

**PROFIL IMUNITAS DAN HEPATOPANKREAS UDANG, SERTA
KUALITAS AIR DI PERAIRAN TAMBAK UDANG VANAME
Litopenaeus vannamei (BOONE, 1931) DI BAKAUHENI, LAMPUNG
SELATAN PASCA EL NINO EKSTREM 2023**

(Skripsi)

Oleh

**ADELIA WIHARDINI
2014111045**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PROFIL IMUNITAS DAN HEPATOPANKREAS UDANG, SERTA KUALITAS AIR DI PERAIRAN TAMBAK UDANG VANAME *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) DI BAKAUHENI, LAMPUNG SELATAN PASCA EL NINO EKSTREM 2023

**Oleh
Adelia Wihardini**

Perubahan iklim diduga menjadi salah satu faktor utama yang dapat memengaruhi kondisi udang dan perairan tambak. Berdasarkan BMKG pada tahun 2023 Indonesia mengalami fenomena El Nino yang lebih ekstrem dari tahun 2020. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji profil imunitas, hepatopankreas udang, dan kualitas air di perairan tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Bakauheni, Lampung Selatan pasca El Nino ekstrem 2023. Penelitian ini dilakukan secara eksploratif dengan pengambilan sampel sebanyak 4 kali dalam sebulan di 3 tambak yang berlokasi di Bakauheni, Lampung Selatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total hemosit udang vaname di bawah standar udang normal, aktivitas fagositosis dan indeks fagosit menunjukkan adanya aktivitas sel-sel fagosit yang memfagositosis lebih dari satu sel bakteri. Uji lipid *droplet* menunjukkan kandungan lipid udang di hepatopankreas berkisar 65-85% dan adanya kerusakan pada hepatopankreas pada uji histopatologi berupa vakuolasi dan nekrosis. Kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. melebihi ambang batas maksimal serta plankton didominasi oleh fitoplankton spesies *Chlorella*. Kualitas air lainnya yaitu oksigen terlarut/*dissolved oxygen* (DO), salinitas, dan fosfat berada pada kondisi normal, sedangkan suhu, pH, alkalinitas, *total organic matter* (TOM) dan amonium tidak memenuhi standar mutu. Penelitian ini mengkonfirmasi bahwa perubahan iklim pasca terjadinya fenomena El Nino 2023 berpengaruh terhadap profil imunitas, hepatopankreas udang dan kualitas air di perairan tambak udang vaname di Bakauheni, Lampung Selatan.

Kata Kunci : El Nino, hepatopankreas, imunitas, kualitas air, udang vaname.

ABSTRACT

THE IMMUNITY AND HEPATOPANCREAS PROFILES OF PASIFIC WHITE SHRIMP *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) AND WATER QUALITY AROUND SHRIMP PONDS IN BAKAUHENI, SOUTH LAMPUNG AFTER EXTREME EL NINO 2023

**By
Adelia Wihardini**

Climate change is thought to be one of the main factors that can influence the condition of shrimp and pond waters. Based on BMKG, in 2023 Indonesia experienced an El Nino phenomenon that is more extreme than in 2020. This research aimed to examine the immune profile, hepatopancreas histopathology of shrimp and water quality in the waters of vaname shrimp (*Litopenaeus vannamei*) ponds in Bakauheni, South Lampung after the extreme El Nino 2023. This research was conducted exploratively by taking samples 4 times a month in 3 ponds located in Bakauheni, South Lampung. The results of the study showed that the total haemocytes of vaname shrimp were below normal standards, the phagocytic activity and phagocytic index indicated the activity of phagocytic cells that phagocytized more than one bacterial cell. The lipid droplet test showed that the shrimp lipid content in the hepatopancreas was around 65-85% and there was damage to the hepatopancreas in the histopathological test in the form of vacuolation and necrosis. The abundance of *Vibrio* sp. exceeds the maximum threshold and the plankton is dominated by *Chlorella* species phytoplankton. Other water qualities, namely dissolved oxygen (DO), salinity and phosphate, are at normal conditions. Meanwhile, temperature, pH, alkalinity, total organic matter (TOM) and ammonium have values that do not meet quality standards. This research confirms that climate change after the El Nino phenomenon in 2023 has an effect on the immunity, hepatopancreas profile, and water quality in the waters of vaname shrimp ponds in Bakauheni, South Lampung.

Keywords : El Nino, hepatopancreas, immunity, water quality, vaname shrimp.

**PROFIL IMUNITAS DAN HEPATOPANKREAS UDANG, SERTA
KUALITAS AIR DI PERAIRAN TAMBAK UDANG VANAME
Litopenaeus vannamei (BOONE, 1931) DI BAKAUHENI, LAMPUNG
SELATAN PASCA EL NINO EKSTREM 2023**

Oleh

ADELIA WIHARDINI

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN

Pada

Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : PROFIL IMUNITAS DAN HEPATOPANKREAS
UDANG, SERTA KUALITAS AIR DI
PERAIRAN TAMBAK UDANG VANAME
Litopenaeus vannamei (BOONE, 1931) DI
BAKAUHENI, LAMPUNG SELATAN
PASCA EL NINO EKSTREM 2023

Nama Mahasiswa : Adefia Wihardini
Nomor Pokok Mahasiswa : 2014111045
Jurusan/Program Studi : Perikanan dan Kelautan/Budidaya Perairan
Fakultas : Pertanian



Dr. Supono, S.Pi., M.Si
NIP. 197010022005011002

Anwar Hasan, S.Pi., M.Si.
NIK. 30111472

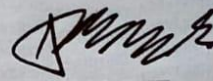
2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si
NIP. 197008151999031001

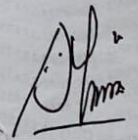
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

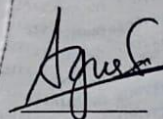
Ketua : Dr. Supono, S.Pi., M.Si



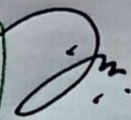
Sekretaris : Anwar Hasan, S.Pi., M.Si



Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Le Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi : 3 Juli 2024

PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana baik di Universitas Lampung maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Bandar Lampung, 22 Agustus 2024
Yang membuat pernyataan,



Adelia Wihardini
NPM. 2014111045

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Adelia Wihardini, lahir pada tanggal 11 Juli 2002 di Kecamatan Baradatu, Kabupaten Way Kanan, Lampung sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Usman Efendi dan Ibu Yasmanila. Penulis mengawali pendidikan di TK Kasih Ibu (2006-2008), SDN 1 Tiuh Balak (2008-2014), SMPN 1 Baradatu

(2014-2017), dan SMAN 1 Baradatu (2017-2020). Pada tahun 2020 penulis melanjutkan pendidikan strata 1 (S1) di Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Pada Januari 2022 penulis melaksanakan magang di BBI Natar, Lampung Selatan dan pada Januari - Februari 2023 penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Purawiwitan, Kecamatan Kebun Tebu, Kabupaten Lampung Barat, Lampung. Pada Juni - Juli 2023 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di CV. Krakatau Haura Baraka, Kalianda, Lampung dengan judul “*Quality Control* Larva Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di CV. Krakatau Haura Baraka, Kalianda, Lampung Selatan”. Kemudian 2024 penulis melakukan penelitian dengan judul “Profil Imunitas dan Hepatopankreas Udang, serta Kualitas Air di Perairan Tambak Udang Vaname *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) di Bakauheni, Lampung Selatan Pasca El Nino Ekstrem 2023”.

PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberi nikmat dan rahmat-Nya serta kemudahan yang diberikan sehingga dapat terselesaikannya karya tulis ini dengan baik. Karya tulis ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya Bapak Usman Efendi dan Ibu Yas Manila, serta adik-adik saya Alika Wulandari dan Alena Deswitri sebagai tanda bukti terima kasih karena telah memberikan dukungan, ridho, serta kasih sayang yang tiada terhingga.

Tidak lupa pula saya persembahkan karya tulis ini kepada Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan masukan, saran, kritik, dan motivasi dalam penyelesaian karya tulis ini. Serta teman-teman seperjuangan yang telah banyak membantu, memotivasi dan memberikan dukungan dalam penyelesaian karya tulis ini.

Tanpa dukungan, motivasi, masukan, dan doa dari kalian karya tulis ini tidaklah sempurna.

MOTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

-Q.S Al Baqarah : 286

“Sebaik-baik manusia di antaramu adalah yang paling banyak manfaat bagi orang lain”

-HR. Bukhari

“Anda mungkin bisa menunda, tapi waktu tidak akan menunggu”

-Benjamin Franklin

“Selalu berfikir positif dengan apa yang terjadi dalam kehidupan kemarin, sekarang dan yang akan datang”

-Adelia Wihardini

SANWACANA

Syukur alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia, rezeki serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Profil Imunitas dan Hepatopankreas Udang, serta Kualitas Air di Perairan Tambak Udang Vaname *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) di Bakauheni, Lampung Selatan Pasca El Nino Ekstrem 2023” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Universitas Lampung.

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S. Pi., M.Si. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Dr. Munti Sarida, S.Pi., M.Si. selaku Ketua Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dukungan dan masukan selama perkuliahan serta penelitian.
5. Dr. Supono, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, dukungan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Anwar Hasan, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, dukungan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
7. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P. selaku Penguji Utama yang telah memberikan bimbingan, dukungan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.

8. Dosen-dosen Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah banyak memberikan ilmu dan pengalaman yang bermanfaat kepada penulis selama menjadi mahasiswa.
9. Kedua orang tuaku, Bapak Usman Efendi dan Ibu Yas Manila serta semua keluarga yang telah banyak bekerja keras, memberikan kasih sayang, dukungan, doa serta motivasi kepada penulis.
10. Tim Cargill, Fitri Adelia, Syaiful Khair, Faridl Irsyadl, dan Elisa Putri Rahmawati atas segala bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama penyelesaian skripsi.
11. Seluruh Tim Laboratorium Tambak Udang Bakauheni, Lampung Selatan dan Muhammad Hafizh Widyanto yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
12. Rekan seperjuangan Indah Puspita, Haniatun Aminah, Dea Ayu Palupi, Zakia Ayu Lutfiyah Seniman, Siti Muto Mimah Aini dan Meileni Anggraini yang telah kebersamaan penulis dari awal hingga akhir perkuliahan ini.
13. Keluarga besar Perikanan dan Kelautan 2020 yang telah memberikan pengalaman dan kenangan selama masa perkuliahan.
14. Semua pihak secara langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu selama pembuatan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga dapat menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta wawasan bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 22 Agustus 2024
Penulis,

Adelia Wihardini

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan.....	3
1.3. Manfaat.....	4
1.4. Kerangka Pemikiran	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. El Nino	6
2.2. Udang Vaname (<i>Litopenaues vannamei</i>)	7
2.3. Respon Imun Udang.....	8
2.4. Hepatopankreas	10
2.5. <i>Lipid Droplet</i>	10
2.6. Histopatologi	11
2.7. Kualitas Air	12
2.7.1. Parameter Biologi	12
2.7.1.1. Bakteri <i>Vibrio</i> sp.....	12
2.7.1.2. Plankton	13

