

**MONITORING PERUBAHAN KUALITAS AIR MEDIA PEMELIHARAAN  
UDANG WINDU FASE POST LARVA SECARA *REAL-TIME* DENGAN  
MEMANFAATKAN *INTERNET OF THINGS* UNTUK MENINGKATKAN  
KELANGSUNGAN HIDUP**



**ASYHABUL QAFFI  
L031201025**



**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**MONITORING PERUBAHAN KUALITAS AIR MEDIA PEMELIHARAAN  
UDANG WINDU FASE POST LARVA SECARA *REAL-TIME* DENGAN  
MEMANFAATKAN *INTERNET OF THINGS* UNTUK MENINGKATKAN  
KELANGSUNGAN HIDUP**

**ASYHABUL QAFFI  
L031201025**



**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**MONITORING PERUBAHAN KUALITAS AIR MEDIA PEMELIHARAAN  
UDANG WINDU FASE POST LARVA SECARA *REAL-TIME* DENGAN  
MEMANFAATKAN *INTERNET OF THINGS* UNTUK MENINGKATKAN  
KELANGSUNGAN HIDUP**

**ASYHABUL QAFFI  
L031201025**

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Budidaya Perairan

pada

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN  
DEPARTEMEN PERIKANAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**SKRIPSI**

**MONITORING PERUBAHAN KUALITAS AIR MEDIA PEMELIHARAAN  
UDANG WINDU FASE POST LARVA SECARA *REAL-TIME* DENGAN  
MEMANFAATKAN *INTERNET OF THINGS* UNTUK MENINGKATKAN  
KELANGSUNGAN HIDUP**

**ASYHABUL QAFFI**

**L031201025**

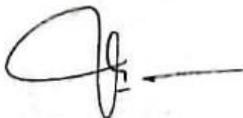
Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana pada tanggal 22 Mei 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
Program Studi Budidaya Perairan  
Departemen Perikanan  
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

Mengesahkan:  
Pembimbing Tugas Akhir,



Dr. Ir. Badraeni, M.P.  
NIP. 19651023 199103 2 001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi



Dr. Andi Aliah Hidayani, S.Pi., M.Si.  
NIP. 19800502 200501 2 002

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Monitoring Perubahan Kualitas Air Media Pemeliharaan Udang Windu Fase Post Larva secara *Real-time* dengan Memanfaatkan *Internet of Things* untuk Meningkatkan Kelangsungan Hidup" adalah benar karya saya dengan arahan dari Ibu Dr. Ir. Badraeni,MP. sebagai pembimbing. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 22 Mei 2024



*Asyhabul Qaffi*  
ASYHABUL QAFFI  
NIM L031201025

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang saya kerjakan dapat diselesaikan dengan sukses, dan skripsi ini dapat dirampungkan berkat bimbingan, diskusi, dan arahan dari Ibu Dr. Ir. Badraeni, M.P. selaku pembimbing skripsi saya. Untuk itu, saya menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada beliau. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Perikanan Budidaya Air Payau Takalar dan Bapak Haruna, selaku Kepala Divisi Pembenihan Udang di BPBAP Takalar, yang telah mengizinkan saya melaksanakan penelitian dan memberikan kesempatan untuk menggunakan fasilitas serta peralatan di Hatchery Udang Balai Perikanan Budidaya Air Payau Takalar.

Saya menyampaikan terima kasih kepada Bapak Ir. Muhammad Iqbal Djawad, M.Sc., Ph.D., selaku dosen penguji, yang telah memberikan banyak masukan yang membangun selama proses penelitian dan penyusunan skripsi. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Hilal Anshary, M.Sc., yang bertindak sebagai dosen pembimbing akademik serta dosen penguji, atas kontribusinya dalam memberikan pengetahuan, kritik, dan saran yang bermanfaat selama proses perkuliahan hingga sampai penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan dan seluruh civitas akademika Universitas Hasanuddin khususnya Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, atas dukungan, bimbingan, dan fasilitas yang mereka berikan sehingga saya dapat menyelesaikan program sarjana saya.

