH	Forecast Suhu	Forecast pH	Persentase Error(Suhu)	Persentase Error(pH)	Notifikasi Telegram
7.00	25.22	7.92	25.11	7.91	3.09%	0.13%	Tidak
7.30	25.91	7.90	26.00	7.89	0.27%	0.13%	Tidak
8.00	26.07	7.90	26.26	7.89	0.04%	0.25%	Tidak
8.30	26.25	7.91	26.44	7.91	0.49%	0.13%	Tidak
9.00	26.31	7.92	26.47	7.92	3.22%	0.50%	Tidak
9.30	27.35	7.96	27.72	7.98	1.24%	0.13%	Tidak
10.00	27.38	7.99	27.71	8.02	0.95%	0.00%	Tidak
10.30	27.45	8.02	27.71	8.05	0.47%	0.37%	Tidak
11.00	27.58	8.02	27.79	8.04	0.25%	0.00%	Tidak
11.30	27.86	8.04	28.07	8.06	0.25%	0.00%	Tidak
12.00	28.00	8.06	28.21	8.08	0.21%	0.00%	Ya
12.30	28.15	8.08	28.34	8.10	0.04%	0.12%	Ya
13.00	28.33	8.11	28.51	8.13	0.04%	0.00%	Ya
13.30	28.50	8.13	28.68	8.15	0.28%	0.00%	Ya
14.00	28.60	8.15	28.76	8.17	0.38%	0.12%	Ya
14.30	28.65	8.18	28.79	8.20	0.31%	0.00%	Ya
15.00	28.70	8.20	28.81	8.22	0.59%	0.00%	Ya
15.30	28.64	8.22	28.71	8.24	0.38%	0.24%	Ya
16.00	28.60	8.22	28.64	8.23	0.32%	0.12%	Ya
16.30	28.55	8.24	28.56	8.25	0.21%	0.36%	Ya
17.00	28.50	8.22	28.49	8.22	0.14%	0.24%	Ya
17.30	28.45	8.20	28.43	8.19	0.18%	0.00%	Ya
18.00	28.38	8.19	28.35	8.18	0.00%	0.12%	Ya
18.30	28.35	8.17	28.31	8.15	0.04%	0.12%	Ya
19.00	28.30	8.16	28.26	8.15	0.21%	0.12%	Ya
19.30	28.20	8.14	28.15	8.12	0.18%	0.12%	Ya
20.00	28.10	8.13	28.03	8.12	0.47%	0.00%	Ya
20.30	27.90	8.12	27.81	8.11	0.14%	0.12%	Tidak
21.00	27.85	8.10	27.75	8.09	0.18%	0.12%	Tidak
21.30	27.80	8.08	27.71	8.06	0.25%	0.12%	Tidak
22.00	27.64	8.07	27.55	8.06	0.18%	0.12%	Tidak
22.30	27.50	8.07	27.39	8.06	0.11%	0.00%	Tidak
23.00	27.42	8.06	27.31	8.05	0.22%	0.00%	Tidak
23.30	27.25	8.05	27.13	8.04	0.18%	0.12%	Tidak
0.00	27.18	8.03	27.07	8.02	0.45%	0.00%	Tidak
0.30	26.95	8.02	26.82	8.01	0.64%	0.12%	Tidak

1.00	26.65	8.00	26.48	7.98	0.30%	0.13%	Tidak
1.30	26.40	7.99	26.18	7.98	0.46%	0.13%	Tidak
2.00	26.30	7.99	26.11	7.98	0.34%	0.00%	Tidak
2.30	26.20	7.98	26.03	7.97	0.46%	0.13%	Tidak
3.00	26.15	7.98	26.01	7.98	0.23%	0.13%	Tidak
3.30	25.95	7.97	25.81	7.96	0.19%	0.00%	Tidak
4.00	25.76	7.96	25.61	7.95	0.23%	0.13%	Tidak
4.30	25.55	7.94	25.38	7.93	0.08%	0.13%	Tidak
5.00	25.40	7.94	25.23	7.93	0.51%	0.00%	Tidak
5.30	25.36	7.93	25.21	7.92	0.16%	0.00%	Tidak
6.00	25.25	7.92	25.12	7.91	0.32%	0.00%	Tidak
6.30	25.20	7.91	25.09	7.90	0.28%	0.00%	Tidak

Dari Tabel 4.7 dapat dilihat data yang telah dikumpulkan pada hari kedua pengambilan data di tambak udang vaname. Dari Tabel 4.7 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 4.8 Hasil pengambilan data hari ketiga sensor dan *forecast* dari sistem