1.7.2. Parameter Fisika dan Kimia	14
1.7.2.1. Suhu.....	14
1.7.2.2. Oksigen Terlarut (DO)	15
1.7.2.3. Salinitas	15
1.7.2.4. Alkalinitas	15
1.7.2.5. Derajat Keasaman (pH).....	15
1.7.2.6. <i>Total Organik Matter</i> (TOM).....	16
1.7.2.7. Amonium (NH_4^+)	16
1.7.2.8. Fosfat (PO_4^{3-}).....	16
III. METODE	17
3.1. Waktu dan Tempat.....	17
3.2. Alat dan Bahan.....	17
3.2.1. Alat	17
3.2.2. Bahan.....	18
3.3. Jenis Percobaan.....	18
3.4. Prosedur Penelitian	19
3.4.1. Prosedur Penelitian Profil Imunitas.....	19
3.4.1.1. Pengambilan Sampel Udang	19
3.4.1.2. Pengambilan <i>Haemolymph</i>	19
3.4.2. Prosedur Histopatologi	20
3.4.2.1. Pembuatan Histopatologi Hepatopankreas.....	20
3.4.3. Prosedur Penelitian Bakteri <i>Vibrio</i> sp.	20
3.4.3.1. Pembuatan Media Kultur Bakteri <i>Vibrio</i> sp	20
3.4.3.2. Pengambilan Sampel dan Isolasi Bakteri <i>Vibrio</i> sp	21
3.4.3.3. Perhitungan Total Bakteri <i>Vibrio</i> sp.....	21
3.4.4. Prosedur Perhitungan dan Identifikasi Plankton	21
3.4.4.1. Pengambilan Sampel	21
3.4.4.2. Identifikasi dan Perhitungan Plankton	22
3.5. Parameter Penelitian	22
3.5.1. <i>Total Haemocyte Count</i> (THC)	22

3.5.2. Aktivitas Fagositosis (AF) & Indeks Fagositosis (IF)	23
3.5.3. <i>Lipid Droplet</i>	23
3.5.4. Histopatologi	24
3.5.5. Kualitas Air	24
3.5.5.1. Total Koloni Bakteri <i>Vibrio</i> sp.	24
3.5.5.2. Kepadatan Plankton.....	25
3.5.5.3. Pengukuran Suhu.....	25
3.5.5.4. Pengukuran pH	25
3.5.5.5. Pengukuran Salinitas	25
3.5.5.6. Pengukuran DO	26
3.5.5.7. Pengukuran TOM	26
3.5.5.8. Pengukuran Alkalinitas	26
3.5.5.9. Pengukuran Amonium.....	26
3.5.5.10. Pengukuran Fosfat.....	27
3.6. Analisis Data	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Hasil	28
4.1.1. Profil Imunitas dan Histopatologi	28
4.1.1.1. <i>Total Haemocyte Count</i> (THC)	28
4.1.1.2. Aktivitas Fagositosis (AF) dan Indeks Fagositosis (IF).....	29
4.1.1.3. <i>Lipid Droplet</i>	30
4.1.1.4. Histopatologi	31
4.1.2. Kualitas Air	32
4.1.2.1. Total Koloni Bakteri <i>Vibrio</i> sp.	32
4.1.2.2. Kepadatan Plankton.....	33
4.1.2.3. Data Kualitas Air Harian.....	34
4.1.2.4. Data Kualitas Air Mingguan	35
4.2. Pembahasan.....	35

V. SIMPULAN DAN SARAN	42
5.1. Simpulan	42
5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian	17
2. Bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian.....	18
3. Titik koordinat dan deskripsi pengambilan sampel	19
4. Kandungan <i>lipid droplet</i> udang vaname di tambak Bakauheni.....	30
5. Total koloni bakteri <i>Vibrio</i> sp. di perairan tambak udang Bakauheni	32
6. Kepadatan plankton di tambak udang Bakauheni, Lampung Selatan.....	33
7. Data kualitas air pengecekan harian	34
8. Data kualitas air pengecekan mingguan	35
9. Data lengkap <i>total haemocyte count</i> (THC)	53
10. Data lengkap aktivitas dan indeks fagositosis	53
11. Kepadatan plankton pada setiap petakan tambak	53
12. Data lengkap kualitas air harian	56
13. Data lengkap kualitas air mingguan	56
14. Uji t parameter THC, AF IF, bakteri, dan plankton.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran	5
2. Peta perkiraan cuaca tahun 2024 di Indonesia	6
3. Morfologi udang vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	8
4. Sel hemosit udang	9
5. Indikator hepatopankreas	11
6. Bentuk sel bakteri <i>Vibrio</i> sp.	12
7. Jenis plankton yang banyak ditemui di suatu perairan.....	13
8. Lokasi penelitian	19
9. Kandungan lipid dan bentuk tubulus hepatopankreas.....	24
10. Jumlah <i>haemocyte</i> pada udang di tambak Bakauheni.....	28
11. Aktivitas fagositosis udang vaname di tambak Bakauheni.....	29
12. Indeks fagositosis udang vaname di tambak Bakauheni.....	29
13. Bentuk tubulus hepatopankreas udang di tambak Bakauheni.....	30
14. Histopatologi hepatopankreas udang	31
15. Dokumentasi pengecekan profil imunitas dan histopatologi hepatopankreas.....	59
16. Dokumentasi pengukuran kualitas air	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. THC, AF IF, dan plankton	53
2. Kualitas air harian dan mingguan.....	56
3. Dokumentasi pengecekan imunitas dan histoptologi hepatopankreas	59
4. Dokumentasi pengecekan imunitas kualitas air	60
5. Uji t pada THC, AF IF, <i>lipid drolet</i> , bakteri, dan plankton.....	61

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu komoditas perikanan budi daya di Indonesia. Meskipun bukan spesies lokal, udang vaname mampu menjadi komoditas unggulan di Indonesia yang terus menerus harus ditingkatkan nilai produksinya untuk memenuhi kebutuhan pasar (Zaidy *et al.*, 2021). Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menargetkan produksi udang nasional sebanyak 2 juta ton pada tahun 2024 (KKP, 2023). Untuk mencapai target tersebut KKP terus melakukan upaya pembangunan tambak udang modern dan ramah lingkungan pada 11 lokasi di Indonesia, salah satunya Lampung. Pada tahun 2022 Provinsi Lampung memproduksi udang sebesar 59.612,00 ton dan menduduki produksi terbesar ke-5 di Indonesia setelah Nusa Tenggara Barat, Jawa Barat, Jawa Timur, dan Sulawesi Selatan (KKP, 2024). Salah satu kabupaten di Lampung yang memiliki potensi budi daya udang yaitu Lampung Selatan. Lampung Selatan memiliki lingkungan yang mendukung dan letak kondisi geografis pesisir (BPS, 2017). Kegiatan budi daya udang di Lampung Selatan telah memanfaatkan lahan sebesar 312 ha (KKP, 2020). Dari data BPS (2024), pada tahun 2023 produksi udang vaname di Lampung Selatan mencapai 14.834,59 ton.

Keberhasilan produksi udang di Lampung Selatan dipengaruhi oleh faktor lingkungan, salah satunya adalah perubahan iklim. Berdasarkan BMKG pada tahun 2023 Indonesia mengalami fenomena El Nino dimana fenomena ini lebih ekstrem dari tahun 2020. Fenomena El Nino yang dapat dirasakan secara langsung yaitu adanya peningkatan suhu berkisar 3-5°C dari suhu normal di Indonesia.

Puncak El Nino terjadi pada bulan Agustus-September tahun 2023 (BMKG, 2023). Menurut pernyataan BMKG (2023) kemarau panjang yang disebabkan oleh El Nino akan terus berlangsung hingga akhir Oktober 2023 ditandai dengan adanya kekeringan.

Fenomena El Nino ekstrem akan menjadi El Nino moderat hingga Desember 2023 dan akan menjadi El Nino lemah pada bulan Januari hingga Maret 2024 (BMKG, 2024). Pasca terjadinya El Nino ekstrem mengakibatkan sebaran hujan menjadi tidak normal dan iklim sulit diprediksi. Perubahan iklim yang tidak menentu dapat memberikan dampak negatif terhadap kegiatan budi daya yang dapat menghasilkan fluktuasi kualitas air serta terjadi eutrofikasi bakteri dan plankton di tambak budi daya (Ahmed & Diana, 2015). Hal ini dapat mengakibatkan timbulnya patogen pada perairan tambak udang serta dampak pada udang budi daya dapat menurunkan nafsu makan dan meningkatkan stres pada udang. Akibatnya udang memiliki pertumbuhan yang lambat dan menurunnya imunitas yang menyebabkan udang mudah terserang penyakit (Rahmaningsih, 2018).

Penyakit yang sering menyerang pada udang yaitu vibriosis yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio* sp. yang dapat berkembang biak dengan cepat pada perairan tambak yang kurang baik. Keberadaan *Vibrio* sp. pada tambak dapat menyebabkan masalah pada udang budi daya, seperti infeksi penyakit hingga kematian masal (Anita *et al.*, 2017). Kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. pada perairan dapat menentukan kondisi perairan tersebut. Selain bakteri *Vibrio* sp., plankton juga merupakan salah satu indikator kualitas perairan budi daya. Plankton dapat memberikan informasi terkait kondisi kualitas air dan kesuburan perairan. Plankton berperan sebagai pakan alami udang dan sebagai penghasil oksigen melalui proses fotosintesis (Setyobudiandi *et al.*, 2009). Plankton dapat bersifat merugikan pada suatu perairan jika keberadaannya terlalu banyak (*blooming*) yang mengakibatkan menurunnya kualitas perairan (Rokhin *et al.*, 2009).

Kajian perubahan iklim terhadap perairan untuk budi daya udang telah dilakukan di beberapa perairan di wilayah Lampung, antara lain di Pesawaran (Rahmawati,

2023), Kalianda (Agustina, 2022; Ramadhan, 2022; Pratama, 2023), dan Rawajitu (Hardiansyah, 2022). Kajian sebelumnya mengidentifikasi mengenai struktur makrozoobentos, kelimpahan plankton, total bakteri, kualitas air di sekitar tambak dan IMNV. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rahmawati (2023) menyatakan bahwa perubahan iklim dapat berpengaruh terhadap peningkatan infeksi bakteri dan virus pada tubuh udang. Kemudian adanya kualitas air yang tidak memenuhi standar optimal pada periode La Nina moderat (Rahmawati, 2023).

Kualitas air yang tidak memenuhi standar optimal terutama pada suhu, pH, dan salinitas dapat mengganggu imunitas udang budi daya. Suhu air sangat memengaruhi laju metabolisme dan pertumbuhan pada organisme air (Karim *et al.*, 2015). Nilai pH akan sangat berpengaruh terhadap proses *moulting*, tingkat stres dan tingkat kelangsungan hidup udang. Salinitas dapat meningkatkan risiko infeksi penyakit oleh bakteri maupun virus dalam kegiatan budi daya (Utami *et al.*, 2016). Adanya infeksi penyakit pada udang dapat mengakibatkan adanya kerusakan pada struktur jaringan terutama pada hepatopankreas. Untuk melihat kerusakan tersebut dilakukan melalui uji histopatologi hepatopankreas. Ditinjau dari kajian sebelumnya yang menunjukkan adanya pengaruh iklim terhadap kualitas perairan tambak udang yang mengakibatkan terganggunya imunitas dan dapat mengakibatkan kerusakan pada hepatopankreas maka dilakukanlah kajian mengenai profil imunitas dan hepatopankreas udang, serta kualitas air di perairan tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Bakauheni, Lampung Selatan pasca El Nino ekstrem 2023. Hasil kajian penelitian tersebut diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai informasi bagi masyarakat khususnya bagi para pelaku budi daya.

