

**BIOENKAPSULASI Na-ALGINAT PADA NAUPLI *Artemia* sp. UNTUK
MENINGKATKAN SISTEM PERTAHANAN TUBUH POST LARVA UDANG
VANNAMEI (*Litopenaeus vannamei*) TERHADAP *Vibrio parahaemolyticus***

Skripsi

Oleh

**Elsi Ulandari
2014111012**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

BIOENKAPSULASI Na-ALGINAT PADA NAUPLI *Artemia* sp. UNTUK MENINGKATKAN SISTEM PERTAHANAN TUBUH POST LARVA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) TERHADAP *Vibrio parahaemolyticus*

Oleh

ELSI ULANDARI

Vibriosis merupakan penyakit bakterial yang sering menginfeksi post larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) bahkan dapat menyebabkan kematian massal. Pencegahan penyakit tersebut dapat dilakukan dengan meningkatkan sistem pertahanan tubuh post larva udang melalui pemberian imunostimulan Na-alginat yang bersumber dari ekstrak *Sargassum* sp. Pemberian imunostimulan dilakukan dengan teknik bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh Na-alginat yang dienkapsulasi melalui naupli *Artemia* sp. terhadap respon imun non-spesifik dan *survival rate* (SR) post larva udang vaname stadia PL10. Penelitian ini berlangsung dari April-Mei tahun 2024 bertempat di Laboratorium Budidaya Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dosis Na-alginat yaitu : A (0 ml/L), B (12 ml/L), C (24 ml/L) dan D (36 ml/L) dan tiga ulangan. Imunostimulan diberikan sebanyak tiga kali selama 9 hari pemeliharaan kemudian dilanjutkan dengan ujiantang menggunakan bakteri *V. parahaemolyticus*. Parameter yang diamati meliputi *survival rate* (SR), *total haemosyte count* (THC), aktivitas fa-gositosis (AF), indeks fafositosis (IF), total protein plasma (TPP), dan *relative percent survival* (RPS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa THC perlakuan D lebih tinggi daripada perlakuan A pada sebelum dan sesudah ujiantang. Sedangkan parameter AF, IF, TPP, RPS dan SR menunjukkan nilai yang sama. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu pemberian imunostimulan melalui bioenkapsulasi Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap THC post larva udang vaname dan mampu meningkatkan nilai THC hingga $4,15 \pm 0,14 \times 10^4$ sel/ml meskipun belum signifikan dalam memberikan perlindungan post larva udang vaname terhadap serangan *V. parahaemolyticus*.

Kata kunci : Bioenkapsulasi, Na-Alginat, post larva udang vaname, respon imun non-spesifik, *V. parahaemolyticus*

ABSTRACT

BIOENCAPSULATION OF Na-ALGINATE IN *Artemia* sp. NAUPLI TO IMPROVE IMMUNE SYSTEM OF PACIFIC WHITE SHRIMP POST LARVE (*Litopenaeus vannamei*) AGAINST *Vibrio parahaemolyticus*

By

ELSI ULANDARI

Vibriosis is a bacterial disease that often infects Pacific white shrimp post larvae (*Litopenaeus vannamei*) and can even cause mass mortality. Prevention of the disease can be done to improve immune system of Pacific white shrimp post larvae is by giving Na-alginate immunostimulants extracted from *Sargassum* sp. Immunostimulant administration was carried out by bioencapsulation techniques in *Artemia* sp. naupli. This study aimed to analyze the effect of Na-alginate encapsulated in *Artemia* sp. naupli to non-specific immune response and *survival rate* (SR) of Pacific white shrimp post larvae phase PL10. This study was conducted during April-May 2024 at the Laboratory of Aquaculture, faculty of Agriculture, University of Lampung. The experimental design used was a complete randomized design (CRD) with four Na-alginate dose treatments, namely: A (0 ml/L), B (12 ml/L), C (24 ml/L) and D (36 ml/L) and three replications. Immunostimulants were given three times for 9 days of maintenance then followed by a challenge test with *V. parahaemolyticus* bacteria. Parameters observed included *survival rate* (SR), *total haemocyte count* (THC), phagocytosis activity (AF), phagocytosis index (IF), total plasma protein (TPP), and *relative percent survival* (RPS). The results showed THC Pacific white shrimp post larvae treatment D was higher than treatment A before and after the challenge test. While other parameters of AF, IF, TPP, RPS and SR showed the same value. The conclusion of this study is that the provision of immunostimulants through Na-alginate bioencapsulation in *Artemia* sp. naupli gives a significantly different effect on THC Pacific white shrimp post larvae and was able to increase the value of THC up to $4.15 \pm 0.14 \times 10^4$ cells/ml although not significant in providing protection Pacific white shrimp post larvae against *V. parahaemolyticus* attack.

Keywords: Bioencapsulation, Na-Alginate, Pasific white shrimp post larvae, non-specific immune response, *V. parahaemolyticus*

**BIOENKAPSULASI Na-ALGINAT PADA NAUPLI *Artemia* sp. UNTUK
MENINGKATKAN SISTEM PERTAHANAN TUBUH POST LARVA UDANG
VANAME (*Litopenaeus vannamei*) TERHADAP *Vibrio parahaemolyticus***

Oleh :

ELSI ULANDARI

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 : BIOENKAPSULASI Na-ALGINAT PADA NAUPLI
Artemia sp. UNTUK MENINGKATKAN SISTEM
PERTAHANAN TUBUH POST LARVA UDANG
VANAME (*Litopenaeus vannamei*) TERHADAP *Vibrio*
parahaemolyticus


Nama Mahasiswa : **Elsi Wandari**


NPM : 2014111012

Jurusan : Perikanan dan Kelautan

Fakultas : Pertanian




Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.
NIP. 196402151996032001


Yeni Elisdiana, S.Pi, M.Si.
NIP. 199003182019032026

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan


Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198309232006042001

MENGESAHKAN

I. Tim Penguji

Ketua : Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.

Sekretaris : Yeni Elisdiana, S.Pi, M.Si.

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





Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 01 November 2024

PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis yang saya buat berupa skripsi ini adalah asli belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana/ahli madya), di Universitas Lampung.
2. Karya tulis ini murni, gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi yang sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Bandar Lampung, 01 November 2024



Elsi Ulandari
NPM. 2014111012

RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Elsi Ulandari. Lahir pada tanggal 12 November 2001 di Gunung Sugih, Lampung Barat. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Negeri 2 Kembahang pada tahun 2008-2014, SMP Negeri Sekuting Terpadu pada tahun 2014-2017, dan SMA Negeri 1 Liwa pada tahun 2017-2020. Penulis melanjutkan pendidikan strata-1 (S1) pada Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Kimia Dasar (2022). Penulis melakukan kegiatan magang pada Januari-Februari 2022 di Balai Benih Ikan Metro dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada Januari-Februari 2023 di Dusun Tembelang, Kecamatan Bandar Negeri Suoh, Lampung Barat. Penulis mengikuti kegiatan Praktik Umum pada Juni-Juli 2023 di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara. Penulis juga pernah menjadi sekretaris pelaksana dalam program kerja desa binaan di organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (HIMAPIK) pada tahun 2022.

PERSEMBAHAN

Puji syukur hanya kepada Allah SWT Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat, kekuatan, serta karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

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

Kedua orang tua yang selalu memberikan doa, dukungan, nasihat, serta upaya demi tercapainya cita-citaku. Saya ucapkan terima kasih dan semoga Allah selalu melimpahkan kesehatan, keberkahan, dan rezeki dalam setiap langkah orang tua saya.

Kepada sahabat dan teman-teman yang senantiasa kebersamai selama ini.

&

Almamater tercinta,
Universitas Lampung.

MOTO

Dan Dia bersama kamu dimana saja kamu berada. Dan Allah Maha Melihat apa yang kamu kerjakan.

(Q.S. Al-Hadid: 4)

Dan janganlah kamu merasa lelah dalam mengejar mereka. Jika kamu menderita kesulitan, maka sesungguhnya mereka pun menderita kesulitan sebagaimana kamu menderita kesulitan, sedangkan kamu mengharapkan dari Allah apa yang mereka tidak mengharapkan.

(Q.S. An-Nisa: 104)

SANWANCANA

Dengan menyebut nama Allah SWT, penulis menyampaikan rasa syukur atas kehadiran-Nya yang telah memberikan kesehatan jasmani maupun rohani sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Bioenkapsulasi Na-alginat pada Naupli *Artemia* sp. untuk Meningkatkan Sistem Pertahan Tubuh Post Larva Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Terhadap *Vibrio parahaemolyticus*”**. 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 ingin menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Prof. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan sekaligus ketua Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Ir. Siti Hudaidah, M.Sc. selaku pembimbing I yang selalu memberi arahan dan bimbingan selama penelitian hingga menyusun skripsi dengan penuh kesabaran, dukungan, saran, dan motivasi.
4. Yeni Elisdiana, S.Pi, M.Si. selaku pembimbing II yang selalu memberi arahan dan bimbingan selama penelitian hingga menyusun skripsi dengan penuh kesabaran, dukungan, saran, dan motivasi.

5. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis dalam menyusun skripsi.
6. Bapak Limin Santoso, 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. Bapak Sahrial dan Ibu Yusnah selaku orang tua yang selalu memberikan semangat, dukungan, nasehat, motivasi, serta doa kasih sayang kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Kakaks dan adik tersayang, Agung Setiawan dan Tasya Febriana yang selalu memberiksan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Haniatun Aminah, Yoseva Dyah Ayu Wulandari, Haykal Guna Yahma, Pandu Wijaya, Shinta Nur'Aini, Ghina Nuruh Hania, Tata Puspita Dewi dan Mutiyara Amanda atas segala bantuan, semangat dan kebersamaan saat melakukan perkuliahan sampai penyelesaian skripsi ini.
11. Teman-teman Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung Angkatan 2020.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dalam memberikan informasi dan edukasi kepada para pembaca. Penulis juga menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, maka penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca.

