

# Sistem Monitoring Sirkulasi Air pada Budidaya Udang Vaname berbasis *Internet of Thing*

## *Water Circulation Monitoring System in The Vanname Shrimp Cultivation based on Internet of Thing*

Indo Intan<sup>1)</sup>, Nurlina<sup>2)</sup>, Fitriaty Pangerang<sup>3)</sup>, Agung Mulyawan<sup>4)</sup>

<sup>1,2,4</sup>STMIK Dipanegara Makassar, <sup>3</sup>Politeknik Negeri Ujung Pandang  
<sup>1,2,4</sup>Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 09, Telp/Fax: +62 411-587194/+62 411-587266  
<sup>3</sup>Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Telp/Fax: +62 411-586043 /+62 411-585365

indo.intan@dipanegara.ac.id<sup>1)</sup>, linanoer888@dipanegara.ac.id<sup>2)</sup>, fitriaty\_p@poliupg.ac.id<sup>3)</sup> agungmulyawan45@gmail.com<sup>4)</sup>

Diterima: 2 Januari 2020 || Revisi: 19 April 2020 || Disetujui: 8 September 2020

**Abstrak** – Budidaya Udang Vaname menjadi komoditas unggulan karena beberapa kelebihan. Sebagian petambak udang masih mempraktekkan budidaya secara tradisional yang kurang efektif dan efisien dari sisi tenaga dan biaya. Penelitian ini dilakukan sebagai solusi berbasis teknologi kekinian untuk mengatasi masalah tersebut. Tujuannya, sebagai alternatif untuk menggabungkan antara teknologi mikrokontroler dan *internet of thing* (IoT) sehingga dihasilkan informasi yang *real-time* dan obyektif ketika monitoring sirkulasi air pada prototipe budidaya Udang Vaname dilakukan. Metode perancangan perangkat keras dan perangkat lunak monitoring sirkulasi air disesuaikan dengan kebutuhan alat input pada ketiga sensor (suhu, pH, dan salinitas). Pemrosesan data mikrokontroler dikirimkan melalui sinkronisasi antara *wireless sensor network* dan web. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kecepatan pengiriman data sesuai dengan kondisi *real-time* dan tidak terpengaruh secara signifikan oleh masalah jarak, karena IoT telah mendekatkan yang jauh. Monitoring informasi juga menampilkan proses sirkulasi pada saat kualitas air berubah dari kondisi normal. Monitoring ini bisa dikembangkan pada skala yang lebih luas agar bisa menjadi alternatif teknologi yang dirasakan manfaatnya bagi petani tambak Udang Vaname secara langsung.

**Kata Kunci:** *internet of thing, wireless sensor network, monitoring, budidaya, sirkulasi air.*

**Abstract** – The cultivation of vaname shrimp is a leading commodity because of several advantages. Some shrimp farmers still practice traditional cultivation which is less effective and efficient in terms of labor and costs. This research was conducted as a solution based on current technology to overcome this problem. The goal is as an alternative to combine microcontroller technology and the IoT so that real-time and objective information is produced when monitoring water circulation in the prototype of vannamei shrimp culture is carried out. The design method of water circulation monitoring hardware and software is adjusted to the needs of the input devices for the three sensors (temperature, pH, and salinity). Microcontroller data processing is sent via synchronization between the wireless sensor network and the web. The results obtained show that the speed of data transmission is in accordance with real-time conditions and is not significantly affected by distance problems, because IoT has brought distant ones closer. Monitoring information also shows the circulation process when the water quality changes from normal conditions. This monitoring can be developed on a broader scale so that it can be an alternative technology with direct benefits for vannamei shrimp farmers.

**Keywords:** *internet of thing, wireless sensor network, monitoring, aquaculture, water circulation.*

### PENDAHULUAN

Kolaborasi semua bidang dalam satu kemasan teknologi menjadi tren di tengah revolusi 4.0. bidang Teknologi Informasi dan Komputer (TIK) hadir untuk menjejarkan semua bidang, termasuk bidang ketahanan pangan (pertanian dan peternakan) khususnya bagi petani tambak udang.

Integrasi antara TIK dengan pengontrolan sebagai upaya mengadaptasi kebutuhan masyarakat di tengah meluasnya penggunaan *mobile phone*. Kepopulerannya membuat petani tambak sudah tidak sanggup

menggunakannya, demikian juga bagi pengguna yang bergerak di bidang budidaya Udang Vaname.

Budidaya Udang Vaname digalakkan sebagai solusi untuk membangun perkembangbiakan udang di dalam negeri maupun untuk kepentingan ekspor. Udang *Litopenaues Vannamei* dikenal dengan nama Udang Vaname merupakan alternatif hewan yang dibudidayakan di samping Udang Windu yang menjadi idola. Di antara keunggulannya yaitu lebih resisten terhadap penyakit dan kualitas lingkungan yang rendah, luasan sempit dengan kepadatan sebaran cukup

tinggi, waktu pemeliharaan lebih pendek yakni sekitar 90-100 hari per-siklus (Hudi & Shahab, 2005). Keunggulan lainnya, udang ini cukup potensial (Mangampa & Suwoyo, 2016) karena memiliki produktivitas tinggi (Fuady & Nitisupardjo, 2013) sebagai komoditas perikanan unggul dan memiliki prospek yang baik karena memiliki harga pasaran tinggi (Wibisono dkk, 2019).

Berbagai budidaya intensif dilakukan sebagai upaya berkala untuk memantau pembiakan ikan pada tambak dalam rangka menghasilkan kualitas udang yang baik (Multazam & Hasanuddin, 2017). Upaya budidaya perlu memperhatikan beberapa hal berkaitan dengan gangguan, di antaranya disebabkan oleh patogen, pakan maupun kualitas air yang kurang menunjang kehidupan budidaya (Farras, Mahasri, & Suprpto, 2017). Salah satu faktor yang mempengaruhi budidaya Udang Vaname adalah kualitas air tambak. Kualitas air dipengaruhi oleh antara lain: suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut, BOT, PO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, dan NH<sub>3</sub> (Wulandari, Widyorini, & Purnomo, 2015) (Mangampa & Suwoyo, 2016).

Tiga variabel secara signifikan mempengaruhi budidaya Udang Vaname karena berdampak terhadap kualitas air, di antaranya suhu, pH, dan salinitas.

Variabel temperatur (suhu), sangat mempengaruhi pertumbuhan budidaya udang, bila terjadi peningkatan suhu secara ekstrim berakibat pada kematian. Benur udang dapat tumbuh dengan baik dalam air dengan temperatur hangat akan tetapi semakin besar usia udang maka temperature optimum akan menurun. Temperatur yang cocok untuk pertumbuhan Udang Vaname pada 22-30°C, sedangkan udang mengalami stress jika terpapar pada temperatur 15-22°C dan 22-30°C (Wibisono *et al.*, 2019).