Waktu	suhu	pH	Forecast Suhu	Forecast pH	Persentase Error(Suhu)	Persentase Error(pH)	Notifikasi Telegram
7.00	25.16	7.90	25.07	7.89	0.95%	0.13%	Ya
7.30	25.31	7.88	25.30	7.87	0.51%	0.00%	Ya
8.00	25.43	7.87	25.48	7.86	1.05%	0.13%	Ya
8.30	25.75	7.87	25.88	7.86	0.65%	0.38%	Ya
9.00	26.05	7.89	26.25	7.90	0.19%	0.13%	Ya
9.30	26.20	7.91	26.41	7.92	0.15%	0.13%	Ya
10.00	26.45	7.93	26.66	7.95	0.15%	0.00%	Ya
10.30	26.70	7.95	26.93	7.97	0.44%	0.13%	Ya
11.00	27.05	7.98	27.31	8.00	0.77%	0.00%	Ya
11.30	27.10	8.00	27.32	8.02	0.63%	0.12%	Ya
12.00	27.15	8.03	27.30	8.06	0.37%	0.12%	Ya
12.30	27.20	8.07	27.31	8.10	0.04%	0.12%	Ya
13.00	27.30	8.09	27.40	8.12	0.22%	0.25%	Ya
13.30	27.34	8.10	27.42	8.12	0.15%	0.00%	Ya
14.00	27.38	8.12	27.44	8.14	0.15%	0.12%	Ya
14.30	27.40	8.15	27.45	8.17	0.36%	0.24%	Ya
15.00	27.55	8.19	27.62	8.22	0.07%	0.12%	Ya

15.30	27.60	8.21	27.68	8.24	0.07%	0.24%	Ya
16.00	27.70	8.22	27.78	8.24	0.11%	0.24%	Ya
16.30	27.75	8.22	27.82	8.23	0.32%	0.37%	Ya
17.00	27.73	8.20	27.78	8.19	0.36%	0.00%	Ya
17.30	27.68	8.19	27.69	8.18	0.33%	0.12%	Ya
18.00	27.60	8.17	27.58	8.15	0.11%	0.12%	Ya
18.30	27.55	8.16	27.51	8.15	0.11%	0.00%	Ya
19.00	27.48	8.15	27.43	8.14	1.03%	0.12%	Ya
19.30	27.15	8.13	27.02	8.11	0.26%	0.00%	Ya
20.00	26.95	8.11	26.78	8.09	0.07%	0.12%	Ya
20.30	26.80	8.10	26.63	8.09	0.41%	0.12%	Ya
21.00	26.74	8.08	26.60	8.06	0.15%	0.00%	Ya
21.30	26.56	8.06	26.42	8.04	0.23%	0.12%	Ya
22.00	26.48	8.05	26.35	8.04	0.38%	0.00%	Ya
22.30	26.25	8.04	26.10	8.03	0.38%	0.12%	Ya
23.00	26.20	8.04	26.07	8.04	0.31%	0.12%	Ya
23.30	26.15	8.03	26.05	8.02	0.19%	0.00%	Ya
0.00	26.00	8.02	25.89	8.01	0.19%	0.00%	Ya
0.30	25.94	8.01	25.84	8.00	0.27%	0.00%	Ya
1.00	25.91	8.00	25.83	7.99	0.12%	0.00%	Ya
1.30	25.86	7.99	25.80	7.98	0.19%	0.00%	Ya
2.00	25.75	7.98	25.68	7.97	0.31%	0.13%	Ya
2.30	25.60	7.96	25.50	7.94	0.27%	0.25%	Ya
3.00	25.57	7.96	25.48	7.95	0.16%	0.00%	Ya
3.30	25.52	7.95	25.45	7.94	0.12%	0.00%	Ya
4.00	25.48	7.94	25.42	7.93	0.04%	0.00%	Ya
4.30	25.43	7.93	25.38	7.92	0.08%	0.13%	Ya
5.00	25.36	7.93	25.30	7.93	0.04%	0.13%	Ya
5.30	25.29	7.92	25.23	7.91	0.08%	0.00%	Ya
6.00	25.21	7.91	25.14	7.90	0.04%	0.00%	Ya
6.30	25.15	7.90	25.08	7.89	0.08%	0.13%	Ya

Dari Tabel 4.8 dapat dilihat data yang telah dikumpulkan pada hari ketiga pengambilan data di tambak udang vaname. Dari Tabel 4.8 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 4.9 Hasil pengambilan data hari keempat sensor dan *forecast* dari sistem