1.2. Tujuan

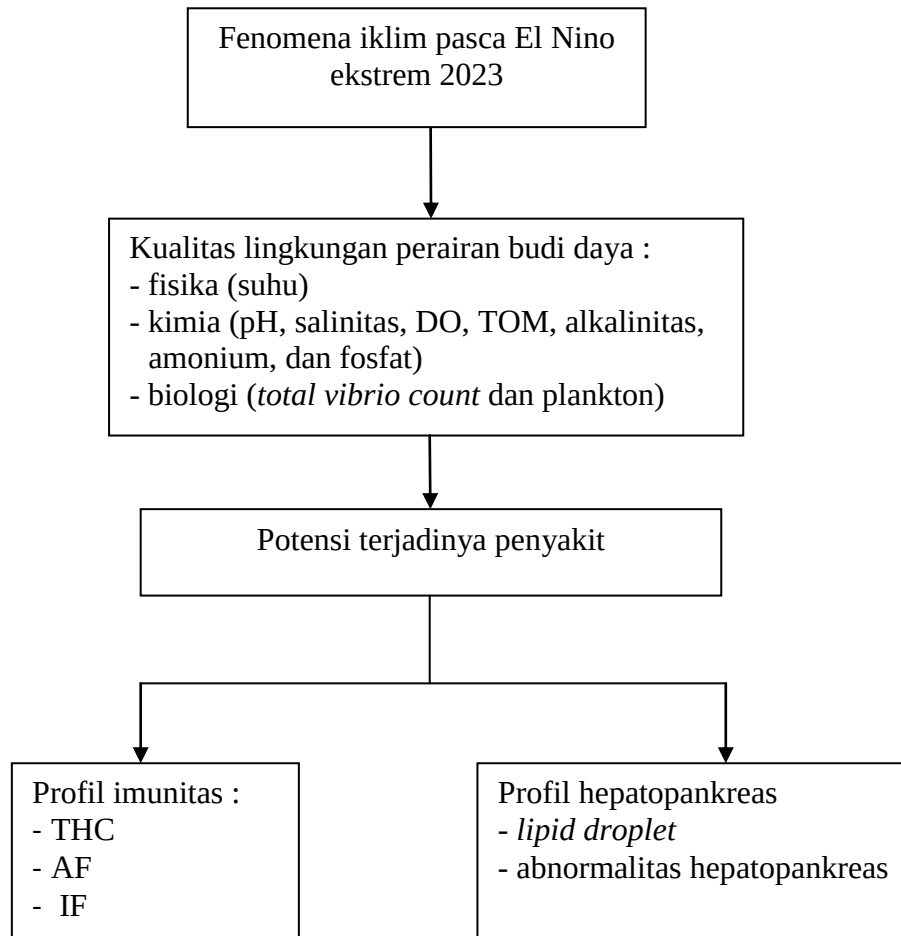
Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengkaji profil imunitas dan hepatopankreas udang, serta kualitas air di perairan tambak udang vaname (*L. vannamei*) di Bakauheni, Lampung Selatan pasca El Nino ekstrem 2023.

1.3. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai informasi bagi masyarakat mengenai profil imunitas dan heptopankreas udang, serta kualitas air di perairan tambak udang vaname (*L. vannamei*) di Bakauheni, Lampung Selatan pasca El Nino ekstrem 2023.

1.4. Kerangka Pemikiran

Perubahan iklim yang tidak stabil dapat memberikan dampak negatif pada budi daya udang. Dampak yang ditimbulkan salah satunya yaitu fluktuatif pada suhu air, perubahan pH, pertumbuhan bakteri yang sangat cepat dan ketidakseimbangan kualitas air. Dampak tersebut mengakibatkan menurunnya imunitas udang sehingga dapat menyebabkan udang mudah terserang penyakit hingga terjadi mortalitas. Salah satu faktor mendukung keberhasilan budi daya yaitu adanya pemahaman mengenai kondisi perairan sebagai antisipasi adanya gagal panen maupun penyakit pada udang budi daya. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian mengenai profil imunitas dan heptopankreas udang, serta kualitas air di perairan tambak udang vaname (*L. vannamei*) di Bakauheni, Lampung Selatan pasca El Nino ekstrem 2023. Kerangka pemikiran pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

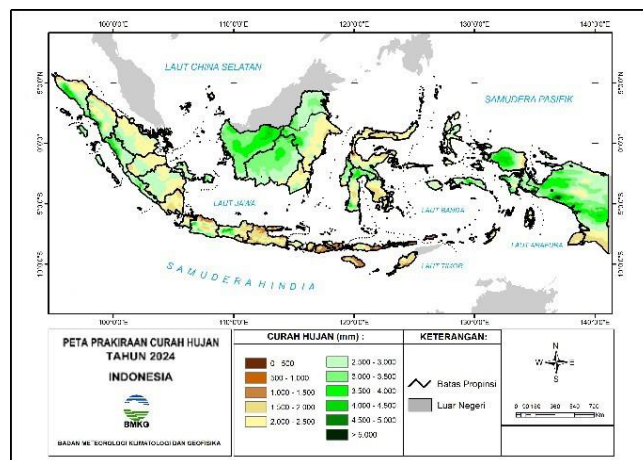


Gambar 1. Kerangka pemikiran

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. El Nino

El Nino merupakan suatu peristiwa memanasnya suhu air permukaan laut di Pantai Barat (Amerika Selatan), yang mengakibatkan gangguan iklim secara global. Biasanya suhu air permukaan laut di daerah dingin, karena adanya "upwelling" arus dari dasar laut menuju permukaan. Fenomena El Nino berpengaruh kuat terhadap iklim di Indonesia. Berkurangnya curah hujan dan terjadinya kemarau panjang adalah dampak langsung yang bisa memicu masalah lain pada sektor pertanian, seperti gagal panen dan melemahnya ketahanan pangan. Puncak El Nino terjadi pada bulan Agustus-September tahun 2023 (BMKG, 2023). Menurut BMKG (2023) kemarau panjang yang disebabkan oleh fenomena El Nino terus berlangsung hingga akhir Oktober 2023. Fenomena El Nino ekstrem akan menjadi El Nino moderat hingga Desember 2023 dan menjadi El Nino lemah pada bulan Januari-Maret 2024 (BMKG, 2024). Perkiraan cuaca pada tahun 2024 pasca terjadinya El Nino ekstrem 2023 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta perkiraan cuaca tahun 2024 di Indonesia
Sumber : BMKG (2024)

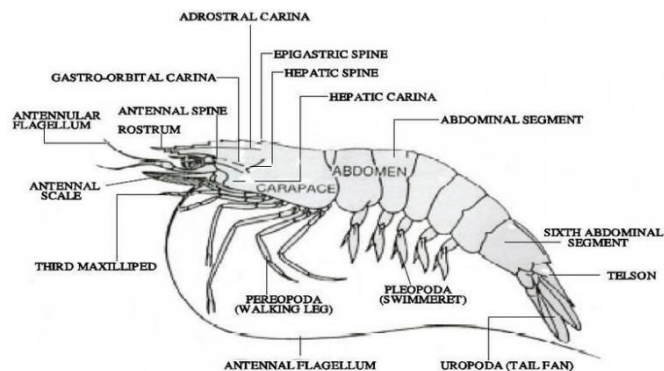
El Nino menyebabkan hujan sulit diprediksi menurut beberapa ahli telah terjadi perubahan iklim yang salah satu indikasinya adalah perubahan pola hujan. Evaluasi yang dilakukan oleh BMKG terhadap curah hujan menunjukkan bahwa El Nino mempunyai dampak yang paling buruk terhadap kehidupan masyarakat Indonesia. Jika El Nino kembali menjadi La Nina, pada musim kemarau Indonesia akan mengalami kemarau besar dan jika pada musim hujan maka akan terjadi hujan di atas normal yang sering disertai oleh bencana banjir dan longsor (Safitri, 2015). Perubahan pola iklim yang tidak stabil dapat berdampak buruk pada sektor budi daya terutama udang. Perubahan iklim yang tidak menentu dapat memberikan dampak negatif terhadap perairan budi daya dimana dapat menghasilkan fluktuasi kualitas air serta terjadi eutrofikasi bakteri dan plankton di tambak budi daya (Ahmed & Diana, 2015). Adanya perubahan cuaca yang tidak menentu dan sulit diprediksi dapat menyebabkan timbulnya masalah bagi keberlanjutan produksi udang (Arini *et al.*, 2023). Variabel iklim yang berbeda dapat mengakibatkan terancamnya kegiatan budi daya, termasuk banjir pantai, angin topan, salinitas, kekeringan, curah hujan, kenaikan permukaan laut, dan suhu perairan (Ahmed & Diana, 2015).

2.2. Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Udang vaname (*L. vannamei*) merupakan salah satu komoditas yang dibudidayakan di Indonesia. Udang vaname dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Boone, 1931) :

Kingdom	:	Animalia
Filum	:	Arthropoda
Kelas	:	Malacostraca
Ordo	:	Decapoda
Famili	:	Penaidae
Superfamili	:	Penaeoidea
Genus	:	<i>Penaeus</i>
Subgenus	:	<i>Litopenaeus</i>
Spesies	:	<i>Litopenaeus vannamei</i>

Udang vaname memiliki ciri dengan memiliki 3 bagian tubuh, yaitu kepala-dada (*cephalothorax*) yang ditutupi oleh satu karapas, bagian dada (abdomen) dan ekor. (Suyanto & Takarina, 2009). *Cephalothorax* terdiri dari rostrum, karapas, mata, mulut dan rahang, *antenna* (sungut besar), *antennules* (sungut kecil), *scophocerit* (sirip kepala), *maxilliped*, *pereipoda* (kaki jalan) dan *chela* (capit pada kaki jalan). Pada abdomen terdiri atas *pleopoda* (kaki renang), *uropoda* (ekor kipas), telson dan anus. Morfologi udang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Morfologi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)
Sumber : Wyban & Sweeney (1991).

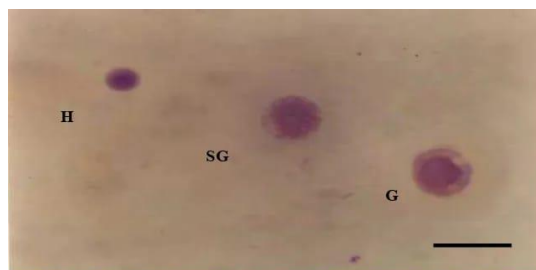
Pada usia muda udang vaname biasanya hidup di air payau, sedangkan saat dewasa udang lebih menyukai hidup di laut. Udang vaname bersifat nokturnal yaitu aktif pada malam hari. Udang vaname dapat hidup dengan baik pada suatu perairan dengan kisaran suhu 28-32°C, salinitas 10-35 ppt, dan pH 7,7-8,5 (Permen-KP No. 75 Tahun 2016).

2.3. Respon Imun Udang

Udang hanya memiliki respon imun nonspesifik (*innate*) yang terdiri dari sistem imun selular dan humoral. Meskipun udang tidak memiliki respon imun yang spesifik (*adaptive*), namun respon imun nonspesifik pada udang mampu mengenali dan menghancurkan material asing termasuk patogen secara cepat dan efisien (Witteveldt *et al.*, 2004). Sistem imun pada krustasea melakukan mekanisme pertahanan melalui hemosit dan protein plasma (Vergas-Albores, 1996). Hemosit memiliki fungsi penting pada tubuh udang dengan mengeluarkan partikel

asing melalui fagositosis, enkapsulasi, dan agregasi nodular (Rodriguez, 2000). Jumlah hemosit pada udang normal berkisar 2×10^6 - 4×10^6 sel/mL (Chang *et al.*, 1999). Jumlah hemosit pada udang dapat bervariasi berdasarkan respon terhadap infeksi, spesies, stres lingkungan, dan aktivitas endokrin saat *moulting* (Johansson *et al.*, 2000). Parameter sistem imun sebagai pertahanan udang meliputi selular dan humoral yang akan aktif memberikan perlindungan pada tubuh udang terhadap infeksi organisme patogen dari lingkungan (Itami *et al.*, 1994), serta akan aktif menerima rangsangan berupa protein dan karbohidrat (Lin *et al.*, 2006). Sistem imun selular pada udang meliputi fagosit sel-sel hemosit, nodulasi dan enkapsulasi. Sistem imun humoral pada udang meliputi *phenoloksidase* (PO), *prophenoloksidase* (ProPO), lektin, dan aglutinin (Jiravanichpaisal *et al.*, 2006).

