

**BIOENKAPSULASI Na-ALGINAT PADA NAUPLI *Artemia* sp. UNTUK  
MENINGKATKAN SISTEM PERTAHANAN TUBUH LARVA  
UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*, BOONE, 1931)  
TERHADAP *White Spot Syndrome Virus***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Haniatun Aminah  
2014111018**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### **BIOENKAPSULASI Na-ALGINAT PADA NAUPLI *Artemia* sp. UNTUK MENINGKATKAN SISTEM PERTAHANAN TUBUH LARVA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*, BOONE, 1931) TERHADAP *White Spot Syndrome Virus***

Oleh

**HANIATUN AMINAH**

Stadia larva merupakan salah satu faktor kritis dalam kesehatan udang, karena rentan terserang penyakit. Pemberian imunostimulan Na-alginat merupakan salah satu upaya pencegahan penyakit pada larva udang. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada *Artemia* sp. terhadap sistem imun non-spesifik larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) terhadap infeksi *white spot syndrome virus* (WSSV). Larva udang dipelihara di dalam akuarium dengan padat tebar 50 ekor/L, diberi pakan 4 kali sehari sebanyak 20-60 ekor naupli artemia/larva udang. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dosis Na-alginat yaitu : K (0 ml/L), A (12 ml/L), B (24 ml/L), dan C (36 ml/L) dengan tiga ulangan. Pakan perlakuan diberikan pada larva udang (PL10) 3 kali selama 11 hari pemeliharaan kemudian dilakukan ujiantang dengan WSSV. Hemolim diambil untuk pengujian parameter imun dilakukan pada hari ke-1, 11, dan 15, serta dilakukan pengecekan kualitas air dan gejala klinis. Data parameter sistem imun berupa THC, AF/IF, TPP, dan SR dianalisis dengan Anova dan dilanjutkan uji lanjut Duncan untuk melihat perbedaan nyata pada selang kepercayaan 95% sedangkan, gejala klinis dan data kualitas air dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa THC larva udang hari ke-11 pada perlakuan B dan C memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada perlakuan K dan A ( $P < 0,05$ ) sedangkan, pada parameter lain menunjukkan hasil yang sama ( $P > 0,05$ ). Kesimpulan dari penelitian ini yaitu pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap THC larva udang pada hari ke-11 meskipun belum mampu memberikan perlindungan terhadap infeksi WSSV.

**Kata Kunci :** *Bioenkapsulasi, hemolim, Na-alginat, naupli Artemia sp., udang vaname, white spot syndrome virus*

## ABSTRACT

### **BIOENCAPTULATION OF Na-ALGINATE IN *Artemia* sp. NAUPLI TO IMPROVE IMUN SYSTEM OF PACIFIC WHITE SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*, BOONE, 1931) LARVAE AGAINST *White Spot Syndrome Virus***

By

**HANIATUN AMINAH**

The larval stage is a critical factor in shrimp health, because they were susceptible to disease. Provided immunostimulant Na-alginate is one of the method to prevent disease in shrimp larvae. The aim of this research was to analyze the effect of Na-alginate bioencapsulation in *Artemia* sp. naupli to non-specific immune system of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae against *white spot syndrome virus* (WSSV) infection. Shrimp larvae are kept in an aquarim with a stocking density of 50 fish/L, fed 4 times a day with 20-60 *Artemia* naupli/shrimp larvae. The experimental design used was a completely randomized design (CRD) with four treatment doses of Na-alginate, namely: K (0 ml/L), A (12 ml/L), B (24 ml/L), and C (36 ml/L) with three replications. Treatment food was given to shrimp larvae (PL10) 3 times during 11 days of rearing and then a challenge test was carried out with WSSV. Hemolim was taken for immune parameter testing on days 1, 11, and 15, and water quality and clinical symptoms were checked. Immune system parameter data in the form of THC, AF/IF, TPP, and SR were analyzed using Anova and continued with Duncan's further test to see real differences at the 95% confidence interval, while clinical symptoms and water quality data were analyzed descriptively. The results showed that the THC of day 11 shrimp larvae in treatments B and C had higher values than those in treatments K and A ( $P < 0.05$ ) whereas other parameters showed the same results ( $P > 0.05$ ). The conclusion of this research is that Na-alginate was administered via bioencapsulation to *Artemia* sp. naupli had a significantly different effect on THC in shrimp larvae on the 11th day even though it was not able to provide protection against WSSV infection.

