

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

(Skripsi)

Oleh

**Muhammad Hafizh Widyanto
2014111046**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

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

OLEH

MUHAMMAD HAFIZH WIDYANTO

Keadaan cuaca pasca El Nino ekstrem diduga menyebabkan permasalahan pada perairan tambak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji profil imunitas dan hepatopankreas udang vaname serta kualitas air di Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan selama periode Februari-Maret 2024. Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif dengan mengkaji pengaruh El Nino terhadap profil imunitas udang dan kualitas air di sekitar tambak. Pengambilan sampel udang dilakukan di 3 stasiun dengan 4 kali pengambilan, untuk pengukuran *total haemocyte count* (THC), aktivitas fagositosis (AF), indeks fagositosis (IF), *lipid droplet*, hepatopankreas, kelimpahan plankton, kualitas air (*dissolved oxygen*, alkalinitas, *total organic matter*, fosfat, dan ammonium) serta perhitungan koloni bakteri *Vibrio* sp. Pengukuran kualitas air (suhu, pH, salinitas) dilakukan 30 hari. Hasil penelitian menunjukkan pada parameter THC, AF dan IF, serta *lipid droplet* didapatkan hasil yang belum optimal. Pada parameter hepatopankreas didapatkan hasil pengamatan yang cukup baik dan pada parameter total *Vibrio* sp. dan kelimpahan plankton sudah dalam nilai yang optimal, sedangkan pada parameter harian dan mingguan terdapat beberapa parameter yang masih melebihi nilai yang sesuai dengan baku mutu. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas air pada kegiatan budi daya di tambak udang perlu dikontrol dan ditingkatkan lebih baik lagi agar mendapatkan hasil yang baik terhadap imunitas, hepatopankreas, dan kualitas air.

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 AT SHRIMP PONDS IN KALIANDA, SOUTH LAMPUNG AFTER EXTREME EL NINO 2023

By

MUHAMMAD HAFIZH WIDYANTO

Weather conditions after the extreme El Nino are expected to cause problems in pond waters. The purposes of this study were to observe the immunity and hepatopancreas profile of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and water quality in Kalianda subdistrict, South Lampung Regency during February-March 2024. This research was an observatory study by examining the influence of El Nino on shrimp immunity profiles and pond's water quality. Shrimp sampling was conducted at 3 stations with 4 sampling times, for measurement of total haemocyte count, phagocytic activity, phagocytic index, lipid droplets, histopathology of hepatopancreas, plankton abundance, water quality (dissolved oxygen, alkali, total organic matter, phosphate, and ammonium) and calculation of *Vibrio* bacterial colonies. Water quality measurements (temperature, pH, salinity) were conducted for 30 days. The results showed that in the parameters of THC, PA and PI, as well as lipid droplet were not optimal. Histopathology of hepatopancreas obtained quite good observations. The parameters of total *Vibrio* sp. and plankton abundance were still in optimal values. The daily and weekly water quality were exceed the value in accordance with quality standards. Therefore, water quality management in shrimp pond culture activities need to be better controlled and improved in order to get good results on immunity, histopathology, and water quality parameters.

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

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

Oleh

MUHAMMAD HAFIZH WIDYANTO

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 VANAME *Litopenaeus vannamei*
(BOONE, 1931) SERTA KUALITAS AIR DI
PERAIRAN TAMBAK KECAMATAN
KALIANDA, LAMPUNG SELATAN PASCA EL
NINO EKSTREM 2023**

Nama Mahasiswa : **Muhammad Hafiz Widyanto**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2014111046

Jurusan/Program Studi : Perikanan dan Kelautan/Budidaya Perairan

Fakultas : Pertanian



1. Komisi Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Agus'.

Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P.
NIP. 198408052009121003

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Anwar'.

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

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Indra Gumay Yudha'.

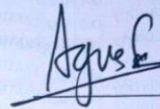
Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP. 197008151999031001



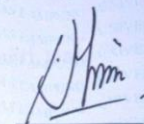
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

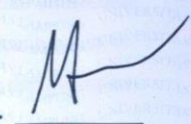
Ketua : Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P.



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




Penguji
Bukan Pembimbing : Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. 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, 23 Agustus 2024
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Hafizh Widyanto
NPM, 2014111046

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Muhammad Hafizh Widyanto, lahir pada tanggal 25 Januari 2002 di Bandar Lampung. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Wiwied Priyanto dan Ibu Yulistia Devi. Penulis mengawali pendidikan di TK Dharma Wanita (2006-2008). Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SD Al-Azhar 1 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2014. Penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2017. Berikutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 5 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2020.

Pada tahun 2020 penulis melanjutkan pendidikan strata-1 (S1) sebagai mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2020. Selama menjadi mahasiswa penulis melakukan kegiatan magang pada tahun 2022 di Balai Karantina Ikan dan Pengendalian Mutu Provinsi Lampung. Penulis juga aktif mengikuti kegiatan kemahasiswaan pada tahun 2022-2023 sebagai anggota bidang kewirausahaan Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik). Penulis juga melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada bulan Januari-Februari tahun 2023 di Pekon Heni Arong, Kecamatan Lumbok Seminung, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. Pada bulan Juni-Juli tahun 2023, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung dengan judul “Pembenihan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*) di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung”. Pada bulan Februari-Maret tahun 2024 penulis melaksanakan penelitian dengan judul “Profil Imunitas dan Hepatopankreas Udang Vaname *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) serta Kualitas

Air di Perairan Tambak Kecamatan Kalianda, Lampung Selatan Pasca El Nino
Ekstrem 2023”

PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberi karunia, rahmat, dan kemudahan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.

Dengan kerendahan hati, kupersembahkan skripsi ini sebagai tanda bukti dan kasih cintaku yang tulus dan mendalam kepada:

Kedua orang tuaku, Bapak Wiwied Priyanto dan Ibu Yulistia Devi, serta kakak dan adik-adik saya Muhammad Widiansyah Febrianto, Vidya Devina Putri, dan Widya Devita Kirana sebagai tanda terima kasih karena telah memberikan kasih sayang, dukungan, dan doa yang tiada henti.

Dosen pembimbing yang telah memberikan masukan, saran, kritik, dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.

Teman-teman Angkatan 2020 dan keluarga besar Jurusan Perikanan dan Kelautan, Universitas Lampung, serta almamater tercinta, Universitas Lampung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Cargill Indonesia yang telah memfasilitasi sepenuhnya kegiatan penelitian ini melalui kerja sama antara Universitas Lampung dan PT Cargill Indonesia.

MOTO

“Sesungguhnya orang-orang yang beriman dan mengerjakan kebajikan, mereka akan mendapat surga-surga yang penuh kenikmatan”

(QS. Luqman: 8)

“Wahai manusia! Sungguh, janji Allah itu benar, maka janganlah kehidupan dunia memperdayakan kamu dan janganlah (setan) yang pandai menipu, memperdayakan kamu tentang Allah”

(QS. Fatir: 5)

“Tidaklah seorang muslim mendapatkan kelelahan, sakit, kecemasan, kesedihan, marabahaya, dan juga kesusahan, hingga duri yang menusuknya, melainkan Allah akan menghapuskan dosa-dosanya dengan hal tersebut”

(HR. Bukhari dan Muslim)

“Kerja keras saja tidak cukup, butuh juga kerja cerdas”

(Reza Rahadian)

SANWACANA

Dengan menyebut nama Allah SWT, penulis menyampaikan rasa syukur ke hadirat-Nya yang telah memberikan kesehatan jasmani maupun rohani sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Profil Imunitas dan Hepatopankreas Udang Vaname *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) serta Kualitas Air di Perairan Tambak Kecamatan Kalianda, Lampung Selatan Pasca El Nino Ekstrem 2023”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan pada Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Dalam penulisan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, informasi, dan motivasi dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis menyampaikan 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. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung sekaligus sebagai dosen penguji dalam skripsi ini yang telah memberi masukan dan saran untuk penyelesaian skripsi.
4. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P. selaku Pembimbing I yang selalu memberi arahan dan bimbingan selama penelitian hingga menyusun skripsi dengan penuh kesabaran, dukungan, saran, dan motivasi.
5. Anwar Hasan, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing II yang selalu memberikan arahan, bimbingan, saran, dan masukan selama penelitian hingga menyelesaikan penulisan skripsi.

6. Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi dan bimbingan kepada penulis selama di perkuliahan.
7. Seluruh dosen dan staf administrasi Jurusan Perikanan dan Kelautan atas ilmu dan bimbingan yang diberikan.
8. Kedua orang tua, yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta doa, kasih sayang, nasehat, dan solusi ketika penulis mengalami kesulitan.
9. Tim Cargill, Syaiful Khair, Fitri Adelia, Faridl Irsyad, Kurniawan Eka, dan Elisa Putri atas segala bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama penyelesaian skripsi ini
10. Seluruh tim laboratorium Maju Tambak Sumur dan Adelia Wihardini yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
11. Wirayuda, Shabrina, Pandu, Tegas, dan Fauzan selaku teman seperjuangan yang banyak memberikan motivasi dan dukungan selama penulisan skripsi.
12. Teman – teman Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung Angkatan 2020.

Bandar Lampung, Agustus 2024
Penulis,

Muhammad Hafizh Widyanto

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SANWACANA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	5
1.3 Manfaat.....	5
1.4 Kerangka Pemikiran	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Fenomena El Nino.....	8
2.2 Udang Vaname.....	9
2.3 Sistem Imunitas Udang.....	11
2.4 Hepatopankreas	11
2.5 Histopatologi	12
2.6 <i>Lipid Droplet</i>	13
2.7 Plankton.....	13
2.8 <i>Vibrio sp.</i>	15
2.9 Parameter Kualitas Air	16
2.9.1 Parameter Fisika	17
2.9.2 Parameter Kimia	17

III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat Penelitian.....	20
3.2.2 Bahan Penelitian	22
3.3 Rancangan Percobaan.....	22
3.4 Prosedur Penelitian.....	23
3.4.1 Prosedur Penelitian Bakteri	23
3.4.2 Prosedur Penelitian Plankton.....	24
3.4.3 Prosedur Penelitian Imunitas	25
3.4.4 Prosedur Penelitian Hepatopankreas	25
3.5 Parameter Penelitian.....	26
3.5.1 Total <i>Vibrio</i>	26
3.5.2 Kepadatan Plankton.....	27
3.5.3 <i>Lipid Droplet</i>	27
3.5.4 <i>Total Haemocyte Count</i> (THC).....	27
3.5.5 Aktivitas Fagositosis (AF) dan Indeks Fagositosis.....	28
3.5.6 Hepatopankreas.....	28
3.5.7 Kualitas Air	28
3.6 Analisis Data	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil.....	29
4.1.1 Total Koloni Bakteri	29
4.1.2 Kepadatan Plankton.....	29
4.1.3 <i>Total Haemocyte Count</i> (THC).....	31
4.1.4 Aktivitas Fagositosis (AF) dan Indeks Fagositosis (IF)	31
4.1.5. <i>Lipid Droplet</i>	33
4.1.6. Hepatopankreas.....	34
4.1.7. Kualitas Air	35
4.2 Pembahasan	35

V. SIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1 Simpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat yang digunakan dalam penelitian	20
2. Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	22
3. Peta lokasi penelitian.....	23
4. Perhitungan kualitas air.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	7
2. Peta prakiraan cuaca pasca El Nino 2023 di Indonesia.....	9
3. Udang vaname.....	10
4. Gambaran histopatologi hepatopankreas udang vaname menggunakan pewarnaan hematoksilin eosin (H&E) dengan perbesaran 100x	13
5. Plankton yang menguntungkan pada tambak udang.....	14
6. Plankton yang merugikan pada tambak udang.....	15
7. <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	16
8. Lokasi penelitian	22
9. Nilai rata-rata <i>yellow colony</i> (YC), <i>green colony</i> (GC), dan <i>total vibrio colony</i> (TVC) pada masing-masing stasiun selama 4 minggu pengamatan... ..	29
10. Kepadatan plankton pada masing-masing stasiun selama 4 minggu pengamatan	30
11. Kepadatan plankton berdasarkan kelas pada masing-masing	30
12. <i>Total haemocyte count</i> (THC) pada masing-masing stasiun selama 4 minggu pengamatan	31
13. Aktivitas fagositosis (AF) pada masing-masing stasiun selama 4 minggu pengamatan	32
14. Indeks fagositosis (IF) pada masing-masing stasiun selama 4 minggu pengamatan	32
15. <i>Lipid droplet</i> pada masing-masing stasiun selama 4 minggu pengamatan	33
16. <i>Lipid droplet</i> pada udang vaname saat pengamatan.....	34
17. Histopatologi hepatopankreas udang vaname.....	34

18. Pengamatan dan perhitungan sampel udang dan koloni bakteri	49
19. Pengambilan dan pengukuran sampel air.....	50

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu komoditas ekspor andalan Indonesia adalah udang. Indonesia merupakan salah satu dari 5 (lima) produsen udang terbesar di dunia. Provinsi Lampung memiliki volume produksi udang terbesar ke-4 di Indonesia pada tahun 2020, yakni sebesar 63.310,45 ton (KKP, 2022). Lampung Selatan merupakan salah satu daerah di Provinsi Lampung yang memiliki potensi dalam kegiatan budi daya udang. Pada tahun 2022 volume produksi udang vaname di Lampung Selatan mencapai 14.453,05 ton dan pada tahun 2023 mencapai 14.834,59 ton (BPS, 2024).

Bentuk topografi wilayah Lampung Selatan umumnya landai, tipe garis pantainya berkelok-kelok, berhadapan dengan Laut Jawa, jenis tanahnya aluvial dengan kondisi lahan yang relatif seragam, sepanjang tepi pantai ditumbuhi mangrove dengan lebar jalur hijau berkisar 50 - 150 m, memiliki elevasi pantai 1,0 - 10,0 m, kemiringan pantai 0 - 3%, dan curah hujan rata-rata 160,99 mm/bulan. Hal tersebut menjadikan Kabupaten Lampung Selatan cukup potensial sebagai pengembangan budi daya udang (Utojo *et al.*, 2009). Luas area tambak di Lampung Selatan pada tahun 2019 sebesar 41.199.000 m² yang terdiri dari tambak intensif, sederhana, dan semi intensif (BPS, 2020).

Salah satu faktor keberhasilan budi daya udang di tambak adalah kualitas air yang baik. Kualitas air yang baik memiliki kisaran suhu yang optimal bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya, memiliki kondisi pH yang ideal antara 7,5 - 8,5, karena dapat memengaruhi laju reaksi serta tekanan osmosis dalam tubuh udang, kondisi salinitas yang ada didalam media pemeliharaan harus dalam keadaan normal, dan kadar oksigen berkisar antara 4 - 6 ppm.

Kondisi perairan sangat erat kaitannya dengan cuaca dan perubahan iklim. Kualitas air yang tidak baik dapat menciptakan tekanan dalam budi daya udang, mengakibatkan gangguan pertumbuhan dan penurunan daya tahan tubuh terhadap infeksi, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kematian udang. Kondisi air yang buruk juga meningkatkan risiko infeksi oleh bakteri *Vibrio* sp., yang memerlukan pemantauan terus-menerus selama periode pemeliharaan dengan menghitung *total plate count* (TPC) untuk menilai populasi bakteri *Vibrio* sp. Selain itu, adanya kualitas air yang buruk dan kehadiran bakteri *Vibrio* sp. dalam perairan dapat memicu respon imun dari udang vaname. Cara untuk mengidentifikasi respon imun ini adalah dengan mengukur *total haemocyte count* (THC) dan *differential haemocyte count* (DHC). Dengan melakukan pemantauan rutin terhadap parameter-parameter ini, pembudi daya dapat mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk menjaga kesehatan udang dan meminimalkan dampak negatif dari kondisi lingkungan yang tidak optimal.

El Nino merupakan salah satu gejala alam yang dapat memengaruhi iklim secara global. Permukaan laut yang lebih panas menyebabkan tekanan udara permukaan di atasnya menjadi lebih rendah. Hal ini menyebabkan perubahan pola cuaca yang ekstrem di beberapa wilayah dan perubahan dalam pola penyebaran spesies ikan dan fauna laut yang dapat berdampak pada industri perikanan, terutama udang (Tongkukut, 2011). Menurut Pratama (2023), respon imun udang sebelum periode El Nino ekstrem 2023 dilaporkan bahwa kondisi perairan untuk total *Vibrio* $<1 \times 10^4$ CFU/mL, suhu 28 - 32°C, *dissolved oxygen* >4 , salinitas 10 - 35 ppt, pH 7,5 - 8,5, dan alkalinitas 100 - 150 mg/L, sedangkan untuk nilai fosfat di atas ambang optimal ($<0,1$ mg/L).

Faktor yang menyebabkan menurunnya imunitas udang yaitu inang, agen penyakit, dan lingkungan. Bila lingkungan tidak dijaga dengan baik, maka cenderung berpengaruh positif pada pertumbuhan patogen yang dapat menimbulkan penyakit pada organisme. Salah satu penyakitnya adalah IMNV (*infectious myonecrosis virus*) yang sering menyerang udang budi daya. Selama fenomena El Nino ekstrem terjadi menyebabkan respon imun udang mengalami penurunan yang cukup drastis karena perubahan iklim bahwa produksi dan kualitas hasil tidak hanya

bergantung pada suhu air, tetapi juga terpengaruh oleh kandungan mineral dalam air. Seperti halnya yang terjadi pada Kota Jember, bahwa fenomena ekstrem El Nino memiliki dampak signifikan terhadap produksi dan kualitas udang yang dipelihara di tambak udang vaname *teaching factory* (Tefa). Kondisi ini menyebabkan penurunan produksi udang selama periode El Nino. Dampak yang terjadi pada imunitas udang setelah periode El Nino ekstrem 2023 dapat dikategorikan buruk karena nilai profil imunitas di bawah standar baku mutu.

Berdasarkan prediksi BMKG pada tahun 2023 di Indonesia mengalami fenomena El Nino yang termasuk ekstrem dibandingkan dengan 3 tahun sebelumnya dan kemarau tahun ini lebih kering dari sebelumnya. Pada pantauan BMKG tahun 2023 puncak fenomena El Nino diprediksi pada bulan Agustus-September (BMKG, 2023). Namun pada akhir Desember tahun 2023 hingga pada awal tahun 2024 El Nino masih terjadi, akan tetapi sudah dalam fase moderat, dan pada bulan Februari-Maret El Nino berada pada fase lemah (BMKG, 2024). Faktor yang menjadi penyebab terjadinya fenomena tersebut yaitu, perubahan sirkulasi atmosfer, perubahan pola cuaca global, pemanasan suhu permukaan laut dan redaman bawah permukaan. Dampak dari fenomena El Nino adalah kekeringan, hal ini berpengaruh pada kondisi perairan, contohnya kandungan salinitas yang tinggi. Fenomena pasca El Nino ini tentunya akan berdampak pada kegiatan budi daya udang dan kondisi perairan. Kondisi perairan pasca fenomena El Nino akan berdampak pada imunitas udang karena perubahan cuaca dari kemarau menuju hujan yang bisa menyebabkan udang menjadi stres dan akibatnya bisa mudah terserang penyakit. Serangan penyakit ini dapat terjadi karena interaksi yang tidak serasi antara lingkungan, biota, dan agensia penyebab penyakit (Irianto, 2005).

Dengan adanya fenomena tersebut hepatopankreas udang vaname menunjukkan adanya kerusakan pada sel epitel tubula hepatopankreas, yang berupa nekrosis. Kerusakan ini diduga menjadi penyebab rendahnya kelangsungan hidup udang. Temuan ini diperkuat oleh penelitian Wu *et al.* (2008), yang menyatakan bahwa kerusakan jaringan mengganggu proses fisiologi organisme sehingga mengurangi kelangsungan hidupnya. Nekrosis adalah kondisi kematian sel atau jaringan yang menyebabkan jaringan tidak normal atau tidak utuh lagi. Nekrosis umumnya disebabkan oleh agen biologis seperti bakteri, yang menyebabkan perubahan pada

sel (Austin & Zhang, 2006). Penelitian sebelumnya juga melaporkan adanya nekrosis pada hepatopankreas udang *Penaeus semiculatus* yang terinfeksi bakteri, seperti yang diungkapkan oleh Mohajeri *et al.* (2011).

Keberadaan plankton di perairan dapat dijadikan sebagai salah satu indikator suatu perairan karena sangat dipengaruhi oleh kualitas air. Fitoplankton merupakan indikator biologi untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan suatu perairan. Fitoplankton sangat diharapkan pertumbuhannya secara optimal di perairan tambak. Menurut Poernomo (1997), manfaat plankton pada pengelolaan tambak udang intensif yaitu, sebagai indikator kualitas air. Saat kecerahan perairan antara 30 - 40 cm, plankton justru diperlukan dan pertumbuhan plankton yang baik ditandai oleh berubahnya warna air tambak dari coklat muda hingga hijau daun muda, mutlak dipertahankan. Hal ini disebabkan plankton membuat tambak menjadi teduh, bermanfaat sebagai pakan alami udang, menekan pertumbuhan klekap dan lumut di dasar tambak, serta membantu menyerap senyawa berbahaya seperti amonia, nitrit, dan nitrat.

Masalah yang dihadapi dalam pengelolaan tambak udang intensif yang ditandai dengan menurunnya kecerahan perairan dan seringnya terjadi *blooming* plankton terutama karena semakin subur dasarnya akibat timbunan suspensi organik dari kotoran udang dan sisa-sisa pakan (pelet), serta menumpuknya sel plankton yang sudah tua dan mati serta gerakan udang yang aktif karena semakin besar. Kepadatan plankton yang berlebihan dalam perairan tambak berbahaya bagi udang yang dibudidayakan dan mengakibatkan kualitas air menjadi buruk.

Kualitas air yang buruk dapat menyebabkan tekanan pada budi daya udang sehingga pertumbuhan udang akan terganggu dan mengurangi daya tahan tubuh terhadap infeksi dan menyebabkan kematian. Kualitas air yang buruk memberikan kesempatan kepada *Vibrio* sp. untuk menginfeksi udang vaname. Oleh karena itu, keberadaan bakteri ini harus senantiasa dipantau selama masa pemeliharaan melalui penghitungan jumlah *total vibrio count* (TVC) untuk mengetahui populasi bakteri *Vibrio* sp. Selain itu, kualitas air yang buruk dan adanya bakteri *Vibrio* sp. di perairan menyebabkan adanya respon imun dari udang vaname. Salah satu cara

mengetahui adanya respon imun dari udang vaname, yaitu dengan menghitung *total haemocyte count* (THC) (Mahasri *et al.*, 2019).