Hemosit pada krustasea dekapoda terbagi menjadi tiga berdasarkan sitoplasma granula yaitu hialin, semi granular, dan sel granular (Johansson *et al.*, 2000). Sel hialin merupakan sel yang paling kecil berukuran $12,4 \times 7,8 \mu\text{m}^2$, berbentuk oval dan tidak memiliki granula. Sel semigranular memiliki ukuran $14,8 \times 8,3 \mu\text{m}^2$ dan berbentuk oval. Sel granular memiliki ukuran yang hampir sama dengan sel semigranular yaitu $13,6 \times 9,5 \mu\text{m}^2$ berbentuk oval dan ujung bulat (Martin & Graves, 1985). Sel hialin berperan paling awal melakukan fagositosis ketika terdapat invasi benda asing dalam tubuh. Sel semigranular berasal dari pematangan sel hialin melakukan fungsi sistem proPO, aktivitas fagositosis yang terbatas, sitotoksik dan berperan dalam proses enkapsulasi. Sel granular berperan dalam proses mekanisme proPO dan sitotoksik (Wang & Chen, 2006). Bentuk sel hemosit pada udang dapat dilihat pada Gambar 4.



Keterangan : Hialin (H), Semi granular (SG), Granular (G).

Gambar 4. Sel hemosit udang
Sumber : Jasmanindar (2009)

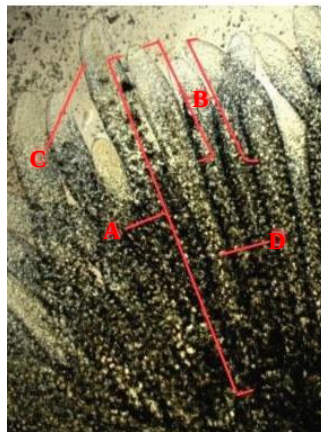
2.4. Hepatopankreas

Hepatopankreas merupakan salah satu organ yang terdapat pada udang memiliki fungsi penting pada proses metabolisme. Fungsi dari hepatopankreas yaitu untuk detoksifikasi memproduksi enzim pencernaan, menyimpan hasil pencernaan (mineral & bahan organik), ekskresi produk sisa, metabolisme lemak dan karbohidrat sebagai cadangan energi udang, dan menyebarkan nutrisi ketubuh udang. Sistem metabolisme udang dapat terganggu jika terdapat kerusakan pada organ hepatopankreas (Musallamah, 2012). Kerusakan pada hepatopankreas udang yang sering terjadi yaitu adanya nekrosis dan vakuolasi. Nekrosis sel hepatopankreas disebabkan oleh bakteri, parasit, virus, dan jamur. Nekrosis merupakan kerusakan sel akut yang dapat mengakibatkan jaringan tidak terbentuk utuh karena adanya pengecilan bentuk nucleus secara menyeluruh (Putri *et al.*, 2015). Kerusakan lainnya yaitu vakuolasi yang biasa disebabkan oleh adanya bakteri. Vakuolasi merupakan kerusakan inti sel dan sitoplasma pada hepatosit dengan ciri-ciri vakuolasi seperti lubang kosong berbentuk bulat. Faktor penyebab terjadinya vakuolasi adanya penumpukan lemak akibat kekurangan oksigen dan konsumsi lemak berlebih (A'yunin *et al.*, 2019).

2.5. *Lipid Droplet*

Lipid droplet merupakan cadangan makanan berbentuk lemak yang dijadikan sebagai sumber energi dan berperan sebagai sistem imum bawaan pada udang. *Lipid droplet* terletak di hepatopankreas pada udang. Sumber energi akan dijadikan sebagai kekebalan tubuh, energi isoosmotik (adaptasi lingkungan), dan energi untuk pertumbuhan. *Lipid droplet* didefinisikan sebagai organel kecil memiliki lapisan tunggal fosfolipid yang mengelilingi inti ester lipid (Beller *et al.*, 2010). Menurut Setyastuti *et al.* (2022), jumlah kandungan lipid pada hepatopankreas udang dapat meningkat seiring dengan meningkatnya *day of culture* (DOC). Pada DOC awal persentase lipid masih berada pada kondisi minimal karena udang hanya memanfaatkan pakan alami. Pada DOC tinggi udang telah memanfaatkan pakan buatan dan pakan alami sehingga lipid dapat meningkat.

Lipid droplet dengan jumlah 40-60% menunjukkan bahwa populasi bakteri di air tinggi, kualitas air tidak terkontrol, sistem imun menurun, dan nitrit tinggi. *Lipid droplet* dengan jumlah 60-80% menunjukkan bahwa manajemen baik, jumlah bakteri sedang, *feeding control* bagus, sedangkan jumlah *lipid droplet* 80-90% menunjukkan bahwa manajemen terkontrol, kualitas air bagus, dan *feeding control* bagus (Grobest, 2019). Selain kandungan *lipid droplet*, bentuk tubulus pada hepatopankreas dapat menjadi indikator kondisi kualitas perairan budi daya udang. Pada kondisi perairan yang optimal kerutan pada tubulus hepatopankreas akan berada pada nilai minimum. Pada awal budi daya kerutan pada hepatopankreas lebih dominan disebabkan oleh dominasi jenis pakan alami (Setyastuti *et al.*, 2022). Kerusakan pada mikroskopis organ hepatopankreas akan menyebabkan stres pada udang sehingga udang mudah terinfeksi virus dan bakteri yang menyebabkan menurunnya imunitas hingga kematian pada udang (Snieszko, 1974). Indikator hepatopankreas udang dapat dilihat pada Gambar 5.



Keterangan : (A) Tubulus hepatopankreas; (B) Kerutan hepatopankreas; (C) Mikrovili hepatopankreas; (D) *Lipid droplet*.

Gambar 5. Indikator hepatopankreas
Sumber : Setyastuti *et al.* (2022)

2.6. Histopatologi

Histopatologi merupakan salah satu ilmu yang mempelajari mengenai jaringan penyusun tubuh, jaringan kimia, dan sel-sel yang terdapat dalam tubuh. Zat kimia yang terdapat dalam jaringan dan sel dapat dilihat dengan adanya reaksi kimia yang menghasilkan senyawa berwarna dan tidak dapat larut, kemudian diamati

menggunakan mikroskop cahaya (Harjana, 2011). Pengamatan histopatologi bertujuan untuk melihat struktur jaringan yang normal maupun abnormal dengan mengamati menggunakan mikroskop dalam bentuk preparat jaringan.

2.7. Kualitas Air

2.7.1. Parameter Biologi

2.7.1.1. Bakteri *Vibrio* sp.

Bakteri *Vibrio* sp. diklasifikasikan menurut Austin (1988) sebagai berikut:

Kingdom	:	Bacteria
Filum	:	Proteobacteria
Kelas	:	Gammaproteobacteria
Ordo	:	Vibrionales
Famili	:	Vibrionaceae
Genus	:	<i>Vibrio</i>
Spesies	:	<i>Vibrio</i> sp.

Bakteri genus *Vibrio* sp. mempunyai ciri-ciri antara lain bersifat gram negatif, memiliki flagel, tidak berspora, tidak memiliki kapsul, bersifat fakultatif aerob dan berkembang biak dengan pembelahan biner, tumbuh pada media *thiosulfate citrate bile salt sucrose* (TCBS) agar. Karakteristik beberapa bentuk sel bakteri *Vibrio* sp. yang ditemukan, yaitu bulat, batang, spiral, dan koma (Muliani *et al.*, 2006). Gambar karakteristik bentuk sel bakteri disajikan pada Gambar 6.

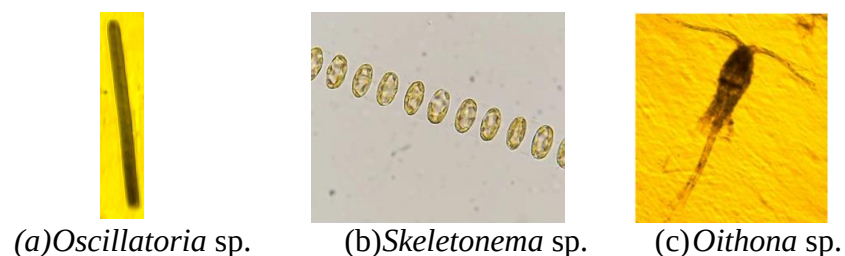


Gambar 6. Bentuk sel bakteri *Vibrio* sp.
Sumber : Alune (2021)

Bakteri *Vibrio* sp. umumnya dapat tumbuh dengan baik dan cepat dalam medium biakan standar. *Vibrio* sp. tumbuh secara optimal pada suhu 18-30°C dengan pH 7,5-8,5 (Nur, 2019). Bakteri ini mempunyai sifat anaerobik fakultatif dengan artian dapat hidup baik dengan ada atau tidak adanya oksigen. Koloni yang memiliki warna hijau pada bakteri *Vibrio* sp. disebabkan sifatnya yang tidak mampu memfermentasi sukrosa sedangkan koloni yang berwarna kuning mampu memfermentasi sukrosa serta mampu menurunkan pH pada media *thiosulphate citrate bile salt* (TCBS) (Mailoa & Setha, 2011). Kelimpahan *Vibrio* sp. yang baik bagi lingkungan budi daya yaitu totalnya tidak melebihi 10^4 CFU/mL dengan koloni hijau $\leq 1 \times 10^2$ CFU/mL dan koloni kuning $\leq 1 \times 10^3$ CFU/mL (Alune, 2021).

2.7.1.2. Plankton

Plankton merupakan organisme yang hidup bergerak melayang di dalam air dan mengikuti arus air. Keberadaan plankton pada suatu perairan tambak dapat memberikan informasi terkait kondisi kualitas air, kesuburan perairan dan sebagai pakan alami udang (Amin & Hendrajat, 2015). Selain itu, menurut Samadan *et al.* (2020) plankton dapat menghasilkan oksigen dan sebagai penyerap amonia. Plankton dapat berupa hewan (zooplankton) atau tumbuhan (fitoplankton) yang memiliki ukuran mikroskopis (Sudarsono, 2014). Jenis plankton yang banyak ditemui di suatu perairan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Jenis plankton yang banyak ditemui di suatu perairan
Sumber : Sahu *et al.* (2013)

Perairan tambak yang berwarna hijau didominasi oleh plankton golongan chlorophyta, jika perairan tambak berwarna coklat maka didominasi oleh diatom. Menurut Arifin *et al.* (2018), plankton dari kelas Chlorophyta (GA) dan

Bacillariophyta (diatom) merupakan kelas fitoplankton menguntungkan berguna sebagai pakan alami, menghasilkan lingkungan budi daya yang baik, pertumbuhan, kelangsungan hidup, biomassa, dan konversi pakan udang vaname. Kelas plankton merugikan berasal dari kelas Cyanophyta (BGA), Pyrrophyta (Dinoflagellata), Euglenophyta, dan Protozoa karena beberapa spesies memiliki racun yang dapat menyebabkan kematian pada udang, mencemari lingkungan, dan tumbuh pada golongan amonia nitrogen rendah (Aisyah *et al.*, 2023).

Tingkat kesuburan perairan dapat dilihat berdasarkan kelimpahan planktonnya. Tingkat kesuburan rendah memiliki kelimpahan plankton ($<10^4$ sel/L), sedang ($10^4 - 10^7$ sel/L), dan kesuburan tingkat tinggi ($>10^7$ sel/L) (Goldman & Horne, 1983). Kesuburan dengan tingkat tinggi pada perairan dapat menyebabkan terjadinya *blooming* fitoplankton beracun (Gurning *et al.*, 2020). Faktor yang menyebabkan terjadinya *blooming* fitoplankton yaitu adanya eutrofikasi, *upwelling* unsur hara, hujan lebat, dan masuknya air laut dalam jumlah besar. *Blooming* fitoplankton ditandai adanya perubahan warna air dari biru/hijau kebiruan menjadi merah, merah coklat, hijau kekuningan, bahkan putih tergantung pigmen yang dikandungnya (Anwar & Nasir, 2019).