**Keyword :** *bioencapsulation, hemolyme, Na-alginate, naupli Artemia sp., pacific white shrimp, white spot syndrome virus*

**BIOENKAPSULASI Na-ALGINAT PADA NAUPLI *Artemia* sp. UNTUK  
MENINGKATKAN SISTEM PERTAHANAN TUBUH LARVA  
UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*, BOONE, 1931)  
TERHADAP *White Spot Syndrome Virus***

**Oleh :**

**HANIATUN AMINAH**

**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 LARVA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*, BOONE, 1931) TERHADAP *White Spot Syndrome Virus***

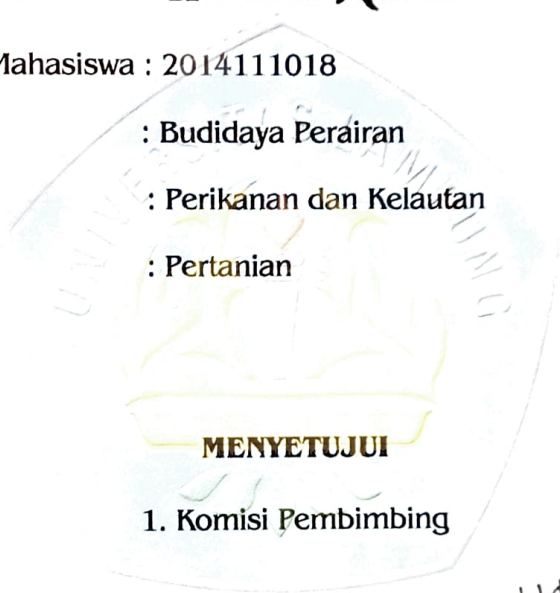
Nama Mahasiswa : **Haniatun Aminah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2014111018

Program Studi : Budidaya Perairan

Jurusan : Perikanan dan Kelautan

Fakultas : Pertanian



1. Komisi Pembimbing

**Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.**  
NIP 19640215 199603 2 001

**Yeni Elisdiana, S.Pi., M.Si.**  
NIP 19900318 201903 2 026

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

**Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19830923 200604 2 001

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.**



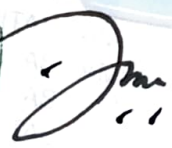
Sekretaris : **Yeni Elisdiana, S.Pi., M.Si.**



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



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP 19641118 198902 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **28 November 2024**


## PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana) di Universitas Lampung.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dari tim pembimbing.
3. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai referensi dengan disebutkan nama penulisnya kemudian dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran atas karya tulis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Bandar Lampung, 28 November 2024  
Yang membuat pernyataan



  
Haniatun Aminah  
NPM. 2014111018

## RIWAYAT HIDUP



Haniatun Aminah dilahirkan di Desa Sekincau, Kecamatan Sekincau, Kabupaten Lampung Barat, Lampung, pada 09 Agustus 2001. Penulis merupakan anak kelima dari enam bersaudara, dari Bapak Sodikin dan Ibu Imyati. Penulis memulai pendidikan formal di SDN 1 Sekincau dan lulus pada tahun 2014. Penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Sekincau dan lulus pada tahun 2017 dan melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Sekincau dan lulus pada tahun 2020. Penulis melanjutkan pendidikan jenjang S1 pada Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2020 melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan menyelesaikan studinya pada tahun.

Selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung penulis pernah mengikuti magang mandiri di Balai Benih Ikan (BBI) Natar, Lampung Selatan mengenai “Pembenihan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)”. Pada tahun 2023 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Basungan, Kecamatan Pagar Dewa, Kabupaten Lampung Barat selama 40 hari. Penulis juga melakukan Praktik Umum (PU) di CV Krakatau Haura Baraka, Lampung Selatan selama 30 hari. Pada tahun 2024 penulis menyelesaikan skripsi yang berjudul “Bioenkapsulasi Na-Alginat pada Naupli *Artemia* sp. Untuk Meningkatkan Sistem Pertahanan Tubuh Larva Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931) Terhadap *White Spot Syndrome Virus*” sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan (S.Pi) di Jurusan Perikanan dan Kelautan, Universitas Lampung.



## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillahirabbil Allamin, dengan rasa syukur kepada Allah SWT atas berkah, rahmat serta karunia-Nya, yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Karya ini saya persembahkan sebagai tanda bukti sayang dan cinta yang tiada terhingga kepada Bapak dan Ibuku tercinta sebagai bukti keseriusanku untuk membalas segala pengorbanan kalian selama ini.

Karya ini juga saya persembahkan kepada seluruh keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan semangat dan dukungan. Terima kasih atas perhatian dan doa yang telah kalian berikan

Dan almamater tercinta, Universitas Lampung

## **MOTO**

“Allah tidak akan membebani seseorang, melainkan sesuai dengan kesanggupannya”.