Pemantauan kondisi perairan di perairan sekitar tambak di Kalianda, Lampung Selatan telah dilakukan sebelumnya pada bulan Desember-Februari (Pratama, 2022). Namun pasca terjadinya El Nino ekstrem di periode Agustus-Oktober 2023 ini belum ada kajiannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemantauan kondisi perairan di sekitar tambak udang vaname di Kalianda, Lampung Selatan pasca El Nino ekstrem 2023 untuk mengkaji profil imunitas, hepatopankreas dan kualitas air pada perairan tersebut. Hasil kajian tersebut diharapkan dapat bermanfaat bagi penggiat usaha perikanan budi daya udang vaname yang berkelanjutan.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk mengkaji profil imunitas, hepatopankreas udang, dan kualitas air di perairan sekitar tambak udang vaname di Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan pasca El Nino ekstrem 2023.

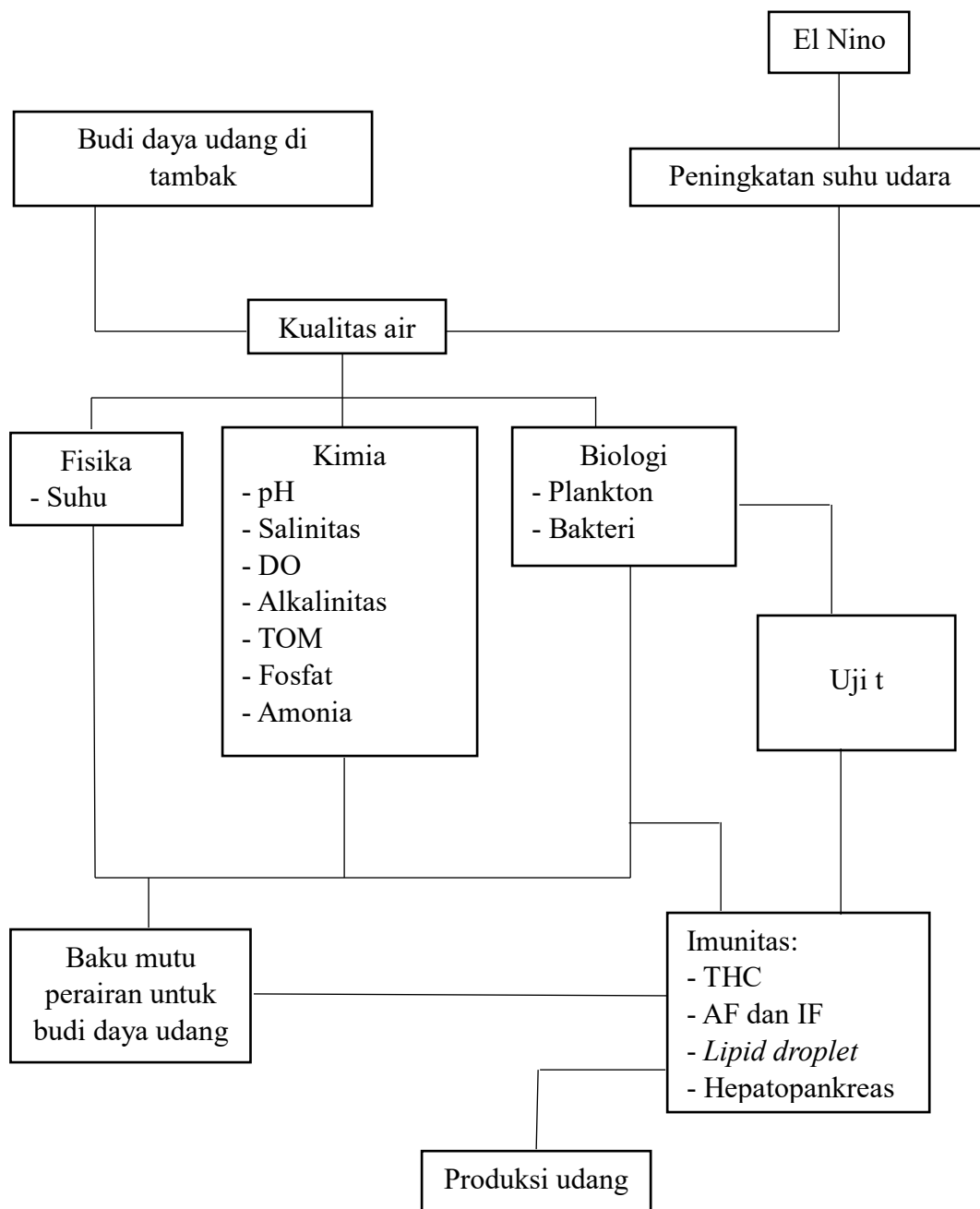
1.3 Manfaat

Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai informasi bagi masyarakat mengenai profil imunitas, hepatopankreas udang, dan kualitas air di perairan sekitar tambak udang vaname di Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan pasca El Nino ekstrem 2023.

1.4 Kerangka Pemikiran

Iklm pada perairan dapat memberikan dampak positif maupun negatif pada kegiatan budi daya di tambak udang vaname. Periode El Nino yang berkepanjangan dapat memberikan dampak negatif berupa kemarau yang menyebabkan kekeringan pada suatu wilayah. Dampak yang dapat ditimbulkan seperti kandungan salinitas menjadi tinggi, air susah didapatkan, dan juga buruknya kualitas air, sehingga hal ini akan berpotensi memengaruhi kondisi dari udang vaname. Salah satu hal yang dapat dilakukan agar kegiatan budi daya dapat berhasil adalah memahami dan mengantisipasi kondisi iklim yang akan terjadi pada perairan sekitar tambak. Penelitian ini diharapkan dapat menyediakan solusi praktis dalam upaya

pencegahan penyakit pada budi daya udang, yang dapat diimplementasikan dengan mudah oleh para pembudi daya dan dapat mencegah kemungkinan terburuk seperti gagal panen atau udang terserang penyakit, sehingga berhasil panen dan tidak terjadi serangan penyakit. Metode penelitian ini menggunakan metode eksploratif menggunakan pengambilan sampel yang dipilih secara sengaja berdasarkan kriteria tertentu (*purposive sampling*). Kerangka pemikiran pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

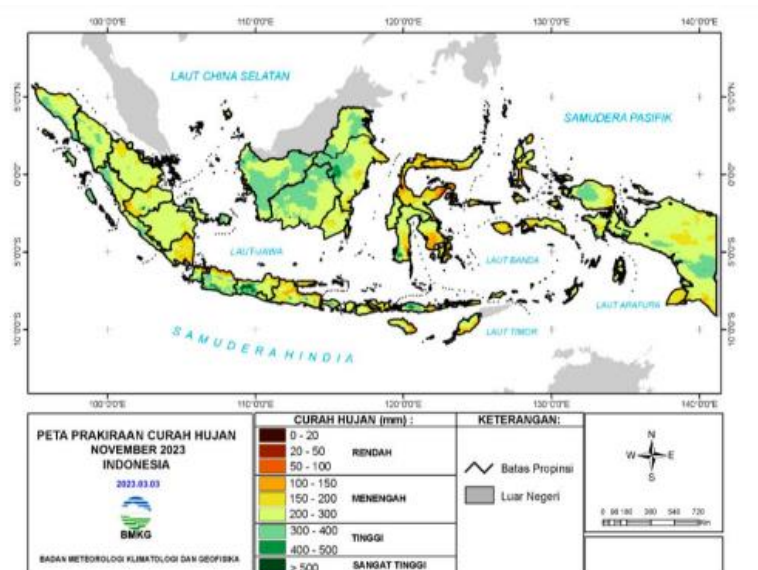
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fenomena El Nino

El Nino merupakan fenomena cuaca yang terjadi akibat peningkatan suhu permukaan air laut di Samudra Pasifik. Suhu menjadi yang lebih hangat dari biasanya ini mengakibatkan pengurangan udara basah di wilayah sekitarnya yang pada akhirnya ikut menaikkan suhu. Istilah El Nino berasal dari bahasa Spanyol yang artinya "anak laki-laki". El Nino awalnya digunakan untuk menandai kondisi arus laut hangat tahunan yang mengalir ke arah selatan di sepanjang pesisir Peru dan Ekuador saat menjelang Natal. Kondisi yang muncul berabad-abad lalu ini dinamai oleh para nelayan Peru sebagai El Nino *de Navidad* yang disamakan dengan nama Kristus yang baru lahir. Menghangatnya perairan di wilayah Amerika Selatan ini ternyata berkaitan dengan anomali pemanasan lautan yang lebih luas di Samudera Pasifik bagian timur, bahkan dapat mencapai garis batas penanggalan internasional di Pasifik Tengah. Pada kondisi yang berbeda, terjadi anomali pendinginan lautan di Samudera Pasifik bagian timur dan tengah yang berkebalikan dengan El Nino sehingga dinamai dengan istilah La Nina yang diartikan sebagai "si gadis" dalam bahasa Spanyol (Trenberth, 1997).

El Nino dan La Nina adalah fase ekstrem dari siklus iklim *El Nino - Southern Oscillation* (ENSO) yang terjadi secara alami. Kedua istilah tersebut merujuk pada perubahan skala besar suhu permukaan laut (SPL) di Pasifik Tropis bagian timur. Dalam keadaan normal, SPL di lepas pantai barat Amerika Selatan biasanya berkisar antara 15-21°C, sementara itu SPL di "kolam hangat" di Pasifik Tengah dan Barat dapat melebihi 27°C.

Pada kondisi El Nino, kolam hangat ini dapat meluas hingga wilayah Pasifik Tropis bagian tengah. Hal ini diikuti oleh melemahnya angin pasat (*trade wind*) di sepanjang Pasifik Tropis sehingga terjadi pergeseran pusat konveksi (awan yang berpotensi hujan) ke wilayah Pasifik Tropis bagian tengah. Kondisi El Nino umumnya memberikan dampak berkurangnya curah hujan di wilayah Indonesia (Supari *et al.*, 2018) dan berpotensi menimbulkan kekeringan meteorologis (Setiawan *et al.*, 2017). Pada pantauan BMKG tahun 2023 puncak fenomena El Nino diprediksi ada pada bulan Agustus-September (BMKG, 2023). Namun pada akhir Desember tahun 2023 hingga pada awal tahun 2024 El Nino masih terjadi, akan tetapi sudah dalam fase moderat, dan pada bulan Februari-Maret El Nino berada pada fase lemah (BMKG, 2024). Prakiraan cuaca pasca fenomena El Nino dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta prakiraan cuaca pasca El Nino 2023 di Indonesia
Sumber : BMKG (2023)

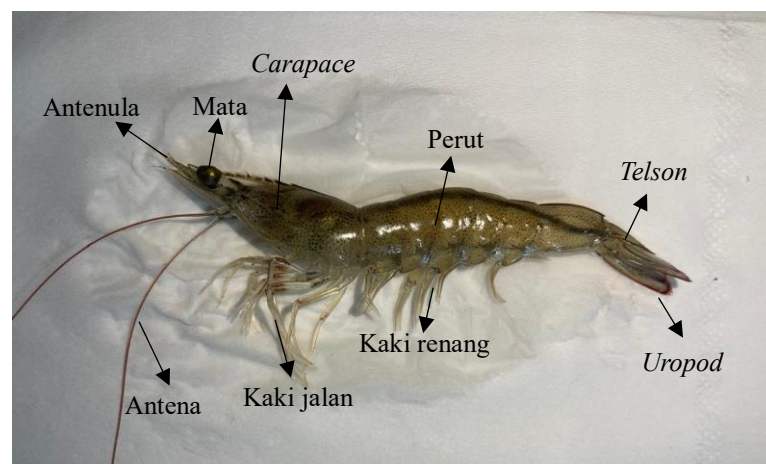
2.2 Udang Vaname

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang biasa disebut sebagai udang putih berasal dari Hawaii. Udang ini telah banyak dikembangkan di Cina, Thailand, Taiwan, Vietnam, serta di Indonesia. Udang vaname adalah salah satu jenis udang yang populer dalam budi daya saat ini, banyak diminati untuk meningkatkan produksi udang dan memenuhi kebutuhan gizi dalam negeri. Budi daya udang vaname telah berkembang luas di hampir seluruh Indonesia, termasuk Sulawesi

Selatan, Jawa, Lampung, Bali, dan daerah-daerah lainnya. Saat ini, udang vaname telah tersebar di berbagai wilayah di Indonesia, seperti Sumatera, Jawa, Bali, dan Lombok (Sudradjat, 2015). Vaname merupakan salah satu jenis udang yang sering dibudidayakan. Hal ini disebabkan udang tersebut memiliki prospek dan profit yang menjanjikan (Babu *et al.*, 2014). Morfologi udang vaname dapat dilihat pada Gambar 3.