Terima kasih juga saya sampaikan kepada Raihan, Sulfikar, Salwa, Wulan, Wilka, Amir, Ricky, Saldy, Fiqri, Akram, Zalsa, Ikhsan, dan Grel atas dukungan, bantuan, dan motivasi yang mereka berikan selama proses penelitian. Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada teman-teman BDP 20, Napoleon 20, KKN Desa Patani Gel. 111, dan CEO Fams atas bantuan, dukungan, dan semangat yang mereka berikan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Terakhir, saya ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua saya yang selalu memberikan dukungan dan doa dalam perjalanan kuliah saya hingga semester terakhir. Juga, saya ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada adik dan seluruh keluarga saya atas dukungan yang luar biasa mulai dari awal kuliah hingga penyelesaian skripsi ini.

Penulis.



Asyhabul Qaffi

## ABSTRAK

ASYHABUL QAFFI. **Monitoring Perubahan Kualitas Air Media Pemeliharaan Udang Windu Fase Post Larva secara *Real-time* dengan Memanfaatkan *Internet of Things* untuk Meningkatkan Kelangsungan Hidup** (dibimbing oleh Badraeni).

**Latar belakang.** Udang merupakan salah satu komoditas dengan kandungan gizinya yang tinggi, nilai ekonominya yang besar, serta memiliki pasar yang luas. Fluktuasi kualitas air pada pemeliharaan larva udang yang tiba-tiba dapat menyebabkan kematian secara massal dan kelangsungan hidup rendah. Informasi perubahan kualitas air secara *real-time* pada pemeliharaan udang windu pada fase post larva dengan memanfaatkan teknologi IoT saat ini masih belum pernah diteliti. **Tujuan.** Tujuan dari penelitian ini adalah memonitoring perubahan kualitas air udang windu fase post larva secara *real-time* dengan memanfaatkan teknologi IoT (*Internet of Things*) untuk mendapatkan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi. **Metode.** Penelitian yang dilakukan terdiri dari empat tahap yakni: 1) persiapan wadah, 2) Penebaran Naupli, 3) Pemeliharaan Post Larva, 4) Pengaktifan sistem pemantauan kualitas air berbasis *Internet of Things*. **Hasil.** Berdasarkan hasil monitoring kualitas air secara *real-time* dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* pada pemeliharaan udang windu PL3-PL7, nilai suhu berada pada kisaran 30,12°C-31,12°C, nilai DO (*Dissolved oxygen*) berada pada kisaran 4-7mg/L, dan nilai pH berada pada kisaran 7,75-7,95. Tingkat kelangsungan hidup post larva udang windu dari PL3-PL7 yakni 86%. **Kesimpulan.** Monitoring kualitas air secara *real-time* telah berhasil dilakukan pada pemeliharaan udang windu fase PL3-PL7. Kualitas air pada pemeliharaan udang windu fase PL3-PL7 secara *real-time* sedikit berfluktuatif namun masih berada dalam kisaran batas normal. Perubahan kualitas air harian dipengaruhi oleh berbagai faktor. Kualitas air yang baik pada pemeliharaan ini menghasilkan tingkat kelangsungan hidup tinggi.

Kata kunci: IoT; Post larva; Udang windu; Kualitas air

## **ABSTRACT**

ASYHABUL QAFFI. **Real-time Monitoring of Water Quality Changes in Giant Tiger Prawn Rearing Media Post-Larval Phase by Utilizing the Internet of Things to Increase Survival** (supervised by Badraeni).

**Background.** Shrimp is a commodity with high nutritional content, large economic value, and a wide market. Sudden fluctuations in water quality when rearing shrimp larvae can cause mass deaths and low survival. Information on real-time changes in water quality when rearing giant tiger prawns in the post-larval phase using IoT technology has currently never been studied. **Aim.** This research aims to monitor changes in the water quality of giant tiger prawns in the post-larval phase in real time by utilizing IoT (Internet of Things) technology to obtain a high level of survival. **Method.** The research carried out consisted of four stages, namely: 1) preparation of containers, 2) Spreading of Naupli, 3) Rearing of Post Larvae, and 4) Activation of the Internet of Things-based water quality monitoring system. **Results.** Based on the results of real-time water quality monitoring using Internet of Things technology in rearing PL3-PL7 tiger prawns, the temperature value is in the range of 30,12°C-31,12°C, the DO (Dissolved oxygen) value is in the range of 4-7mg/L, and the pH value is in the range of 7,75-7,95. The post-larval survival rate for giant tiger prawns from PL3-PL7 is 86%. **Conclusion.** Real-time water quality monitoring has been successfully carried out in the PL3-PL7 phase of tiger prawn rearing. The water quality in the real-time phase of PL3-PL7 tiger prawn rearing fluctuates slightly but is still within the normal range. Daily changes in water quality are influenced by various factors. Good water quality in this nursery results in a high survival rate.