(Q.S Al’Baqarah: 286)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(Q.S Al-insyirah: 6-7)

## SANWANCANA

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT karena berkat nikmat dan karunia-Nya, penulis mampu menyusun skripsi yang berjudul “Bioenkapsulasi Na-Alginat pada *Artemia* sp. untuk Meningkatkan Sistem Pertahanan Tubuh Larva Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931) Terhadap *White Spot Syndrome Virus*” dan diselesaikan tepat waktu. Skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Universitas Lampung. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak di bawah ini yang mendukung terselesainya studi penulis.

1. 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, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Ir. Siti Hudaidah, M.Sc. selaku Pembimbing Akademik dan Pembimbing Utama yang telah memberikan ilmu, kritik, arahan, waktu dan motivasi untuk selalu belajar selama berkuliah di Universitas Lampung;
4. Yeni Elisdiana, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan banyak ilmu, kritik, arahan, waktu dan motivasi untuk selalu belajar, serta meningkatkan ilmu pengetahuan;
5. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P. selaku Pembahas skripsi yang telah memberikan ilmu, kritik, saran dan masukan yang membangun sehingga saya dapat dengan lebih baik menghasilkan karya ilmiah ini;

6. Segenap bapak-ibu dosen dan staf Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang telah banyak memberikan kontribusi, ilmu dan segala upaya bagi penulis hingga berhasil menyelesaikan studi;
7. Orang tua Bapak Sodikin dan Ibu Imyati yang selama ini memberikan upayanya, mendidik, mendoakan dan memotivasi saya selalu maju dan berkembang menjadi insan yang lebih baik;
8. Kakak dan adik tersayang Atik Anyamin, Ani Widiarni, Siti Aisyah, Hana Nurchasanah, Ami, Nur dan lainnya yang telah memberikan semangat dan motivasi selama melakukan penelitian hingga skripsi ini selesai;
9. Elsi Ulandari, Rahmad Winanda, Adelia Wihardini, Indah Puspita, Meileni Anggraini, Dea Ayu Palupi, Siti Mutomimah Aini, Zakia Ayu Lutfiah Seniman, dan Vina Aviani Rosadi atas segala bantuan, semangat dan kebersamaan saat melakukan penelitian hingga skripsi ini selesai;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses penulisan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Terakhir, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca.

Bandar Lampung, 28 November 2024

Penulis,

Haniatun Aminah

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	3
1.3 Manfaat .....	3
1.4 Kerangka Pikir .....	3
1.5 Hipotesis.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Udang Vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) .....	7
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Udang Vaname.....	7
2.1.2 Habitat Udang Vaname .....	8
2.1.3 Siklus Hidup Udang Vaname .....	8
2.1.4 Pakan dan Kebiasaan Makan Udang Vaname .....	9
2.2 <i>Artemia</i> sp. ....	9
2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi <i>Artemia</i> sp. ....	9
2.2.2 Siklus Hidup <i>Artemia</i> sp.....	10
2.2.3 Pakan dan Kebiasaan Makan <i>Artemia</i> sp. ....	11
2.3 <i>White Spot Syndrome Virus</i> (WSSV).....	11

2.4 Penyakit pada Larva Udang Vaname .....	12
2.5 Respon Imun Non-spesifik pada Udang .....	13
2.6 Imunostimulan .....	14
2.7 Bioenkapsulasi .....	15
<b>III. METODE</b> .....	16
3.1 Waktu dan Tempat .....	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.2.1 Alat .....	16
3.2.2 Bahan .....	17
3.3 Rancangan Penelitian .....	17
3.4 Prosedur Penelitian.....	19
3.4.1 Ekstraksi Na-alginat .....	19
3.4.2 Uji Pendahuluan .....	19
3.4.3 Persiapan Wadah Pemeliharaan Udang.....	20
3.4.4 Masa Adaptasi dan Pemeliharaan Larva Udang.....	20
3.4.5 Penetasan <i>Artemia</i> sp.....	20
3.4.6 Bioenkapsulasi Na-alginat pada Naupli <i>Artemia</i> sp.....	21
3.4.7 Perlakuan Penelitian .....	21
3.4.8 Uji Tantang.....	21
3.5 Parameter Penelitian.....	22
3.5.1 Parameter Respon Imun.....	22
3.5.1.1 <i>Total Haemocyte Count</i> (THC).....	22
3.5.1.2 Aktifitas Fagositosis/Indeks Fagositosis (AF/IF).....	23
3.5.1.3 Total Protein Plasma (TPP).....	23
3.5.1.4 <i>Survival Rate</i> (SR).....	24
3.5.1.5 Gejala Klinis.....	24
3.5.2 Kualitas Air .....	24
3.6 Analisis Data .....	25