Bandar Lampung, 01 November 2024
Penulis,

Elsi Ulandari

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Manfaat	4
1.4 Kerangka Pemikiran.....	4
1.5 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Udang Vaname	9
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Udang Vaname	9
2.1.2 Habitat Udang Vaname.....	10
2.1.3 Siklus Hidup Udang Vaname.....	11
2.1.4 Pakan dan Kebiasaan Makan Udang Vaname	12
2.1.5 Penyakit yang Menyerang Post larva Udang Vaname.....	13
2.2 <i>Artemia</i> sp.	14
2.2.1 Klasifikasi, Morfologi dan Siklus Hidup <i>Artemia</i> sp.....	15
2.2.2 Pakan dan Kebiasaan Makan <i>Artemia</i> sp.....	16
2.3 Imunostimulan.....	16
2.4 Na-Alginat	17

2.5 Respon Imun Udang.....	18
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.3 Rancangan Penelitian	21
3.4 Prosedur Penelitian.....	23
3.4.1 Uji Pendahuluan	23
3.4.1.1 Uji FTIR	23
3.4.1.2 Uji LD ₅₀	24
3.4.2 Persiapan Wadah dan Hewan Uji	24
3.4.3 Persiapan <i>Artemia</i> sp.....	24
3.4.4 Bioenkapsulasi Na-alginat Pada Naupli <i>Artemia</i> sp.	25
3.5 Pemeliharaan	25
3.6 Uji Tantang	25
3.7 Pengambilan Hemolim.....	26
3.8 Parameter Pengamatan... ..	26
3.8.1 Parameter Respon Imun Non-spesifik.....	26
3.8.1.1 <i>Survival Rate</i> (SR).....	26
3.8.1.2 <i>Total Haemosit Count</i> (THC).....	27
3.8.1.3 Aktivitas Fagositosis/Indeks Fagositosis.....	27
3.8.1.4 Total Protein Plasma (TPP).....	28
3.8.1.5 <i>Relative Percent Survival</i> (RPS)	28
3.8.2 Kualitas Air	29
3.9 Analisis Data	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Hasil Penelitian.....	30
4.1.1 Hasil Uji Pendahuluan.....	30
4.1.1.1 Uji FTIR	30
4.1.1.2 LD ₅₀	30
4.1.2 Hasil Parameter Penelitian	31

4.1.2.1 <i>Survival Rate (SR)</i>	31
4.1.2.2 <i>Total Haemosit Count (THC)</i>	32
4.1.2.3 Aktivitas Fagositosis	32
4.1.2.4 Indeks Fagositosis	33
4.1.2.5 Total Protein Plasma (TPP).....	34
4.1.2.6 <i>Relative Percent Survival (RPS)</i>	34
4.1.2.7 Kualitas Air	35
4.2 Pembahasan	36
V. SIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir	5
2. Morfologi udang vaname	10
3. Siklus hidup udang vaname	12
4. Udang terkena AHPND	14
5. Morfologi naupli <i>Artemia</i> sp.....	15
6. Tahap penetasan <i>Artemia</i> sp.	16
7. Struktur natrium alginat.....	18
8. Jenis sel hemosit	19
9. Tata letak wadah penelitian.....	22
10. Timeline penelitian	23
11. Kotak pada <i>haemocytometer</i>	27
12. Aktivitas fagositosis.....	33
13. Kondisi tubuh post larva setelah ujiantang bakteri <i>V. parahaemolyticus</i>	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat yang digunakan pada penelitian	20
2. Bahan yang digunakan pada penelitian	21
3. Analisis gugus fungsi	30
4. Hasil uji LD50	31
5. <i>Survival rate</i> post larva udang vaname yang diberi Na-alginat dengan dosis yang berbeda melalui bioenkapsilasi <i>Artemia</i> sp. sesuai waktu sampling.....	31
6. THC post larva udang vaname yang diberi Na-alginat dengan dosis yang berbeda melalui bioenkapsilasi <i>Artemia</i> sp. sesuai waktu sampling.....	32
7. Aktivitas fagositosis post larva udang vaname yang diberi Na-alginat dengan dosis yang berbeda melalui bioenkapsilasi <i>Artemia</i> sp. sesuai waktu sampling	33
8. Indeks fagositosis post larva udang vaname yang diberi Na-alginat dengan dosis yang berbeda melalui bioenkapsilasi <i>Artemia</i> sp. sesuai waktu sampling	34
9. TPP post larva udang vaname yang diberi Na-alginat dengan dosis yang berbeda melalui bioenkapsilasi <i>Artemia</i> sp. sesuai waktu sampling.....	34
10. RPS post larva udang vaname yang diberi Na-alginat dengan dosis yang berbeda melalui bioenkapsilasi <i>Artemia</i> sp. sesuai waktu sampling.....	35
11. Kualitas air	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram alir proses ekstraksi alginat.....	54
2. Perhitungan konsentrasi dosis yang digunakan	55
3. Grafik hasil uji FTIR.....	56
4. Proses bioenkapsulasi	57
5. Proses ujiantang	58
6. Pengambilan hemolim dan pengamatan THC	59
7. Pengamatan TPP	60
8. Data hasil uji SPSS THC	61
9. Data hasil uji SPSS AF/IF.....	64
10. Data hasil uji SPSS RPS	68
11. Data hasil uji SPSS SR	69

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udang vaname merupakan salah satu komoditas penting yang dapat meningkatkan perekonomian masyarakat Indonesia. Produksi udang vaname pada tahun 2020 sebesar 900.000 ton dan target produksi pada tahun 2024 sebesar 2.000.000 ton (KKP, 2021). Tingginya permintaan menyebabkan produksi udang vaname harus terus ditingkatkan melalui kegiatan budidaya. Salah satu faktor utama keberhasilan dalam budidaya ialah tersedia post larva udang yang cukup dan kontinu sepanjang tahun serta memiliki kualitas yang baik. Post larva dengan kualitas yang baik dapat dilihat dari ukuran tubuh yang seragam, tidak cacat fisik, bergerak aktif, tidak terserang penyakit dan tidak stress (Khumaidi *et al.*, 2022). Salah satu masalah dalam produksi post larva udang vaname adalah serangan penyakit vibriosis dan rendahnya tingkat kelangsungan hidup pada stadia post larva.

Penyakit vibriosis merupakan salah satu penyakit infeksi yang disebabkan oleh *Vibrio parahaemolyticus* (Evan *et al.*, 2021). Bakteri *Vibrio parahaemolyticus* memiliki gen regulator berupa *toxR* yang mengatur pengeluaran faktor virulensinya sehingga menyebabkan penyakit (Caro *et al.*, 2020). Gen *toxR* secara spesifik mengkode protein transmembran yang memegang peranan penting pada regulasi gen toksin *ctx* dan beberapa gen-gen toksin lainnya. Gen *toxR* akan mengaktifkan gen-gen lainnya untuk menghasilkan produksi toksin yang berupa hemolisin atau lainnya. Toksin inilah yang menjadi senyawa utama pada proses patogenisitas bakteri. Menurut Aguirre-Gusmán *et al.* (2013) vibriosis merupakan penyakit bakterial yang sering

menginfeksi udang vaname dan dapat menyebabkan kematian pada udang hingga 80-85% dari total populasi. Strategi pencegahan penyakit pada udang dapat dilakukan dengan menggunakan antibiotik, tetapi antibiotik dapat menimbulkan penumpukan residu berbahaya dan berkembangnya patogen yang resisten. Upaya alternatif untuk mencegah dan menanggulangi penyakit pada post larva udang adalah dengan meningkatkan sistem pertahanan tubuh udang menggunakan imunostimulan (Johnny *et al.*, 2005). Imunostimulan alami yang berasal dari tanaman, aman bagi lingkungan dan berguna untuk merangsang kekebalan tubuh bawaan udang (Dangeubun *et al.*, 2013). Salah satu imunostimulan alami yang dapat digunakan untuk udang vaname yaitu Na-alginat yang diperoleh dari ekstraksi *Sargassum* sp. Alginat merupakan polimer murni dari asam uronat yang tersusun dalam rantai linier panjang dan merupakan komponen penting dalam alga coklat yang ada pada dinding sel (Winarno, 2008).

Pemanfaatan Na-alginat *Sargassum* sp. pada bidang perikanan sudah cukup umum digunakan untuk meningkatkan respon imun baik pada ikan maupun udang. Pada penelitian Irvansyah (2022) penambahan imunostimulan berupa Na-alginat yang dicampurkan ke dalam pakan memiliki pengaruh nyata pada beberapa parameter yaitu berat mutlak, *average daily growth* (ADG), *Feed conversion ratio* (FCR), dan *survival rate* (SR) udang. Menurut Setyawan *et al.* (2020) penambahan ekstrak *Sargassum* sp. dengan dosis 2g/kg pakan dapat meningkatkan respon imun udang vaname. Penelitian yang dilakukan oleh Yudiati *et al.* (2016) melaporkan bahwa udang vaname yang diberi dengan tiga jenis pakan tambahan *S. siliquosum* alginat selama 15 hari menunjukkan peningkatan jumlah hemosit dan dapat mengaktifkan sel dan respon imun humoral, serta ekspresi gen terkait kekebalan tubuh. Alginat mempunyai kemampuan aktivitas antioksidan, antiinflamasi, antitumor, antikoagulasi, dan aktivitas imunomodulator (Yan *et al.*, 2020).

Pemberian Na-alginat diharapkan mampu meningkatkan pertahanan tubuh post larva udang vaname. Sistem pertahanan tubuh udang dapat ditentukan oleh jumlah hemosit yang ada pada tubuh udang tersebut. Hemosit pada udang berperan penting dalam

meningkatkan sistem imun. Hal ini karena kemampuannya dalam mekanisme fagositosis patogen. Semakin tinggi jumlah hemosit, maka kemampuan fagositosis semakin besar (Yudiati *et al.*, 2016). Na-alginat dapat diaplikasikan melalui pakan komersil, pakan alami, injeksi dan lingkungan. Pengaplikasian melalui pakan alami lebih efektif untuk post larva karena post larva udang menyukai pakan yang aktif bergerak, dan ukuran bukaan mulutnya sesuai dengan fase daur hidupnya, misalnya naupli *Artemia* sp. (Perdana *et al.*, 2021). Naupli *Artemia* sp. bersifat non-selektif *filter feeder*, mengandung nutrisi yang tinggi dan mudah dicerna oleh post larva sehingga cocok untuk digunakan sebagai media pemberian imunostimulan. Imunostimulan diberikan melalui bioenkapsulasi naupli *Artemia* sp. yang bertujuan untuk meningkatkan respon imun dan kelangsungan hidup post larva.

Peningkatan mutu pakan alami dapat dilihat dari meningkatkan kelangsungan hidup benih yang dipelihara, meningkatkan pertumbuhan dan meningkatkan daya tahan tubuh benur ataupun benih ikan (Kordi, 2011). Pada penelitian Yudiati *et al.* (2023) pemberian artemia pada post larva udang vaname stadia PL-1 yang dipelihara selama 14 hari dengan pengkayaan alginat dengan dosis 600 dan 800 ppm mampu meningkatkan pertumbuhan, dan dosis 400 ppm mampu memberikan ketahanan post larva terhadap stres salinitas. Pada penelitian Adella *et al.* (2023) menyatakan bahwa suplementasi alginat dan spirulina dalam pakan dengan dosis (Alg 1 g+Spr 1 mg/kg) berpengaruh nyata pada ketahanan terhadap stres salinitas post larva vaname. Dari kedua penelitian tersebut diperoleh hasil suplementasi alginat melalui pakan yang akan diberikan pada post larva udang vaname mampu meningkatkan ketahanan stres dan pertumbuhan post larva udang vaname. Sejauh ini belum ada kajian terkait penggunaan Na-alginat untuk meningkatkan ketahanan tubuh post larva udang vaname yang diinfeksi *V. parahaemolyticus*.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh Na-alginat yang dienkapsulasi melalui naupli *Artemia* sp. terhadap respon imun non-spesifik dan *survival rate* (SR)