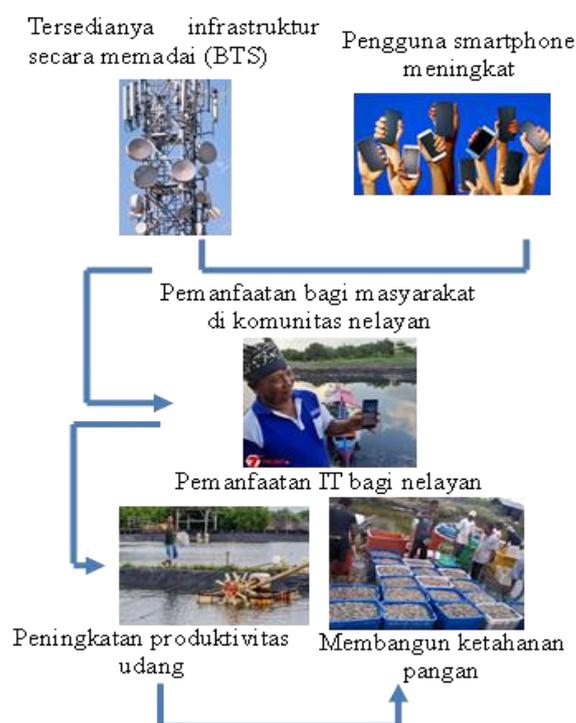
Variabel tingkat keasaman larutan (pH) berfungsi sebagai indikator kimia dan biologi dalam metabolisme akuatik. Pada pH rendah, kandungan oksigen terlarut rendah, akibatnya konsumsi oksigen menurun, selera makan berkurang tetapi aktivitas bertambah, hal sebaliknya pada pH tinggi. Budidaya udang berhasil baik pada air dengan pH 6.5-9.0 dan kisaran optimal pH 7.5-8.7 (Wibisono dkk, 2019).

Variabel salinitas (kandungan garam) sebagai perubahan lingkungan dari media salinitas normal (30 ppt) ke tahap salinitas rendah. Menurunnya salinitas mengakibatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang lebih rendah (Wibisono dkk, 2019).

Ketiga variabel kualitas air tersebut mendapat perhatian dari para petani tambak, hanya saja sebagian

besar masih menggunakan teknik tradisional dalam mengontrol kondisi tambak, yaitu teknik manual yang hanya mengandalkan kualitas air, tanah dan bibit udang, misalnya melalui pengamatan mata dan perasaan lidah sehingga tidak memberikan nilai dan hasil yang akurat (Machzar dkk, 2018), tidak praktis dan efisien serta memerlukan upah kerja tinggi. Hal ini menghasilkan kesimpulan yang subyektif mengenai kondisi tambak hanya berdasarkan pada pengalaman semata.

Disamping itu, teknik pengontrolan kualitas air tambak masih dikenal oleh masyarakat petani menengah ke atas, untuk masyarakat menengah ke bawah masih bertahan dengan cara tradisional yaitu melakukan tebaran unsur-unsur hara untuk menjaga kualitas air dan tanah dalam luasan tambak. Kemudian melakukan pengurusan tambak secara berkala. Teknik ini dipertahankan karena terkendala pada biaya pengadaan alat monitoring berbasis teknologi dan kemampuan sumber daya manusia yang terbatas.



**Gambar 1** Pemanfaatan TIK pada Budidaya Udang Vaname

Melalui pemanfaatan teknologi web dan *mobile phone* sudah menggurita di tengah masyarakat sehingga penggunaan teknologi seperti ini mudah implementasinya, memudahkan akses bagi petambak di tengah pembangunan infrastruktur *base trasnmission station* (BTS) yang sudah merambah hingga ke pelosok dan pulau-pulau terpencil. Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi menjadi sebuah alternatif

solusi yang mengadaptasi teknologi kekinian sehingga bisa meminimalisir tenaga petambak dalam mengelola budidaya udang. Menjaga kualitas air akan menjadi faktor pertumbuhan udang secara pesat dengan angka kematian yang kecil. Hal ini bisa mencapai peningkatan kapasitas produksi udang sehingga berperan membangun ketahanan pangan nasional (lihat Gambar 1). Pemanfaatan teknologi yang dimaksud yaitu memonitoring kualitas air tambak berupa integrasi teknologi *wireless sensor network* dan *internet of things* sehingga kondisi budidaya udang bisa terpantau secara *real-time*. Untuk menjaga kualitas air agar tetap normal, kemampuan sensor untuk mengukur variabel suhu, pH, dan salinitas air sebagai masukan dalam pengontrolan, yaitu terhadap kualitas air dan sirkulasi secara otomatis.

Beberapa penelitian sebelumnya tentang perancangan monitoring kualitas air sudah dikembangkan oleh Salfia *et al.* dan Machzar *et al.* (2018) memonitoring salinitas air tambak dalam skala lokal belum menggunakan IoT. Maulana dan Wijaya (2015) mengimplementasikan sistem monitoring kualitas air pada budidaya udang menggunakan komunikasi data pada jaringan 3G, demikian juga dengan Multazam & Hasanuddin (2017) serta Pratama (2019) menggunakan sms gateway untuk melakukan pengontrolan jarak jauh. Kajian yang dilakukan Maulana *et al.* (2015) sudah merealisasikan dalam kondisi real time dan skala perangkat sesungguhnya. Hanya saja belum menggunakan teknologi terkini berbasis *smartphone*. Penelitian yang menyajikan informasi monitoring menggunakan remote jauh dan telemetri serta data logger sebagai penyimpanan data dalam jangka waktu yang lama (Wiranto & Hermida, 2010).

Al Barqi *et al.* (2019) melakukan penelitian pengukuran pH, suhu, dan warna pada air menggunakan *wireless sensor network*. Melengkapi penelitian ini maka Niam *et al.* (2018) dan Wibisono *et al.* (2019) memonitoring menggunakan web berbasis IoT yang dilengkapi oleh Maulana *et al.* (2019) yang menghasilkan sistem monitoring yang menitikberatkan pada komunikasi data sensor yang sangat fleksibel bagi pengguna *mobile phone* karena berbasis web dan android. Notifikasi yang dikirimkan kepada pengguna secara *real-time* sehingga data kualitas air beberapa tambak di berbagai daerah bisa diketahui.

Penelitian ini bertujuan membuat sistem monitoring dan pengontrolan otomatis menggunakan *internet of*

*thing* yang bisa berjalan pada *mobile android* dan web agar bisa diakses oleh pengguna secara fleksibel.

Perbedaan konten penelitian ini dibandingkan dengan yang dilakukan peneliti sebelumnya yaitu:

*Pertama*, terletak pada teknologi untuk mengakses sistem yang berbasis web, yaitu berbasis *internet of thing* (IoT), menggunakan *fix desktop* ataupun *mobile android*, tidak memerlukan teknologi *remote* khusus yang dengan biaya mahal sehingga jangkauan pemanfaatannya meluas, terjangkau untuk kalangan bawah maupun menengah.

*Kedua*, aktuator berupa sirkulasi air sebagai bagian proses pengontrolan yang dilakukan mikrokontroler. Penelitian sebelumnya hanya menitikberatkan pada informasi tentang kualitas air tambak, tidak melanjutkan proses pengontrolannya ke pengontrolan sirkulasi airnya. Akses pengguna menggunakan *mobile phone* menjadi komunikasi jarak jauh menggerakkan aktuator untuk melakukan sirkulasi air. Data yang ditampilkan akan teramati perubahannya secara *realtime* yang ditampilkan dalam bentuk angka maupun grafik.

Penelitian ini berkontribusi memberikan informasi dari mikrokontroler berupa salinitas, pH, dan suhu yang diteruskan kemudian dikirimkan ke aplikasi di web maupun android. Informasi ini sangat penting karena produktivitas udang akan menurun jika penanganannya dilakukan secara lamban akibat data *realtime* susah diakses secara fleksibel.

Penelitian ini mencakup konfigurasi perangkat keras sistem kendalian menggunakan *wireless sensor network* berbasis *internet of thing*, meliputi perancangan sistem kendalian pada monitoring budidaya udang menggunakan mikrokontroler yang dikoneksikan dengan platform web dan android sehingga memberikan fleksibilitas kemudahan akses bagi pengguna untuk mengontrol budidaya udang milik mereka. Kedua platform ini sudah familiar bagi kalangan menengah ke bawah akibat akselerasi teknologi yang berkembang sangat pesat.