2.7.2. Parameter Fisika dan Kimia

2.7.2.1. Suhu

Suhu perairan merupakan salah satu parameter fisika yang dapat memengaruhi produksi dalam usaha budi daya perikanan (Muarif, 2016). Suhu air sangat memengaruhi laju metabolisme dan pertumbuhan pada organisme air (Karim *et al.*, 2015). Suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan nafsu makan udang menurun. Jika suhu terlalu tinggi maka akan meningkatkan metabolisme udang sehingga dikhawatirkan udang menjadi stres (Haliman & Adijaya, 2005). Suhu ideal budi daya udang yaitu berkisar 28-32°C (Permen-KP No. 75 Tahun 2016).

2.7.2.2. Oksigen Terlarut/*dissolved oxygen* (DO)

Oksigen terlarut (DO) merupakan faktor penting dalam budi daya untuk proses respirasi dan menguraikan zat organik menjadi anorganik oleh mikroorganisme. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Patty, 2017). Nilai optimal untuk konsentrasi DO dalam pemeliharaan udang yaitu > 4 mg/L (Permen-KP No. 75 Tahun 2016).

2.7.2.3. Salinitas

Salinitas merupakan suatu kadar garam terlarut dalam suatu perairan yang menjadi salah satu faktor fisiologis terhadap proses osmotik pada ikan. Udang merupakan organisme eurihalin yang sangat membutuhkan salinitas untuk kelangsungan hidupnya. Kadar salinitas yang optimal untuk pemeliharaan udang berkisar 10-35 ppt (Permen-KP No. 75 Tahun 2016). Salinitas yang terlalu rendah dapat meningkatkan risiko infeksi penyakit oleh bakteri maupun virus dalam kegiatan budi daya (Utami *et al.*, 2016), sedangkan salinitas yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan meningkatnya kanibalisme saat proses *moulting* terjadi pada udang (Rahman *et al.*, 2016).

2.7.2.4. Alkalinitas

Alkalinitas merupakan suatu parameter kimia perairan, yang sangat berperan dalam budi daya udang. Alkalinitas berperan sebagai *buffer* jumlah karbonat, bikarbonat, dan hidroksida yang terkandung di dalam air. Selain itu, alkalinitas berperan penting untuk menjaga kestabilan pH dan pertumbuhan normal fitoplankton (Makmur *et al.*, 2018). Alkalinitas yang ideal untuk udang yaitu 100-150 mg/L (Permen-KP No. 75 Tahun 2016).

2.7.2.5. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan suatu gambaran intensitas keasaman suatu perairan yang mewakili konsentrasi ion-ion hidrogen (Zulius, 2017). Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai pH salah satunya cuaca ekstrim. Nilai pH optimal untuk pemeliharaan udang berkisar 7,5-8,5 (Permen-KP No. 75 Tahun 2016).

Nilai pH dominan lebih tinggi pada saat sore hari disebabkan adanya aktivitas fotosintesis fitoplankton yang mengambil CO₂ dari air dan menghasilkan oksigen. pH pada malam hingga pagi hari relatif turun karena adanya respirasi dan produksi CO₂ oleh semua organisme (Suprpto, 2005).

2.7.2.6. Total Organic Matter (TOM)

Total organic matter (TOM) adalah bahan organik total yang terdapat pada suatu perairan. TOM terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi dan koloid yang ada pada perairan (Ulfah *et al.*, 2017). Secara alamiah bahan organik pada suatu perairan berasal dari proses penguraian, pelapukan, dekomposisi tumbuhan, dan sisa organisme yang mati (Triyaningsih *et al.*, 2021). Bahan organik juga berfungsi sebagai penunjang kehidupan fitoplankton pada suatu perairan (Marwan *et al.*, 2015). *Total organic matter* yang ideal yaitu 55-90 mg/L (Permen-KP No. 75 Tahun 2016).

2.7.2.7. Amonium (NH₄⁺)

Amonium berasal dari unsur nitrogen yang terlarut pada perairan budi daya. Amonium pada perairan berfungsi untuk pertumbuhan fitoplankton dan bakteri. Total amonium yang ideal pada perairan budi daya yaitu yang ideal yaitu < 0,1 mg/L (Permen-KP No. 75 Tahun 2016). Tingginya nilai amonium pada perairan budi daya dapat mengakibatkan menurunnya kualitas air dan penurunan produksi udang (Badjoeri *et al.*, 2010).

2.7.2.8. Fosfat (PO₄³⁻)

Fosfat merupakan salah satu senyawa kimia yang sangat dibutuhkan untuk proses pertumbuhan dan metabolisme fitoplankton dan organisme laut lainnya dalam menentukan kesuburan perairan. Menurut Patty & Akbar (2019) kandungan fosfat yang melebihi ambang batas pada suatu perairan dapat mengakibatkan makin berkurangnya populasi biota. Selain itu, dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi dan *blooming* fitoplankton sehingga berdampak tertanggunya ekosistem perairan. Standar fosfat untuk pemeliharaan udang yang baik berkisar 0,1-5 mg/L (Permen-KP No. 75 Tahun 2016).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Maret 2024, bertempat di perairan tambak udang vaname (*Litopenaus vannamei*) Bakauheni, Lampung Selatan. Pengamatan histopatologi dilakukan di Laboratorium Budidaya Perikanan, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian

No.	Alat	Keterangan
1.	Botol sampel	Wadah air sample dan sampel hepatopankreas.
2.	Cool box	Wadah penyimpanan botol sampel.
3.	Cover glass	Alat untuk pengamatan.
4.	Mikroskop	Alat untuk pengamatan.
5.	Pipet tetes	Alat untuk mengambil larutan dalam jumlah sedikit.
6.	Label	Untuk memberi tanda sampel.
7.	Kulkas	Alat untuk menyimpan sampel.
8.	Buku identitas	Acuan identifikasi plankton.
9.	Cawan petri	Wadah kultur bakteri.
10.	Tabung reaksi	Alat untuk menampungreaksi kimia.
11.	Hot plate	Alat untuk memanaskan larutan.
12.	Erlenmeyer	Alat mengukur dan mencapur cairan.
13.	Microtube	Alat untuk wadah sample THC.
14.	Magnetic stirrer	Alat pengaduk larutan.
15.	Mikropipet	Untuk memindahkan larutan.
16.	Inkubator	Alat untuk inkubasi bakteri.
17.	Bunsen	Alat pembakar.
18.	Spreader	Alat untuk menyebarkan bakteri pada media.
19.	Autoklaf	Alat sterilisasi.

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian (lanjutan)

No.	Alat	Keterangan
20.	Aluminium foil	Untuk menutup alat yang diperlukan.
21.	<i>Test kit</i>	Alat untuk menguji kualitas air.
22.	Refraktometer	Alat untuk mengukur salinitas.
23.	Plastik wrap	Untuk membungkus cawan petri.
24.	Timbangan digital	Untuk mengukur bobot bahan.
25.	<i>Laminar air flow</i>	Untuk menanam bakteri.
26.	pH meter	Alat mengukur pH dan suhu.
27.	DO meter	Untuk mengukur DO.
28.	Spidol permanen	Untuk menulis keterangan.
29.	<i>Syringe</i> 1 mL	Alat untuk mengambil <i>haemolymph</i> .
30.	<i>Haemocytometer</i>	Untuk pengamatan sampel plankton dan THC.
31.	Kaca <i>slide</i>	Pengamatan lipid <i>droplet</i> .
32.	Alat bedah	Alat untuk mengambil hepatopankreas.
33.	<i>Waterbath</i>	Alat pemanas sampel hepatopankreas.
34.	Kamera	Alat dokumentasi.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian

No.	Bahan	Keterangan
1.	Sampel air	Sampel uji kualitas air.
2.	Akuades	Bahan pelarut media.
3.	Sampel udang	Sampel uji imunitas dan histopatologi.
4.	Alkohol 70%	Bahan sterilisasi.
5.	Spiritus	Bahan bakar bunsen.
6.	Media TCBS	Media selektif tumbuh bakteri <i>Vibrio</i> sp..
7.	Formalin 10%	Bahan fiksasi hepatopankreas.
8.	EDTA	Bahan antikoagulan.
9.	Metanol	Bahan fiksasi preparat.
10.	Giemsa	Larutan pewarna sampel haemolim.
11.	<i>Saline buffer fosfat</i> (PBS)	Bahan pengencer.

3.3. Jenis Percobaan

Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif dengan mengambil sampel berdasarkan kriteria yang telah ditentukan (*purposive sampling*). Lokasi pengambilan sampel dilakukan di tambak udang Bakauheni, Lampung Selatan. Pengambilan sampel dilakukan 1 kali dalam seminggu selama satu bulan pada 3 petakan tambak. Titik koordinat dan deskripsi lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 3 serta peta lokasi pengambilan sampel disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Lokasi penelitian

Tabel 3. Titik koordinat dan deskripsi pengambilan sampel

Tambak	Titik koordinat	Deskripsi petakan pengamatan
1	-5°49'16,452"S 105°46'31,152"E	Petakan tambak pengambilan sampel ke- 1
2	-5°49'18,096"S 105°46'30,54"E	Petakan tambak pengambilan sampel ke- 2
3	-5°49'20,058"S 105°46'30,012"E	Petakan tambak pengambilan sampel ke- 3

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Prosedur Penelitian Profil Imunitas

3.4.1.1. Pengambilan Sampel Udang

Pengambilan sampel udang dilakukan dengan mengambil sebanyak 2 udang pada setiap petakan tambak. Sampel udang yang diambil dan diletakkan pada wadah yang berisi air laut. Selanjutnya diambil *haemolymph* dan hepatopankreasnya untuk analisis berikutnya

3.4.1.2. Pengambilan *Haemolymph*

Pengambilan *haemolymph* dilakukan berdasarkan prosedur Liu dan Chen (2004). Jarum spuit dibilas dengan larutan antikoagulan dan diisi antikoagulan sebanyak 0,2 mL. *Haemolymph* diambil sebanyak 0,1 mL dari ventral sinus pada pangkal ruas tubuh pertama. Kemudian *haemolymph* dimasukkan ke dalam *microtube*.

3.4.2. Prosedur Histopatologi

3.4.2.1. Pembuatan Histopatologi Hepatopankreas

Pembuatan histopatologi hepatopankreas sesuai yang dilakukan oleh Sofyan (2016) melalui beberapa cara, yaitu fiksasi, pengolahan jaringan, pengirisan jaringan, dan pewarnaan. Hepatopankreas udang dimasukkan ke dalam botol sampel dan diberi larutan fiksasi berupa Davidson agar organ tidak rusak saat dilakukan pengamatan. Setelah fiksasi, jaringan dipotong dengan ketebalan yang dibutuhkan umum digunakan hingga 5 mm. Jaringan diolah dengan tahapan dehidrasi menggunakan alkohol, penjernihan menggunakan alkohol dan parafin pada media xylene, penyusupan parafin menggunakan oven dengan suhu 56-62°C dengan waktu kurang dari 2 jam, pembuatan blok untuk fiksasi bentuk jaringan dengan merendam jaringan dari tahap parafin ke dalam parafin cair dan dibekukan. Pengirisan jaringan dilakukan untuk mengiris bagian blok parafin menggunakan mikrotom lalu dipanaskan menggunakan *waterbath* dengan suhu 40°C, hasil pengirisan terbaik diletakkan pada gelas objek yang telah diberi perekat polysin, berikutnya sampel di keringkan menggunakan oven pada suhu 50-60°C selama 30 menit. Pewarnaan menggunakan hematoksilin dan eosin (HE) yang dilakukan untuk membedakan struktur selular seperti nukleus, sitoplasma, dan jaringan penghubung. Pewarnaan hematoksilin dan eosin dilakukan dengan menambahkan pewarna hematoksilin selama 2,5-5 menit dan eosin selama 5 menit kemudian preparat histopatologi diamati menggunakan mikroskop cahaya.