Keywords: Black tiger shrimp ; IoT; Post larvae; Water quality

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat .....	2
1.3 Teori .....	2
BAB II METODE PENELITIAN .....	8
2.1 Tempat dan Waktu .....	8
2.2 Bahan dan Alat .....	8
2.3 Pelaksanaan Penelitian .....	9
2.4 Pengamatan dan Pengukuran .....	12
2.5 Analisis Data .....	13
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN .....	14
3.1. Kualitas Air .....	14
3.2 Kelangsungan Hidup .....	21
BAB IV KESIMPULAN .....	26
DAFTAR PUSTAKA .....	27
LAMPIRAN .....	39

**DAFTAR TABEL**

Nomor urut	Halaman
1. Alat yang digunakan pada saat penelitian .....	8
2. Bahan yang digunakan selama penelitian .....	9

## DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Udang Windu ( <i>Penaeus monodon</i> ) (Wakida-Kusunoki <i>et al.</i> , 2016).....	3
2. Bak pemeliharaan .....	9
3. Sistem pemantauan kualitas air berbasis IoT. (a) Arduino, (b) Raspberry, (c) Sensor suhu, (d) Sensor pH, (e) Sensor DO .....	12
4. Hasil monitoring kualitas air secara <i>real-time</i> pada pemeliharaan udang windu PL3-PL7 .....	14
5. Kelangsungan Hidup Udang Windu fase PL3-PL7 .....	21

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor urut	Halaman
1. Tingkat Kelangsungan Hidup (SR).....	39
2. Kualitas Air Harian .....	40
3. Dokumentasi Penelitian .....	41
4. Daftar Riwayat Hidup (Curriculum Vitae) .....	43

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Udang merupakan salah satu komoditas yang sangat penting dalam industri perikanan Indonesia karena diminati oleh masyarakat berkat kandungan gizinya yang tinggi, nilai ekonominya yang besar, serta memiliki pasar yang luas baik di dalam maupun luar negeri. Berbagai jenis udang telah dibudidayakan di perairan Indonesia dan salah satu jenis udang yang sering di produksi untuk diekspor ke luar negeri adalah udang windu (Kapita *et al.*, 2022). Udang windu (*Penaeus monodon*) berasal dari wilayah Indo-Pasifik dan merupakan salah satu udang penaeid terbesar dan paling penting secara komersil di dunia (Rumisha & Kochzius, 2023). Produksi udang penaeid global mencapai 4.200 metrik ton senilai USD 4,8 miliar yang terjadi pada tahun 2016 (Deris *et al.*, 2020).

Sejak tahun 2001 sampai saat ini, produksi budidaya udang windu (*P. monodon*) yang merupakan industri perikanan yang sangat bernilai tersebut mulai menurun (Munaeni *et al.*, 2023). Keberhasilan budidaya udang windu sangat bergantung pada upaya pembenihan udang yang dilakukan oleh Panti Pembenihan (Hatchery), Panti Pembenihan Skala Rumah Tangga (Backyard), maupun skala besar untuk menyediakan benih udang yang berkualitas dan bebas penyakit (Mahasri *et al.*, 2014). Keberhasilan suatu produksi budidaya juga dapat dilihat dari nilai kelangsungan hidup kultivan yang dipelihara (Budiardi *et al.*, 2007). Serangan penyakit baik di tambak maupun hatchery menjadi penyebab kematian pada udang dan tingkat kelangsungan hidup pada udang menjadi rendah (Sudarno *et al.*, 2017). Selain penyakit, kelangsungan hidup udang termasuk udang windu juga dipengaruhi oleh berbagai faktor lain antara lain pakan, umur ikan, lingkungan, kondisi kesehatan ikan, dan kualitas air (Scabra *et al.*, 2021).