Sistem pengontrolan *loop* tertutup dan sistem komunikasi data ditonjolkan dalam penelitian ini. Sistem *loop* tertutup adalah Sistem yang dapat memanfaatkan keluaran sebagai acuan dari masukan suatu sistem (Zain, 2013). Pada sistem pengontrolan ini terdiri atas: input, sensor (alat *input*), kendalian, mikrokontroler, dan aktuator (alat *output*), serta luaran.

Teknologi sensor yang digunakan berbasis IoT yaitu *Wireless Sensor Network* (WSN) atau jaringan

sensor nirkabel (JSN) merupakan teknologi nirkabel yang terdiri dari kumpulan node sensor yang tersebar di suatu area tertentu. Jaringan sensor nirkabel menggunakan sensor yang terintegrasi untuk memantau kondisi terkini lokasi budidaya (Ardiyanto & Sumiharto, 2012; Yusuf, Rusdinar, & Nugraha, 2016). Terdapat tiga jenis sensor yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: 1) sensor temperatur untuk memberikan informasi suhu pada suatu ruangan atau area tertentu (Rozaq & DS, 2017).

Kemampuan WSN untuk menggabungkan dan mengirimkan data dengan memanfaatkan IoT memudahkan dalam monitoring budidaya udang untuk cakupan wilayah yang luas dan kondisi lapangan yang tidak mudah dijangkau dengan transportasi. Kemampuan WSN untuk berintegrasi dengan IoT menjadi perhatian akademisi maupun industri karena telah diimplementasikan secara luas (Maulana *et al.*, 2017).

Keuntungan utama dari WSN adalah murah implementasi dan pemeliharaan, karena tidak memerlukan infrastruktur tetap. WSN membutuhkan daya rendah pada perancangannya, jangkauan fleksibel dari tempat yang sulit dijangkau dan jauh terisolasi, serta kemudahan akses terhadap sumber dayanya. Tren penggunaan WSN berbasis IoT telah menggunakan sistem data logging kustom untuk memperoleh data kualitas lingkungan dan mengirimkannya ke server data jarak jauh, dimana kemudian data akan didistribusikan ke situs web atau perangkat ponsel (Boonsong & Ismail; Sridharan, 2014; Maulana *et al.*, 2017).

Sensor suhu adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu DS18B20 suhu beroperasi dalam kisaran  $-55^{\circ}\text{C}$  sampai  $125^{\circ}\text{C}$ , dan memiliki tingkat keakuratan tinggi sekitar  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  dalam kisaran  $-10^{\circ}\text{C}$  sampai  $85^{\circ}\text{C}$  (Astria, Subito, & Nugraha, 2014).

Sensor pH adalah komponen pengukuran suatu pH (derajat keasaman larutan) didasarkan pada potensial elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat didalam elektroda gelas (membrane gelas) yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat diluar elektroda gelas yang tidak diketahui (Astria *et al.*, 2014).

Sensor salinitas adalah alat pengukur tingkat keasinan atau kadar garam yang terlarut dalam air yang memiliki satuan part per million (ppm) (Melinda & Suryono, 2018)

Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di dalamnya, yang terdiri dari Central Processing Unit, memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti Analog-to-Digital Converter (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya (Ardiyanto & Sumiharto, 2012).

Mikrokontroler Arduino Uno merupakan prosesor pada papan arduino yang memiliki 28 pin input yang dikendalikan pada pengiriman dan penerimaan input ke perangkat luar. Bagian utamanya yaitu input analog dan digital (Kumar, Roopa, & Sathiya, 2015).

Kendalian adalah suatu sistem fisis yang bersifat dikendalikan oleh sistem kendali (Isnawaty, Mayangsari, & Rachman, 2016).

Aktuator adalah alat yang digunakan sebagai penggerak dalam rangkaian elektronika, yang berfungsi untuk mengubah besaran listrik menjadi besaran mekanik (Santoso, 2013).

Sistem komunikasi data menggunakan Modul *Wi-Fi* ESP8266 berfungsi menyambungkan rangkaian elektronika dengan internet secara nirkabel secara transparan dengan mudah melalui interkoneksi serial (UART RX/TX).

Node sensor tersebut memiliki kemampuan untuk merutekan data yang dikumpulkan ke *node* lain yang berdekatan. Data dikirimkan melalui transmisi radio akan diteruskan menuju (*Base Transmission Station*) yang merupakan penghubung antara *node sensor* dan pengguna.

## METODOLOGI PENELITIAN

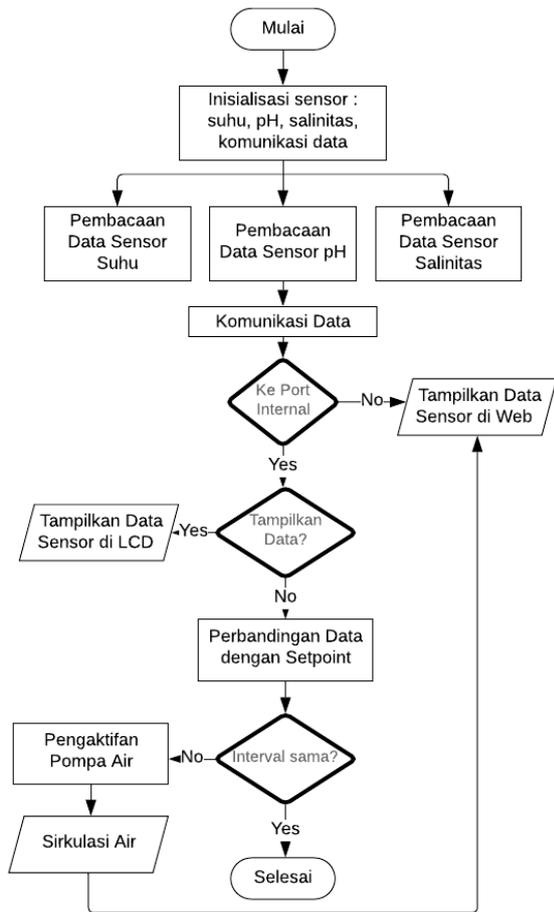
Metode penelitian yang dilakukan yaitu penelitian terapan dan eksperimen.

### Analisis Sistem

Para petambak (budidaya) udang secara konvensional melakukan kegiatan operasional dengan cara pembibitan dan pemeliharaan kualitas air sebagai habitat dari Udang Vaname. Pada saat pembibitan, udang yang kecil dipisahkan dengan udang yang sudah besar agar udang besar tidak memangsa udang kecil atau bibit udang. Selanjutnya petambak akan mengontrol dan menjaga kualitas air yang juga ditentukan oleh kualitas tanah di lokasi tambak. Budidaya udang memiliki produktivitas bagus jika pengaturan suhu, pH, dan salinitas air mendukung untuk budidaya. Secara berkala petambak akan melakukan pengurasan tambak dan sirkulasi air secara manual. Jika air sudah keruh melebihi normalnya,

berakibat pada pertumbuhan tidak normal hingga udang akan mati atau tidak bisa bertahan hidup. Pengurusan dan sirkulasi dilakukan sesuai dengan pengalaman petambak secara berkala atau sekali sebulan. Proses pembuangan dan pengisian yang dilakukan secara manual kemudian digantikan dengan cara otomatis yaitu menggunakan pengontrolan berbasis *internet of thing*.