Waktu	suhu	pH	Forecast Suhu	Forecast pH	Persentase Error(Suhu)	Persentase Error(pH)	Notifikasi Telegram
7.00	25.06	7.90	24.99	7.90	0.83%	0.25%	Ya



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

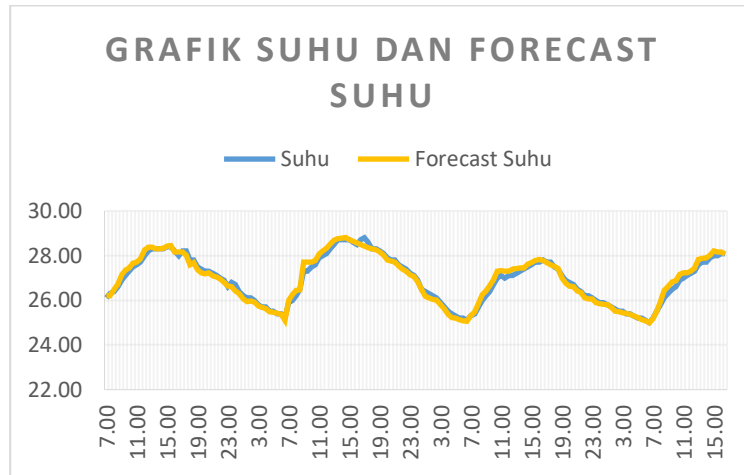
Dari Tabel 4.9 dapat dilihat data yang telah dikumpulkan pada hari keempat pengambilan data di tambak udang vaname. Dari Tabel 4.9 dapat dilihat kenaikan nilai baik suhu dan pH air dimulai dari jam 7.00 dan terus naik hingga proses pengambilan data selesai dilakukan. Adapun untuk suhu dan pH maksimum 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  $\alpha$  dan  $\beta$ . Sebelum dilakukan *forecasting*, Nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  diotimasi terlebih dahulu untuk menentukan nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  terbaik dengan membandingkan kombinasi nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  yang menghasilkan nilai MSE terkecil dari 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



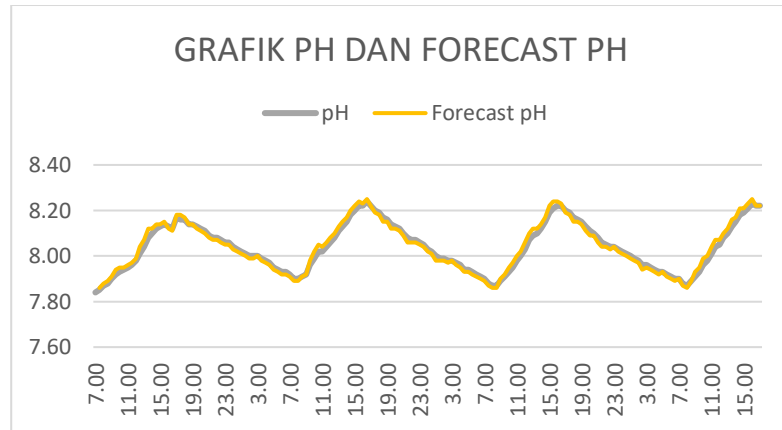
Gambar 4.9 Grafik suhu dan *forecast* suhu

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 4.9 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.

$$\begin{aligned}
 MAPE_{suhu} &= \frac{\sum \frac{|e_i|}{X_i} \times 100\%}{n} = \frac{\sum \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100\%}{n} \\
 &= \frac{(|26.21-26.2| + |26.35-26.20| + \dots + |28.04-28.17|) \times 100\%}{163} \\
 &= \frac{14.81 \times 100\%}{163} \\
 &= 9.0859 \%
 \end{aligned}$$

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

## 2. pH Air



Gambar 4.10 Grafik suhu dan *forecast* pH

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 4.10 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.

$$\begin{aligned}
 MAPE_{pH} &= \frac{\sum \frac{|e_i|}{X_i} \times 100\%}{n} = \frac{\sum \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100\%}{n} \\
 &= \frac{(|7.87-7.86| + 7.88-7.88| + \dots + |8.22-8.22|) \times 100\%}{163} \\
 &= \frac{1.35 \times 100\%}{163} \\
 &= 0.828 \%
 \end{aligned}$$

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.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. 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 °C. Sedangkan untuk pH air selama pengambilan data masih berada di ambang batas yang ditentukan yaitu 7.5-8.5.