Kualitas air adalah faktor utama dalam menentukan keberhasilan suatu kegiatan akuakultur. Air merupakan media yang sangat penting bagi kelangsungan hidup dan pertumbuhan organisme perairan (Scabra & Setyowati, 2019). Perubahan pada kualitas air secara fluktuatif dapat mempengaruhi kesehatan organisme budidaya. Perubahan kualitas air dapat memicu stres pada organisme perairan yang menyebabkan daya tahan tubuh dan kelangsungan hidup organisme perairan terganggu (Handayani, 2020). Fluktuasi kualitas air pada pemeliharaan larva yang tiba-tiba dapat menyebabkan kematian secara massal dan kelangsungan hidup rendah. Rendahnya kelangsungan hidup pada fase larva disebabkan oleh organ-organ tubuh yang belum sempurna sehingga rentan terhadap perubahan kualitas air (Syukri & Ilham, 2016). Perubahan kualitas air merupakan salah satu faktor terbesar yang mempengaruhi kelangsungan hidup udang windu terutama pada fase post larva. Pada kegiatan budidaya, pengecekan kualitas air masih dilakukan secara manual sehingga mengambil banyak waktu dan tidak dapat dilakukan secara terus menerus atau biasa disebut secara *real-time* (Maulana *et al.*, 2015). Untuk

mengetahui perubahan kualitas air secara *real-time* tersebut, perlu dilakukan monitoring kualitas air secara *real-time*.

Monitoring kualitas air secara *real-time* merupakan pemantauan kualitas air yang dilakukan terus-menerus dan datanya dapat diakses secara langsung (Satmoko, 2016). Monitoring kualitas air secara *real-time* dapat dilakukan salah satunya melalui pemanfaatan *Internet of Things* (IoT). IoT adalah perangkat elektronik atau berbagai device yang saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet. Internet berfungsi sebagai penghubung yang memungkinkan komunikasi otomatis antar mesin (Suhendar *et al.*, 2021). IoT menginterpretasikan data yang berupa objek-objek unik secara virtual ke dalam struktur internet (Waworundeng & Lengkong, 2018). Teknologi IoT dapat memperoleh data berupa nilai parameter kualitas air melalui sensor yang dapat diakses secara *real-time* dan ditransfer lewat jaringan tanpa perantara dari manusia (Kharisma & Thaha, 2020).

Informasi perubahan kualitas air secara *real-time* pada pemeliharaan udang windu pada fase post larva dengan memanfaatkan teknologi IoT saat ini masih belum pernah di teliti. Berdasarkan hal tersebut, maka dianggap perlu dilakukan penelitian mengenai pemantauan perubahan kualitas air pada pemeliharaan udang windu fase post larva secara *real-time* yang dapat dijadikan informasi dalam mempelajari perubahan kualitas air pada saat pemeliharaan sehingga menghasilkan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi.

## 1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah memonitoring perubahan kualitas air udang windu fase post larva secara *real-time* dengan memanfaatkan teknologi IoT (*Internet of Things*) untuk mendapatkan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu bahan informasi bagi pembudidaya udang windu tentang perubahan kualitas air yang terjadi pada pemeliharaan udang windu fase post larva secara *real-time* yang dapat menjadi acuan dalam pengontrolan dan pemeliharaan sehingga dapat menghasilkan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi, selain itu dapat juga menjadi informasi untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

## 1.3 Teori

### 1.3.1 Biologi Udang Windu

**Klasifikasi Udang Windu.** Klasifikasi udang windu menurut Fabricius (1798) adalah sebagai berikut.

Filum: Arthropoda

Subfilum: Mandibulata

Kelas: Crustacea

Ordo: Decapoda

Famili: Penaidae

Genus: *Penaeus*

Spesies: *Penaeus monodon* Fab.

Adapun gambar udang windu (*P. monodon*) dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut.