**Desain Sistem**



**Gambar 2** Flowchart Desain Sistem

Desain sistem terdiri atas desain perangkat keras, perangkat lunak, dan komunikasi data. Gambar 2 menunjukkan desain sistem yang memiliki tahapan inisialisasi semua variabel input, dilanjutkan dengan pembacaan suhu, pH, dan salinitas kemudian nilainya ditampilkan pada LCD secara lokal, jika salah satu nilai variabel input memiliki nilai di luar ambang batas yang ditentukan, maka mikrokontroler akan menginstruksikan aktuator untuk melakukan sirkulasi air dengan cara membuang air sampai batas level yang ditentukan, kemudian melakukan pengisian aquarium dengan kualitas air sesuai budidaya udang. Air bersih ini akan mengubah konsentrasi kandungan air tambak sesuai ambang batas normal. Setelah beberapa waktu maka pompa akan off (*non* aktif), nilai pembacaan

sensor juga akan dikirimkan ke web sebagai monitoring *online* sekaligus gambaran *real-time* pada grafik.

**Desain Perangkat Keras**

Desain perangkat keras yang terdiri atas rangkaian mekanik dan rangkaian elektronik yang terdiri atas monitoring sirkulasi air berbasis web mempunyai beberapa bagian antara lain alat monitoring, casing alat monitoring dan bak serta aksesorisnya.

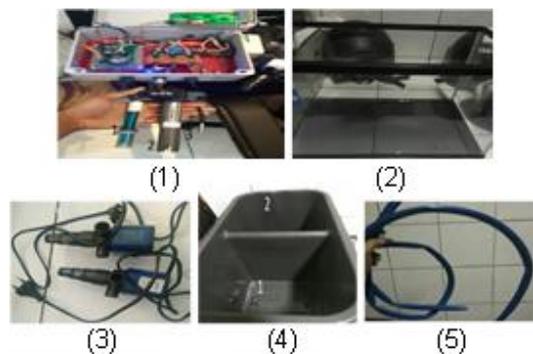
Instrument yang digunakan pada penelitian ini di antaranya: sensor suhu DS18B20, sensor pH, sensor salinitas, Arduino Uno, Xbee Pro, Laptop, *Mobile Phone*, bak penampungan, pompa air (aktuator), air yang sudah ditambahkan kandungan air berkualitas bagi udang, dan selang air.



**Gambar 3.** (a) Sensor suhu; (b) Sensor pH; (c) Sensor Salinitas

Ketiga sensor melakukan pembacaan terhadap parameter suhu, pH, dan salinitas air (Gambar 3). Sistem pengontrolan dilakukan oleh mikrokontroler Arduino Uno untuk melakukan pengolahan data masukan kemudian menggerakkan aktuator sesuai dengan instruksi yang diberikan terhadapnya. Ambang batas normal dan pengaktifan pompa sirkulasi berdasarkan nilai ketiga sensor, pengaktifan pompa air akan menyalakan alarm sebagai indikator bahwa kualitas air di luar ambang batas normal.

Pada Gambar 4 (1) alat monitoring terdiri dari dua mikrokontroler, mikrokontroler atmega 2560 berfungsi sebagai pengirim data dan *atmega 328* sebagai penerima data, tiga variabel input sensor (suhu, pH, salinitas) berfungsi untuk membaca data kualitas air.



**Gambar 4.** Prototipe Perangkat Keras: (1) Modul Mikrokontroler; (2) Aquarium sebagai Prototipe Tambak Udang; (3) Pompa Air; (4) Bak Sirkulasi Air; (5) Slang Sirkulasi Air

Gambar 4 (2) merupakan prototype tambak udang berisi air yang berada dalam ambang batas normal dimonitoring dan disirkulasi; Gambar 4 (3) dua buah pompa air untuk pengurusan dan pengisian air (proses sirkulasi); Gambar 4 (4) adalah bak air tambak awal dan air sirkulasi; serta Gambar 4 (5) menunjukkan selang untuk pengurusan dan pengisian air.

**Desain Coding pada Perangkat Keras**

Pada perancangan coding meliputi *coding* pada Arduino IDE (editor) menggunakan bahasa pemrograman C sebagai inisialisasi, interpretasi, dan komunikasi data antara semua instrument dan komponen perangkat keras, pemrograman php, perancangan database MySQL.

Pada proses coding dalam file \*.ino dengan memasukkan inisialisasi set poin pada ketiga variabel kualitas air normal, yaitu: suhu (28-30°C); pH 7.5-8.2; salinitas 10-25 ppt, termasuk aksi pengontrolannya saat di luar nilai set poin. Kemudian di-*compil* dari file \*.ino menjadi file \*.hex agar bisa dibaca oleh mesin (mikrokontroler). Proses akan valid jika tidak ada notifikasi *error* pada *coding* maupun pada saat *compiler* (Gambar 5).

Jika proses Gambar 5 valid dilanjutkan dengan proses *uploading* (Gambar 6) untuk mengirimkan program dari desktop yang sudah diterjemahkan ke mikrokontroler.

Proses akan valid jika proses mencapai 100% yang berindikasi bahwa mikrokontroler telah diisi dengan program monitoring dan sirkulasi. Dalam hal ini mikrokontroler sudah menjadi perangkat yang berdiri sendiri yang terpisah dari program di desktop (laptop).

```

pompa_air | Arduino 1.8.7
File Edit Sketch Tools Help

pompa_air
#include <OneWire.h> //Library One Wire
#include <DallasTemperature.h> //Library Sensor Suhu
#include <Wire.h> //Library Wire
#include "RTClib.h" //Library RTC (Real Time Clock)
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Library LCD

#define ONE_WIRE_BUS 6 //Inisialisasi Pin One Wire
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //Deklarasi Pin One Wire
DallasTemperature sensors(&oneWire); //Pin One Wire
float suhu=0; //Inisialisasi Nilai Awal Sensor Suhu
RTC_DS1307 RTC; //Deklarasi Library RTC (Real Time Clock)

unsigned long int avgValue; //Store the average value of the sensor feedback
float h;
int buf[10],temp; //Inisialisasi nilai buffer dan Sensor Suhu
float pHValue; //Inisialisasi nilai output sensor ph

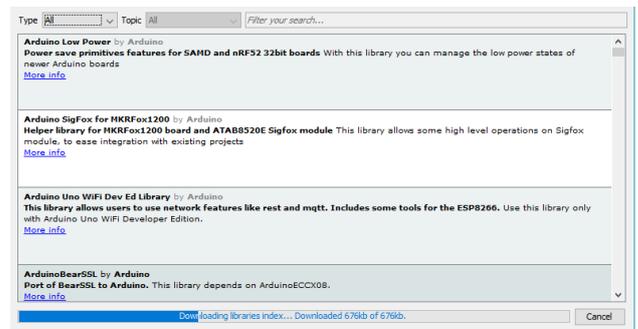
int sensorValue = 0; //Inisialisasi nilai awal sensor salinitas
float salinitas = 0; //Inisialisasi nilai output sensor salinitas

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); //Deklarasi PIN Library LCD

int Relay1 = 5; //Deklarasi Pin Relay Air Masuk
int Relay2 = 4; //Deklarasi Pin Relay Air Keluar

//Nonfigurasi Dasar Pemrograman Arduino
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(Relay1, OUTPUT);
  pinMode(Relay2, OUTPUT);
}
    
```