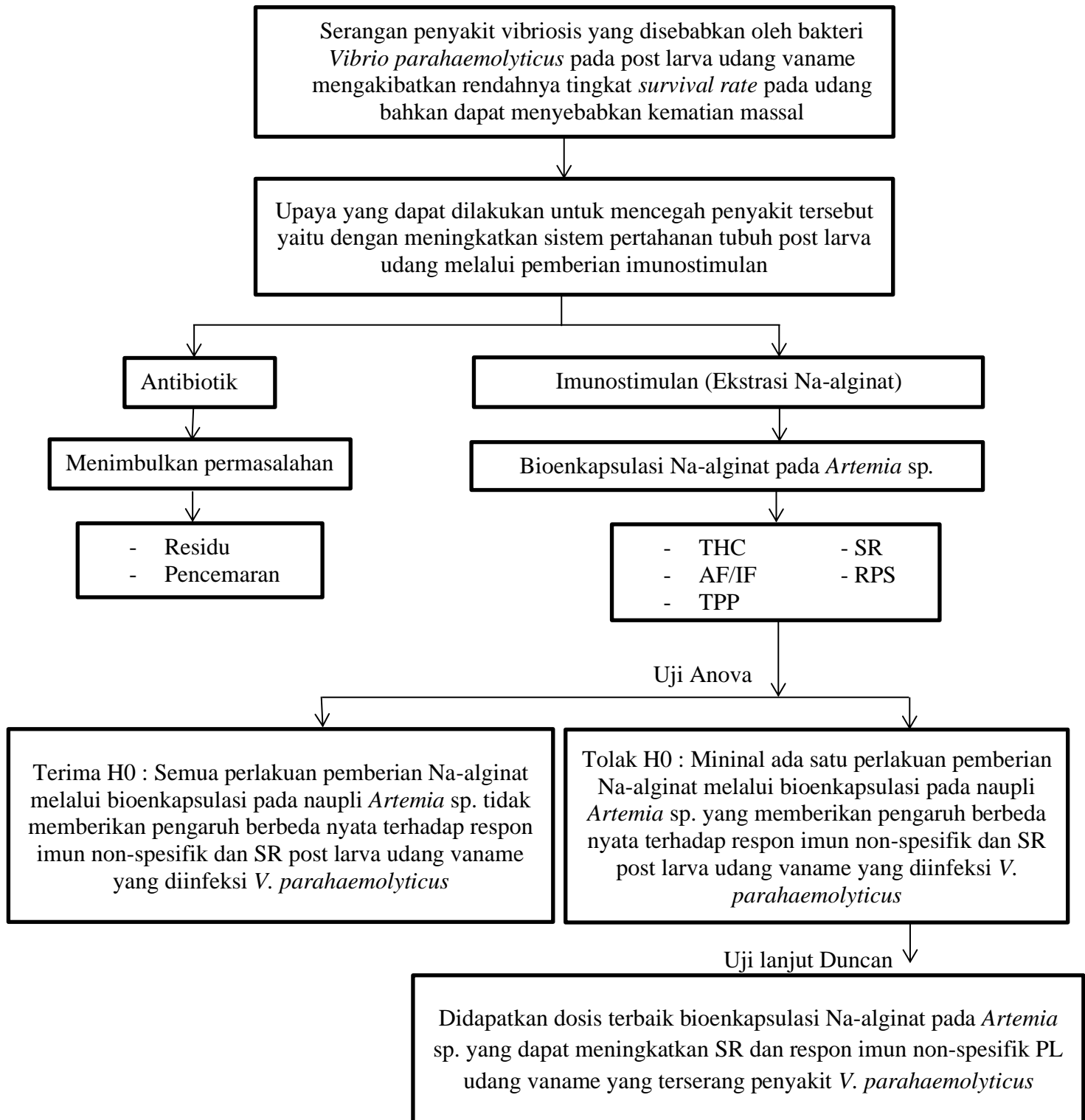
post larva udang vaname yang diinfeksi *V. parahaemolyticus*.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait penggunaan Na-alginat sebagai imunostimulan melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. untuk mengoptimalkan respon imun non-spesifik dan *survival rate* (SR) post larva udang vaname yang diinfeksi *V. parahaemolyticus*.

1.4 Kerangka Pikir

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan komoditas perikanan yang memiliki prospek dan profit yang menjanjikan. Tingginya permintaan pasar menyebabkan produksi udang vaname harus ditingkatkan. Salah satu faktor keberhasilan produksi udang vaname dipengaruhi oleh tersedianya post larva udang dengan kualitas yang baik. Namun pada budidaya udang vaname terdapat kendala yang sering dihadapi yaitu post larva udang dengan respon imun yang rendah sehingga rentan terserang penyakit dan menyebabkan kematian massal. Penyakit yang sering ditemukan adalah vibriosis yang disebabkan oleh bakteri patogen *V. parahaemolyticus*. Penyakit ini dapat mengakibatkan rendahnya *survival rate* pada udang vaname. Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah penyakit tersebut yaitu dengan meningkatkan sistem pertahanan tubuh menggunakan imunostimulan berupa Na-alginat. Imunostimulan dapat diberikan melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. Kerangka Pemikiran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang digunakan pada penelitian ini adalah :

a. *Total haemocyte count* (THC) :

H₀ : semua $\tau_i = 0$

Semua perlakuan pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap *total haemocyte count* (THC) post larva udang vaname.

H₁ : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$

Minimal ada satu perlakuan pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap *total haemocyte count* (THC) post larva udang vaname.

b. Aktifitas fagositosis (AF)

H₀ : semua $\tau_i = 0$

Semua perlakuan pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap aktifitas fagositosis (AF) post larva udang vaname.

H₁ : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$

Minimal ada satu perlakuan pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap aktifitas fagositosis (AF) post larva udang vaname.

c. Indeks fagositosis (IF)

H₀ : semua $\tau_i = 0$

Semua perlakuan pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap indeks fagositosis (IF) post larva udang vaname.

H1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$

Minimal ada satu perlakuan pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap indeks fagositosis (IF) post larva udang vaname.

d. Total protein plasma (TPP)

H0 : semua $\tau_i = 0$

Semua perlakuan pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap total protein plasma (TPP) post larva udang vaname.

H1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$

Minimal ada satu perlakuan pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap total protein plasma (TPP) post larva udang vaname.

e. *Survival rate* (SR)

H0 : semua $\tau_i = 0$

Semua perlakuan pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap *survival rate* (SR) post larva udang vaname.

H1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$

Minimal ada satu perlakuan pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap *survival rate* (SR) post larva udang vaname.

f. *Relative percent survival* (RPS)

H0 : semua $\tau_i = 0$

Semua perlakuan pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli

Artemia sp. tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap *relative percent survival* (RPS) post larva udang vaname.

H1 : minimal ada sepasang $\tau_i \neq 0$

Minimal ada satu perlakuan pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap *relative percent survival* (RPS) post larva udang vaname.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Udang vaname

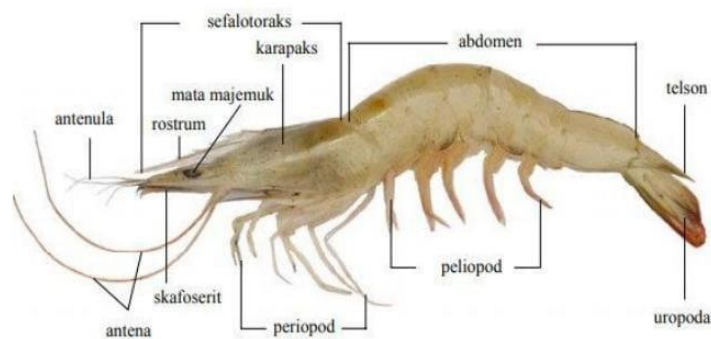
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Klasifikasi udang vaname adalah sebagai berikut (Haliman & Adijaya, 2005):

Kingdom	: Animalia
Filum	: Anthropoda
Subfilum	: Crustase
Kelas	: Malacostraca
Subkelas	: Eumalacostraca
Ordo	: Decapoda
Family	: Penaeidae
Genus	: <i>Penaeus</i>
Sub Genus	: <i>Litopenaeus</i>
Spesies	: <i>Litopenaeus vannamei</i>

Pada umumnya udang vaname memiliki tubuh berwarna transparan. Morfologi udang vaname terbagi dalam dua bagian besar, yaitu *cephalothorax* (kepala dan dada) dan *abdomen* (badan dan perut) (Ramadani *et al.*, 2024). Pada *cephalothorax* terdapat *rostrum* (cucuk kepala), *carapace*, mata, mulut dan rahang (*mandibula*), sungut besar (*antenna*), sungut kecil (*antennule*), *scophocerit* (sirip kepala), *maxilliped* (alat pembantu rahang), *pereipoda* (kaki jalan), dan *chela* (capit pada kaki jalan). Pada *abdomen* terdapat *pleopoda* (kaki renang), *uropoda* (ekor kipas), telson dan anus.

Carapace adalah cangkang kepala udang yang bertekstur keras. Mulut udang dibantu dengan sepasang rahang (*mandibula*) yang kuat yang berguna untuk menggigit makanan. Terdapat dua pasang *maxilla* berguna untuk memotong dan menghancurkan makanan. Di sekitar mulut juga terdapat tiga pasang *maxilliped*, berguna untuk menyaring dan mengantarkan makanan ke mulut. *Antennule* atau sungut kecil ada 2 pasang yang berfungsi untuk sensor pembau adanya makanan (Wyban & Sweeney, 1991). Bagian *abdomen* atau badan udang terdapat otot yang bersegmen yang berjumlah 6 segmen yang berfungsi untuk pergerakan udang dimana pada bagian ini terdapat lima pasang kaki renang. Segmen 1 sampai 3 lebih lebar yang letaknya didepan dan segmen 4 sampai 6 mengecil yang terletak dibelakang. Segmen yang ke 6 membentuk ekor kipas dan telson. Morfologi udang vaname dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Morfologi Udang Vaname
Sumber : Ramadani *et al.* (2024)

2.1.2 Habitat Udang Vaname

Udang vaname dapat ditemukan di daerah mangrove yang belum terganggu. Spesies ini relatif mudah untuk berkembang biak dan dibudidayakan, sehingga udang ini menjadi salah satu spesies andalan dalam budidaya udang (Perdana *et al.*, 2021).

Udang vaname dapat beradaptasi dengan baik pada level salinitas yang sangat rendah sehingga menjadikan udang vaname sebagai udang yang paling banyak dibudidayakan di kolam air tawar. Sifat biologis udang vaname yaitu bergerak aktif pada kondisi yang gelap (*nocturnal*) dan dapat hidup pada kisaran salinitas 2-40 ppt (Ramadani *et*

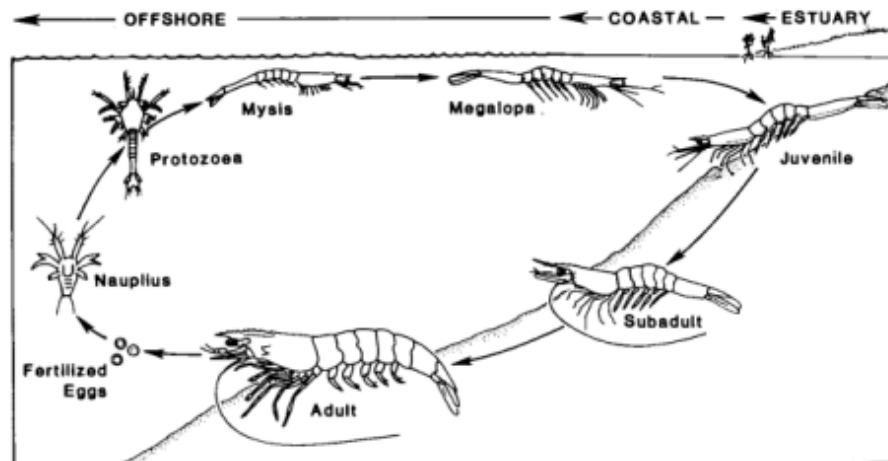
al., 2024). Udang vaname bersifat kanibal dengan organ sensor yang berfungsi untuk mencari makan (Perdana *et al.*, 2021). Udang mempunyai standar kualitas air tertentu agar dapat hidup dengan baik untuk mendukung kelangsungan hidup yang tinggi dan pertumbuhan yang optimal. Suhu pada budidaya udang berkisar 28-33°C, sedangkan pH berkisar antara 7,0-8,5. Oksigen terlarut memiliki batas minimum pada kolam pemeliharaan udang yaitu > 4 mg/l dan salinitas 28-34 ppt (SNI 8678-4- 2021).