Menurut Haliman (2005) berikut taksonomi udang vaname :

Filum : Arthropoda
 Subfilum : Crustacea
 Kelas : Malacostraca
 Subkelas : Eumalacrostaca
 Superordo : Eucarida
 Ordo : Decapoda
 Subordo : Dendrobrachiata
 Famili : Peneidea
 Genus : *Litopenaeus*
 Spesies : *Litopenaeus vannamei*



Gambar 3. Udang vaname

Udang vaname memiliki morfologi yang terdiri dari kepala yang terdiri dari antenula, antena, mandibula, dan dua pasang *maxillae*. Bagian kepala (*thorax*) udang vaname dilengkapi dengan tiga pasang *maxilliped* dan lima pasang kaki berjalan (peripoda) atau kaki sepuluh (dekapoda). *Maxilliped* pada udang vaname

berfungsi sebagai organ untuk makan. Bagian perut (*abdomen*) terdiri dari enam ruas. Di bagian abdomen, terdapat lima pasang kaki renang dan satu pasang uropoda yang bersama-sama membentuk kipas dengan telson. Udang vaname memiliki sifat-sifat penting, antara lain aktif pada kondisi gelap (nokturnal), dapat bertahan dalam rentang salinitas yang luas (eurihaline), cenderung kanibal, menggunakan organ sensor (hemoreseptor) untuk mencari makan, hidup di dasar tambak (bentik), dan merupakan pemakan lambat tetapi kontinu (*continuous feeder*).

2.3 Sistem Imunitas Udang

Sistem imunitas tubuh adalah sistem pertahanan yang berfungsi mengenali, menghancurkan, dan menetralkan benda-benda asing atau sel-sel abnormal yang dapat membahayakan tubuh. Kemampuan tubuh untuk menanggulangi dan menghilangkan benda asing serta sel-sel abnormal ini dikenal sebagai imunitas atau kekebalan. Udang memiliki sistem kekebalan tubuh alami yang bersifat nonspesifik terhadap serangan penyakit. Penyakit yang sering menyerang daya tahan tubuh udang kebanyakan berasal dari organisme patogen. Respon nonspesifik pada udang sebagai daya tahan tubuh alami dapat diketahui dengan melihat aktivitas fagositosis atau aktivitas memakan sel dan *total haemocyte count* (THC). Hemosit merupakan salah satu bentuk pertahanan tubuh secara selular. Hemosit mampu mematikan agen penyebab infeksi melalui sintesis dan eksositosis molekul bioaktif protein mikrobisidal (Gafur *et al.*, 2023).

Karakteristik dan aktivitas sistem pertahanan udang (hemosit) dapat digunakan untuk menilai kesehatan udang. Total hemosit merupakan parameter hemolim yang paling sensitif dan konstan terhadap kondisi stres pada budi daya udang *Farfantepenaeus paulensis* (Hartinah *et al.*, 2014).

2.4 Hepatopankreas

Hepatopankreas adalah organ yang terpenting pada udang, karena organ tersebut berfungsi seperti hati dan pankreas pada mamalia. Organ ini memproduksi enzim pencernaan, penyimpanan sari makanan, dan membuang sisa. Kadmium (Cd) dalam konsentrasi 0,5 - 0,75 mg/L dalam air dapat menyebabkan nekrosis insang dan nekrosis fokal serta hipertropi pada hepatopankreas dan mukosa usus

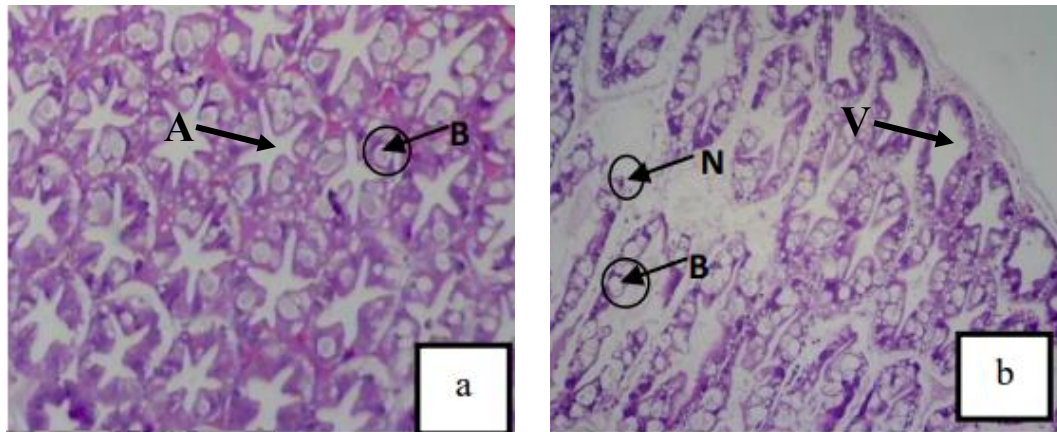
pada udang putih (*Penaeus merguensis*). Lebih jauh pada udang jerbung *Penaeus merguensis* (De Man, 1888) hepatopankreas yang terpapar kadmium terlihat terjadinya degenerasi, nekrosis dan *nuclear inclusion bodies* pada hepatopankreasnya (Darmono *et al.*, 1990).

Hepatopankreas adalah organ vital untuk penyimpanan nutrisi pada udang vaname, selain itu hepatopankreas juga memiliki fungsi sebagai metabolisme energi, penyerapan nutrisi, sintesis enzim pencernaan, dan sebagai detoksifikasi. Hepatopankreas merupakan pusat dari pencernaan udang dan terletak di bagian kepala yang pada kondisi normal berwarna kecoklatan. Melalui pengamatan visual, kondisi hepatopankreas dapat diidentifikasi dengan nafsu makannya. Jika mengalami kerusakan maka sistem metabolisme pada tubuh udang terganggu (Xu *et al.*, 2017).

2.5 Histopatologi

Histopatologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari kondisi dan fungsi jaringan dalam hubungannya dengan penyakit. Histopatologi sangat penting dalam kaitan dengan diagnosis penyakit karena salah satu pertimbangan dalam penegakan diagnosis adalah melalui hasil pengamatan terhadap jaringan yang diduga terganggu. Pemeriksaan histopatologi adalah salah satu cara deteksi awal tentang adanya kelainan infeksi melalui pengamatan secara mikro anatomi. Pemeriksaan histopatologi ini dilakukan melalui pemeriksaan terhadap perubahan abnormal pada tingkat jaringan akibat infeksi suatu penyakit (Juanda & Edo, 2018).

Penerapan histologi dapat digunakan untuk mendeteksi awal penyakit pada suatu organisme. Histopatologi juga digunakan dalam memonitoring lingkungan dengan mengamati organ-organ tersebut yang memiliki fungsi penting dalam metabolisme tubuh. Histopatologi ini erat kaitannya dengan pemeriksaan jaringan-jaringan tertentu yang dicurigai mengalami kerusakan (Camargo & Martinez, 2007). Menurut Pazir *et al.* (2012) bahwa udang vaname yang positif terinfeksi (*white spot syndrome virus*) WSSV mengalami kerusakan pada organ hepatopankreas. Kerusakan yang terjadi adalah vakuolisasi. Histopatologi pada organ hepatopankreas udang vaname dapat dilihat pada Gambar 4.



Keterangan: (a). A) Hepatopankreas normal dan B) Sel pada hepatopankreas udang, (b). N) nekrosis pada hepatopankreas udang dan V) vakuolisasi pada hepatopankreas udang

Gambar 4. Gambaran histopatologi hepatopankreas udang vaname menggunakan pewarnaan hematoxilin eosin (H&E) dengan perbesaran 100x.
Sumber: Utami *et al.* (2016)

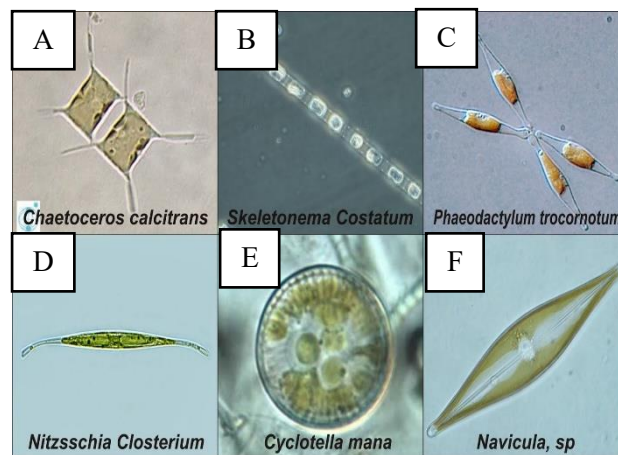
2.6 Lipid Droplet

Lipid droplet adalah organel penyimpan di pusat homeostasis lipid dan energi. Mereka memiliki arsitektur unik yang terdiri dari inti hidrofobik lipid netral, yang dibungkus oleh lapisan tunggal fosfolipid yang dihiasi oleh sekumpulan protein tertentu. Berasal dari retikulum endoplasma, *lipid droplet* dapat berasosiasi dengan sebagian besar organel seluler lainnya melalui situs kontak membran. Menjadi jelas bahwa kontak antara dan organel lainnya sangat dinamis dan digabungkan dengan siklus ekspansi dan penyusutan *lipid droplet*. Yang penting, biogenesis dan degradasi *lipid droplet*, serta interaksinya dengan organel lain, berkaitan erat dengan metabolisme sel dan sangat penting untuk menyangga tingkat spesies lipid beracun. Dengan demikian, *lipid droplet* memfasilitasi koordinasi dan komunikasi antara berbagai organel dan bertindak sebagai pusat metabolisme sel yang penting (Olzmann *et al.*, 2019).