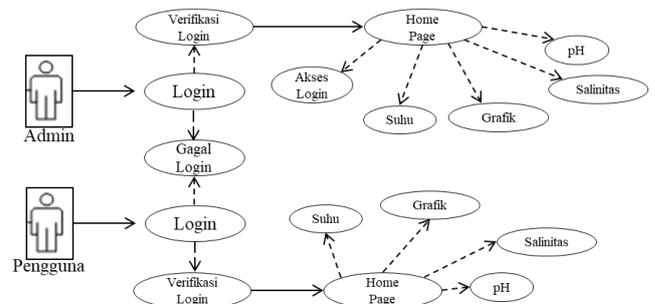
**Gambar 5** Proses Coding dan Compiler yang Valid



**Gambar 6.** Proses *Uploading* ke Mikrokontroler

**Desain dan Pengujian Perangkat Lunak**

Desain perangkat lunak dideskripsikan menggunakan *use case* pada Gambar 7. Hal tersebut menunjukkan bahwa interaksi antara actor yang terlibat yaitu admin dan pengguna. Pengguna meminta akses kepada admin. Kemudian pengguna melakukan login untuk memonitoring kondisi pengontrolan air. Pengguna diberikan akses untuk melihat nilai kualitas air pada variabel suhu, pH, dan salinitas air. Di samping itu, pengguna bisa melihat siklus kondisi air dan proses sirkulasi secara *real-time* yang akan diperlihatkan sesuai dengan sampling waktu: jam, hari, hingga bulanan.



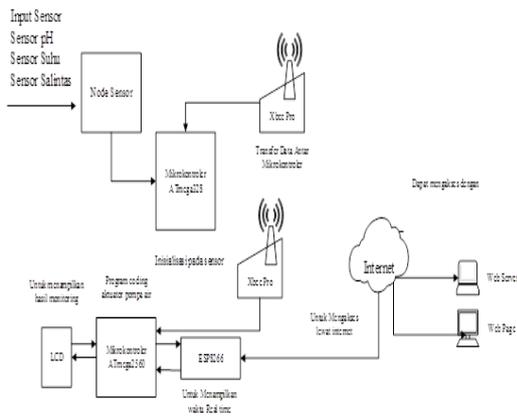
**Gambar 7** Use Case Sistem

Pengujian menggunakan *black box* untuk melihat fungsi setiap menu atau tombol pada desain antar muka sistem, jika sesuai dengan yang diharapkan, maka valid, dan jika tidak sesuai maka tidak valid.

**Desain Komunikasi Data**

Pada desain komunikasi data (gambar 8) terdiri atas modul node sensor, master, dan web master. Node sensor mengirimkan data ke master menggunakan pemancar *wireless* Xbee Pro (WSN). Master mengolah data dalam bentuk hasil yang ditampilkan di LCD (secara lokal) dan mengirimkan data ke server menggunakan *Wireless Fidelity* (wifi). Untuk mengaktifkan komunikasi data didukung oleh *simcard* Simpati Telkomsel. Website akan menerima data yang diupload melalui transmisi data kemudian akan

dikirimkan ke pengguna (*mobile android*). Media wifi akan meneruskan data tersebut melalui jaringan internet, kemudian data tersebut diakses oleh pengguna yang memiliki otoritas. Melalui *mobile phone* maupun sistem komputer desktop, petambak atau pengguna bisa mengetahui situasi tambaknya secara *real-time* berdasarkan data yang ditampilkan oleh sistem.



Gambar 8 Komunikasi Data Berbasis IoT

Perubahan atau reaksi sensor terhadap kualitas air akan ditampilkan dalam bentuk grafik. Proses ini terjadi secara berulang dan bersiklus secara terus menerus selama sistem dalam kondisi on.

**Implementasi dan Pengujian Perangkat Keras**

Proses monitoring air yaitu pada aquarium percobaan mempunyai air dengan suhu normal pada pembacaan ketiga buah sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler Arduino dan ditampilkan pada layar LCD secara internal, secara global akan dikirimkan datanya melalui jaringan *internet of thing* (IoT) ke web sebagai sistem monitoringnya.

Prinsip kerja monitoring sistem adalah jika pada kondisi aquarium I sebagai tambak udang sudah memiliki kualitas air normal, maka ketiga sensor akan melakukan proses pengiriman data ke mikrokontroler. Jika data sensor menunjukkan nilai sama dengan set point, maka kualitas air pada aquarium I dipertahankan.

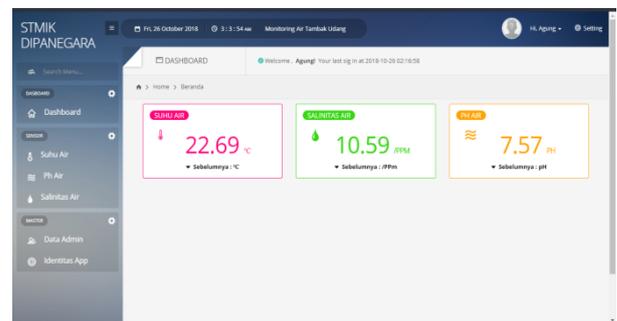
Jika kualitas airnya tidak sesuai dengan interval nilai set point, maka pompa pertama diaktifkan untuk melakukan pengurusan aquarium dan selama pengurusan tetap terpantau data sensor. Pada eksperimen ini, jeda waktu pompa I untuk melakukan pengurusan sekitar 25 detik. Selanjutnya pembacaan sensor dilakukan selama jeda waktu 5 detik untuk pompa II melakukan pengisian hingga batas level ketinggian air sirkulasi terpenuhi. Proses operasional aquarium akan berjalan sesuai dengan siklus

pemantauan data sensor. Hasil pembacaan data sensor akan ditampilkan secara real-time ke LCD via komunikasi data internal dan ke web via IoT.

**Implementasi dan Pengujian Perangkat Lunak**

User yang berada di mana dan kapan saja dan telah memiliki akses berbasis IoT untuk memantau kondisi tambak udang. Menu utama pada dashboard sistem terdiri dari nilai suhu, pH, dan salinitas air secara *real-time* yang ditampilkan dalam bentuk angka, kemudian pilihan tombol untuk variabel kualitas air akan menampilkan grafik kondisi yang terjadi di lapangan (lokasi tambak dikoneksikan dengan mikrokontroler) (Gambar 10-13).

Pengujian *black box* sistem berfungsi untuk menguji semua menu dan tombol pada antar muka sistem bilamana fungsinya sudah sesuai dengan yang diharapkan atau tidak.



Gambar 9 Tampilan Monitoring di Website

Gambar 9 menunjukkan *dashboard* tampilan monitoring yang terdiri atas beberapa menu dan tombol yang telah melalui pengujian *black box* seperti pada Tabel 1. Terdapat 7 menu dan tombol yang diuji sebagai *test case*, dan kesemuanya valid sesuai dengan yang diharapkan pada saat perancangan.

Tabel 1 Hasil Pengujian *Black Box*

No.	Tombol	Test Case	Hasil
1	Menu utama	Menampilkan menu (suhu, salinitas, dan pH) dalam bentuk angka.	Valid
2	Login	Otoritas akses ke sistem.	Valid
3	Suhu Air	Menampilkan suhu dan grafik.	Valid
4	Salinitas Air	Menampilkan salinitas dan grafik.	Valid
5	pH Air	Menampilkan pH dan grafik.	Valid
6	Id App	Informasi sistem	Valid
7	Admin	Pengelolaan admin	Valid

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Setelah implementasi sistem, maka beberapa tinjauan hasil yang diperoleh, di antaranya:

**Hasil Pengujian Kalibrasi**

Hasil pengujian sensor suhu ditunjukkan oleh nilai pada tabel 2-3.