2.1.3 Siklus Hidup Udang Vaname

Secara alami udang vaname termasuk jenis katadromus, dimana udang dewasa hidup di laut terbuka dan udang muda bermigrasi ke arah pantai (Effendi, 2002). Udang vaname yang telah matang gonad, kawin dan bertelur biasanya berada pada perairan lepas pantai sampai dengan kedalaman sekitar 70 meter pada suhu 26-28°C dan Salinitas sekitar 35 ppt. Udang secara bertahap bermigrasi kembali dari laut dangkal ke laut terbuka dimana pada usia satu tahun mereka akan matang dan berkembang biak. Udang vaname betina memiliki *open thelycum* sebagai ciri yang membedakan dengan udang penaeid lainnya (Perdana *et al.*, 2021). Udang jantan melekatkan *spermatophora berjeli* (berisi sperma) pada *open thelycum* pada saat kawin. Pelepasan telur terjadi pada malam hari, beberapa jam setelah perkawinan, biasanya kurang dari tiga jam. Proses pelepasan telur berlangsung selama 1-3 menit dan induk betina melindungi telur yang baru dilepaskan. Udang betina dapat bertelur 100.000-1.000.000 telur berdasarkan jenis dan ukuran tubuh betina. Diameter telur rata-rata 250-300 µm. Tahap-tahap perkembangan udang vaname (Wyban & Sweeney, 1991) :

1. Tahap *nauplii* bentuk udang mirip seperti laba-laba air.
2. Tahap *zoeae* ditandai dengan ciri-ciri mata belum terbentuk sempurna hingga terbentuknya mata sempurna, bentuk tubuh memanjang dan munculnya *uropod*.
3. Tahap *mysis* telah menyerupai udang dewasa, seperti tubuh bersegmen dan ekor seperti udang dewasa. Pada tahap ini *uropod* sudah terbentuk sempurna hingga munculnya *pleopods*.
4. Tahap *post post larva*, tahap ini *pleopods* sudah terbentuk sempurna dan memiliki serabut. Setelah berubah ke tahap post larva udang bermigrasi dari laut terbuka, di

mana mereka memiliki kehidupan yang planktonik, ke teluk atau laut pedalaman dengan salinitas yang lebih rendah. Udang vaname memiliki 5 stadia *naupli*, 3 stadia *zoea*, 3 stadia *mysis* sebelum menjadi post larva yang merupakan siklus hidupnya. Stadia post larva berkembang menjadi juvenil dan akhirnya menjadi dewasa. Post larva udang vaname di perairan bebas akan bermigrasi memasuki perairan estuaria untuk tumbuh dan kembali bermigrasi ke perairan asalnya pada saat matang gonad (Avault, 1996). Pada fase post larva, molting terjadi setiap 30-40 jam pada temperatur 28°C. Juvenil udang ukuran 1-5 gram akan molting setiap 4-6 hari, tetapi udang berukuran 15 gram akan molting setiap 2 minggu. Panjang karapaks post larva udang vaname berkisar dari 0,88- 3,00 mm (Kitani, 1993). Pada post larva panjang karapaks berkisar antara 1,95- 2,73 mm (Kitani, 1994). Siklus udang vaname dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Siklus Hidup Udang Vaname
Sumber : Wyban & Sweeney (1991)

2.1.4 Pakan dan Kebiasaan Makan

Apabila pakan yang diberikan kepada udang pemeliharaan mempunyai kandungan nutrisi yang cukup tinggi, maka hal ini tidak saja akan menjamin hidup dan aktifitas udang, tetapi juga akan mempercepat pertumbuhannya. Nutrisi pakan diperoleh dari kandungan gizi yang terdapat dalam pakan yang akan diberikan. Beberapa komponen nutrisi yang penting dan harus tersedia dalam pakan udang antara lain protein, lemak,

karbohidrat, vitamin, dan mineral. Kualitas dan waktu pemberian pakan adalah beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam penyediaan pakan. Sorgeloos *et al.* (2001) mengatakan bahwa sampai saat ini pakan alami masih merupakan pakan utama untuk benih ikan laut dan *crustaceae* yang belum dapat digantikan kualitas nutrisinya secara lengkap oleh pakan buatan. Pada fase post larva udang vaname lebih menyukai pakan alami karena aktif bergerak, dan ukuran bukaan mulutnya sesuai dengan fase daur hidupnya, misalnya *Artemia* sp. (Perdana *et al.*, 2021). Kelebihan *Artemia* sp. yaitu dapat dicerna dengan mudah oleh post larva udang dan mengandung nutrien tinggi.

2.1.5 Penyakit yang Menyerang Post Post larva Udang Vaname

Post larva udang vaname yang berkualitas dan memiliki daya tahan tubuh yang tinggi menentukan keberhasilan dalam budidaya. Serangan penyakit pada udang dapat menyebabkan penurunan produksi sampai menyebabkan kematian massal. Salah satu masalah dalam produksi post larva udang vaname adalah serangan penyakit vibriosis dan rendahnya tingkat kelangsungan hidup pada stadia post larva. Penyakit vibriosis merupakan salah satu penyakit infeksi yang disebabkan oleh *V. parahaemolyticus* (Evan *et al.*, 2021). Bakteri *V. parahaemolyticus* memiliki gen regulator berupa *toxR* yang mengatur pengeluaran faktor virulensinya sehingga menyebabkan penyakit. Menurut Aguirre-Gusmán *et al.* (2013) vibriosis merupakan penyakit bakterial yang sering menginfeksi udang vaname dan dapat menyebabkan kematian pada udang hingga 80-85% dari total populasi. Penurunan produksi post larva udang vaname disebabkan oleh tren penyakit vibriosis ini seperti *Early Mortality Syndrome* (EMS), *Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease* (AHPND) dan *White Feces Disease* (WFD). Hal ini dapat menyebabkan kerugian karena biaya produksi yang tinggi. Oleh karena itu diperlukan pencegahan dan mitigasi terjadinya serangan penyakit di awal produksi (Rusli *et al.*, 2023).

Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) merupakan jenis penyakit yang menyerang udang paneid dengan menunjukkan tanda-tanda infeksi seperti udang yang tampak lesuh dan hepatopankreas yang mengalami fenomena nekrosis, atrofi

dan terlihat pucat (Boonyawiwat *et al.*, 2018). Penyakit ini dapat menyebabkan kematian udang hingga mortalitas 100% pada usisa 30-35 hari setelah pelepasan post larva. Wabah dari penyakit AHPND telah menyebabkan kerugian ekonomi rata-rata sebesar 7 miliar USD secara global pada setiap tahunnya di sektor budidaya udang sejak kemunculan pertamanya di China pada tahun 2009 (Yen *et al.*, 2021). Agen dari penyakit AHPND adalah strain spesifik dari bakteri *V. parahaemolyticus* yang memiliki plasmid pVA1 (69-70 kbp) dalam fragmen 3,5 kb yang dapat mengkode gen toksin *photorhabdus insect-related* AB (PirAB) (Caro *et al.*, 2020). Penampakan udang yang terkena AHPND dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Udang yang terserang AHPND
Keterangan : Udang terkena penyakit AHPND (a), udang sehat (b)
Sumber : Aras & Faruq, (2024)

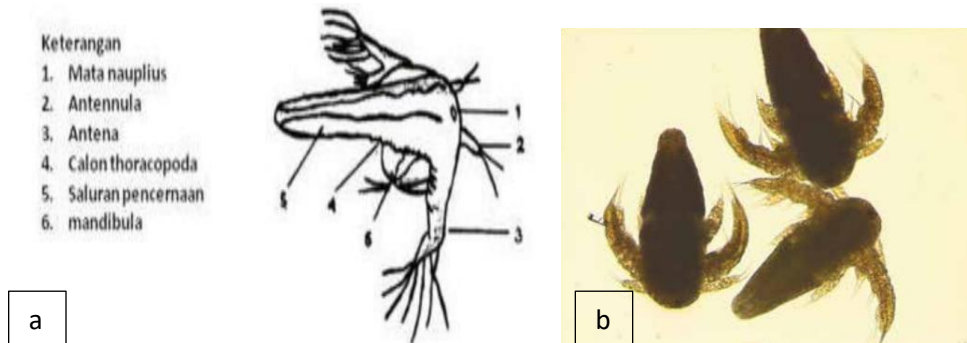
2.2 *Artemia* sp.

2.2.1 Klasifikasi, Morfologi dan Siklus Hidup

Klasifikasi *Artemia* sp. menurut Bougis (1979) sebagai berikut :

Filum	: Arthropoda
Kelas	: Crustacea
Subkelas	: Branchiopoda
Ordo	: Anostraca
Famili	: Artemidae
Genus	: <i>Artemia</i>
Spesies	: <i>Artemia</i> sp.

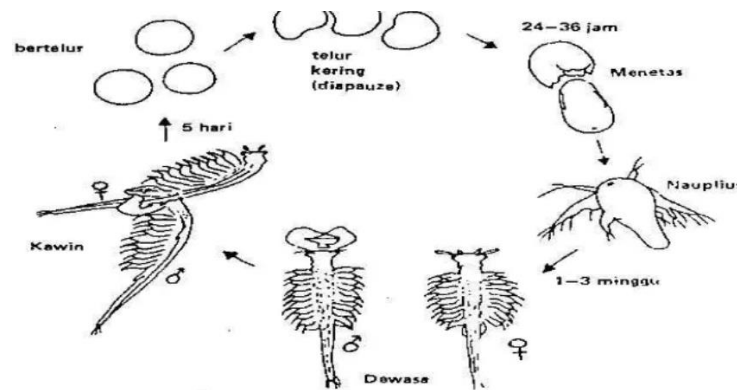
Artemia sp. biasa disimpan dalam bentuk kering dan disebut kista. Kista *Artemia* sp. yang diletakkan pada salinitas 15-32 ppt akan menetas dalam waktu 24-36 jam, post larva *Artemia* sp. yang baru menetas disebut naupli. Menurut (Aliyas & Samsia, 2019), salinitas yang optimal dalam penetasan *Artemia* sp. adalah 30-32 ppt, suhu 29-31°C, dan pH optimal yaitu 8. Cangkang *Artemia* sp. berguna untuk melindungi embrio terhadap pengaruh kekeringan, benturan keras, sinar ultraviolet, dan mempermudah pengapungan. Cangkang kista *Artemia* sp. dibagi dalam dua bagian yaitu korion (bagian luar) dan kutikula embrionik (bagian dalam). *Artemia* sp. secara umum tumbuh dengan baik pada kisaran suhu antara 25-30°C, berbeda dengan kista *Artemia* sp. kering yang dapat tahan pada suhu minus 273°C hingga 100°C (Rahman, 2022). Morfologi naupli *Artemia* sp. dapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Morfologi naupli *Artemia* sp.
Sumber : a. Sorgeloos, (1980) b. Rahman, (2022)

Artemia sp. adalah mikro-krustasea yang dapat ditemukan pada habitat alami dengan salinitas 10-300 ppt (Mudjiman, 2008). Kista merupakan embrio *Artemia* sp. yang dilindungi oleh cangkang atau korion karena induk hidup di lingkungan ekstrim (Salinitas tinggi dan kadar oksigen rendah). *Artemia* sp. yang baru menetas disebut naupli dan dalam pertumbuhannya mengalami 15 kali perubahan bentuk, masing-masing perubahan merupakan satu tingkatan yang disebut instar. *Artemia* sp. mengandung asam lemak esensial yang digunakan untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup juvenil. Fase post larva pertama (Instar I) berukuran 400-500 mikron dan berwarna coklat oranye yang menandakan pada fase ini naupli masih menggunakan yolk sebagai cadangan makanannya. Diameter telur *Artemia* sp. berkisar 200-300 µg, bobot kering

berkisar 3,65 μg , yang terdiri dari 2,9 μg embrio dan 0,75 μg cangkang (Mudjiman, 2008). Tahap penetasan *Artemia* sp. dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tahap Penetasan *Artemia* sp.
Sumber : Kartikasari (2008)

2.2.2 Pakan dan Kebiasaan Makan

Pakan adalah salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan pada kultur *Artemia* sp. dan memanfaatkan pakan berupa mikroalga, bakteri, dan detritus organik lainnya yang memiliki kandungan gizi yang cukup untuk pertumbuhannya (Mudjiman, 2008). Nauplius yang baru menetas belum membutuhkan makanan dari luar karena mulut dan anusya belum terbentuk sempurna. Setelah 8 jam menetas naupli akan berganti kulit dan memasuki tahap post larva kedua. Pada stadia ini post larva mulai makan mikro algae, bakteri dan detritus (Mudjiman, 2008).