3.4.3. Prosedur Penelitian Bakteri *Vibrio* sp.

3.4.3.1. Pembuatan Media Kultur Bakteri *Vibrio* sp.

Media kultur yang digunakan pada penelitian ini yaitu TCBS (*thiosulphate citrate bile salt sucrose*) sebagai media tumbuh bakteri *Vibrio* sp. Pembuatan media TCBS menggunakan bahan TCBS sebanyak 17,816 g yang dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer dan ditambahkan akuades sebanyak 200 mL. Langkah selanjutnya labu erlenmeyer ditutup menggunakan alumuniumfoil pada bagian atas dan diletakkan di atas *hot plate* menggunakan *magnetic stirrer* hingga mendidih. Media didiamkan hingga suhu turun atau hangat. Media TCBS kemudian dituang ke dalam *petri dish* di dekat nyala api bunsen agar tidak terjadi kontaminasi.

3.4.3.2. Pengambilan Sampel dan Isolasi Bakteri *Vibrio* sp.

Sampel *Vibrio* sp. diambil dari perairan tambak udang menggunakan botol sampel steril sebanyak 50 mL. Air diambil pada central kolam pemeliharaan melalui saluran pembuangan. Paralon saluran dibuka dan ditunggu hingga air terlihat bersih, lalu air diambil dan dimasukkan ke dalam botol sampel. Sampel diberi label dan dimasukkan ke dalam *cool box*, kemudian dibawa ke laboratorium tambak Bakauheni untuk dilakukan isolasi bakteri. Sampel air diambil sebanyak 100 μ L menggunakan mikropipet untuk ditanam secara aseptik pada cawan petri dengan media TCBS. Sampel disebar menggunakan *spreader*. Cawan petri dilapisi plastik *wrap* agar tidak terjadi kontaminasi dari luar. Cawan petri kemudian diberi label setiap petakan dan diinkubasi pada inkubator dengan suhu 36°C selama 24 jam.

3.4.3.3. Perhitungan Total Bakteri *Vibrio* sp.

Perhitungan total bakteri *Vibrio* sp. dilakukan setelah inkubasi selama 24 jam dengan metode perhitungan cawan petri atau *total plate count* (TPC). Total koloni yang dapat dihitung yaitu berkisar pada 25-250 koloni atau 30-300 koloni. Hasil dari perhitungan koloni bakteri ini selanjutnya digunakan sebagai nilai dugaan bakteri *Vibrio* sp. yang terdapat pada air tambak yang diisolasi pada media TCBS. Perhitungan koloni bakteri dilakukan di laboratorium tambak Bakauheni, Lampung Selatan.

3.4.4. Prosedur Perhitungan dan Identifikasi Plankton

3.4.4.1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel plankton dilakukan pada setiap petakan tambak. Sampel plankton diambil pada air tambak sebanyak 250 mL. Air diambil pada sentral kolam pemeliharaan dan dimasukkan ke dalam botol sampel berukuran 250 mL dan diberi label. Kemudian botol sampel ditutup dan dimasukkan ke dalam *cool box*, lalu diamati menggunakan mikroskop.

3.4.4.2. Identifikasi dan Perhitungan Plankton

Identifikasi dan perhitungan plankton dilakukan menggunakan mikroskop dan *haemocytometer*. Sampel air diambil menggunakan pipet tetes dan diteteskan pada

haemocytometer, kemudian *haemocytometer* ditutup dengan kaca penutupnya dan diidentifikasi menggunakan mikroskop. Pengamatan dilakukan secara horizontal dari kiri ke kanan atau sebaliknya. Identifikasi plankton menggunakan buku dari Newell & Newell (1963) dan Sahu *et al.* (2013) sebagai landasan menentukan jenis plankton.

3.5. Parameter Penelitian

3.5.1. Total Haemocyte Count (THC)

Total haemocyte count (THC) merupakan indikator adanya respon imun terhadap udang. *Haemolymph* segar 0,1 mL diencerkan dengan antikoagulan sebanyak 0,2 mL. *Haemolymph* yang sudah diencerkan dimasukkan ke dalam mikrotube, kemudian dihomogenkan dan diletakkan di atas *haemocytometer*, pengamatan dilakukan dengan mikroskop di bagian kotak pada *haemocytometer* (Permatasari, 2017). Jumlah hemosit yang tampak pada mikroskop kemudian dihitung. *Total haemocyte count* (THC) diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$THC = \frac{\sum \text{sel teramati}}{\sum \text{kotak yang diamati}} \times 25 \times 10^4 \times fp$$

$$fp = \frac{\frac{1}{V_s}}{V_s + V_{ak}}$$

Keterangan :

Jumlah sel terhitung : Jumlah sel *haemolymph* yang terlihat

fp : Faktor pengenceran

V_s : Volume sampel (0,3 mL)

V_{ak} : Volume anti koagulan (0,2 mL)

3.5.2. Aktivitas Fagositosis (AF) & Indeks Fagositosis (IF)

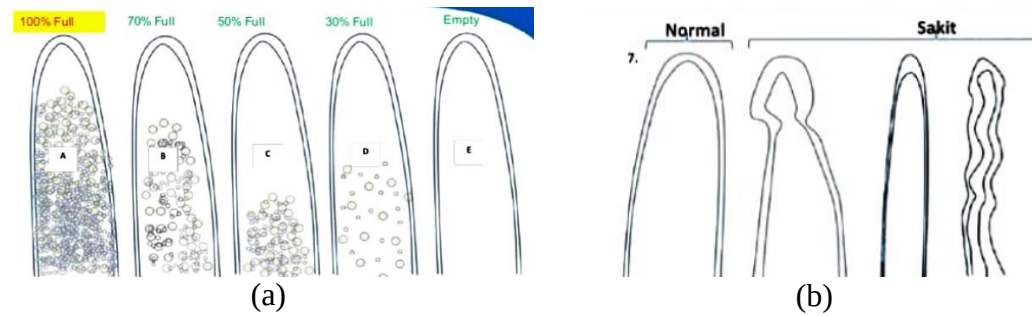
Pengujian aktivitas fagositosis (AF) dilakukan berdasarkan pada Yudiati *et al.* (2016) yang telah dimodifikasi. *Haemolymph* segar sebanyak 25 µL dimasukkan ke dalam mikrotube dan disuspensi *Staphylococcus aureus* 25 µL. *Haemolymph* yang telah disuspensi diambil sebanyak 25 µL dan diulas pada preparat ulas. Preparat difiksasi menggunakan metanol dan dikeringanginkan. Preparat diberi pewarnaan menggunakan Giemsa 10% selama 20 menit. Aktivitas fagositosis dan indeks fagositosis diamati sebanyak 100 sel dan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Anderson, 1992):

$$AF = \frac{\text{jumlah sel fagosit}}{\text{jumlah sel yang diamati}} \times 100\%$$

$$IF = \frac{\Sigma \text{Bakteri terfagosit}}{\Sigma \text{sel fagosit}}$$

3.5.3. Lipid Droplet

Identifikasi *lipid droplet* digunakan sebagai indikator tersedianya cadangan makanan pada hepatopankreas udang sebagai sumber energi. Identifikasi *lipid droplet* sesuai dengan Grobest (2019) dengan cara udang yang telah diambil sampel *haemolymph* dibedah bagian kepala hingga dua ruas perut udang. Bagian kecil dari sisi bawah sebelah dalam hepatopankreas (dekat pangkal usus) diambil menggunakan gunting atau pinset. Sampel hepatopankreas diletakkan di atas kaca slide, diberi sedikit akuades agar sampel tidak kering, lalu ditutup dengan gelas objek. Pengamatan dan pembacaan *lipid droplet* dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40-100x dengan melihat bentuk tubulus yang abnormal dan jumlah kandungan lipid pada hepatopankreas udang. Metode analisis kandungan lipid *droplet* dan bentuk tubulus pada hepatopankreas dapat dilihat pada Gambar 9.



Keterangan : (a) Kandungan lipid droplet; (b) Bentuk tubulus hepatopankreas

Gambar 9. Kandungan lipid dan bentuk tubulus hepatopankreas
Sumber : Grobest (2019)

3.5.4. Histopatologi

Uji histopatologi pada hepatopankreas udang dilakukan dengan cara udang yang telah diambil sampel *haemolymph* dibedah bagian kepala hingga dua ruas perut udang. Hepatopankreas diambil dan dimasukkan ke dalam botol film yang berisi formalin 10% dan dilakukan pembuatan preparat hepatopankreas. Pembuatan preparat dilakukan di Balai Veteriner Lampung dan pembacaan hasil histopatologi dilakukan di Laboratorium Budidaya Perikanan, Universitas Lampung.

3.5.5. Kualitas Air

3.5.5.1. Total Koloni Bakteri *Vibrio* sp.

Total bakteri *Vibrio* sp. digunakan sebagai landasan jumlah bakteri *Vibrio* sp. yang terdapat pada suatu perairan. Nilai kepadatan bakteri *Vibrio* sp. dinyatakan dalam satuan CFU/mL. kelimpahan bakteri *Vibrio* sp. dapat dihitung menggunakan persamaan (APHA, 2004) dengan modifikasi :

$$\Sigma \text{Bakteri} = \frac{1}{V} \times n$$

Keterangan :

$\Sigma \text{Bakteri}$: Banyaknya sel bakteri (CFU/mL)

n : Jumlah koloni bakteri (CFU)

v : Volume sampel (mL)

3.5.5.2. Kepadatan Plankton

Kepadatan plankton digunakan sebagai landasan jumlah plankton yang terdapat pada suatu perairan. Kepadatan plankton dinyatakan dalam satuan sel/mL. Kepadatan plankton dapat dihitung menggunakan metode ruang hitung kotak besar pada *haemocytometer* dengan persamaan berikut (LeGresley & McDermott, 2010) :

$$\text{Jumlah rata-rata (sel/mL)} = \text{perhitungan rata-rata sel di kotak besar} \times 10.000$$

Keterangan :

kotak besar : 4 ruang hitung

3.5.5.3. Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu sesuai SNI 06-6989 (2005) diukur pada pagi dan sore hari menggunakan termometer. Suhu diukur pada bagian sentral kolam budi daya dengan cara air diambil pada bagian bawah kolam menggunakan botol plastik yang telah dilubangi. Lalu termometer dimasukkan ke dalam botol tersebut, kemudian hasilnya dicatat.

3.5.5.4. Pengukuran pH

Pengukuran pH sesuai SNI 06-6989 (2004) menggunakan alat pH meter diukur pada pagi dan sore hari. pH diukur dengan cara mengambil air sampel sebanyak ± 500 mL, penutup elektroda pH meter dibuka kemudian ditekan tombol *on/off* pada pH meter, elektroda pH meter dimasukkan ke dalam air sampel kemudian hasilnya dicatat.

3.5.5.5. Pengukuran Salinitas

Salinitas diukur sesuai SNI 06-6989 (2004) menggunakan alat *handrefractometer*, kaca prisma pada *handrefractometer* ditetesi akuades guna untuk mengkalibrasi alat, lalu diamati dengan mengarah ke cahaya. Setelah itu *handrefractometer* dilap menggunakan kertas tisu dan selanjutnya ditetesi dengan air sampel. Nilai salinitas yang didapat kemudian dicatat.

3.5.5.6. Pengukuran DO

Pengukuran DO sesuai SNI 06-6989 (2004) menggunakan alat DO meter dilakukan sebanyak satu kali dalam seminggu. Pen DO meter dicelupkan pada air kolam kemudian dicatat nilai DO yang muncul pada monitor DO meter.

3.5.5.7. Pengukuran TOM

TOM diukur menggunakan titrasi sesuai SNI 06-6989 (2004), air sampel sebanyak 25 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan akuades sebanyak 25 mL. Kemudian diberi H_2SO_4 6N sebanyak 5 mL dan KMnO_4 sebanyak 10 mL. Sampel kemudian dipanaskan hingga mendidih dan ditunggu hingga 10 menit, lalu sampel diangkat dan didiamkan hingga suhu turun menjadi 70°C . Setelah suhu mencapai 70°C sampel diberi *oxalid acid* sebanyak 1 mL (warna air bening). Kemudian dititrasi dengan KMnO_4 0,01N sampai menjadi warna merah muda pertama dan hasil pengukuran dicatat.