Tabel 2 menunjukkan hasil percobaan selama 10 kali. Akurasi sensor suhu terhadap termometer sebesar 97,81%. Percobaan yang sama dilakukan terhadap kedua sensor lainnya, yaitu sensor pH dan sensor suhu. Akurasi pada sensor pH terhadap pH meter digital sebesar 98,44%; sedangkan akurasi sensor salinitas 98,44% terhadap *salinity meter* digital sebesar 98,9%.

**Tabel 2** Hasil Pengujian Sensor Suhu

No.	Suhu Air (°C)		Rerata	Error (%)
	Termometer Digital	Sensor Suhu		
1	33	32	32.5	3.08
2	32	32	32	0
3	33	31	32	6.25
4	32	31	31.5	3.17
5	33	33	33	0
6	33	33	3	0
7	32	33	32.5	3.08
8	32	31	31.5	3.17
9	33	33	33	0
10	31	32	31.5	3.17
<b>Error Max</b>			6.25	
<b>Error Min</b>			0	
<b>Rerata Error</b>			2.19	
<b>Keakuratan Sistem (%)</b>			97.81	

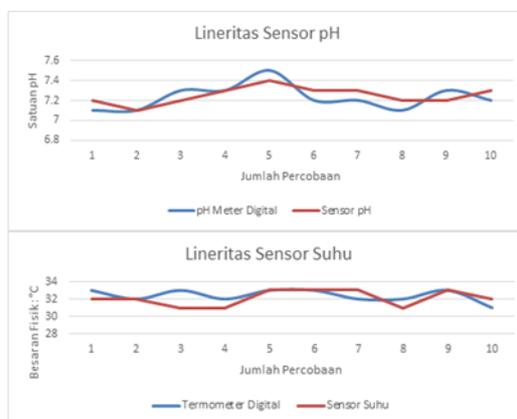
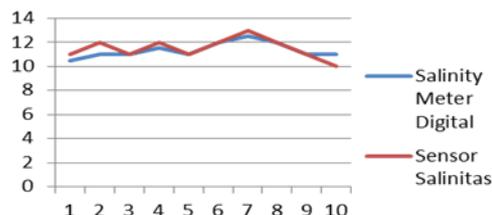
Secara grafik, linearitas sensor terhadap alat ukur digital ditunjukkan pada gambar 10. Rerata *error* sensor secara berturut-turut yaitu: suhu 2,19%; pH 1,1% dan salinitas 1,55%. Hasil pengujian linearitas sensor menunjukkan bahwa sensor memiliki akurasi yang signifikan untuk digunakan saat pengukuran variabel masukan. Sensor pH memiliki rerata *error* terkecil.

**Hasil Eksprimen**

Tiga skenario yang dilakukan saat eksperimen pengontrolan kualitas air (Tabel 3-5) yaitu:

1. Skenario 1 pengontrolan pH air: mengisi aquarium menggunakan air normal, larutan cuka, dan larutan cuka ditambahkan larutan kopi. *Air biasa* memiliki pH (6,5-8), suhu (25-30°C), salinitas (10-25 ppt).

*Larutan cuka* memiliki pH (6,5), suhu (24,94°C), dan salinitas (9,93). *Larutan cuka+kopi* memiliki pH (6,4), suhu (25,25), dan salinitas (10,93 ppt).



**Gambar 10** Hasil Pengujian Akurasi Linearitas Sensor: Keckeruhan, pH, dan Suhu.

2. Skenario 2 pengontrolan salinitas air: mengisi aquarium menggunakan air biasa, larutan garam, larutan garam ditambahkan larutan jeruk. *Air biasa* memiliki pH (6,5-8), suhu (25-30°C), salinitas (10-25 ppt). *Larutan garam* memiliki pH (6,8), suhu (24,94°C), dan salinitas (9,5 ppt). *Larutan garam + jeruk* memiliki pH (6,83), suhu (24,82 °C), dan salinitas (9,23 ppt).
3. Skenario 3 pengontrolan suhu air: mengisi aquarium menggunakan air biasa, air panas, air panas ditambahkan es. *Air biasa* memiliki pH (6,5-8), suhu (25-30°C), salinitas (10-25 ppt). *Air panas* memiliki pH (6,5), suhu (31°C), dan salinitas (12,98 ppt). *Air dingin + es* memiliki pH (6,6), suhu (23,82 °C), dan salinitas (14 ppt).

Hasil yang diperoleh dari ketiga skenario tersebut pada eksperimen *penambahan air biasa* ke dalam aquarium (lihat tabel 3-5), menunjukkan bahwa nilai kualitas air berada pada ambang batas normal sehingga kondisi ini tidak mengaktifkan pompa air. Artinya, sistem mendeteksi bahwa kualitas air normal sehingga proses sirkulasi tidak diperlukan.

Berbeda halnya ketika skenario 1 pada eksperimen *larutan cuka* (Tabel 3) memiliki nilai kualitas air yang

tidak sesuai dengan data set poin (2 variabel tidak normal), sehingga mikrokontroler melalui aktuator mengaktifkan pompa agar melakukan proses sirkulasi pembuangan dan pengisian. Demikian pula pada eksperimen *larutan cuka + kopi*, memiliki nilai pH di luar ambang batas set poin meski nilai suhu dan salinitas normal (1 variabel tidak normal), akan tetapi pompa tetap diaktifkan untuk proses sirkulasi pembuangan dan pengisian dalam selang 5 detik setelah terdeteksi.

**Tabel 3** Unjuk Kerja Pengontrolan pH Air

Jenis Pengujian	Sensor pH	Sensor Suhu (°C)	Sensor Salinitas (ppt)	Pompa 1	Jeda pompa	Pompa 2
Air Biasa	6,5 -8,0 (normal)	25-30 (normal)	10-25 (normal)	Tidak aktif	5 detik	Tidak aktif
Cuka	6.5 (normal)	24.94 (tidak normal)	9.93 (tidak normal)	Proses Pembuangan	5 detik	Proses Pengisian
Cuka ditambah bahkan kopi	6,4 (tidak normal)	25,25 (normal)	10.93 (normal)	Proses Pembuangan	5 detik	Proses Pengisian

Skenario 2 (Tabel 4) pada eksperimen larutan garam menunjukkan bahwa nilai suhu dan salinitas berada di luar ambang batas set poin (2 variabel tidak normal) maka proses sirkulasi dilakukan dalam selang 5 detik antara deteksi sensor dengan pengaktifan pompa. Demikian pula pada eksperimen larutan garam+jeruk proses sirkulasi juga dilakukan sebagai respon terhadap variabel suhu dan salinitas yang tidak normal.

**Tabel 4** Unjuk Kerja Pengontrolan Salinitas Air

Jenis Pengujian	Sensor pH	Sensor Suhu (°C)	Sensor Salinitas (ppt)	Pompa 1	Jeda pompa	Pompa 2
Air Biasa	6,5 –8,0 (normal)	25-30 (normal)	10-25 (normal)	Tidak aktif	5 detik	Tidak aktif
Garam	6.8 (normal)	24.94 (tidak normal)	9.5 (tidak normal)	Proses Pembuangan	5 detik	Proses Pengisian
Garam ditambah bahkan jeruk	6.83 (normal)	24.82 (tidak normal)	9.23 (tidak normal)	Proses Pembuangan	5 detik	Proses Pengisian

Skenario 3 (Tabel 5) pada eksperimen air panas menunjukkan bahwa nilai suhu dan salinitas berada di luar ambang batas set poin (1 variabel tidak normal) maka proses sirkulasi dilakukan dalam selang 5 detik antara deteksi sensor dengan pengaktifan pompa. Demikian pula pada eksperimen air dingin+es, proses sirkulasi juga dilakukan sebagai respon terhadap variabel suhu yang tidak normal.