Kebiasaan makan *Artemia* sp. yaitu dengan menyaring semua makanan yang ada atau disebut *non-selective filter feeder*, *Artemia* sp. akan terus memakan apa saja yang ukurannya lebih kecil dari 50 μm (Mudjiman, 2008). Beberapa jenis ganggang hijau yang sering dijadi-kan makanan *Artemia* sp. antara lain *Euglena*, *Dunaliella salina* dan *Cladophora* sp.

2.3 Imunostimulan

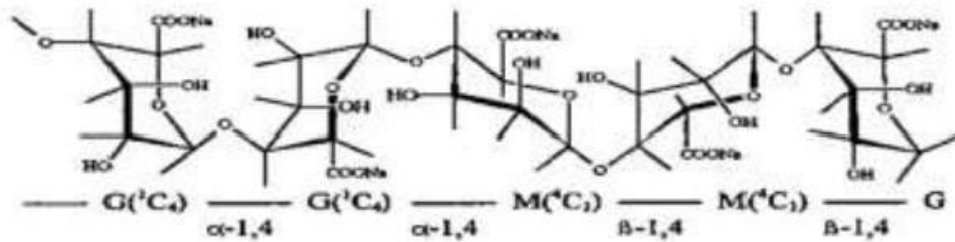
Imunostimulan merupakan strategi alternatif untuk menyiagakan atau menyiapkan sistem kekebalan (sistem imun) udang sehingga meningkatkan resistensi melawan pa-

togen. Immunostimulan alami yang berasal dari tanaman, aman bagi lingkungan dan berguna merangsang sistem kekebalan tubuh bawaan udang (Dangeubun *et al.*, 2013). Penggunaan imunostimulan adalah salah satu metode profilaksis (mencegah) yang ramah lingkungan untuk mengendalikan penyakit dalam akuakultur. Secara umum imunostimulan akan meningkatkan sistem imun non-spesifik udang dalam menghadapi serangan penyakit (Isnansetyo *et al.*, 2014). Total hemosit pada tubuh udang sangat penting keberadaannya dalam menjaga resistensi terhadap patogen. Apabila total hemosit tinggi, maka dapat meningkatkan kemampuan darah untuk memfagositosis. Total hemosit yang tinggi juga dapat meningkatkan sel granular yang dapat merangsang aktivasi *Prophenoloxidase* (ProPO) untuk menghasilkan aktivitas *Phenoloxidase* (PO), sehingga mampu bertahan terhadap serangan patogen. Sedangkan sebaliknya, apabila total hemosit menurun, maka hal tersebut dapat mengakibatkan infeksi akut yang mematikan (Febriani, 2012).

2.4 Na-Alginat

Na-alginat merupakan suatu polisakarida yang diperoleh dari hasil ekstraksi rumput laut coklat yaitu *Sargassum* sp. dengan kadar mencapai 40% dari total berat kering dan memegang peranan penting dalam mempertahankan struktur jaringan alga. Na-alginat juga merupakan salah satu bahan pikokoloid yang mempunyai fungsi sebagai bahan pengental, pengatur keseimbangan, pengemulsi, serta pembentuk suatu lapisan tipis terhadap minyak (Rasyid, 2010). Na-alginat dikenal sebagai suatu substansi yang mempunyai aktivitas immunomodulator. Menurut Yu *et al.* (2016) sodium 22 alginat komersial dan ekstrak kasar dari *Sargassum* sp. secara efektif dapat memodulasi sistem imun udang penaeid. Isnansetyo *et al.* (2014) melaporkan bahwa alginat dari spesies lokal Indonesia *Sargassum* sp. mampu meningkatkan parameter ketahanan non-spesifik ikan lele (*Clarias batrachus*). Na-alginat ini tidak bersifat toksik, tidak memberikan reaksi alergi, bersifat biodegradable dan biokompatibel (Pereira *et al.*, 2013). Na-alginat merupakan senyawa heteropolisakarida dari hasil pembentukan rantai monomer mannuronic acid (asam *poly-D-mannuronat*) dan guluronic acid (asam *poly-L-guluronat*) dari dinding sel yang banyak dijumpai pada alga coklat

(*Phaeophyta*) (Basmal *et al.*, 2012). Penggunaan Na-alginat sebagai imunostimulan dalam dunia perikanan telah terbukti mampu meningkatkan sistem imun dan resisten terhadap beberapa patogen pada udang, ikan, dan abalone. Rumus molekul dari natrium alginat adalah $(C_6H_7O_6NA)_n$, gugus fungsinya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur Na-alginat
Sumber : Dharmayanti *et al.* (2021)

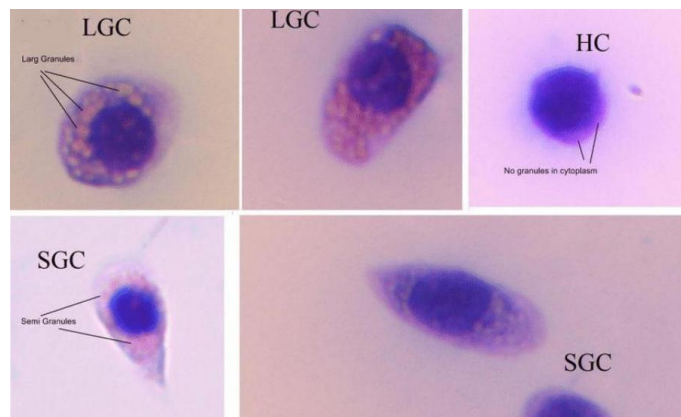
2.5 Respon Imun Udang

Krustase tidak memiliki respon imun spesifik dan bergantung pada respon imun non-spesifik. Respon imun non-spesifik dapat dengan cepat mengenal dan menghancurkan benda asing yang masuk dalam tubuh, termasuk patogen (Wittevelt *et al.*, 2004). Respon imun non-spesifik terdiri atas respon seluler dan respon humoral. Sistem pertahanan seluler meliputi fagositosis sel-sel hemosit, nodulasi dan enkapsulasi. Sistem pertahanan humoral mencakup phenoloksidase (PO), prophenoloksidase (ProPO), lektin dan agglutinin (Jiravanichpaisal *et al.*, 2006). Hemosit merupakan faktor penting dalam pertahanan seluler pada udang. Hemosit berperan dalam penyembuhan luka melalui *cellular clumping* serta membawa dan melepaskan prophenoloksidase (ProPO) (Rodriguez & Le Moullac, 2000).

Peningkatan respon imun udang dapat dilihat dari beberapa parameter, yaitu *total haemocyte count* (THC), aktivitas fagositosis (AF), indeks fagositosis (IF), total protein plasma (TPP), *relative percent survival* (RPS), dan *survival rate* (SR) udang. Pada penelitian Ardiyansyah *et al.* (2023) menunjukkan bahwa efektivitas imunostimulan vitamin C melalui bioenkapsulasi *Artemia salina* untuk mencegah penyakit vibriosis pada udang (PL11) berpengaruh signifikan terhadap sistem kekebalan tubuh de-

ngan nilai THC 10^4 sel/mm. Endayani (2019) menyatakan bahwa injeksi bakteri vibrio dapat menurunkan nilai aktivitas fagositosis 1,9-6,2%. Sedangkan peningkatan nilai indeks fagositosis menunjukkan perlakuan mampu meningkatkan kemampuan sel-sel fagosit dalam melawan bahan asing yang masuk ke dalam tubuh dan lebih tahan terhadap infeksi patogen. Menurut Wang *et al.* (2014) nilai indeks fagositosis normal pada udang yaitu 0,5-1,2. Menurut Sauqi *et al.* (2016) pemberian perlakuan terhadap hewan uji harus memberikan tingkat persentase >50% terhadap nilai RPS.

Hemosit terdiri dari tiga jenis sel yang dibedakan berdasarkan butiran di sitoplasma masing-masing sel, yaitu hialin, granular, dan semi granular. Tiga jenis sel tersebut berfungsi menghancurkan partikel asing yang masuk ke tubuh udang melalui fagositosis, enkapsulasi, pembentukan nodul, dan produksi komponen humoral yang tersimpan dalam butiran haemocytic yaitu protein antikoagulan, aglutinin, enzim PO, peptide antimikroba, dan protease inhibitor (Jayasree *et al.*, 2006). Semua jenis sel dapat melakukan aktivitas fagositosis, pada umumnya sel hialin yang memiliki peran lebih aktif dalam aktivitas fagositosis (Guidding *et al.*, 2014). Jenis sel hemosit dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Jenis sel hemosit udang

Keterangan : HC = Sel hialin, SGC = semi granular, LGC = granular

Sumber : Kakoolaki *et al.* (2011)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2024 – Mei 2024, bertempat di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat yang digunakan pada penelitian

No.	Nama Alat	Dimensi	Fungsi
1	Akuarium	30x40x30 cm ³	Wadah pemeliharaan
2	Akuarium	9x9x12 cm ³	Wadah kultur pengkayaan <i>Artemia</i> sp.
3	Timbangan analitik	-	Untuk menimbang bahan
4	<i>Scoopnets</i>	5x5 cm ²	Pemanenan <i>Artemia</i> sp. dan mengambil hewan uji
5	Selang aerasi, batu aerasi, blower	-	Penyedia oksigen terlarut di dalam air
6	Termometer	-	Mengukur suhu air
7	pH meter	-	Mengukur keasaman air
8	Refraktometer	-	Mengukur salinitas air
9	Plastik	-	Wadah penyimpanan
11	Waring	40x50 cm ²	Menutup permukaan wadah pemeliharaan
12	<i>Syringe</i>	1 Cc	Untuk menyimpan hemolim dan pengenceran
13	<i>Sentrifuge</i>	-	Memisahkan partikel zat (<i>supernatant</i>)
14	Spekrofotometer	-	Mengukur absorbansi uji
15	<i>Freezer</i>	-	Menyimpan sampel
16	<i>Haemocytometer</i>	7x14x2 cm ²	Mengamati darah untuk uji THC

No.	Nama Alat	Dimensi	Fungsi
17	Mikroskop	-	Pengamatan
18	Pipet tetes	3 ml	Mengambil dan meneteskan larutan
19	Kaca preparat, <i>cover glass</i>	22,4x76.2 mm dan 22x22 mm	Untuk meletakkan objek yang akan diamati
20	<i>Mikroplate</i>	12,6x8,5x1,4 cm ³	Wadah uji TPP
21	Inkubator	-	Menginkubasi
22	Selang	-	Penyiponan
23	<i>Elisa reader</i>		Mengukur absorbansi uji TPP

Bahan yang digunakan selama penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Bahan yang digunakan pada penelitian