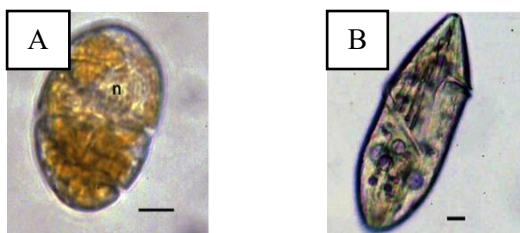
2.7 Plankton

Plankton merupakan organisme kecil yang hidup melayang di kolam perairan dan merupakan komponen yang sangat penting dalam ekosistem perairan. Plankton dapat bergerak sedikit dengan bantuan cilia atau flagel, namun tidak mempunyai

daya menentang arus sehingga cenderung terbawa oleh arus. Proses melayang pada plankton terjadi karena plankton mampu mengatur densitas tubuhnya agar sama dengan densitas air. Secara umum plankton bisa dibedakan menjadi fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton adalah plankton nabati yang memiliki kemampuan berfotosintesis dan berperan sebagai produsen di lingkungan perairan. Fitoplankton dapat ditemukan di seluruh massa air mulai dari permukaan air sampai pada kedalaman dengan intensitas cahaya yang masih memungkinkan terjadinya fotosintesis. Fitoplankton juga berperan sebagai pemasok oksigen melalui proses fotosintesis. Zooplankton adalah plankton hewani yang berperan sebagai mata rantai antara fitoplankton sebagai produsen primer dengan karnivora pada rantai makanan di atasnya. Zooplankton hanya dapat hidup dan berkembang dengan baik pada kondisi perairan yang sesuai. Perubahan yang terjadi pada suatu perairan akan mempengaruhi struktur komunitas zooplankton yang ada (Rahmatullah *et al.*, 2016). Plankton yang menguntungkan dan merugikan dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Plankton yang menguntungkan pada tambak udang
Sumber : Supriatna *et al.* (2020)



Keterangan: (A) *Cochlodinium* sp. dan (B) *Gyrodinium* sp.

Gambar 6. Plankton yang merugikan pada tambak udang.
Sumber : Qiptiyah *et al.* (2008)

2.8 *Vibrio* sp

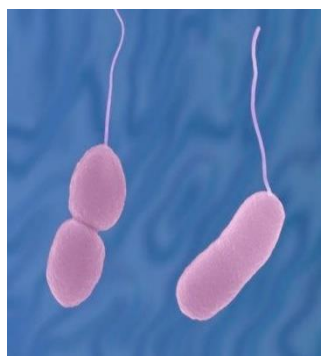
Bakteri adalah organisme prokariot yang tidak mempunyai inti sel. Organisme prokariot terdiri atas sel tunggal, meskipun sering berkembang dalam kelompok bakteri yang saling melekat satu sama lain. Kelompok bakteri ini disebut koloni. Genom bakteri terdiri atas suatu molekul DNA untai ganda yang berbentuk lingkaran, terdapat dalam sitoplasma sel. Molekul DNA yang besar atau kromosom bakteri, mengandung sebagian besar gen bakteri. Molekul DNA berbentuk lingkaran yang lebih kecil yang disebut plasmid (Sabdono, 2001). Salah satu jenis bakteri umum yang sering ditemukan adalah *Vibrio* sp.

Vibrio sp. adalah genus bakteri gram negatif, sel tunggal berbentuk batang pendek yang bengkok (koma), berukuran panjang 1,4 - 5,0 μm dan lebar 0,3 - 1,3 μm , bersifat motil dan mempunyai flagel polar dan secara khas ditemukan pada air laut. *Vibrio* sp. bersifat anaerob fakultatif, yaitu dapat hidup baik dengan atau tanpa oksigen. Semua anggota jenis *Vibrio* sp. adalah motil (bergerak) dan mempunyai kutub flagella dengan sarung pelindung (Pelczar, 1986).

Penyakit vibriosis disebabkan oleh bakteri gram negatif *Vibrio*, yaitu *V. alginolyticus*, *V. anguillarum*, dan *V. parahaemolyticus*. Penyakit tersebut dapat dideteksi dengan mengisolasi bakteri dari tubuh udang sakit dan menanamnya pada media agar selektif *Vibrio*, yaitu TCBS agar. Pada media ini koloni bakteri yang tumbuh tampak berwarna kuning dan hijau (Sazali, 2008).

Vibrio parahaemolyticus adalah bakteri Gram negatif. *Vibrio parahaemolyticus* dapat bersifat motil, memiliki bentuk seperti tanda koma, dapat menghasilkan

energi yang dibunakan untuk pertumbuhan dengan oksidasi, bersifat anaerob fakultatif, tidak bisa membentuk spora, memiliki flagellum kutub tunggal dan bersifat zoonosis. Habitat *Vibrio parahaemolyticus* pada perairan pantai, namun tidak dapat bertahan hidup pada perairan laut dalam. Pertumbuhan optimum pada media dengan kadar pH 4,8 - 11 NaCl 3% dan suhu pada kisaran 5 - 4 °C. Pertumbuhan optimum pada suhu optimum 37°C. (Daniels *et al.*, 2000). Bentuk *Vibrio parahaemolyticus* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. *Vibrio parahaemolyticus*
Sumber : Urtaza & Austin (2020)

Acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) merupakan jenis penyakit pada yang menyerang udang penaeid dengan menunjukkan tanda-tanda infeksi seperti udang yang tampak lesu dan hepatopankreas yang mengalami fenomena nekrosis, atrofi, dan terlihat pucat (Boonyawiwat *et al.*, 2018). Penyakit ini dapat menyebabkan kematian udang hingga mortalitas 100% pada usia 30 - 35 hari setelah pelepasan *post larva* ke AHPND. Di Filipina menyerang udang pada usia 46-96 hari setelah penebaran. Fluktasi dan ketidaksesuaian standar baku mutu pada beberapa parameter kualitas perairan seperti suhu, salinitas, dan pH menjadi penyebab munculnya penyakit AHPND (Soto-Rodriguez *et al.*, 2019)

2.9 Parameter Kualitas Air

Faktor lingkungan dalam budi daya adalah nilai kapasitas parameter fisika, kimia, dan biologi perairan atau yang disebut juga dengan parameter kualitas air (Boyd & Tucker, 1998). Parameter kualitas air dalam ekosistem tambak, memainkan peranan penting terhadap tingkat produktivitas budi daya (Boyd *et al.*, 1979).

Keadaan kualitas air tambak akan berperan terhadap kondisi dan performa udang yang dibudidayakan (Fakhri *et al.*, 2015). Kualitas air yang fluktuatif akan membuat udang mudah mengalami stres akibat kondisi yang abnormal (Su *et al.*, 2010). Udang yang stres sangat mudah terserang penyakit dan mati, sehingga tingkat mortalitas budi daya akan semakin meningkat (Jiang *et al.*, 2005). Fluktuasi parameter kualitas air yang dinamis, salah satunya dipengaruhi oleh faktor input dan limbah budi daya. Limbah dari input budi daya akan semakin meningkat seiring bertambahnya biomassa udang dan umur budi daya udang (Culberson & Piedrahita, 1996). Sehingga untuk melewati siklus budi daya udang yang diinginkan maka pembudi daya harus memahami dinamika fluktuasi kualitas air, serta rutin untuk melakukan kontrol terhadap kondisi parameter kualitas air di tambak (Edhy *et al.*, 2010). Berbagai parameter kualitas air yang dapat memengaruhi kondisi tambak udang antara lain, suhu, pH, salinitas, DO, alkalinitas, nitrit, nitrat, fosfat, dan amonia.

2.9.1 Parameter Fisika

1. Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter fisika dalam kualitas air. Temperatur atau suhu adalah salah satu indikator yang perlu diwaspadai oleh para petambak, karena lonjakan suhu yang terjadi dengan tiba-tiba dan berlangsung dalam waktu yang singkat dapat membuat udang kaget yang akhirnya dapat menghambat pertumbuhan udang atau malah dapat mematikan bagi udang. Suhu yang optimal bagi pertumbuhan udang adalah kisaran 28 - 30°C (Permen-KP No.75 Tahun 2016).

2.9.2 Parameter Kimia

1. pH

pH merupakan variabel kualitas air yang dinamis dan berfluktuasi sepanjang hari (Supono, 2018). Nilai pH mengindikasikan apakah air tersebut netral, basa atau asam. Air dengan pH di bawah 7 termasuk asam dan di atas 7 termasuk basa. Pada perairan umum yang tidak dipengaruhi aktivitas biologis yang tinggi, nilai pH jarang mencapai di atas 8,5, tetapi pada tambak udang, pH air dapat mencapai 9 atau lebih (Boyd, 2002). Menurut Permen-KP No.75 Tahun 2016, pH yang optimal bagi udang adalah 7 - 8,5.

2. Salinitas

Salinitas bisa disebut sebagai total konsentrasi ion-ion yang terlarut dalam perairan. Tujuh ion utama, yaitu natrium, kalium, kalsium, magnesium, klorida, sulfat, dan bikarbonat mempunyai peranan yang besar terhadap salinitas, sedangkan ion sisanya dianggap kecil (Boyd, 1990). Ion kalsium, kalium, dan magnesium merupakan ion yang mempunyai peranan penting dalam menyokong tingkat kelulushidupan udang. Menurut Permen-KP No.75 Tahun 2016, nilai salinitas yang baik bagi udang adalah 26 - 32 ppt.

3. DO

DO merupakan variabel kualitas air lainnya yang sangat penting dalam budi daya udang. Semua organisme akuatik membutuhkan DO untuk metabolisme, baik ikan, bakteri, maupun fitoplankton (Supono, 2018). Oksigen dengan beberapa tahapan masuk ke dalam air. Oksigen dapat terdifusi secara langsung dari atmosfer setelah terjadi kontak antara permukaan air dengan udara yang mengandung oksigen 21% (Boyd, 1990). Menurut Permen-KP No.75 Tahun 2016, nilai DO yang optimal bagi udang adalah ≥ 4 mg/L.

4. Alkalinitas

Alkalinitas merupakan kemampuan air untuk menetralkan tambahan asam tanpa menaikkan pH larutan (Supono, 2018). Penyusun utama alkalinitas adalah anion bikarbonat, karbonat, hidroksida, borat, fosfat, dan silikat. Menurut Permen-KP No.75 Tahun 2016, alkalinitas yang baik bagi udang, yaitu 100-150 mg/L.

5. Total Organic Matter (TOM)

Total organic matter (TOM) merupakan gambaran jumlah kandungan bahan organik terlarut, tersuspensi, dan koloid dalam perairan. Perairan dengan kandungan TOM yang terlalu sedikit maupun berlebih tidak baik bagi kesuburan perairan. Menurut Yuningsih *et al.* (2014) bahan organik yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya eutrofikasi atau bertumbuhkembangnya organisme perairan yang berlebihan yang berdampak buruk bagi biota dan perairan. Perairan yang baik adalah perairan dengan kondisi TOM-nya sesuai dengan baku mutu yang

ditentukan. Menurut Permen-KP No.75 Tahun 2016 standar TOM untuk pemeliharaan udang adalah $55 - \leq 90$ mg/L.

6. Fosfat

Fosfat merupakan senyawa kimia dalam bentuk ion yang dapat menurunkan kualitas perairan dan membahayakan kehidupan makhluk hidup. Bentuk fosfat dalam perairan adalah ortofosfat. Pada umumnya, fosfat yang terdapat dalam suatu perairan dapat berasal dari kotoran manusia atau hewan, sabun, kertas, dan detergen. Pada dasarnya makhluk hidup yang tumbuh di perairan memerlukan fosfat pada kondisi jumlah tertentu. Sebaliknya, kandungan fosfat yang berlebihan akan membahayakan kehidupan makhluk hidup tersebut. Kandungan fosfat yang besar dapat meningkatkan pertumbuhan alga yang mengakibatkan sinar matahari yang masuk ke perairan menjadi berkurang (Ngibad, 2019). Menurut Permen-KP No.75 Tahun 2016, standar fosfat untuk pemeliharaan udang adalah kisaran 0,1-5 mg/L.