**Tabel 5** Unjuk Kerja Pengontrolan Suhu Air

Jenis Pengujian	Sensor pH	Sensor Suhu (°C)	Sensor Salinitas (ppt)	Pompa 1	Jeda pompa	Pompa 2
Air Biasa	6,5 – 8,0 (normal)	25-30 (normal)	10-25 (normal)	Tidak aktif	5 detik	Tidak aktif
Air Panas	6.5 (normal)	31 (tidak normal)	12.98 (normal)	Proses Pembuangan	5 detik	Proses Pengisian
Air Dingin ditambah es	6.6 (normal)	23.82 (tidak normal)	14 (normal)	Proses Pembuangan	5 detik	Proses Pengisian

Jika terdapat satu atau dua variabel kualitas air yang tidak normal, maka sistem akan melakukan proses sirkulasi. Hal ini diskenarioikan sebagai implikasi bahwa kualitas air sangat menentukan pertumbuhan Udang Vaname sehingga membiarkan udang dalam kondisi terpapar dengan kualitas air yang tidak normal akan membuat udang stres, memiliki pertumbuhan tidak pesat untuk dilakukan pada budidaya Udang Vaname. Tentu saja jika hal ini dibiarkan terus-menerus maka produktivitas akan menurun jika tidak dikatakan gagal panen. Sirkulasi menjadi solusi dalam menstabilkan kondisiketidak-normalan tersebut.

Tabel 6 menunjukkan proses pengujian *realtime* LCD alat monitoring ke web, pembacaan data variabel sensor ke LCD adalah 1 detik, dan pembacaan data variabel sensor ke web adalah 1-2 detik. Pengujian ini dilakukan dalam radius 50 km antara perangkat pengontrolan dengan pengguna yang berbasis *mobile phone*. Hal ini mengindikasikan bahwa waktu komunikasi data antara pengguna terhadap sistem monitoring ditentukan oleh kecepatan lalu lintas operator data yang digunakan. Lalu lintas data rata-rata sudah menggunakan *coverage* 3G dan 4G sehingga *delay time* yang menjadi masalah pada setiap komunikasi data bisa teratasi.

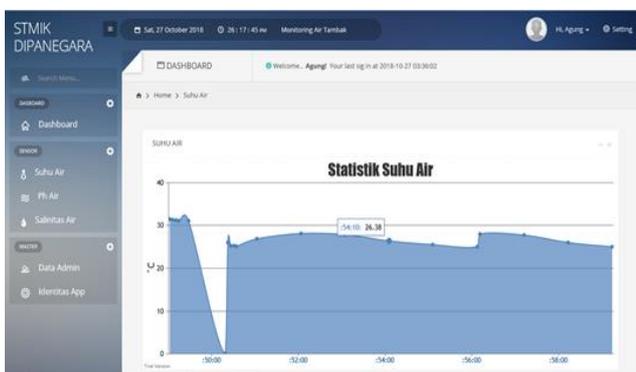
**Tabel 6** Tabel Pengujian *Realtime*

No	Waktu Baca LCD (Detik)	Waktu Akses Web (Detik)	Lokasi	Radius Mikrokontroler-Web (km) Lokasi
1	1	1	BTP	7
2	1	1	Unhas	3
3	1	1	Gowa	20
4	1	2	Maros	15
5	1	2	Pangkep	30
6	1	1	Sudiang	10
7	1	1	Perum NTI	7
8	1	1	Bung	3
9	1	1	Pettarani	15
10	1	2	Barombong	19

**Hasil Simulasi**

Untuk melihat aksi pengontrolan secara grafik, maka dilakukan simulasi sesuai dengan skenario sebelumnya. Data yang diekspresikan tersebut kemudian dikirimkan ke web untuk ditampilkan sebagai sisystem informasi secara visual. Sistem menggambarkan secara *real-time* antara kondisi normal dengan tidak normal kemudian normal kembali sebagai aksi dari pengontrolan. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 11-13.

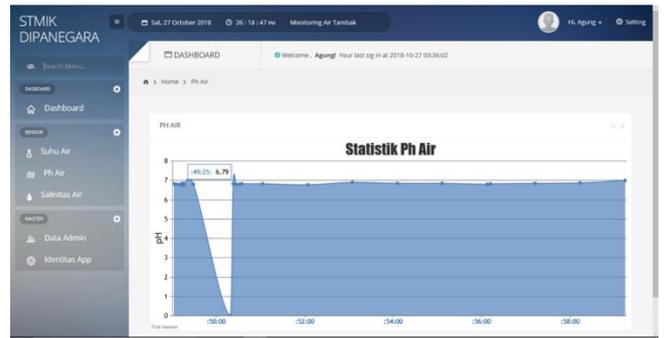
Gambar 11 menunjukkan suhu air pada ambang batas 25–30°C, pada menit ke-48 suhu mencapai 31°C sehingga berfluktuasi dalam kondisi tidak normal dan menit ke-50, suhu kembali normal maka proses sirkulasi dilakukan.



**Gambar 11** Grafik Suhu Air

Gambar 12 menunjukkan pembacaan sensor pH menunjukkan normal bila sensor pH tidak melewati ambang batas 6,5–8,0, pada menit ke-49 pH mencapai 6,79 dalam kondisi normal dan menit ke 50 pH

mencapai 0,60 dalam kondisi tidak normal maka proses sirkulasi diaktifkan.



**Gambar 12** Grafik pH Air

Gambar 13 menunjukkan pembacaan sensor salinitas pada kondisi normal. Bila sensor salinitas tidak melewati ambang batas 10-25 ppt, pada menit ke 50 salinitas mencapai 9.57 ppt dalam kondisi tidak normal dan menit ke-51 salinitas mencapai 10,25 ppt dalam kondisi tidak normal maka proses sirkulasi diaktifkan.



**Gambar 13** Grafik Salinitas Air

**KESIMPULAN**

Pemanfaatan *internet of thing* pada monitoring berskala prototype ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi tiga variabel sensor sebagai indikator kualitas air, yaitu: suhu, pH, dan salinitas. Mikrokontroler telah mengendalikan aktuator untuk melakukan sirkulasi air dengan mengaktifkan pompa sesuai dengan ambang batas nilai variabel yang diberikan pada set point. Kondisi kualitas air akan dikirimkan melalui komunikasi data menuju server dan bisa diakses oleh pengguna menggunakan *mobile phone* maupun *desktop* untuk memantau tambak udangnyanya secara *real-time* melalui akses web yang. *Dashboard* pada web akan menampilkan grafik kualitas air sesuai aksi pengontrolannya.

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap akses pengguna dalam memonitoring kualitas tambak menggunakan *mobile phone* secara fleksibel berbasis *internet of thing*. Pemanfaatan *mobile phone*

memberikan pilihan bagi pengguna sehingga tidak memerlukan alat khusus untuk mengakses informasinya. Temuan lainnya juga bahwa sistem monitoring dilanjutkan dengan proses sirkulasi pada lokasi budidaya tambak yang tentunya mengurangi penggunaan tenaga manusia untuk melakukan pengurusan tambak karena ada aktuator yang menggantikan tenaga manusia secara otomatis.