**Gambar 1.** Udang Windu (*Penaeus monodon*) (Wakida-Kusunoki *et al.*, 2016)

**Morfologi Udang Windu.** Udang windu termasuk dalam golongan udang penaid dan merupakan udang terbesar pada famili tersebut dimana panjang tubuhnya dapat mencapai 27cm. Menurut Munaeni *et al.* (2023), udang windu memiliki warna tubuh kemerahan dan terdapat garis hitam. Adapun antena dari udang windu berwarna keabu-abuan sedangkan kaki renang, dan kiki jalan berwarna coklat yang ujungnya berwarna kemerahan. Menurut Harahap *et al.* (2017) menyatakan bahwa udang windu memiliki tubuh berwarna hijau kehitam-hitaman dilengkapi dengan garis kuning yang ada pada tubuhnya. Tubuh udang windu keras dan pada perutnya teksturnya agak kasar. Ukuran tubuh udang windu lebih besar dibandingkan dengan ukuran tubuh udang putih (*Penaeus merguensis*) (Agung *et al.*, 2022). Bagian chepalothorax dari udang windu dilapisi dengan karapas. Bagian karapas udang windu dilengkapi dengan rostrum yang memiliki jumlah gigi 6-8 pada bagian atas sedangkan pada bagian bawah terdapat 3 gigi (Saputra, 2008). Udang windu (*Penaeus monodon*) memiliki morfologi dimana bagian tubuhnya terbagi atas 2 bagian yakni bagian cephalothorax dan abdomen. Cephalothorax merupakan bagian kepala dan dada sedangkan abdomen merupakan bagian perut dari udang windu. Bagian chepalothorax terdiri dari 13 ruas dimana 5 ruas kepala dan 8 ruas dada. Bagian cephalothorax terdapat 5 pasang kaki jalan yang disebut dengan peropoda. Bagian kepala udang windu dilengkapi dengan antenna, antenulla, mandibular, dan 3 pasang maxilliped. Bagian abdomen pada udang windu memiliki 6 ruas dimana terdapat 5 pasang kaki renang yang disebut dengan pleopod dan terdapat telson yang bentuknya mirip ekor dilengkapi dengan sepasang uropods pada bagian ujung dari abdomen sehingga berfungsi sebagai alat pengemudi pada udang windu (Trianjari *et al.*, 2022).

**Habitat Udang Windu.** Habitat udang windu adalah berada pada lingkungan air payau dan juga laut. Udang windu termasuk organisme euryhaline yang beradaptasi dengan kadar salinitas yang luas antara 1-57 ppt. Salinitas optimal untuk udang windu adalah berkisar pada 10-35 ppt (Munaeni *et al.*, 2023). Udang penaeid berada pada berbagai bentuk habitat sesuai dengan siklus hidupnya. Udang dewasa akan memijah di laut lepas kemudian juvenil udang muda akan bermigrasi ke perairan dekat pantai. Pada saat post larva udang penaeid akan berada pada daerah ekstrim atau daerah dangkal perairan estuaria. Sebagian besar kehidupan post larva

udang penaid berada pada daerah dangkal perairan estuaria sampai fase juvenile. Dasar perairan atau dasar tambak merupakan tempat yang lebih disukai oleh udang windu (Muzahar, 2020). Udang windu merupakan hewan nokturnal yakni aktif mencari makan pada malam hari dan lebih menyukai suasana yang gelap dengan sinar matahari yang tidak terlalu cerah sehingga akan berdiam dan berlindung di dasar perairan atau perairan dalam (Harahap *et al.*, 2017). Ukuran udang windu jantan dan betina berbeda-beda, yang berukuran kecil terdapat pada habitat yang memiliki kecepatan arus tinggi dan juga substrat tanah liat dan debu yang tinggi, sedangkan udang windu berukuran sedang dan besar terdapat pada habitat yang padat dengan hutan bakau, kedalaman udara, dan suhu udara, kecerahan, salinitas udara, pH, DO dan substrat pasir tinggi (Dimenta & Arismen, 2017).