No	Nama Bahan	Kandungan	Fungsi
1	Post larva udang vaname	-	Hewan Uji
2	Naupli <i>Artemia</i> sp.	-	Pakan hewan uji
3	Na-alginat	C ₆ H ₇ O ₆ NA	Sumber pengkayaan pakan
4	Air laut steril	-	Media pemeliharaan post post larva udang
5	Bakteri <i>V.</i> <i>parahaemolyticus</i>	-	Sebagai bakteri ujiantang
6	Na Sitrat 2%	-	Antikoagulan
7	<i>Giemsa</i>	Eosin, <i>methylene blue</i> , dan <i>azzure</i>	Pewarnaan uji AF/IF
8	<i>Disinfektan</i>	Alcohol 75% dan benzalkonium chloride	Sebagai antiseptic
9	Aquades	H ₂ O	Larutan pembilas dalam preparasi AF/IF
10	<i>Bovine serum</i> <i>albumin</i>	583 residu asam amino	Sebagai standar untuk uji TPP
11	<i>Reagen bradford</i>	<i>Coomassie brilliant blue</i> (CBB) G-250, etanol, dan asam fosfat	Untuk pengujian TPP

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode ekperimental untuk menganalisis pengaruh pemberian naupli *Artemia* sp. yang diperkaya Na-alginat dari ekstrak *Sargassum* sp. terhadap SR dan respon imun non-spesifik post larva udang vaname dengan membandingkan antara perlakuan dan kontrol. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu

rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan yang digunakan yaitu :

A : Kontrol (naupli *Artemia* sp. tanpa diperkaya Na-alginat)

B : Dosis 12 ml/l (naupli *Artemia* sp. diperkaya dengan 12 ml Na-alginat/1 liter air)

C : Dosis 24 ml/l (naupli *Artemia* sp. diperkaya dengan 24 ml Na-alginat/1 liter air)

D : Dosis 36 ml/l (naupli *Artemia* sp. diperkaya dengan 36 ml Na-alginat/1 liter air)

Model linier yang digunakan dari rancangan acar lengkap yaitu (Gaspersz, 1991) :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan :

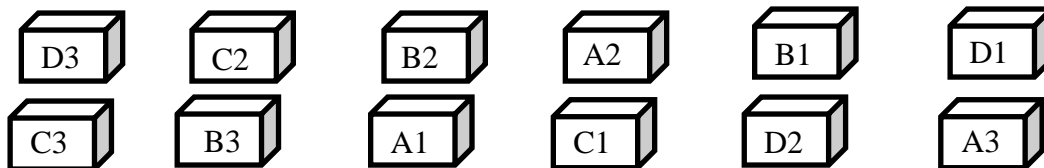
Y_{ij} = Hasil pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

μ = Rataan umum

τ_i = Perlakuan pengaruh ke-i

ε_{ij} = Pangaruh faktor random pada perlakuan

Berikut gambar susunan rancangan penelitian :



Gambar 9. Tata letak wadah penelitian

Keterangan :

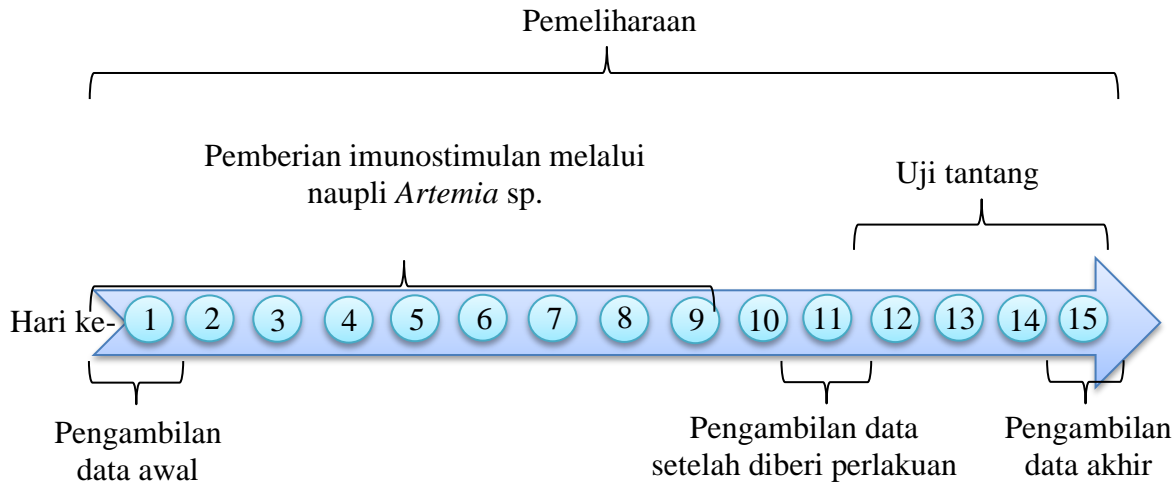
A1, A2, A3 : Perlakuan A dan 1, 2, 3 merupakan ulangan

B1, B2, B3 : Perlakuan B dan 1, 2, 3 merupakan ulangan

C1, C2, C3 : Perlakuan C dan 1, 2, 3 merupakan ulangan

D1, D2, D3 : Perlakuan D dan 1, 2, 3 merupakan ulangan

Timeline penelitian disajikan pada Gambar 10 berikut.



Gambar 9. *Timeline* penelitian

Pemeliharaan post larva udang vaname dilakukan selama 15 hari. Pemberian imunostimulan dilakukan tiga hari sekali yaitu pada hari pemeliharaan ke-3, ke-6 dan ke-9. Setelah pemberian immunostimulan selesai dilanjutkan dengan uji tantang menggunakan bakteri *V. parahaemolyticus* pada pemeliharaan hari ke-12. Pengambilan data dilakukan 3 kali selama pemeliharaan yaitu pada hari ke-1, ke-11 dan ke-15

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Uji Pendahuluan

3.4.1.1 Uji Gugus Fungsi Na-alginat

Uji *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR) merupakan salah satu teknik analitik dalam proses indentifikasi struktur molekul suatu senyawa. Uji ini dilakukan agar mengetahui waktu terbaik yang dibutuhkan untuk perendaman *Artemia* sp. dengan Na-alginat. Uji FTIR dilakukan dengan mengirim sampel ke Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT LTSIT), Universitas Lampung. Sampel yang dikirim berupa *Artemia* sp. yang sudah direndam Na-alginat dengan durasi waktu yang berbeda yaitu sampel A (1 jam), sampel B (2 jam) dan sampel C (4 jam). Hasil uji FTIR disajikan pada Lampiran 3.

3.4.1.2 Uji LD₅₀

Uji toksisitas akut lethal dosis 50 (LD₅₀) dilakukan untuk mengamati efek toksik suatu senyawa yang bisa terjadi dalam jangka waktu yang singkat setelah pemberian takaran tertentu (Wibowo, 2023). LD₅₀ dilakukan dengan 5 dosis kepadatan bakteri *V. parahaemolyticus* yaitu kontrol, 1×10^2 CFU/ml, 1×10^3 CFU/ml, 1×10^4 CFU/ml dan 1×10^6 CFU/ml. Perlakuan tersebut diberikan sebanyak 10 ml di setiap kontainer yang berisikan 300 ekor post post larva udang vaname dalam 10L air laut. Hasil LD₅₀ disajikan pada Tabel 4.

3.4.2 Persiapan Wadah dan Hewan Uji

Wadah yang digunakan dalam penelitian ini adalah 12 akuarium berukuran 30x40x30 cm³ dengan volume air 25L. Akuarium tersebut disterilkan dengan dicuci menggunakan sabun, kemudian dibilas dan dikeringkan. Setelah kering, akuarium diletakkan pada tempat pemeliharaan post larva udang vaname sesuai dengan skema perlakuan (Gambar 10). Akuarium pemeliharaan post larva diisi dengan air laut steril dilengkapi dengan aerasi yang bertujuan menyuplai oksigen. Hewan uji yang digunakan adalah post larva udang vaname stadia PL7. Udang ini diperoleh dari Hatchery Citra Larva Cemerlang (CLC) di Kalianda Lampung Selatan. Larva udang dimasukkan ke akuarium pemeliharaan dengan kepadatan 50 ekor/L dan dipelihara selama 15 hari. Post larva diaklimatisasi terlebih dahulu selama 3 hari untuk proses penyesuaian lingkungan. Setelah aklimatisasi selesai, udang dapat diberikan perlakuan.

3.4.3 Persiapan *Artemia* sp.

Penetasan dilakukan pada 4 wadah kerucut dengan volume 1,5L yang disusun pada rak kayu dan sudah dilengkapi dengan lampu pada bagian atas rak. Wadah penetasan disterilkan terlebih dahulu dengan mencuci wadah menggunakan sabun lalu dikeringkan. Setelah steril, wadah penetasan dilengkapi dengan aerasi lalu diisi 1L air laut dan 1 gram kista *Artemia* sp. Penetasan *Artemia* sp. dilakukan selama 24 jam kemudian di panen menggunakan *scoopnets*. Penetasan *Artemia* sp. menggunakan air laut pada salinitas 31 ppt, suhu 30,5°C dan pH 8.

3.4.4 Bioenkapsulasi Na-Alginat pada naupli *Artemia* sp.

Bioenkapsulasi dilakukan pada *Artemia* sp. dengan tujuan untuk meningkatkan mutu dari pakan alami tersebut. Bioenkapsulasi dilakukan dengan merendam 1 gram *Artemia* sp. pada 1L air laut yang sudah ditambahkan cairan Na-alginat sesuai dengan dosis yang diberikan. Perendaman *Artemia* sp. pada larutan Na-alginat dilakukan selama 1 jam sesuai dengan hasil uji FTIR dan dilengkapi dengan sistem aerasi. Jika masa perendaman telah selesai, *Artemia* sp. diambil menggunakan *scoopnets* dan dibilas lalu diberikan pada hewan uji.

3.5 Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan selama 15 hari dan diberi pakan *Artemia* sp. dengan frekuensi 4 kali sehari, yaitu pukul 07.00 WIB, 13.00 WIB, 19.00 WIB dan 01.00 WIB sebanyak 20-60 artemia/post larva udang (SNI, 2021). Pada hari pertama pemeliharaan dilakukan pengambilan data awal respon imun post larva sebelum diberi perlakuan. Selang 3 hari pemeliharaan yaitu hari ke-3,6 dan 9 post larva akan diberi *Artemia* sp. yang sudah diperkaya Na-alginat pada pukul 13.00 WIB. Sesuai dengan timenline penelitian (Gambar 10) pada hari ke-11 dilakukan pengambilan data SR dan respon imun setelah post larva udang diberi perlakuan, dan pada hari ke-12 post larva udang vaname yang tersisa di uji tantang dengan bakteri *V. parahaemolyticus*. Respon udang setelah di uji tantang diamati dan dicatat sebagai data. Setelah masa uji tantang selesai, hari ke-15 dilakukan pengambilan data akhir. Pergantian air dilakukan 3 kali sehari untuk mengurangi akumulasi feses yang dapat meningkatkan kadar amonia dalam media uji.

3.6 Uji Tantang

Uji tantang dilakukan pada hari ke-12 pemeliharaan dengan memberi bakteri *V. parahaemolyticus*. yang sudah diaktifkan ke dalam wadah pemeliharaan udang dengan sistem kohabitasi. Kepadatan bakteri yang diberikan yaitu sesuai dengan perhitungan LD₅₀ sebanyak 1,5 ml. Uji tantang bertujuan untuk melihat ketahanan udang terhadap bakteri *V. parahaemolyticus* yang diberikan.