Penelitian ini secara perangkat keras masih dalam skala prototipe, belum mewakili skala dan kapasitas perangkat yang mewakili kondisi tambak secara riil di lapangan. Penelitian masih memerlukan penelitian lanjut untuk mengimplementasikan secara riil. Secara perangkat lunak, sudah bisa diimplementasikan dengan mengakomodasi semua kebutuhan dan kendala di lapangan.

Penelitian berikutnya sudah bisa mengintegrasikan data dari berbagai budidaya udang di beberapa daerah di Indonesia, memanfaatkan sistem informasi geografis untuk mengetahui posisi dan cuaca pada lokasi budidaya sebagai data pembanding, data terintegrasi juga bisa menjadi rujukan dalam membuat sistem pengambilan keputusan dalam sistem budidaya udang. Hal ini bisa menjadi data acuan untuk menentukan kebijakan dalam budidaya Udang Vaname melalui data center sehingga pemanfaatan TIK menjadi kolaborasi untuk meningkatkan tingkat produktivitas udang dari berbagai kompetensi keilmuan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih banyak kepada pihak yang berperan dalam pengumpulan data penelitian dan eksperimen, khususnya sivitas akademika STMIK Dipanegara Makassar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Al Barqi, U., Santyadiputra, G. S., & Darmawiguna, I. G. M. (2019). Sistem Monitoring Online Pada Budidaya Udang Menggunakan Wireless Sensor Network dan Internet of Things. *Karmapati (Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika)*, 8(2), 476–487.
- Ardiyanto, L., & Sumiharto, R. (2012). Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Xbee Studi Kasus Pemantauan Suhu dan Kelembaban. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 2(2), 119–130.
- Astria, F., Subito, M., & Nugraha, D. W. (2014). Rancang Bangun Alat Ukur pH dan Suhu Berbasis Short Message Service (SMS) gateway. *Universitas Tadulako, Sulawesi Tengah*.
- Avisena, I. Y., Kurniawan, W., & Ichsan, M. H. H. (n.d.). Monitoring Kualitas Air Tambak dengan Fitur Plug and Play dengan Metode State Machine. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer E-ISSN, 2548, 964X*.
- Boonsong, W., & Ismail, W. (2014). Wireless Monitoring Of Household Electrical Power Meter Using Embedded Rfid with Wireless Sensor Network Platform. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 10(6), 876914.
- Farras, A., Mahasri, G., & Suprpto, H. (2017). Prevalensi dan Derajat Infestasi Ektoparasit pada Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Tambak Intensif dan Tradisional di Kabupaten Gresik [Prevalence and Degrees of Infestation Ectoparasite on White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Intensive and Extensive Cultivation System in Gresik]. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 9(2), 118–126.
- Fuady, M. F., & Nitisupardjo, M. (2013). Pengaruh Pengelolaan Kualitas Air Terhadap Tingkat Kelulushidupan Dan Laju Pertumbuhan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di PT. Indokor Bangun Desa, Yogyakarta. *Management of Aquatic Resources Journal*, 2(4), 155–162.
- Hudi, L., & Shahab, A. (2005). Optimasi Produktifitas Budidaya Udang Vaname *Litopenaeus vannamei* dengan Menggunakan Metode Respon Surface dan Non Linier Programming. *Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 28–1.
- Isnawaty, I., Mayangsari, S. A., & Rachman, A. (2016). Sistem Kendali Penerangan Ruang Untuk Mengurangi Konsumsi Energi Listrik dengan Pemanfaatan Android dan Bluetooth. *DINAMIKA: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(2).
- Kumar, R. H., Roopa, A. U., & Sathiya, D. P. (2015). Arduino Atmega-328 Microcontroller. *International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering*, 3(4), 27–29.
- Machzar, A. F., Akbar, S. R., & Fitriah, H. (2018). Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Tambak Udang Dan Bandeng. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer E-ISSN, 2548, 964X*.
- Mangampa, M., & Suwoyo, H. S. (2016). Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Teknologi Intensif Menggunakan Benih Tokolan. *Jurnal Riset Akuakultur*, 5(3), 351–361.
- Maulana, Y. Y., Wiranto, G., & Kurniawan, D. (2017). Online Monitoring Kualitas Air pada Budidaya Udang Berbasis WSN dan IoT. *INKOM Journal*, 10(2), 81–86.
- Melinda, N., & Suryono, S. (2018). Rancang Bangun Sistem Wireless Sensor Salinitas Model Kapasitif. *Youngster Physics Journal*, 7(2), 76–84.
- Multazam, A. E., & Hasanuddin, Z. B. (2017). Sistem Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Vaname. *JURNAL IT: Media Infomasi STMIK Handayani Makassar*, 8(2), 118–125.
- Rozaq, I. A., & DS, N. Y. (2017). Uji Karakterisasi Sensor Suhu DS18B20 Waterproof Berbasis Arduino Uno Sebagai Salah Satu Parameter Kualitas Air. *Prosiding SNATIF*, 303–309.
- Santoso, A. B. (2013). Pembuatan Otomasi Pengaturan Kereta Api, Pengereman, dan Palang Pintu pada Rel

- Kereta Api Mainan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(1).
- Sridharan, S. (2014). Water Quality Monitoring System Using Wireless Sensor Network. *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE)*, 3(4), 399–402.
- Wibisono, D. A., Aminah, S., & Maulana, G. (2019). Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Tambak Udang Berbasis Internet of Things. *SNA (Seminar Nasional Informatika Dan Aplikasinya)*, 4, B1–5.
- Wiranto, G., & Hermida, I. D. P. (2010). Pembuatan Sistem Monitoring Kualitas Air secara Real-Time dan Aplikasinya Dalam Pengelolaan Tambak Udang. *Jurnal Teknologi Indonesia*, 33(2), 107–113.
- Wulandari, T., Widyorini, N., & Purnomo, P. W. (2015). Hubungan Pengelolaan Kualitas Air dengan Kandungan Bahan Organik, NO<sub>2</sub> dan NH<sub>3</sub> pada Budidaya Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) di Desa Keburuhan Purworejo. *Management of Aquatic Resources Journal*, 4(3), 42–48.
- Maulana, Y.Y., and Wijaya, I. (2015), “Monitoring Kualitas Air secara Real-Time Terintegrasi,” *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, vol. 15, no. 1, pp. 23-27.
- Niam, M. S., Akbar, S. R., & Maulana, R. (n.d.). Monitoring Dan Implementasi Sistem Otomasi Real Time Kualitas Air Tambak Menggunakan Web. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informatika Dan Ilmu Komputer E-ISSN*, 2548, 964X.
- Pratama, A. S., Efendi, A. H., Burhanudin, D., & Rofiq, M. (2019). Simkartu (Sistem Monitoring Kualitas Air Tambak Udang) Berbasis Arduino dan SMS Gateway. *Jurnal SITECH: Sistem Informasi dan Teknologi*, 2(1), 121–126
- Salfia, E., Azhar, A., & Kamal, M. (2018). Rancang Bangun Alat Pengendalian dan Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Berbasis Salinitas dan Kadar Oksigen Terlarut. *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro*, 2(2).
- Yusuf, A. I., Rusdinar, A., & Nugraha, R. (2016). Rancang Bangun Prototipe Kontrol Salinitas Air Tambak Udang Menggunakan Metode Fuzzy dan Jaringan Sensor Nirkabel. *EProceedings of Engineering*, 3(3).
- Zain, R. H. (2013). Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan Sensor Passive Infra Red (PIR) Dilengkapi Kontrol Penerangan Pada Ruangan Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 dan Real Time Clock DS1307. *Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan*, 6(1), 146–162.