### 1.3.2 Kelangsungan Hidup

Keberhasilan budidaya organisme perairan sangat ditentukan oleh salah satu faktor utama yakni tingkat kelangsungan hidup dari organisme perairan tersebut (Nugroho *et al.*, 2013). Kelangsungan hidup dapat diartikan sebagai persentase atau jumlah peluang hidup suatu populasi organisme akuatik dalam waktu pemeliharaan tertentu. Kelangsungan hidup berkaitan erat dengan mortalitas yang merupakan kematian pada suatu populasi organisme yang mengakibatkan berkurangnya jumlah suatu organisme dalam populasi tersebut. Banyaknya mortalitas pada suatu pemeliharaan organisme akuatik mengakibatkan tingkat kelangsungan hidup suatu organisme juga rendah (Francisca & Muhsoni, 2021). Salah satu faktor utama yang sangat mempengaruhi kelangsungan hidup budidaya udang adalah kualitas air. Kualitas air yang kurang baik akan mempengaruhi kelangsungan hidup udang (Suhendar *et al.*, 2020).

Menurut Pratama *et al.* (2017) parameter kualitas air yang sangat mempengaruhi kelangsungan hidup dari udang adalah ammonia, kadar garam dalam air (salinitas), derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), dan lain-lain. Menurut (Maharani *et al.*, 2009) meningkatnya jumlah mortalitas pada udang windu yang mengalami penyakit zoothamniosis akibat dari menurunnya kualitas air, dimana parasit *Zoothamnium paenaei* akan menyerang pada saat kondisi kualitas air pada pemeliharaan udang windu kurang baik. Berdasarkan penelitian Syukri & Ilham (2016), kelangsungan hidup post larva udang windu dipengaruhi secara signifikan oleh kondisi kualitas air dan pakan. Kualitas air yang optimal mendukung proses metabolisme, osmoregulasi, dan pergantian kulit yang lancar pada udang.

### 1.3.3 Larva Udang

Larva udang adalah organisme planktonik yang hidup mengapung atau melayang, dengan pergerakan yang dipengaruhi oleh arus. Karena kemampuan renang yang sangat terbatas, posisi larva ini sangat ditentukan oleh arus yang menggerakkannya (Riyana *et al.*, 2015). Perkembangan larva udang windu dimulai dari stadia Nauplius, Zoea, Mysis, hingga Postlarva. Selama tahapan ini, makanan yang dikonsumsi oleh larva dipengaruhi oleh tingkah laku serta perkembangan organ seperti organ gerak,

penglihatan, dan pencernaan. Pada stadia awal, yaitu Nauplius, Zoea, dan Mysis, larva bersifat planktonik dan bergerak mengikuti arus air. Pada stadia Nauplius dan Zoea, larva bergerak lambat karena organ kaki renang dan kaki jalan belum berkembang sepenuhnya. Pada stadia Nauplius-5, antena pertama dan kedua serta ekor mulai berkembang. Pada stadia Zoea-1, thorax, abdomen, dan ekor telah terbentuk, tetapi mata hanya memiliki cones. Pada stadia Zoea-2, organ penglihatan, rostrum, dan abdomen dengan enam segmen mulai berkembang. Stadia Protozoea-3 ditandai dengan perkembangan uropod. Stadia Mysis-1 menunjukkan perkembangan sempurna uropod dan telson di bagian tengah, serta kaki jalan, membuat tubuh larva mulai menyerupai udang dewasa. Pada stadia Mysis-2, kaki renang mulai berkembang pada setiap ruas abdomen, membentuk satu ruas. Pada stadia Mysis-3, kaki renang berkembang menjadi dua segmen, telson terlihat jelas, dan cheliped mulai tumbuh pada uropod. Pada stadia Postlarva, perkembangan kaki jalan, kaki renang, uropod, dan bagian tubuh lainnya mencapai tahap yang sempurna sehingga menyerupai udang dewasa. (Nofianti *et al.*, 2014). Ukuran larva yang masih kecil sehingga sangat rentan terhadap perubahan kondisi media seperti perubahan kualitas air walaupun perubahan tersebut sangat kecil (Kelabora, 2010).

Pada tahap nauplius, larva udang tidak diberi pakan karena sistem pencernaannya belum berkembang dan masih memiliki cadangan makanan dari kuning telur. Pada tahap zoea dan mysis, larva belum bergerak aktif sehingga membutuhkan pakan berupa fitoplankton. Ketika mencapai tahap post larva, pergerakan larva menjadi lebih aktif dan pakan yang diberikan dapat berupa Artemia. Pakan buatan yang digunakan pada tahap nauplius sampai post larva adalah pakan buatan yang berbentuk bubuk (powder) dan lempengan (flake) kemudian diracik sesuai dengan stadia larva (Sa'adah & Roziqin, 2018).