3.7 Pengambilan Hemolim

Pengambilan hemolim dilakukan 3 kali selama penelitian yaitu pada hari ke-1, hari ke-11, dan hari ke-15 pemeliharaan. Pengambilan hemolim dilakukan dengan menggerus 0,3 gram post larva udang yang sudah diberi antikoagulan berupa Na sitrat 2% sebanyak 0,5 ml didalam mikrotube menggunakan pastel kemudian di *sentrifuge* selama 10 menit dengan kecepatan 3.500 rpm. Setelah di *sentrifuge* hemolim akan dipisahkan untuk dilakukan pengamatan data THC, AF, IF dan TPP.

3.8 Parameter Pengamatan

3.8.1 Parameter Respon Imun Non-spesifik

Terdapat 6 parameter respon imun non-spesifik yang diamati pada penelitian ini, yaitu: *Survival rate* (SR), *total haemocyte count* (THC), aktivitas fagositosis (AF), indeks fagositosis (IF), total protein plasma (TPP), dan *relative percent survival* (RPS). Parameter SR, THC, AF, dan IF diambil sebelum hewan uji diberi perlakuan (H ke-1), sesudah diberi perlakuan (H ke-11), dan setelah dilakukan ujiantang (H ke-15). Parameter RPS diambil pada saat ujiantang berakhir. Parameter kualitas air diukur selama masa pemeliharaan.

3.8.1.1 *Survival Rate* (SR)

Kelangsungan hidup post larva udang vaname diperoleh dengan menghitung jumlah udang saat awal dan jumlah udang diakhir. Kelangsungan hidup adalah jumlah aktual udang yang hidup pada suatu keadaan tertentu tidak ditentukan sebelumnya. Rumus menghitung kelangsungan hidup (Effendi, 2002) :

$$\text{Survival Rate (SR)} = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

Keterangan :

SR : *Survival rate*

Nt : Jumlah udang diawal

No : Jumlah udang diakhir

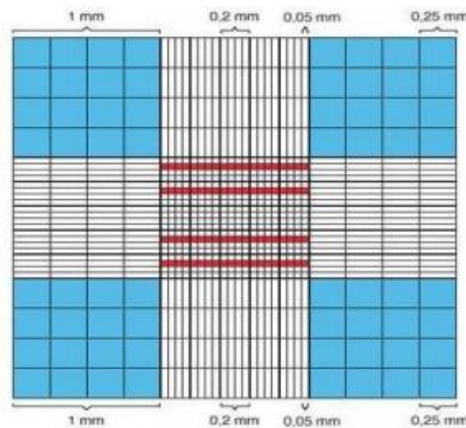
3.8.1.2 Total Haemocyte Count (THC)

Perhitungan hemosit dilakukan dengan mengambil hemolim menggunakan mikropipet kemudian teteskan kedalam haemocytometer pada bilik tengah dan dihitung jumlah selnya per ml dibawah mikroskop dengan pembesaran 100 kali (Ardiansyah *et al.*, 2023). Perhitungan jumlah total hemosit (THC) dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{THC} = \sum \text{Sel} \times \frac{1}{\text{Vol.dihitung}} \times \text{FP}$$

Keterangan :

FP : Faktor pengenceran



Gambar 11. Kotak pada *haemocytometer*
Sumber : (Riana, 2020)

3.8.1.3 Aktifitas Fagositosis/Indeks Fagositosis (AF/IF)

Aktivitas fagositosis dan indeks fagositosis diperoleh dengan mencampur 25 μl hemolim dan 25 μl suspensi bakteri *Staphylococcus aureus* kedalam mikrotube dan dihomogenkan membentuk angka 8. Campuran kemudian diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang. Setelah masa inkubasi selesai, 25 μl ditetaskan diatas preparat untuk dibuat apusan dan dikering anginkan. Setelah kering ditambahkan methanol kemudian dikeringkan kembali. Lakukan pewarnaan dengan *giemsa* 10% selama 20 menit.

Preparat kemudian dibilas dengan aquades dan dikeringkan. Teteskan minyak imersi pada preparat dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100x (Ardiansyah *et al.*, 2023). Perhitungan nilai AF dan IF sebagai berikut :

$$\text{Aktifitas Fagositosis} = \frac{\sum \text{Sel Fagosit}}{\sum \text{Seluruh Sel Hemosit}} \times 100\%$$

$$\text{Indeks Fagositosis} = \frac{\sum \text{Bakteri yang Difagosit}}{\sum \text{Sel yang Memfagosit}}$$

3.8.1.4 Total Protein Plasma (TPP)

Total protein plasma (TPP) diperoleh dengan memasukkan 5 μL hemolim dalam 96 well mikroplate dan ditambahkan 250 μL Reagen Bradford lalu diinkubasi selama 10 menit. Nilai TPP diukur menggunakan *Elisa reader* berdasarkan nilai kepadatan pada panjang gelombang atau *optical density* (OD) 630 nm. Sebelumnya dibuat standar kadar protein dengan menggunakan bovine serum albumin (BSA) dengan konsentrasi 0, 100, 250, 500, 1000 dan 2000 $\mu\text{g/ml}$ (Arina, 2023). Uji TPP dilakukan di Laboratorium Balai Besar Perikanan Budidaya Laut, Jalan Yos Sudarso, Hanura, Kec. Teluk Pandan, Kab. Pesawaran Lampung.

3.8.1.5 Relative Percent Survival (RPS)

Parameter *relative percent survival* (RPS) dilakukan untuk mengetahui tingkat perlindungan relatif imunostimulan terhadap post larva udang vaname. Metode ini dianggap lebih akurat untuk digunakan dalam uji yang menggunakan perlakuan dan tidak menggunakan perlakuan pada sebuah penelitian (Sauqi *et al.*, 2016). Rumus menghitung RPS adalah sebagai berikut:

$$\text{RPS (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Persentase mortalitas perlakuan}}{\text{Persentase mortalitas kontrol}}\right) \times 100\%$$

3.8.2 Kualitas Air

Pengukuran kualitas air bertujuan untuk mengetahui kelayakan air sebagai media hidup dan pengaruh Na-alginat pada *Artemia* sp. terhadap air media benur udang vaname. Pengukuran kualitas air dilakukan 3 kali pada masa pemeliharaan. Pengukuran kualitas air yang dilakukan berupa suhu, pH, DO dan Salinitas.

3.9 Analisis Data

Data respon imun non-spesifik yang diperoleh dianalisis menggunakan uji Anova (*analysis of variance*) dengan selang kepercayaan 95%. Apabila hasil menunjukkan berbeda nyata maka akan di uji lanjut dengan uji Duncan pada tingkat kepercayaan 95%. Data kualitas air dan gejala klinis diperoleh secara deskriptif.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Bioenkapsulasi Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. mampu memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap THC pada post larva udang vaname dengan dosis terbaik yaitu 36 ml/l dengan nilai $4,15 \pm 0,14 \times 10^4$ sel/ml. Pemberian Na-alginat belum mampu memberikan perlindungan kepada post larva udang terhadap serangan *V. parahaemolyticus*.

5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian ini, disarankan :

1. Pemberian naupli *Artemia* sp. yang dienkapsulasi dengan Na-alginat diperbanyak, sehingga Na-alginat yang terdeposit dalam tubuh post larva udang vaname lebih banyak dan mampu memberikan perlindungan terhadap serangan patogen.
2. Perlu dilakukan differensiasi sel hemosit pada saat perhitungan hemosit untuk mengetahui jenis sel yang berperan dalam meningkatkan sistem pertahanan tubuh post larva udang vaname.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, E. M., Al-Souti, A. S., Sharawy, Z., EL-Haroun, E., & Ashour, M. 2023. Impact of Dietary Administration of Seaweed Polysaccharide on Growth, Microbial Abundance, and Growth and Immune-Related Genes Expression of The Pacific Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *MDPI Life*. 13: 1-17.
- Adella, A.S., Yudiati, E., & Sedjati, S. 2023. Suplementasi alginat dan spirulina meningkatkan ketahanan udang *Litopenaeus vannamei* terhadap pajanan salinitas. *Journal of Marine Research*, 12(4): 655-662.
- Aliyas & Samsia. 2019. Pengaruh salinitas yang berbeda terhadap penetasan *Artemia* sp. di Balai Benih Udang Desa Sabang Kecamatan Galang. *Jurnal Penelitian*, 1(1): 7-12.
- Aguirre-Gusmán, G., López-Acevedo, E. A., & Vázquez-Sauceda, M. D. L. 2013. *Vibrio harveyi* effect under survival of *Litopenaeus vannamei* post larvae. *Scientia Agropecuaria*, 4: 121-127.
- Aras, A. K., & Faruq, W. E. M. 2024. Penerapan budidaya udang dengan system super intensif (Studi kasus: PT XYZ, Karagasem, Bali). *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan Indonesia*, 6(1): 60-75.
- Ardiansyah, Rahmatia & Amrullah. 2023. Respon imun post larva udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) dengan bioenkapsulasi vitamin C pada *Artemia salina*. *Jurnal Galung Tropika*, 12(1): 35-44.
- Arcos, F. G., Ibarra, M. A., VaquezBoucard, C., Palacios, E., & Rocotta, S.I. 2003. Haemolymph metabolic variables in relation to eyestalk ablation and gonad development of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* Boone. *Aquaculture Research*, 34(1): 749-755.
- Arina, C. 2023. *Profil Hematologi dan Histologi Udang Vaname Litopenaeus vannamei (Boone. 1931) dalam Uji Lapang Suplementassi Imunostimulan Alginat Sargassum sp. (Skripsi)*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 41 hlm.

- Avault, J.W. 1996. *Fundamental of Aquaculture a Step By Step Guide to Comercial Aquaculture*. AVA Publishing. Baton Rouge. 889 hlm.
- Basmal, J., Utomo B. S. B., Tazwir, Murdinah, Wikanta, T., Marraskuranto, E., & Kusumawati, R. 2012. Pengembangan Produksi Alginat Skala Pilot dan Pemanfaatannya dalam Produk Pangan dan Non Pangan. Laporan Teknis. Jakarta (ID): *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 3-4 hlm
- Battistella S., Bonivento, P. & Amirante, G.A. 2009. Hemocytes and immunological reactions in Crustaceans. Italian. *Journal of Zoology*, 63(4): 337-343.
- Boonyawiwat, V. I. S. A. N. U., Nga, N. T. V., & Bondadreantaso, M. G., 2018. Risk factors associated with Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) outbreak in the Mekong Delta, Viet Nam. *Asian Fisheries Science*, 31:226-241.
- Bougis, P. 1979. *Marine Plankton Ecology*. American Elseiver Publishing Company, New York. 355 hlm.
- Caro, L. F. A., Mai, H. N., Kanrar, S., Cruz-Flores, R., & Dhar, A. K. 2020. A mutant of *Vibrio parahaemolyticus* PirABvp (+) that carries binary toxin genes but does not cause *Acute Hepatopancreatic Necrosis Desease*. *Microorganisms*, 8(10):1549.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Andalas. Padang. 158 hlm.
- Dangeubun, J., Hardoko, Andayani, S., & Risjani, Y. 2013. The use of active compound in the methanol extract of *Alstonia acuminata* for the improvement of non-specific immune system in tiger grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*). *Journal of Biology and Life Science*, 4(2): 167-179.
- Dharmayanti1, N., Mufida, N., Permadi, A., Asriani., Salampessy, R. B., Nurbani, S. Z., & Indriati, N. 2021. Penambahan konsentrasi alginat dari *sargassum polycystum* untuk formulasi krim lulur. *Jurnal Akuatek*, 2(2): 81-94.
- Effendi, M. I. 2002. *Biologi Perikanan*. Cetakan Kedua. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta. 163 hlm.
- Endayani. 2019. *Respon Imun Udang Vaname Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) Dalam Sistem Bioflok Yang Dikombinasi Dengan Probiotik Bacillus sp. D2.2 Terhadap Infeksi Bakteri Vibrio harveyi*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 99 hlm.