3.5.5.8. Pengukuran Alkalinitas

Alkalinitas diukur menggunakan titrasi sesuai SNI 06-6989 (2004). Air sampel sebanyak 25 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditetesi indikator *phenolphthalein* sebanyak 3 tetes. Jika air berubah warna maka sampel perlu dititrasi menggunakan H_2SO_4 0,02N hingga bening (volume titran A). Setelah air sampel bening maka diberi indikator *methyle orange* sebanyak 3 tetes dan dihomogenkan. Setelah itu dititrasi kembali menggunakan H_2SO_4 0,02N hingga berubah warna dari kuning menjadi jingga (volume titran B), hasil volume titran kemudian dicatat.

3.5.5.9. Pengukuran Amonium

Amonium diukur menggunakan *test kit* Merck, sebanyak 5 mL air sampel dimasukkan ke dalam botol uji. Air sampel diberi 4 tetes reagen 1 dan dihomogenkan. Kemudian diberi 4 tetes reagen 2 kembali, sampel didiamkan selama 3 menit. Setelah itu dicocokkan pada kertas ukur amonium untuk mendapatkan nilai hasil dan dicatat.

3.5.5.10. Pengukuran Fosfat

Fosfat diuji menggunakan *test kit* Merck, sebanyak 5 mL air sampel dimasukkan ke dalam botol uji. Air sampel diberi reagen PO^{-1} sebanyak 5 tetes dan PO^{-2} sebanyak 1 sendok takar yang tersedia pada kemasan. Kemudian sampel dihomogenkan dan didiamkan selama 5 menit. Setelah 5 menit cocokkan warna air sampel dengan kertas ukur fosfat dan hasil dicatat.

3.6. Analisis Data

Data yang diperoleh selama penelitian dianalisis secara deskriptif dengan bantuan Microsoft Excel dan disajikan dalam bentuk gambar dan tabel.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Perubahan iklim pasca El Nino ekstrem 2023 diduga menyebabkan kualitas lingkungan perairan budi daya menurun (tidak sesuai baku mutu seperti suhu, pH, alkalinitas, TOM, dan amonium) dan terjadi peningkatan *Vibrio* sp. yang selanjutnya mengakibatkan imunitas udang menurun serta terjadi abnormalitas pada hepatopankreas udang vaname.

5.2. Saran

Adanya perubahan iklim yang tidak menentu memiliki dampak buruk terhadap lingkungan dan udang budi daya. Oleh karena itu, perlu dilakukan peningkatan pengelolaan tambak dengan cermat dan monitoring terhadap imunitas udang, histopatologi hepatopankreas dan kualitas air di tambak udang Bakauheni, Lampung Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, R. 2022. *Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Pantai Desa Merak Belantung, Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 52 hlm.
- Ahmed, N., & Diana, J. S. 2015. Threatening “white gold”: Impacts of climate change on shrimp farming in coastal bangladesh. *Ocean and Coastal Management*, 114. 42–52.
- Aisyah, D., Ramadhani, A. W., Fattah, M., Sofiati, D., & Anandya, A. 2023. Pengaruh kelimpahan plankton terhadap performa pertumbuhan udang vaname pada sistem budidaya intensif. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 5(2) : 173-182.
- Alune. 2021. *Reducing The Risks of Bacterial-borne Diseases in Shrimp Farms*. The Fish Site Limited. Ireland. <https://thefishsite.com/articles/reducing-the-risks-of-bacterial-borne-diseases-in-shrimp-farms-vibrio-indonesia-alune>. diakses pada 12 Juni 2024. Pukul 14.00 WIB.
- Amin, M. & Hendrajat, E. A. 2015. Pertumbuhan plankton pada tambak polikultur udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dan rumput laut *Gracilaria verrucosa*. *Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan II*. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. 181-187 pp.
- Anderson, D.P. 1992. Immunostimulants, adjuvants, and vaccine carriers in fish: applications to aquaculture. *Annual Review of Fish Diseases*, 2: 281–307.
- Annisa, N., Sajito, & Prayitno, S. 2015. Pengaruh perendaman ekstrak daun sirih (*Piper betle*) dengan konsentrasi yang berbeda terhadap gejala klinis, kelulushidupan, histologi dan pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang diinfeksi *Vibrio harveyi*. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 4(3): 54-60.
- Anita, A. W., Muhamad A., & Tri Y. M. 2017. Pengaruh perbedaan salinitas terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva udang vanamei (*Litopenaeus vanamei*) PL -13. *Jurnal Pena Akuatika*, 17(1): 12-19.

- Anwar, A. & Nasir, B.T. 2019. Optimasi kepadatan *Skeletonema costatum* terhadap laju hipoksia pada udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Ilmu Perikanan*, 8(1). 1-8.
- APHA (American Public Health Association). 2004. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th edition*. American Public Health Association, American Water Works, Water Pollution Control Federation. Washington D.C. 724 p.
- Arifin, N. B., Fakhri, M., Yuniarti, A., & Hariati, A. M. 2018. Komunitas fitoplankton pada sistem budidaya intensif udang vaname, *Litopenaeus vannamei* di Probolinggo, Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(1) : 46.
- Arini, D. P., Osawa, T., Arthana, W. 2023. Dampak perubahan iklim terhadap budidaya udang vaname di pesisir Kabupaten Banyuwangi. Jawa Timur. *Journal Perikanan*, 13(1) : 307-319.
- Austin, B. 1988. *Marine Microbiology*. Cambridge University Press. USA. 362 p.
- A'yunina, Q., Kartikaningsih, H., Andayani, S., Surantika D., Fariedah, Fani, Soeprijanto, A., & Nasrullah. 2019. Efikasi oxytetracycline terhadap kesehatan ikan lele (*Clarias* sp.) yang diinfeksi bakteri *Edwardsiella tarda*. *Journal of Fisheries and Marine*, 3(1) :105-110.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Statistik Sumber Daya Laut dan Pesisir 2017*. Badan Pusat Statistik. Jakarta. 352 p.
- Badan Pusat Statistik Lampung Selatan. 2024. *Banyaknya Produksi Perikanan Menurut Jenis Ikan di Kabupaten Lampung Selatan*. Kalianda, Lampung Selatan. <https://lampungselatankab.beta.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjM2IzI=/banyaknya-produksi-perikanan-menurut-jenis-ikan-di-kabupaten-lampung-selatan.html>. diakses pada 11 Juni 2024. Pukul 21.04
- Badjoeri, M., Hastuti, Y.P., Widiyanto, T., & Rusmana, I. 2010. Kelimpahan bakteri penghasil senyawa amonium dan nitrit pada sedimen tambak sistem semi intensif. *Limnotek*, 17(1) : 102-111.
- Beller M, Thiel K, Thul PJ, Jackle, H. 2010. Lipid droplets: A dynamic organelle moves into focus. *FEBS Lett*, 584: 2176–2182.
- BMKG. 2023. *Pandangan Iklim 2023*. Jakarta. 28 p.
- BMKG. 2024. *Pandangan Iklim 2024*. Jakarta. 33 p.
- Boone. 1931. Taksonomi *Litopenaeus vannamei*. <https://www.itis.gov/>. Diakses tanggal 9 Juni 2024. Pukul 21.00 WIB.

- Boyd, C. E. 2015. *Water Quality, An Introduction*. Springer International Publishing. Switzerland. 357 p.
- Chang, C. F. Su, M.S. & Chen, H.Y. 1999. A rapid method to quantity total haemocyte count of *Penaeus monodon* using ATP analysing. *Fish Pathology*, 34: 211-212.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 275 p.
- Faradilla, F. 2018. *Konsentrasi Amonia pada Tambak Intensif Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) Menggunakan Lactobacillus sp. dengan Dosis yang Berbeda*. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar. 52 p.
- Goldman, C. R. & Horne, A. J. 1983. *Limnology*. MC. Graw Hill Book Company New York. 464 p.
- Grobest. 2019. *Standar Operasional Prosedur Monitoring Kesehatan Udang*. Tangerang. 14 p.
- Gurning, L. F. P., Nuraini, R. A. T., & Suryono, S. 2020. Kelimpahan fitoplankton penyebab harmful algal bloom di Perairan Desa Bedono, Demak. *Journal of Marine Research*, 9(3) : 251–260.
- Haliman, R. W. & Adijaya, D. S. 2005. *Udang Vaname*. Penebar Swadaya. Jakarta. 163 p.
- Halim, A.M., Fauziah, A. & Aisyah, N. 2022. Kesesuaian kualitas air pada tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di CV. Lancar Sejahtera Abadi Probolinggo Jawa Timur. *Chanos chanos*, 20(2) : 77-88
- Hardiansyah, A. 2022. *Profil Kualitas Air Pada Saat Periode La Nina Moderat di Perairan Sekitar Tambak Udang Kecamatan Rawajitu, Tulang Bawang, Lampung*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 50 p.
- Harjana, T. 2011. *Buku Ajar Histologi*. Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta. 49 p.
- Idami, Z., & Nasution, R. A. 2020. Kelimpahan koloni bakteri *Vibrio* sp. berdasarkan lokasi budidaya tambak udang di Kabupaten Pidie. *Bioma : Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 5(2) : 121–134.
- Itami, T., Takahashi, Y., Tsuchihira, E., Igusa, H., Kondo, M., 1994. Enhancement of disease resistance of kuruma prawn *Penaeus japonicus* and increase in phagocytic activity of prawn hemocytes after oral administration of β -1,3-glucan Schizophyllan . In: Chou, L.M., Munro, A.D., Lam, T.J., Chen, T.W., Ž . Cheong, L.K.K., Ding, J.K., Hooi, K.K., Khoo, H.W., Phang, V.P.E., Shim, K.F., Tan, C.H. Eds. , The Ž . 3rd Asian Fisheries Forum. *Asian Fisheries Society*. Manila. Philippines, 375–378 p.

- Jasmanindar, Y. 2009. *Penggunaan Ekstrak Gracilaria verrucosa untuk Meningkatkan Sistem Ketahanan Udang Vaname Litopenaeus vannamei*. (Tesis). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 97 p.
- Jiravanichpaisal, P., Luel, L. B., & Söderhäll, K. 2006. Cell-mediated immunity in arthropods: hematopoiesis, coagulation, melanization and opsonisation. *Immunobiology*, 211: 213–236.
- Johansson, M. W., Keyser, P., Sritunyaluksana, K., & Soderhall, K. 2000. Crustacean hemocytes and haemotopoiesis. *Aquaculture*, 191 : 45-52.
- Karim, M. Y., Zainuddin, dan Aslamyah, S. 2015. Pengaruh suhu terhadap kelangsungan hidup dan percepatan metamorfosis larva kepiting bakau (*Scylla olivacea*). *Jurnal Perikanan*, 17(2) : 84-89.
- KKP. 2020. Kementrian Kelautan & Perikanan akan Bangun Percontohan Kawasan Tambak Udang Berkelanjutan di Perhutanan Sosial Lampung Selatan. <https://kkp.go.id/djpb/artikel/19950-kkp-akan-bangun-percontohan-kawasan-tambak-udang-berkelanjutan-di-perhutanan-sosial-lampung-selatan>. Diakses pada 19 Oktober 2023, pukul 16.39 WIB.
- KKP. 2023. Siaran Pers Kementrian Kelautan dan Perikanan. <https://www.kkp.go.id/news/news-detail/kkp-siap-berkolaborasi-dengan-kl-lain-genjot-produksi-udang-di-202465c1924c13a3e.html>. Diakses pada 11 Juni 2024. Pukul 20.34 WIB.
- KKP. 2024. Produksi Perikanan Budidaya. https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=prod_ikan_budidaya_kab#panel-footer. Diakses pada 11 Juni 2024. Pukul 21.00 WIB.
- LeGresley, M., & McDermott, C. 2010. Counting chamber methods for quantitative phytoplankton analysis - haemocytometer, Palmer-Maloney cell and Sedgewick-Rafter cell. *Dalam* Karlson, B., Cusack, C., & Bresnan, E. (Eds). *Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis*. UNESCO. Paris. 25-30 p.
- Lin, C. Y., Hu, K. Y., Ho, S. H., & Song, Y. L. 2006. Cloning and characterization of a shrimp clip domain serine protease homolog (c-SPH) as a cell adhesion molecule. *Dev Comp Immunol*, 30 : 1132-1144.
- Liu, C.H. & Chen, J.C. 2004. Effect of ammonia on the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus*. *Fish & Shellfish Immunologi*, 7(16) : 321-334.
- Mailoa, M.C. dan Setha, B. 2011. Karakteristik patogenitas *Vibrio* sp. diisolasi dari lendir sidat (*Anguilla* Sp.). *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Program Studi Pendidikan Dokter Universitas Pattimura*, 4(1):348-352.