### **1.3.4 Internet of Things (IoT)**

IoT merupakan sebuah rancangan teknologi dimana suatu benda dapat memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan yang tidak memerlukan interaksi dari manusia atau interaksi manusia ke komputer (Muktiawan & Nurfiana, 2018). IoT disebut sebagai konsep yang menghubungkan semua perangkat ke internet atau jaringan sehingga perangkat dapat berinteraksi satu sama lain melalui internet (Widodo *et al.*, 2020). IoT juga dapat diartikan sebagai kemampuan dari beberapa device yang saling berhubungan sehingga dapat saling menyalurkan data melalui jaringan internet. Internet menjadi sebuah penghubung bagi mesin untuk saling berinteraksi secara otomatis sehingga dapat diistilahkan jika IoT merupakan ketika sesuatu (things) yang tidak dijalankan oleh manusia dihubungkan satu sama lain melalui internet (Hergika *et al.*, 2021). Objek-objek unik atau data tentang keadaan lingkungan dapat diidentifikasi dan direpresentasikan secara virtual ke dalam struktur Internet melalui teknologi IoT (Waworundeng & Lengkong, 2018)

Data parameter kualitas air budidaya merupakan data yang dapat dimonitoring melalui teknologi IoT yang hasilnya dapat dilihat secara *real-time*. Pengukuran kualitas air pada sistem ini dapat dilakukan secara terus menerus dan beberapa kali dalam setiap menit (Anwar & Latifa, 2022). Mekanisme kerja dari

teknologi monitoring kualitas air berbasis IoT adalah dimulai ketika sensor yang merupakan bagian dari IoT akan menginput data kualitas air media pemeliharaan kemudian diproses oleh mikrokontroler yakni ESP32 kemudian data disimpan sementara pada storage database dan selanjutnya di transfer menuju platform pada smartphone atau juga dapat divisualisasikan juga melalui PC (Prambudi & Fithri, 2020). Menurut Hutabarat *et al.* (2023) menyatakan bahwa proses kerja monitoring berbasis IoT dimulai dari sensor mendeteksi parameter kualitas air dari media pemeliharaan kemudian hasil sinyal dari sensor diproses langsung oleh Raspberry Pi yang merupakan mikroprosesor yang mengolah data dari sensor kemudian mengirimnya ke server melalui jaringan internet yang tersambung. Server berupa aplikasi Thingspeak pada smartphone akan menampilkan data dari sensor yang dapat dilihat secara terus menerus.

Berdasarkan hasil pengujian Susanto *et al.* (2021), alat yang berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat bekerja dengan baik dimana sistem dapat memonitoring kualitas air media pemeliharaan ikan patin yang ditampilkan melalui aplikasi web browser pada layar komputer atau android. Berdasarkan hasil penelitian Dewantoro & Ulum (2021), alat monitoring kualitas air berbasis IoT dapat memantau kualitas air pada media pemeliharaan ikan hias air tawar dan memvisualisasikan data hasil pemantauan pada aplikasi android secara *real-time*. Berdasarkan penelitian dari Somantri *et al.* (2022), pemantauan kualitas air berbasis teknologi IoT dapat dilakukan pada akuarium media pemeliharaan ikan guppy dengan sensor yang memiliki akurasi yang baik dan kesalahan sensor yang sangat minim yakni TDS 1,89%, suhu 1,18%, dan pH 0,80%. Hasil penelitian dari Indriawati *et al.* (2022), pembuatan alat monitoring kualitas air tambak ikan bandeng berbasis *Internet of Things* berhasil dilaksanakan dan alat monitoring tersebut mampu memantau parameter kualitas air yang terdiri dari temperatur, suhu, salinitas, dan kadar oksigen yang terhubung dengan aplikasi BLYNK sehingga dapat dipantau langsung melalui smartphone.

### 1.3.5 Kualitas Air

Dalam budidaya perikanan, kualitas air sangatlah penting karena seluruh siklus hidup organisme yang dipelihara terjadi di dalam air. Selain harus jernih dan bebas dari polusi, air yang digunakan juga perlu memenuhi kriteria fisik dan kimia tertentu untuk mendukung kesehatan dan pertumbuhan biota (Koniyo, 2020).