#### **5.2. 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/2017/05/238290/Produksi.Udang.NTB.Merosot/>, 2017. .
- [4] A. Junaidi, "Internet of Things , Sejarah , Teknologi Dan Penerapannya," *Jurnal Ilmu Teknologi Informasi Terapan*, vol. I, pp. 62–66, 2016.
- [5] Z. Mindriawan, "Implementasi *Internet of Things* Pada Sistem Monitoring Suhu dan Kontrol Air Pada Kandang Burung Puyuh Petelur dengan Menggunakan Protokol MQTT," pp. 1–8, 2018.
- [6] Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Kebumen, "Mengenal Sistem Peringatan Dini (*Early Warning System*) & Gejala Alam," [kebumenkab.go.id](http://kebumenkab.go.id), 2015. [Online]. Available: <https://www.kebumenkab.go.id/index.php/public/news/detail/3132>. [Accessed: 13-Jun-2019].
- [7] J. Bidangan, 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.
- [8] 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.
- [9] R. Pramana, "Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air dan Suhu Air Pada Kolam Budidaya Ikan," *Jurnal Sustainable Jurnal Hasil Penelitian dan Indonesia Terapan*, vol. 07, no. 01, pp. 13–23, 2018.
- [10] A. F. Machzar, S. R. Akbar, and H. Fitriah, "Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Tambak Udang dan Bandeng," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 10, pp. 3458–3465, 2018.
- [11] 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*, 2018, vol. 1, pp. 471–478.
- [12] F. E. Rudy Ariyanto, Dwi Puspitasari, “Penerapan Metode *Double Exponential Smoothing* Pada Peramalan Produksi Tanaman Pangan,” *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 4, no. 1, pp. 57–62, 2017.
- [13] J. Essamuah-quansah and G. L. R. Bernard Engel, “*Early Warning Systems : A Review*”, *Purdue University Press*, vol. 2, no. July, pp. 22–44, 2017.
- [14] V. R. Sutrisno, “Analisis Forecasting untuk Data Penjualan Menggunakan Metode *Simple Moving Average* dan *Single Exponential Smoothing*: Studi Kasus PT Guna Kemas Indah,” 2013.
- [15] M. Nurdina Awwaliyyah, “Penerapan Metode *Double Exponential Smoothing* Dalam Meramalkan Jumlah Penderita Kusta Di Kabupaten Pasuruan Tahun 2014,” *Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga*, pp. 1–11, 2014.
- [16] A. D. Limantara, Y. Cahyo, S. Purnomo, and S. W. Mudjanarko, “Pemodelan Sistem Pelacakan Lot Parkir Kosong Berbasis Sensor *Ultrasonic* dan *Internet Of Things ( IoT )* pada Lahan Parkir Di Luar Jalan,” in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 2017, no. November, pp. 1–2.
- [17] P. R. Hanif and M. A. Irwansyah, “*Prototipe Jam Sholat Qomatron* dengan Konsep *Internet of Things ( IoT )* Menggunakan Wemos D1 Mini Berbasis Web,” *Jurnal Sistem dan Teknologi Informatika*, vol. 6, no. 3, pp. 121–127, 2018.
- [18] P. L. Romadloni, F. I. Terapan, U. Telkom, and S. Otomasi, “Rancang Bangun Sistem Otomasi Hidroponik NFT ( *Nutrient Film Technique* ),” *e-Proceeding Application Science*, vol. 1, no. 1, pp. 75–84, 2015.
- [19] G. Y. Saputra, A. D. Afrizal, F. K. R. Mahfud, F. A. Pribadi, and F. J. Pamungkas, “Penerapan Protokol MQTT Pada Teknologi WAN (Studi Kasus Sistem Parkir Univeristas Brawijaya),” *Informatika Mulawarman Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 12, no. 2, p. 69, 2017.
- [20] K. M. S and S. P. W, “Analisa Dan Penerapan Metode *Single Exponential Smoothing* Untuk Prediksi Penjualan Pada Periode Tertentu (Studi Kasus : PT. Media Cemara Kreasi),” *Pros. SNATIF*, vol. 2, pp. 259–266, 2015.
- [21] I. A. Rozaq and N. Y. DS, “Uji Karakterisasi Sensor Suhu DS18B20 Waterproof Berbasis Arduino Uno Sebagai Salah Satu Parameter Kualitas Air,” *Pros. SNATIF*,

vol. 0, no. 0, pp. 303–309, 2017.