7. Amonia

Amonia merupakan limbah terbesar dari proses pencernaan udang karena kandungan protein yang tinggi. Sumber utama amonia pada tambak budidaya adalah ekskresi udang melalui insang dan feses (Chin & Chen, 1987). Amonia juga bisa berasal dari sisa pakan atau alga yang mati melalui proses mineralisasi bakteri proteolitik. Menurut Permen-KP No.75 Tahun 2016, standar maksimal amonia bagi pemeliharaan udang adalah $< 0,1$ mg/L.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari – Maret tahun 2024, berlokasi di perairan sekitar tambak udang Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Pengamatan dan identifikasi sampel udang, plankton, bakteri, dan kualitas air dilakukan di Laboratorium Budidaya Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat di Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Alat	Spesifikasi	Fungsi
1.	Mikroskop	Olympus CX23	Untuk mengamati plankton.
2.	<i>Cool box</i>	Marina cooler box 125 liter	Penyimpanan botol sampel plankton di lapangan.
3.	<i>Erlenmeyer</i>	AGC Iwaki	Untuk mengukur dan mencampur cairan.
4.	Botol sampel	HDPE 250 mL	Tempat air sampel.
5.	<i>Hot plate</i>	SH-2 Magnetic stirrer	Untuk memanaskan larutan.
6.	Cawan petri	Anumbra 60 x 15 mm	Wadah untuk kultur bakteri.
7.	Kamera	Handphone	Untuk dokumentasi.
8.	Autoklaf	Daihan Autoclave WAC-P47/60/80	Untuk sterilisasi alat dan bahan.
9.	<i>Spreader</i>	Drigalski glass	Untuk menyebarkan bakteri ke media.
10.	Bunsen	Bunsen 150 mL	Alat pembakar.

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam penelitian (lanjutan)

No.	Alat	Spesifikasi	Fungsi
11.	Timbangan digital	Lottol 2 kg/0,1 g	Untuk mengukur bobot bahan.
12.	Kulkas	Sharp	Untuk menyimpan sampel,
13.	Mikropipet	Dragonlab Micropipette	Untuk memindahkan cairan dalam jumlah kecil secara akurat.
14.	<i>Haemocytometer</i>	Assistant, Germany	Untuk mengamati darah untuk uji THC dan plankton.
15.	Pipet tetes	Onemed 3 ml	Untuk mengambil larutan dalam jumlah sedikit.
16.	Buku identifikasi	G.E dan R.C Newell (1963)	Sebagai acuan identifikasi plankton.
17.	Label	Self adhesive label	Untuk menandai sampel.
18.	<i>Magnetic stirrer</i>	Vitlab 2 cm	Untuk mengaduk sampel.
19.	Inkubator	Faithfull	Untuk menginkubasi bakteri.
20.	Tabung reaksi	Iwaki	Untuk menampung reaksi kimia.
21.	Plastik <i>wrap</i>	Total wrap	Untuk membungkus cawan petri.
22.	Aluminium foil	Klin pak	Untuk menutup alat.
23.	Spidol	White board snowman	Untuk menulis keterangan.
24.	DO meter	Lutron DO-5510	Untuk mengukur DO dan suhu.
25.	Refraktometer	Refractometer, Jepang	Untuk mengukur salinitas.
26.	<i>Test kit</i>	Salifert	Untuk menguji kualitas air.
27.	pH meter	ATC, 009 (I) A	Untuk mengukur pH dan suhu.
28.	Kaca preparat	Sailbrand cat No. 7101	Untuk membuat ulas darah.
29.	Alat bedah	Arugamed	Untuk pengambilan hepatopankreas.
30.	Syringe 1 mL	Onemed	Untuk pengambilan darah.

3.2.2 Bahan Penelitian

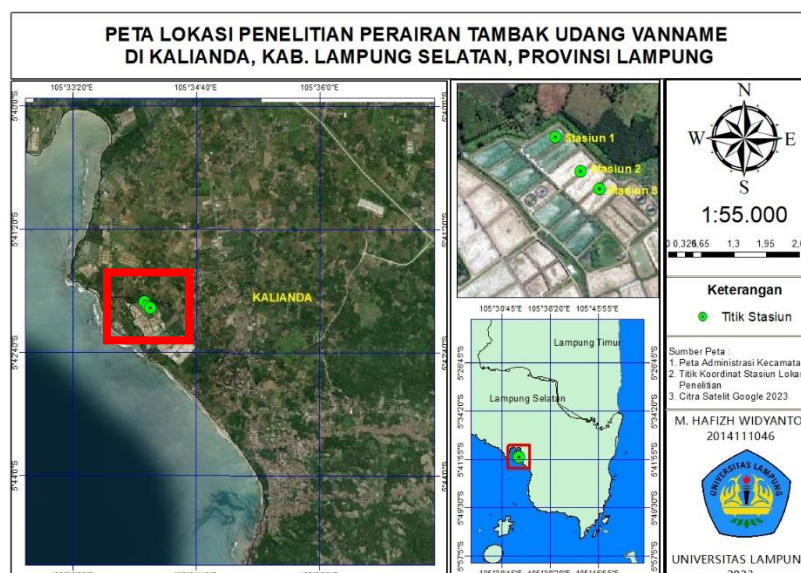
Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Bahan	Spesifikasi	Fungsi
1.	Air tambak	Tambak MTS	Sampel air yang akan diuji.
2.	Alkohol 70%	Onemed	Sterilisasi .
3.	Spiritus	Spiritus 150 mL	Bahan bakar bunsen.
4.	Sampel udang	Tambak MTS	Sampel uji imunitas dan hepatopankreas.
5.	Media TCBS	MERCK	Media selektif tumbuh bakteri <i>Vibrio</i> sp.
6.	Formalin 10%	E MERCK	Bahan fiksasi hepatopankreas.
7.	EDTA 10%	Schott Duran 200 mL	Bahan antikoagulan.
8.	Giemsa	Indoreagent	Larutan pewarna sampel <i>haemolymph</i> .

3.3 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan, yaitu dengan metode eksploratif melalui pengambilan sampel yang ditentukan dengan kriteria tertentu. Pengambilan sampel berlokasi di perairan tambak Kalianda, Lampung Selatan. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 8 dan Tabel 3.



Gambar 8. Lokasi penelitian

Tabel 3. Peta lokasi penelitian

No	Titik Koordinat	Keterangan lokasi
1.	-5°70'26'53"S 105°56'96,43"SW	Stasiun 1 kolam P24
2.	-5°70'25'59"S 105°56'93,60"W	Stasiun 2 kolam P25
3.	-5°70'22'02"S 105°56'90,06"W	Stasiun 3 kolam P26

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Prosedur Penelitian Bakteri

1. Pembuatan Media dan Kultur Bakteri

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 lalu dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer dan ditambahkan akuades sebanyak 200 mL. Langkah berikutnya pada bagian atas labu erlenmeyer ditutup dengan aluminium foil dan diletakkan di atas *hot plate* menggunakan *magnetic stirrer* hingga mendidih. Media didiamkan hingga suhu turun atau hangat. Media TCBS kemudian dituang ke dalam cawan petri di dekat api bunsen agar tidak terjadi kontaminasi.

2. Tahap Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel di perairan sekitar tambak dilakukan 4 kali dalam sebulan. Sampel diambil menggunakan botol sampel steril sebanyak 50 mL dengan cara botol dicelupkan di dalam air dan botol langsung ditutup saat tercelup. Setelah itu sampel ditandai dan disimpan di dalam *cool box*.

3. Tahap Penanaman Sampel dan Pengisolasian Bakteri

Setelah dilakukan pengambilan sampel, selanjutnya sampel dibawa ke Laboratorium Budidaya Perikanan untuk dilakukan penanaman sampel dan pengisolasian bakteri. Sampel air diambil 100 µL lalu ditanam secara *pour plate* pada media

TCBS. Penanaman dilakukan dengan *spreader* lalu disebaratakan di permukaan media, kemudian media diinkubasi di dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam.

4. Tahap Perhitungan Bakteri *Vibrio* sp.

Perhitungan total bakteri *Vibrio* sp. dilakukan dengan metode perhitungan cawan atau *total plate count* (TPC). Perhitungan bakteri dilakukan di laboratorium PT. Maju Tambak Sumur, Bakauheni, Lampung Selatan. Bakteri dapat dihitung setelah dilakukan inkubasi selama 24 jam. Jumlah bakteri dinyatakan dalam satuan CFU/mL (*colony forming unit*/mL). Total koloni yang tumbuh pada media kisaran 30-300 koloni. Hasil perhitungan ini digunakan sebagai perkiraan jumlah bakteri *Vibrio* sp. yang tumbuh di perairan tambak yang diisolasi pada media TCBS.

3.4.2 Prosedur Penelitian Plankton

1. Pengambilan Sampel Plankton

Sampel plankton diambil dari perairan tambak sebanyak 250 mL air. Sampel diambil pada sentral kolam pemeliharaan lalu dimasukkan ke dalam botol dan diberi tanda botol sampel. Tutup botol dilapisi plastik *wrap* untuk menghindari kebocoran. Botol sampel disimpan di dalam *cool box* agar sampel plankton tidak rusak. Pengambilan sampel dilakukan dengan 4 kali pengulangan pada tiap stasiun pengamatan. Selanjutnya dilakukan pengamatan sampel plankton dengan mikroskop di laboratorium PT. Maju Tambak Sumur.

2. Identifikasi Plankton

Tahapan identifikasi plankton dilakukan dengan mengamati sampel menggunakan mikroskop di laboratorium PT. Maju Tambak Sumur. Sampel air diambil sebanyak 1 mL dengan pipet tetes dan diteteskan pada *haemocytometer*, kemudian diamati. Hasil pengamatan dicatat dan didokumentasikan serta diidentifikasi menggunakan buku identifikasi plankton G. E. Newell & R. C. Newell (1963) dan Sahu *et al.* (2013).

3.4.3 Prosedur Penelitian Imunitas

1. Pengambilan Sampel Udang

Sampel udang diambil dari tambak sebanyak 2 ekor per stasiun. Sampel udang yang sudah diambil selanjutnya diletakkan pada wadah yang berisi air. Setelah itu dilakukan pengambilan darah dan hepatopankreas untuk pengamatan profil imunitas dan preparasi histopatologi hepatopankreas.

2. Pengambilan *Haemolymph*

Pengambilan *haemolymph* (darah) udang dilakukan dengan menggunakan *sput* *insulin* 1 mL yang telah dibasahi larutan antikoagulan sebanyak 0,2 mL. Darah diambil sebanyak 0,1 mL pada bagian pangkal pleopod pada segmen abdominal kedua dekat lubang genital.

Selanjutnya darah dipindahkan ke dalam mikrotube masing-masing untuk setiap parameter sebagai berikut : 1) *Total haemocyte count* (THC). 2) Aktivitas fagositosis (AF) dan indeks fagositosis (IF) (100 μ L).