**Suhu.** Suhu air merupakan parameter fisik yang berpengaruh terhadap kehidupan biota perairan, karena berkaitan dengan kelarutan oksigen, proses respirasi organisme perairan, dan laju degradasi bahan pencemar (Anas *et al.*, 2015). Suhu memiliki peran penting dalam mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Faktor-faktor yang mempengaruhi suhu perairan antara lain musim, ketinggian permukaan air, waktu, hari, sirkulasi udara, penutupan awan, serta aliran dan kedalaman badan air. Suhu dapat memengaruhi kelangsungan hidup, pertumbuhan, reproduksi, pergantian kulit, tingkah laku, dan metabolisme organisme perairan (Cahyanto *et al.*, 2018). Ikan dan udang memerlukan suhu optimal antara 28 - 32 °C untuk hidup, dengan fluktuasi harian sebesar 4 °C. Ketika suhu air turun

di bawah 15 °C, daya tahan tubuh udang akan menurun (Mansyur *et al.*, 2021). Suhu air dalam media pemeliharaan yang masih dapat ditolerir oleh post larva udang windu, berada dalam rentang antara 26°C hingga 33°C (Isnaini *et al.*, 2021). Meskipun demikian, suhu yang optimal untuk pertumbuhan larva udang windu berada kisaran 29-31°C (Hasniar *et al.*, 2013).

**Dissolved Oxygen (DO).** Dissolved oxygen atau oksigen terlarut adalah parameter kualitas air yang sangat penting dan dinamis dalam kegiatan budidaya intensif. Semua organisme aerobik di perairan membutuhkan kadar oksigen yang stabil untuk menjalankan proses biokimia. Tingkat metabolisme udang sangat dipengaruhi oleh seberapa besar konsentrasi oksigen terlarut pada perairan. (Ariadi *et al.*, 2021). Oksigen dalam perairan dapat berkurang disebabkan faktor utama yaitu banyaknya bahan-bahan buangan organik yang mengkonsumsi oksigen pada saat penguraian (Koniyo, 2020). DO juga mengalami fluktuasi karena dipengaruhi oleh perubahan suhu yang tidak stabil, yang ditentukan oleh kondisi cuaca yang berubah-ubah. Suhu perairan yang berada di atas 35°C mengakibatkan ikan stres dan kesulitan dalam respirasi karena konsumsi ikan mengalami peningkatan namun oksigen terlarut di air menurun (Salfia *et al.*, 2018; Siegers *et al.*, 2019). Semakin banyak ikan dalam suatu perairan maka semakin besar juga kebutuhan oksigen yang membuat oksigen terlarut semakin menurun begitupun sebaliknya jika jumlah ikan semakin sedikit maka konsumsi oksigen pun menurun yang membuat kadar oksigen terlarut meningkat (Shafruddin *et al.*, 2007). Kadar oksigen terlarut yang optimal untuk mendukung pertumbuhan udang windu pada fase post larva adalah 3-8 ppm (Syukri & Ilham, 2016).

**Derajat Keasaman (pH).** Derajat keasaman atau pH adalah nilai yang mencerminkan tingkat aktivitas ion hidrogen dalam air. Keseimbangan antara asam dan basa dalam suatu perairan tercermin dalam nilai pH perairan tersebut. Nilai pH berkisar antara 1 hingga 14, dengan nilai 7 menandakan titik netral antara asam dan basa. Semakin tinggi nilai pH perairan maka semakin tinggi sifat basa perairan tersebut, dan semakin rendah nilai pH, maka perairan semakin asam. Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain banyaknya oksigen terlarut, temperatur, ion-ion, dan seluruh aktivitas biologi di dalam perairan (Astari *et al.*, 2018). Udang laut mencapai pertumbuhan optimal pada rentang pH 6,0 hingga 9,0 (Boyd, 1979). Nilai pH yang berkisar antara 7,0-8,7 merupakan nilai pH yang masih dalam batas toleransi bagi post larva udang windu (Syukri & Ilham, 2016). Meskipun demikian, nilai pH yang optimum untuk pemeliharaan larva udang windu adalah 7,87-8,07 (Widanarni *et al.*, 2010).