- Makmur, Suwoyo, S. H., dan Syah, R. 2018. Pengaruh jumlah titik aerasi pada budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3) : 727-738.
- Martin, G.G., & Graves, B.L., 1985 Fine structure and classification of shrimp hemocytes. *Journal of Morphology*, 11: 459-472.
- Marwan, A.H., Widyorini, N., & Nitisupardjo, M., 2015. Hubungan total bakteri dengan kandungan bahan organik total di muara Sungai Babon, Semarang. Diponegoro. *Journal of Maquares*, 4(3) : 170–179.
- Masithah, E. D. 2021. *Cyanophyceae*. Airlangga University Press. Surabaya. 100 hlm.
- Muarif. 2016. Karakteristik suhu perairan di kolam budidaya perikanan. *Jurnal Mina Sains*, 2(2) : 96-100.
- Muliani, Nurbaya, dan Atmomarsono, M. 2006. Penapisan bakteri yang diisolasi dari tambak udang sebagai kandidat probiotik pada budidaya udang windu (*Penaeus monodon*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 1(1) : 73-85.
- Musallamah. 2012. *Pengaruh Paparan Timbal (Pb) terhadap Perubahan Histopatologis Hepatopankreas Udang Galah (Macrobrachium rosenbergii De Mann)*. (Tesis). Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 75 hlm.
- Nadella, R.K., Prakash, R.R., Dash, G., Ramanathan, S.K., Kuttanappilly, L.V. & Mothadaka, M.P. 2018. Histopathological changes in giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879) fed with probiotic *Bacillus licheniformis* upon challenge with *Vibrio alginolyticus*. *Aquaculture Research*, 49(1): 81-92.
- Newell, G. E. & Newell, R. C. 1963. *Marine Plankton : a Pratical Guide*. Hutchinson Educational. London. 207 hlm.
- Nur, I. 2019. *Penyakit Ikan*. Deepublish. Yogyakarta. 237 hlm.
- Patty, S. I. 2017. Dissolved oxygen and apparent oxygen utilization in Lembeh Strait waters, North Sulawesi. *Jurnal Ilmiah Platax*, 6(1) : 54-61.
- Patty, S. I. & Akbar, N. 2019. Sebaran horizontal fosfat, nitrat dan oksigen terlarut di Perairan Pantai Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 2(1) : 13–21.
- Pratama, Y. 2023. *Profil Kualitas Air di Sekitar Tambak Udang Kelurahan Way Urang, Lampung Selatan Saat Musim Hujan*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 52 hlm.
- Putri, A. M., Prayitn, S. B., & Sarjito. 2015. Perendaman berbagai dosis ekstrak daun bakau (*Rhizophora apiculata*) untuk pengobatan kepiting bakau

- (*Scylla serrata*) yang diinfeksi bakteri *Vibrio harveyi*. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 4(4) : 141-149.
- Permatasari, D. 2017. *Aplikasi Bacillus sp. D2.2 Dalam Sinbiotik Terhadap Respon Imun Seluler Udang Vanname (Litopenaeus vannamei)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung. 68 hlm.
- Permen-KP No.75 Tahun 2016. Peraturan Mentri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 75 Tahun 2016 Tentang Pedoman Umum Pembesaran Udang Windu (*Penaeus monodon*) dan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*).
- Rahman, F., Rusliadi, R., & Putra, I. 2016. Growth and survival rate of western white prawns (*Litopenaeus vannamei*) on different salinity. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Perikanan dan Ilmu Kelautan*, 3(1) : 1-9.
- Rahmaningsih, S. 2018. *Hama dan Penyakit Ikan*. Yogyakarta. 352 hlm.
- Rahmawati, E.P. 2023. *Profil Kelimpahan Plankton, Bakteri, Prevalensi IMNV dan Kualitas Air pada Periode Desember 2022-Februari 2023 di Perairan Sekitar Tambak Udang, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 59 hlm.
- Ramadhan, D. 2022. *Profil Kelimpahan Bakteri, Vibrio, Plankton, IMVN, dan Kualitas Air pada Perairan Sekitar Tambak Udang di Pesisir Kalianda, Lampung Selatan pada Periode La Nina Moderat*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 52 hlm.
- Rodriguez, L., & Le Moullac, G. 2000. State of the art of immunological tools and health control of penaeid shrimp. *Aquaculture*, 191 (1-3) : 109-119.
- Rokhin, K., Apri A., & Indah W. A. 2009. Analisis kelimpahan fitoplankton dan ketersediaan nutrien (NO_3 dan PO_4) di perairan Kecamatan Kwanyar Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Kelautan*, 2(2) : 7-16.
- Safitri, S. 2015. El Nino, La Nina dan dampaknya terhadap kehidupan di Indonesia. *Jurnal Criksetra*, 4(8) : 153-156.
- Sahu, C. K., Baliarsingh, K. S., Srichandan, S., Lotliker, A. A., & Kumar, S. T. 2013. *Monograph on Marine Plankton of East Coast of India-A Cruise Report*. Indian National Centre for Ocean Information Services, Hyderabad. 146 hlm.
- Samadan, G. M., Supyan, S., Andriani, R., & Juharni, J. 2020. Kelimpahan plankton pada budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan kepadatan berbeda di tambak lahan pasir. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 3(2) : 165-185.
- Setyastuti, T. A., Sukamto, D., & Fawwaz, I. E. 2022. *Analysis of Causes of Changes in Conditions of Vannamei Shrimp Hepatopankreas Indicators at*

- PT. Lembang Sumber Rejeki Sumenep. Sidoarjo. Earth and Environmental Science. 12 hlm.
- Setyawan, A., Riana, Supono, Hudaiah, S., Fidyandini, H. P. 2021. *Nonspecific Immune Response of Pasific White Shrimp Litopenaeus vannamei by Supplementation of Sodium Alginate of Sargasum Collected from Lampung Indonesia*. IOP Publishing. Earth and Environmental Science. 8 hlm.
- Setyobudiandi, I., Sulistiono., Yulianda, F., Kusuma, C., Hariyadi, S., Damar, A., Sembiring, A., & Bahtiar. 2009. *Sampling dan Analisis Data Perikanan dan Kelautan: Terapan Metode Pengambilan Contoh di Wilayah Pesisir dan Laut Makaira*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 313p.
- Snieszko, S. F. 1974. The effects of environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fishes. *Journal of Fish Biology*, 6(2) : 197-208.
- SNI 06-6989. 2004. *Air dan Limbah*. Jakarta. 16 hlm.
- SNI 06-6989. 2005. *Air dan Limbah*. Jakarta. 16 hlm.
- Sudarsono. 2014. Identifikasi Jenis-jenis plankton di kolam blok o, Bangun Tapan, Bantul, Yogyakarta. *Jurnal Sains Dasar*, 3(2): 149-155.
- Suleman, Andayani, S., Yuniarti, A. 2019. Potensi ekstrak kasar *Ulva lactuta* dalam meningkatkan total haemocyte count (THC) dan aktivitas fagositosis pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Samakia. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 10(1) : 01-07.
- Suprpto. 2005. *Petunjuk Teknis Budidaya Udang Vaname (Litopenaeus vannamei)*. CV Biotirta. Bandar Lampung. 25 hlm.
- Suprpto. 2008. *Manajemen Kualitas Air dan Dasar Tambak dalam Budidaya Udang Surabaya*. Bandar Lampung, 7 – 25 hlm.
- Suyanto, S. R dan Takarina, E. P. 2009. *Panduan Budidaya Udang Windu*. Penebar Swadaya. Jakarta. 185 hal.
- Sofyan, T. 2016. *Studi Histopatologi Hepatopankreas Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) yang Terinfeksi Penyakit WFS (White Feces Syndrom) di Desa Pandangan Kulon, Kecamatan Kragan, Kabupaten Rembang Jawa Tengah*. (Skripsi). Universitas Brawijaya. Malang. 58 hlm.
- Triyaningsih, N.N.W., Munasik., & Setyati, W.A. 2021. Total bahan organik dan kualitas air di Perairan Morodemak, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 10(2) : 205-212.
- Ulfah, A., Ida, A., & Purwiyanto, S. 2017. Penentuan tingkat pencemaran organik berdasarkan konsentrasi BOD (biological oxygen demand), COD (chemical

- oxygen demand), dan TOM (total organic matter) di Muara Sungai Lumpur Ogan Komering Ilir. *Maspari Journal*, 9(2) : 105-110.
- Utami, W., Sarjito., & Desrina. 2016. Pengaruh salinitas terhadap efek infeksi *Vibrio harveyi* pada udang vanamei (*Litopenaeus vanamei*). *Journal of Aquacultur Management and Technology*, 5(1): 82-90.
- Vergas-Albores. 1996. A plasma protein isolated from brown shrimp (*Penaeus californiensis*) which enhances the activation of prophenoloxidase system by beta-1,3-glucan. *Dev Comp Immunol*, 20(20) : 299-306.
- Wang, F.I., & Chen, J.C. 2006. The immune respons of Tiger shrimp *Penaeus monodon* and susceptibility to *Photobacterium damsela* subs. *Damselae*. *Fish and Shellfish Immunology*, 20(5): 671-681.
- Wang, X. W., Zhao, X. F., & Wang, J. X. 2014. C-type lectin binds to β -integrin to promote hemocytic phagocytosis in an invertebrate. *Journal of Biological Chemistry*, 289(4): 2405-2414.
- Witteveldt, J., Vlak, J. M., & van Hulten, M. C. W. 2004. Protection of *Penaeus monodon* against white spot syndrome virus using a WSSV subunit vaccine. *Journal of Virology*, 78(4): 2057-2061.
- Wyban, J.A. & Sweeney, J. N. 1991. *Intensive Shrimp Production Technology*. The Oceanic Institute. Hawai. 158 hlm.
- Xu, D., Liu, W., Alvarez, A., & Huang, T. 2014. Cellular immune responses against viral pathogens in shrimp. *Developmental and Comparative Immunology*, 47 : 287-297.
- Yuningsih, H.D., Soedarsono, P., & Anggoro, S. 2014. Hubungan bahan organik dengan produktivitas perairan pada kawasan tutupan eceng gondok perairan terbuka dan keramba jaring apung di Rawa Pening. *Journal of Maquares*, 3(1) : 37-43.
- Zaidy, A. B., Anggoro, A. D., & Kasmawijaya, A. 2021. Pengaruh penggunaan nanobubble dalam transportasi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Akuatika Indonesia*, 6(2) : 50-56.
- Zeng, H.Y., Haihui, L., Shaojing, & Wang, G. 2011. Hepatopancreas cell cultures from mud crab *Scylla paramamosain* in vitro cell. *Dev. Biol. Animal*, 46 : 431-437.
- Zulius, A. 2017. Rancang bangun monitoring pH air menggunakan soil moisture di SMK N 1 Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang. *Jurnal Sistem Informasi dan Ilmu Komputer Prima*, 2(1): 37-43.