3.4.4 Prosedur Penelitian Histopatologi

1. Pembuatan Histopatologi Hepatopankreas Udang Vaname

Prosedur pembuatan preparat untuk histopatologi dan pengamatan preparat hasil histopatologi mengacu pada Pratiwi & Manan (2015), adapun tahapan pembuatan preparat histopatologi meliputi, fiksasi, pengolahan jaringan, pengirisan jaringan, dan pewarnaan. Hepatopankreas udang dimasukkan ke dalam botol sampel dan diberi formalin agar organ tidak rusak saat dilakukan pengiriman sampel dan saat pengamatan. Setelah difiksasi, jaringan dipotong dengan ketebalan yang dibutuhkan, umumnya 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 obyek yang telah diberi perekat polysin,

berikutnya sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50 - 60°C selama 30 menit. Pewarnaan menggunakan hematoksilin dan eosin (HE) 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 hepatopankreas diamati menggunakan mikroskop cahaya.

3.4.5 Prosedur Penelitian Parameter Kualitas Air

Pengukuran parameter kimia, seperti nitrit, nitrat, alkalinitas, amonia, dan fosfat dilakukan dengan pengambilan sampel air, lalu dilakukan analisis dengan menggunakan *test kit* di Laboratorium Budidaya Perikanan, Universitas Lampung. Adapun parameter fisika, seperti suhu, pH, DO, dan salinitas dilakukan secara *in situ*. Suhu dan pH diukur dengan alat pH meter, DO dengan DO meter, dan salinitas dengan *refractometer*. Pengambilan sampel dilakukan setiap sebulan selama penelitian.

3.5 Parameter Penelitian

3.5.1 Total *Vibrio*

Total bakteri *Vibrio* adalah nilai yang menunjukkan jumlah bakteri *Vibrio* yang terdapat pada suatu perairan, dengan cara menghitung koloni yang ditanam pada media TCBS. Nilai bakteri dinyatakan dengan satuan CFU/mL (Ganesh *et al.*, 2010). Total *Vibrio* dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan:

- \sum Bakteri : Banyaknya sel bakteri (CFU/mL)
 n : Jumlah koloni bakteri
 V : Volume sampel

3.5.2 Kepadatan Plankton

Kepadatan plankton adalah nilai yang menunjukkan banyaknya sel plankton yang terdapat di suatu perairan dan dinyatakan dalam sel/mL. Menurut LeGresley & McDermott (2010) kepadatan plankton dihitung menggunakan *haemocytometer* dengan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

Kotak besar : 4 ruang hitung

3.5.3 Lipid Droplet

Identifikasi *lipid droplet* digunakan sebagai indikator tersedianya cadangan makanan pada hepatopankreas udang sebagai sumber energi. Udang yang baik mengandung > 30% *lipid droplet*. Identifikasi *lipid droplet* sesuai dengan Grobest (2019) sampel udang diambil organ hepatopankreasnya dengan cara dibedah bagian kepala hingga dua ruas perut udang. Bagian kecil dari sisi bawah sebelah dalam hepatopankreas (dekat pangkal usus) diambil dengan gunting atau pinset. Sampel hepatopankreas diletakkan di atas kaca *slide* dan ditutup dengan kaca *slide* atau gelas obyek. Pengamatan dan pembacaan lipid droplet dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 - 100x.

3.5.4 Total Haemocyte Count (THC)

Haemolymph segar yang diperoleh (100 μL) diencerkan menggunakan antikoagulan (200 μL), lalu sampel yang telah diencerkan diambil menggunakan mikropipet dan diletakkan di atas permukaan *haemocytometer* pada bilik tengah dan diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40x. Perhitungan yang digunakan untuk THC dilakukan dengan prosedur menurut Campa-Courdova *et al.* (2002) dengan persamaan sebagai berikut:

$$THC = \sum \text{hemosit dalam kotak} \times \text{pengenceran} \times 10^4 \text{ sel/mL}$$

3.5.5 Aktivitas Fagositosis (AF) dan Indeks Fagositosis

Aktivitas fagositosis (AF) diuji berdasarkan pada penelitian Yudiati *et al.* (2016) yang dimodifikasi. Sampel hemolim segar (25 μ L) disuspensi dengan *Staphylococcus aureus* (25 μ L) dan dibentuk dalam preparat ulas dan difiksasi menggunakan metanol. Preparat diwarnai menggunakan Giemsa 10% selama 20 menit. Persamaan aktivitas fagositosis mengacu pada Anderson (1992) yaitu $AF = (a/b) \times 100\%$, dengan keterangan a = jumlah sel fagosit, b = jumlah keseluruhan sel yang diamati. Preparat ulas kemudian diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100x.

3.5.6 Histopatologi

Pembuatan preparat histologi pada hepatopankreas udang dilakukan dengan cara udang yang telah diambil sampel *haemolymph* dibedah bagian kepala hingga dua ruas perut udang. Kemudian hepatopankreas diambil dan dimasukkan ke dalam botol film yang berisi formalin 10% dan direndam selama 24 jam. Selanjutnya larutan formalin 10% diganti dengan larutan alkohol 70% dan dilakukan pembuatan preparat histologi hepatopankreas di Balai Veteriner. Pembacaan hasil histopatologi dilakukan di Laboratorium Budidaya Perikanan, Universitas Lampung.

3.5.7 Kualitas Air

Pengamatan kualitas air yang dilakukan meliputi suhu, pH, DO, salinitas, TOM, amonia, dan alkalinitas dilakukan setiap pengambilan sampel.

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh selama penelitian dianalisis menggunakan Microsoft Excel secara deskriptif yang disajikan dalam bentuk gambar dan tabel. Data kuantitatif dianalisis menggunakan SPSS, yaitu dengan uji normalitas, uji t, dan uji Kruskal-Wallis.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Peralihan iklim pasca El Nino ekstrem 2023 tidak menyebabkan dampak terhadap profil imunitas (THC, AF, dan IF) udang vaname di tambak Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan. Kondisi hepatopankreas udang juga normal dilihat dari hasil *lipid droplet* dan histopatologi, walaupun mengalami sedikit kerusakan berupa nekrosis dan vakuolisasi. Parameter kualitas air, seperti total *Vibrio* sp., kepadatan plankton, suhu, pH, salinitas, DO, alkalinitas, dan fosfat masih dalam standar baku mutu, sedangkan nilai TOM dan amonium sudah melebihi standar baku mutu.

5.2 Saran

Pengelolaan kualitas air pada kegiatan budi daya di tambak udang Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, perlu dikontrol dan ditingkatkan lebih baik lagi agar udang yang dibudidayakan tetap sehat dan memiliki imunitas yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, D., Ramadhani, W. A., Fattah, M., Sofiati, D., & Anandya, A. 2023. Pengaruh kelimpahan plankton dan kualitas air terhadap performa pertumbuhan udang vanname pada sistem budidaya intensif. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 5(2): 173 – 182.
- Anderson, D. P. 1992. Immunostimulants, adjuvants, and vaccine carriers in fish: applications to aquaculture. *Annual Review of Fish Diseases*, 2: 281 – 307.
- Austin, B. & Zhang, X. H. 2006. *Vibrio harveyi* : a significant pathogen of marine vertebrates and invertebrates. *Lett. Appl. Microbiol*, 43(2): 119 – 124.
- Babu, D., Ravuru, J. N., & Mude. 2014. Effect of density on growth and production of *Litopenaeus vannamei* of brackish water culture system in summer season with artificial diet in Prakasam District, India. *American International Journal of Research in Formal, Applied, & Natural Sciences*, 5(1): 10 – 13.
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. 1998. *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Kluwer Academic Publishers. Boston. 683 hlm.
- Boyd, C. E. & Green, B. W. 2002. *Coastal Water Quality Monitoring in Shrimp Farming Areas, an Example from Honduras*. Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University. Alabama. 38 hlm.
- Boyd, C. E., & Liichtkoppler, F. 1979. *Water Quality Management in Fish Pond. Research and Development, Series No. 22, International Centre for Aquaculture and Agriculture, Experimental Station*. Auburn University, Alabama. 47 hlm.
- Boyd, C. E. 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Agriculture Experiment Station Auburn University, Alabama. 482 hlm
- Boonyawiwat, V., Nga, N. T. V., & Bondadreantaso, M. G. 2018. Factors Associated with acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) outbreak in the Mekong Delta, Viet Nam. *Asian Fisheries Science*, 31: 226 – 241.
- BMKG. 2020. *Tanya Jawab: La Nina, El Nino, dan Musim di Indonesia*. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Tahun 2020. Jakarta. 32 hlm.
- BMKG. 2023. *Pandangan Iklim 2023*. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Jakarta. 28 hlm.

- BMKG. 2024. *Pandangan Iklim 2024*. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Jakarta. 33 hlm.
- BPS. 2020. *Data Luas Lahan Budi Daya Kabupaten/Kota 2020*. www.bps.go.id diakses 25 September 2023, pukul 16.25 WIB.
- BPS. 2024. Data Produksi dan Nilai Produksi Udang Vannamei 2021 - 2023. www.bps.go.id diakses 25 Maret 2024, pukul 20.05 WIB.
- Camargo, M. M. P., & Martinez, C. B. R. 2007. Histopathology of gills, kidney and liver of a neotropical fish caged in an urban stream. *Journal of Neotropical Ichthyology*, 5(3): 327 – 336 .
- Campa-Courdova, A. I., Hernandez-Saavedra, N. Y., De Phillips, R., & Ascentio, F. 2002. Generation of superoxide anion and SOD activity in haemocytes and muscle of American white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as a response to beta-glucan and respiratory burst activity of turbot phagocytes. *Aquaculture*, 229: 67 – 68.
- Culberson, S. D., & Piedrahita R. H. 1996. Aquaculture pond ecosystem model: temperature and dissolved oxygen prediction-mechanism and application. *Ecological Modelling*, 89(1): 231 – 258 .
- Chin, T. S., & Chen. J. S. 1987. Acute toxicity of ammonia to larvae of the tiger prawn, *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 66(3): 247 – 253.
- Daniels, N. A., MacKinnon, L., & Bishop, R. 2000 *Vibrio parahaemolyticus* infections in the United States, 1973-1998. *The Journal of Infectious Diseases*, 181(5): 1661 – 1666.
- Darmono, D., Denton, G. R. W., & Campbell, R. S. F. 1990. The pathology of cadmium and nickel toxicity in the banana shrimp (*Penaeus merguensis de Man*). *Asian Fish Sci*, 3: 287 – 297 .
- Edhy, W. A., Azhary, K., Pribadi, J., & Chaerudin, M. K. 2010. *Budidaya Udang Putih Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). CV. Mulia Indah. Jakarta. 52 hlm.
- Fakhri, M., Budianto, B., Yuniarti A., & Hariati A. M. 2015. Variation in water quality at different intensive whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, farms in East Java, Indonesia. *Nature Environment and Pollution Technology an International Quarterly Scientific Journal*, 14(1): 65 – 70.
- Farabi, A. I., & Latuconsina, L. 2023. Manajemen kualitas air pada pembesaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di UPT. BAPL (Budidaya Air Payau dan Laut) Bangil Pasuruan Jawa Timur. *Jurnal Riset Perikanan dan Kelautan*, 5(1): 1 – 13.
- Fardilla, F. 2018. *Konsentrasi Amonia pada Tambak Intensif Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) Menggunakan Lactobacillus sp. dengan Dosis yang Berbeda*. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar. 52 hlm.