- Evan, Y. Indrawati, A., & Pasaribu, F. H. 2021. Pengembangan uji cepat metode koaglutinasi untuk mendeteksi antigen *Vibrio parahaemolyticus* penyebab penyakit vibriosis pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 16 (1): 2527-4562.
- Febriani, D. 2012. *Kappa-Karagenan sebagai Imunostimulan untuk Pengendalian Penyakit Infectious Myonecrosis (IMNV) pada Udang Vaname (Litopenaeus vannamei)*. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 92 hlm.
- Gaspersz, V. 1991. *Metode Perancangan Percobaan*. CV Armico. Bandung. 427 hlm.
- Gudding R., Lillehaug, A., & Evensen, O. 2014. *Fish Vaccination*. Willey Blackwell. Amerika. 408 hlm.
- Haliman, R. W., & Adijaya, D. 2005. *Udang Vaname, Pembudidayaan dan Prospek Pasar Udang Putih yang Tahan Penyakit*. Penebar Swadaya. Jakarta. 75 hlm.
- Irvansyah, M. 2022. *Uji Lapang Imunostimulan Alginat Sargassum Sp. dengan Frekuensi Berbeda Terhadap Produksi Udang Vaname, Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) di Tambak PT Puji Dewanto Farm, Bakauheni*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 45 hlm.
- Isnansetyo, A., Irpani, H. M., Wulansari, T. A., & Kasanah, N. 2014. Oral administration of alginate from a tropical brown seaweed, *Sargassum sp.* to enhance non-specific defense in walking catfish (*Clarias sp.*). *Aquacultura Indonesiana*, 15 (1): 14-20.
- Jayasree, L. P., Janakiram, R., & Madhavi. 2006. Characterization of *Vibrio spp.* associated with diseased shrimp from culture ponds of Andhra Pradesh (India). *Journal of The World Aquaculture Society*, 37(4): 523-532
- Jiravanichpaisal, P., Luel, L. B., & Soderhal, K. 2006. Cell-mediated immunity in arthropods: Hematopoiesis, coagulation, melanization and opsonisation. *Immunobiology*, 211: 213-236.
- Johnny, F., Roza, D., Mahardika, K., Zafran., & Prijono, A. 2005. Penggunaan imunostimulan untuk meningkatkan kekebalan non-spesifik benih ikan kerapu lumpur, *Epinephelus coiodes* terhadap infeksi virus irido. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11(5): 75-83.
- Kakoolaki, S., Soltani, M., Ebrahimzadeh Mousavi, H. A., Sharifpour, I., Mirzargar, S., Afsgharnasab, M., & Motalebi, A. A. 2011. In whole treatments PCR and histopathological finding tramuscularly injected to the shrimp exposed to

- white spot virus and a new defferential hemocyte, experimentally changes of SPF imported. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 10(3): 447–460.
- Kartikasari, N. E. 2008. *Uji Toksisitas daun Awar-Awar (Ficus septicca burm.f) Terhadap Artemia salina leach dan Profil Kromatografi Lapis Tipis*. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta. 21 hlm.
- Khumaidi, A., Muqsith, A., Wafi, A., Jasila, I., & Hikam, T. 2022. Kajian teknis pembesaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) secara intensif di tambak udang BPBAP Situbondo. *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*, 5(2): 195-206.
- Kitani, H. 1993. Morphology of post larvae of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(2): 223-227.
- Kitani, H. 1994. Identification of wild post larvae of the penaeid shrimps, genus *Penaeus*, in the Pacific coast of Central America. *Fisheries Science*, 60(3): 243-247.
- KKP. 2021. KKP menyiapkan SDM untuk mendukung kawasan budidaya udang terintegrasi. Diakses pada 15 Desember 2021 dari <https://kkp.go.id/brsdm/artikel/36905-kkp-siapkan-sdm-untuk-mendukung-kawasan-budidaya-udang-terintegrasi> .
- Kordi, M. G. H. K. 2011. *Marikultur Prinsip dan Praktik Budidaya Laut*. Penerbit Andi. Yogyakarta. 315 hlm.
- Lesmanawati, W., Widanarni., & Sukenda. 2017. Aplikasi sinbiotik untuk resistensi udang vaname *Litopenaeus vannamei* terhadap *Infectious mynocrrosis virus*. *Jurnal Sains Terapan Edisi 7*, 7(1): 85-97.
- Lestari, N. P. T., Julyantoro, P. G. S., & Suryaningtyas, E. W. 2018. Uji tantang bakteri *Vibrio harveyi* pada pasca post larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Current Trens in Aquatic Science*, 1(1): 114-121
- Mudjiman, A. 2008. *Makanan Ikan*. Penerbit Swadaya. Jakarta. 51 hlm.
- Nasution, Z. A., & Rambe, S. M. 2013. Karakterisasi dan identifikasi gugus fungsi dari karbon cangkang kelapa sawit dengan metode methanopyrolysis. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 24(2): 108-113.
- Ni'mah, U., Pringgenies, D., & Santosa, G. W. 2021. Pengaruh pemberian ekstrak *Stichopus hermanii* Semper, 1868 (stichopodidae, holothuroidea) terhadap jumlah total hemosit *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931 (Penaeidae, Crustacean). *Marine Research*, 10(3): 387-394.

- Perdana, P. A., Lumbessy, S. Y., & Setyono, B. D. H. 2021. Pengkayaan pakan alami *Artemia* sp. dengan *Chaetoceros* sp. pada budidaya *post post larva* udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Marine Research*, 10: 252-258.
- Permana, G. N., Haryanti, H., & Rustidja, R. 2017. Perubahan histologi, protein hemolymph dan ekspresi allozyme (GPI, PGM, EST, SOD dan SP) pada udang *Litopenaeus vannamei* selama infeksi *Taura syndrome virus* (TSV). In *Prosiding Forum Inovasi Teknolog Akuakultur*, 4(2): 473-483.
- Pereira, R., Mendes, A., & Bartolo, P. 2013, Alginate/aloe vera hydrogel films for biomedical applications. *Procedia CIRP*, 5 : 210-215.
- Putri, F. M. 2013. Pengaruh penambahan *spirulina* sp. dalam pakan buatan terhadap jumlah total hemosit dan aktivitas fagositosis udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 2(1): 102-112
- Rahman, M. M. 2022. *A Training Manual On Artemia Hatching And Decapsulation*. Artemia4Bangladesh Project, WorldFish. Bangladesh. 30 hlm.
- Ramadani, M. F., Salsabila, S. M. R., Iskandar, A. S., Hajirah, R. N., Azani, S. A., & Putri, N. E. 2024. *Teknik Budidaya Udang Vaname Skala Super Intensif*. Cetakan Pertama. Penerbit Jurusan Biologi Perpustakaan Universitas Negri Makassar. Sulawesi Selatan. 43 hlm.
- Rasyid, A. 2010. Ekstraksi Na-Alginat dari alga coklat *Sargassum echinocarpum*. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 36 (3): 393-400.
- Riana. 2020. *Peningkatan Respon Imun Non-spesifik Udang Vaname Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) dengan Suplementasi Pakan Na-Alginat Sargassum sp. dari Pantai Biha Pesisir Barat Lampung*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 95 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.
- Rusli, Mulyati, & Suryati. 2023. Pengendalian penyakit pada pendederan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) disease control in Nursery Vaname Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Prosiding Semnas Politani Pangkep* (4): 473-477.
- Sauqi, R. Y., Hardi, E. H., & Agustina. 2016. Efikasi vaksin psemulvacc® pada budi daya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Kabupaten Kutai Kartanegara. *Ilmu Perikanan Tropis*, (22)1: 30:35.

- Setyawan, A., Safitri, Y. B., Hudaidah, S., & Fidyandini, H. P. 2020. Suplementasi kalsium alginate *Sargassum sp.* dari perairan Lampung untuk memicu respon imun *Panaeus vannamei*. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan XXVII Hasil Penelitian perikanan Dan Kelautan Tahun 2020*, 1(1) : 41-47.
- Smith, V. J., Brown, J. H., & Hauton, C. 2003. Immunostimulation in crustaceans. *Fish and Shellfish Immunology*, 15(1): 71-90.
- SNI 8678-4-2021. 2021. *Udang Vaname (Litopenaeus vannamei, Boone 1931)-Bagian 4 : Produksi benih*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta. 11 hlm.
- Song, Y. L., & Li, C.Y. 2014. Shrimp immune system – special focus on Penaeidin. *Journal of Marine Science and Technology*, 22(1): 1-8.
- Sorgeloos, P., Dhert, P., & Candreva, P. 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp. In marine fish larviculture. *Aquaculture*, 200: 147-159.
- Sorgeloos, P. 1980. The use of artemia in aquaculture the brine shrimpartemia. *Proceeding of the International Symposium on the Brine Shrimp Artemia salina*. University Press, Wetteren, Belgium.
- Van de Braak, K. 2002. *Haemocytic Defence in Black Tiger Shrimp (Panaeus monodon)*. (P.hD Thesis). Wageningen University. Netherland. 159 hlm.
- Wang, F. I., 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.
- Wibowo, A. P. 2023. Efektivitas Perendaman Dengan Ekstrak Kulit Kayu Manis *Cinnamomum burmanni Blume* (NEES & T. NEES, 1826) Terhadap Respon Imun Non-spesifik Lobster Air Tawar *Cherax quadricarinatus* (VON MARTENS, 1868). (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 63 hlm.
- Winarno, F. G. 2008. *Kimia Pangan dan Gizi: Edisi Terbaru*. Gramedia Pustakan Utama. Jakarta. 160 hlm.
- Wittevelt, J., Vlak, J. M., & Van Hulten, M. C. W. 2004. Protection of *Panaeus monodon* against white spot syndrome virus using a WSSV subunit vaccine. *Journal of Virology*, 74 (4): 2057-2061.
- Wyban, J. A., & Sweeney, J.N. 1991. *Intensif shrimp production technology : The institute oceanic shrimp manual*. University of California Honolulu, Hawaii. 158 hlm.

- Yan, F., Wang, M., Chen, X., Li, X., Wu, Y., & Fu, C. 2020. Effects of alginate oligosaccharides treatment on preservation and fresh-keeping mechanism of shrimp during frozen storage. *Food Sci. Technol, Campinas*, 40: 380-386.
- Yen, S. C., Mao, J. Y., Lin, H. Y., Huang, H. T., Harroun, S. G., Nain, A., Chang, H. T., Lin, H. Y., Chen, L. L., Huang, C., & Lin, H. J. 2021. Multifunctional carbonized nanogels to treat lethal *Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease*. *Journal of nanobiotechnology*, 19(1):1-15.
- Yu, Y. Y., Chen, W. D., Liu, Y. J., Niu, J., Chen, M., & Tian, L. X. 2016. Effect of different dietary levels of *Gracilaria lemaneiformis* dry power on growth performance, hematological parameters and intestinal structure of juvenile pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 450: 356–362.
- Yudiati, E., Harahap, A., Rodlo, A., Arifin, Z., & Hidayati, J. R. 2023. Pertumbuhan tingkat kelangsungan hidup dan stres salinitas *Litopenaeus vannamei* melalui pengkayaan artemia dengan alginat. *Intek Akuakultur*, 7(1): 44-58.
- Yudiati, E., Isnansetyo, A., Murwantoko, Ayuningtyas, Triyanto, & Handayani. C. R. 2016. Innate Immune-stimulating and three types of alginate from *Sargassum siliquosum* in pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 54: 46-53.