- Fauzy, A., Tarsim., & Setyawan, A. 2014. Hepatopankreas organ kakap putih (*Lates calcarifer*) dengan infeksi *Vibrio alginolyticus* dan jintan hitam (*Nigella sativa*) sebagai imunostimulan. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 3(1): 320 – 326.
- Gafur, A., Hadijah. & Budi, S. 2023. Performa hematologis udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang diberi ekstrak bawang putih *Alium sativum* dosis berbeda. *Journal of Aquaculture Environment*, (6)1: 17 – 21.
- Ganesh, E. A., Das, S., Chandrasekar, K., Arun, G., & Balamurugan, S. 2010. Monitoring of total heterotrophic bacteria and *Vibrio* sp. in a aquaculture pond. *Current Research Journal of Biological Sciences*, 2(1): 48 – 52.
- Ghufron, M. H., & K. Kordi. 2008. *Budidaya Perairan Buku Kesatu*. Citra Adhitya. Jakarta. 44 hlm.
- Grobost. 2019. *Prosedur Monitoring Kesehatan Udang*. Tangerang. 14 hlm.
- Haliman, R.W. & Adijaya, D. 2005. *Udang Vaname, Pembudidayaan dan Prospek Pasar Udang Vaname yang Tahan Penyakit*. Penebar Swadaya. Jakarta. 75 hlm.
- Hameed, A. S. 1993. A study of the aerobic heterotrophic bacterial flora of hatchery-reared eggs, larvae and post-larvae of *Penaeus indicus*. *Aquaculture*, 117(4): 195 – 204.
- Hartinah, Sennung, L. P., & Hamal, R. 2014. Performa jumlah dan diferensiasi sel hemosit juvenil udang windu (*Penaeus monodon fabr*) pada pemeliharaan kematian mendadak pada tambak intensif yang kemungkinan besar disebabkan terjadi stres pada udang windu. *Jurnal Bionature*, 15(2): 104 – 110.
- Irianto, A. 2005. *Patologi Ikan Teleostei*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 256 hlm.
- Jefry. 2022. *Cermat Memilih Benur di Tengah Wabah AHPND*. <https://jalah.tech/id/> diakses 17 Agustus 2024, pukul 17.13 WIB.
- Jiang, L. X., Pan, L. Q., & Bo, F. 2005. Effect of dissolved oxygen on immune parameters of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 18(2): 185 – 188 .
- Juanda, S. J., & Edo, S. I. 2018. Hepatopankreas insang, hati dan usus ikan lele (*Clarias gariepinus*) di Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Saintek Perikanan*, 14(1): 23 – 29 .
- KKP. 2022. *Produksi Budi Daya Udang di Indonesia*. <https://kkp.go.id/> diakses 24 September 2023, pukul 21.09 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 hlm.

- Mahasri, G., Sulmartiwi, L., Sudarno, Prayogo, Pamenang, G. D., & Harifa, A. I. 2019. Nanobubble aquaculture system: its effect towards immune response and infection of *Vibrio* sp. in *Vannamei* shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Indian Veterinary Journal*, 96(5): 21 – 23.
- Mangampa, M. 2015. Dinamika populasi bakteri dalam air dan sedimen tambak pada pemantapan budidaya udang vaname ekstensif plus melalui pergiliran pakan. *Berkala Perikanan Terubuk*, 43(2): 25 – 35.
- Marwazi, A. M., Lestari, N., & Japa, L. 2018. Kualitas air kolam budidaya ikan air tawar balai benih ikan batu kumbang lombok barat menggunakan bio-indikator alga. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*. Pendidikan Biologi FKIP Universitas Mataram. Hlm: 512 – 520.
- Mohajeri, J., Afsharnasab, M., Jalali, B., Kakoolaki, S., Sharifrohani, M., & Haghighi, A. 2011. Immunological and histopathological changes penaeus semiculatus challenged *Vibrio harveyi*. *Iranian Journal of Fisheries Science*, 10(2): 254 – 265 .
- Newell, G. E., & Newell, R. C. 1963. *Marine Plankton : a Practical Guide*. Hutchinson Educational. London. 207 hlm.
- Ngibad, K., 2019. Analisis kadar fosfat dalam air Sungai Ngelom Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. *Jurnal Pijar MIPA*, 14(3): 5 – 10.
- Olzmann, J. A., & Carvalho, P. 2019. Dynamics and function of lipid droplets. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 20(3): 137 – 155.
- Pariakan, A., & Rahim, M. 2021. Karakteristik kualitas air dan keberadaan bakteri *Vibrio* sp. pada wilayah tambak udang tradisional di Pesisir Wundulako dan Pomalaa Kolaka. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(3): 547 – 556 .
- Pazir, M. K., Afsharnasab, M., Niamaymandi, N., Khadem, H., Akbarpour, E., & Zendebedi, A. A. 2012. Histopathological observation of white spot syndrome virus and infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus in shrimp farms, *Litopenaeus vannamei*, in Busheir Province, Iran. *Asian Journal of Animal Sciences*, 6(5): 209 – 219.
- Permen-KP No.75 Tahun 2016. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 75 Tahun 2016 Tentang Pedoman Umum Pembesaran Udang windu (*Penaeus monodon*) dan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).
- Pelczar, M. J., & Chan, E. C. S. *Dasar-Dasar Mikrobiologi 1*. UI Press, 1986. Jakarta. 443 hlm.
- Poernomo, A. 1997. *Petunjuk Pelaksanaan Pengembangan Budidaya Udang Ramah Lingkungan*. Ditjen Perikanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. 54 hlm.

- Pratama, Y. 2003. *Profil Kualitas Air di Sekitar Tambak Udang Kelurahan Way Urang, Lampung Selatan Saat Musim Hujan*. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung. 52 hlm.
- Pratiwi, H. C., & Manan, A. 2015. Teknik dasar histologi pada ikan gurami (*Osteophoronemus gouramy*). FPIK Universitas Airlangga *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 7(2): 153 – 157.
- Qiptiyah, M., Halidah., & Rakhman, M. A. 2008. Struktur komunitas plankton di mangrove dan perairan terbuka di Kabupaten Sinjai, Sulawesi Utara. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(2): 137 – 143.
- Rahmatullah., Ali, M. S. & Karina, S. 2016. Keanekaragaman dan dominansi plankton di Estuari Kuala Rigaih Kecamatan Setia Bakti Kabupaten Aceh Jaya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1(3): 325 – 330.
- Sabdono, A. 2001. *Identifikasi dan Analisis Genetik Bakteri Karang Pendegradasi Senyawa Herbisida 2,4 Diklorofenoksi Asetat di Laut Jawa*. (Disertasi) Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 162 hlm.
- Sahoo, P. K., Pillai, B. R., Mohanty, J., Kumari, J., Mohanty, S., & Mishra, B. K. 2007. In vivo humoral and cellular reaction, and fate of injected bacteria *Aeromonas hydrophila* in freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Fish and Shellfish Immunology*, 23(2): 327 – 340.
- Sahu, K. C., Baliarningsih, S. K., Srichandan, S., Lotliker, A. A., & Kumar, T. S. 2013. *Monograph on Marine Plankton of East Coast of India-a Cruise Report*. Indian National Centre for Ocean Information Service. Hyderabad. 146 hlm.
- Sazali, S. 2008. *Skrining Bakteri Vibrio sp. Penyebab Penyakit Udang Berbasis Teknik Sekuens 16S rDNA*. (Skripsi). Universitas Riau. Pekanbaru. 86 hlm.
- Setiawan, A. M., Lee, W. S., & Rhee, J. 2017. Spatio-temporal characteristics of Indonesian drought related to El Niño events and its predictability using the multi-model ensemble. *International Journal of Climatology*, 37(13): 4700 – 4719.
- Soto-Rodriguez, S. A., Lozano-Olvera, R., Palacios-Gonzales, D. A., Bolan-Mejia, C., & Rendon Anguilar, K. G. 2019. Characterization and growth conditions of *Vibrio parahaemolyticus* strains with different virulence degrees that cause acute hepatopancreatic necrosis disease in *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 50(4): 1 – 14.
- Subagiyo & Fatichah, D. I. 2015. Potensi hot water extract rumput laut *Caulerpa* sp. dan *Sargassum* sp. sebagai komponen immunonutrisi pada budidaya udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(3): 154 – 159.
- Sudrajat, A. 2015. *Budidaya 26 Komoditas Laut Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta. 188 hlm.

- Supari., Tangang, F., Salimun, E., Aldrian, E., Sopaheluwakan, A., & Juneng, L. 2018. ENSO modulation of seasonal rainfall and extremes in Indonesia *Climate Dynamics*, 51(7): 2559 – 2580.
- Supriatna., Mahmudi, M., Musa, M., & Kusriani. 2020. Hubungan pH dengan parameter kualitas air pada tambak intensif udang vaname (*Litopenaeus Vannamei*). *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3): 368 – 374.
- Supono. 2018. *Manajemen Kualitas Air untuk Budidaya Udang*. CV. Anugrah Utama Raharja. Lampung. 132 hlm.
- Su, Y., Ma, S., & Feng, C., 2010. Effects of salinity fluctuation on the growth and energy budget of juvenile *Litopenaeus vannamei* at different temperatures. *Journal of Crustacean Biology*, 30(3): 430 – 434.
- Syamsuddin, S., Yulianti, H., Sihaputar., Saifurridjal., Basith, A., Nurbani, S. Z., Suharto., Siregar, A. N., Rahardjo, S., Hadi, R. S., & Sanova, B. V. (Eds). *Prosiding Seminar Nasional Perikanan 2010. Melindungi Nelayan dan Sumber Daya Ikan*. Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta. Hlm: 8 – 15.
- Tongkukut, S. H. J. 2011. Identifikasi potensi kejadian petir di Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11: 42 – 47.
- Trenberth, K. E. 1997. The definition of *El Niño*. *Bulletin of the American meteorological Society*, 78: 2771 – 2777.
- Urtaza., J. M., & Austin, C. B. 2020. *Vibrio parahaemolyticus*. *Trends in Microbiology*, 28(10): 867 – 868.
- Utami, W., Sarjito., & Desrina. 2016. Pengaruh salinitas terhadap efek infeksi *Vibrio harveyi* pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 5(1): 82 – 90.
- Utojo., Mustafa, A., Rachmansyah., & Hasnawi. 2009. Penentuan lokasi pengembangan budi daya tambak berkelanjutan dengan aplikasi sistem informasi geografis di Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Riset Akuakultur*, 4(3): 407 – 423.
- Van de Braak. 2002. Preliminary study on haemocyte response to white spot syndrome virus infection in black tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 51(2): 149 – 155.
- Wang, C., Yao, D., Zhao, M., Lu, K., Lin, Z., Chen, X., Zhao, Y., & Zhang, Y. 2022. Shrimp lipid droplet protein perilipin involves in the pathogenesis of AHPND causing *Vibrio parahaemolyticus*. *International Journal of Molecular Science*, 23: 1 – 12.
- 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.
- Wu, J., Chen, H., & Huang, D. 2008. Histopathological and biochemical evidence of hepatopancreatic toxicity caused cadmium and zinc in the white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Chemosphere*, 73: 1019 – 1026.

- Xu, C., Li, E., Liu, Y., Wang, X., Qin, J. G., & Chen, L. 2017. Comparative proteome analysis of the hepatopancreas from the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* under long term low salinity stress. *Journal of Proteomics*. 162: 1 – 10.
- Yudiati, E., Isnansetyo, A., Murwantoko, Ayuningtyas, Triyanto., & Handayani, C. R. 2016. Innate immune-stimulating and immune genes up-regulating activities of three types of alginate from sargassum siliquosum in pacific white shrimp, *Litopenaeus Vannamei*. *Fish Shellfish Immunology*, 54: 46 – 53.
- 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, Jawa Tengah. *Management of Aquatic Resources Journal*, 3(1):37 – 43.