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	26
4.1 Hasil .....	26
4.1.1 Profil Gugus Fungsi Na-alginat .....	26
4.1.2 Respon Imun Non-Spesifik.....	27
4.1.2.1 <i>Total Haemocyte Count</i> (THC).....	27
4.1.2.2 Aktifitas Fagositosis/Indeks Fagositosis (AF/IF).....	28
4.1.2.3 Total Protein Plasma (TPP).....	30
4.1.2.4 <i>Survival Rate</i> (SR).....	31
4.1.2.5 Gejala Klinis.....	32
4.1.3 Kualitas Air .....	34
4.2 Pembahasan.....	34
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b> .....	39
5.1 Simpulan .....	39
5.2 Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	40
<b>LAMPIRAN</b> .....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat yang digunakan pada penelitian .....	16
2. Bahan yang digunakan pada penelitian.....	17
3. Identifikasi gugus fungsi Na-alginat pada naupli <i>Artemia</i> sp. dengan lama perendaman berbeda.....	27
4. Tingkah laku larva udang setelah ujiantang.....	33
5. Kualitas air pemeliharaan larva udang vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ).....	34



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir.....	4
2. Morfologi udang vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) .....	8
3. Siklus hidup udang vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ).....	9
4. Morfologi <i>Artemia</i> sp.....	10
5. Siklus hidup <i>Artemia</i> sp. ....	11
6. Udang vaname terinfeksi WSSV. ....	12
7. Tata letak wadah pemeliharaan larva udang vaname.....	18
8. <i>Time line</i> penelitian .....	19
9. Profil gugus fungsi Na-alginat pada <i>Artemia</i> sp. dengan metode FTIR .....	26
10. <i>Total haemocyte count</i> (THC) larva udang vaname yang diberi Na-alginat dengan dosis berbeda yang dienkapsulasi pada naupli <i>Artemia</i> sp.....	28
11. Aktifitas fagositosis (AF) larva udang vaname yang diberi Na-alginat dengan dosis berbeda yang dienkapsulasi pada naupli <i>Artemia</i> sp.....	29
12. Indeks fagositosis (IF) larva udang vaname yang diberi Na-alginat dengan dosis berbeda yang dienkapsulasi pada naupli <i>Artemia</i> sp. ....	30
13. Total protein plasma (TPP) larva udang vaname yang diberi Na-alginat dengan dosis berbeda yang dienkapsulasi pada naupli <i>Artemia</i> sp.....	31
14. <i>Survival Rate</i> (SR) larva udang vaname yang diberi Na-alginat dengan dosis berbeda yang dienkapsulasi pada naupli <i>Artemia</i> sp.....	32
15. Gejala Klinis larva udang vaname terinfeksi WSSV .....	33

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Uji statistik <i>total haemocyte count</i> (THC) .....	49
2. Uji statistik aktifitas fagositosis/indeks fagositosis (AF/IF) .....	51
3. Uji statistik total protein plasma (TPP) .....	53
4. Uji statistic <i>survival rate</i> (SR) .....	55
5. Dokumentasi penelitian.....	57

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) menjadi salah satu komoditas perikanan unggulan di Indonesia. Menurut data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) produksi udang tahun 2023 di Indonesia mencapai 1,097 juta ton (KKP, 2024). Tingginya permintaan pasar terhadap udang menyebabkan produksi udang vaname harus terus ditingkatkan untuk memenuhi permintaan pasar (Asnawi *et al.*, 2021). Salah satu masalah yang dihadapi dalam produksi udang vaname yaitu pada stadia larva udang memiliki sistem pertahanan tubuh rendah yang menyebabkan udang rentan terserang penyakit, sehingga tingkat kelangsungan hidup udang rendah (Ardiansyah *et al.*, 2023).

Serangan penyakit pada larva udang vaname dapat disebabkan oleh virus, bakteri maupun koinfeksi. Salah satu penyakit yang umum ditemukan oleh para pembudidaya udang yaitu *white spot disease* yang disebabkan oleh *white spot syndrome virus* (WSSV) (Anwar & Safitri, 2024). Udang yang terserang WSSV memiliki gejala klinis antara lain terdapat bercak putih pada bagian karapas, tubuh berwarna merah muda sampai merah kecoklatan, berat tubuh udang berkurang, dan pengurangan nafsu makan (Farida, 2019). Serangan WSSV pada larva udang dapat menyebabkan mortalitas hingga 100% (Yanti *et al.*, 2017).

Sejauh ini upaya yang dapat dilakukan hanya pencegahan dengan meningkatkan imunitas udang. Upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan meningkatkan sistem pertahanan tubuh larva udang menggunakan imunostimulan. Imunostimulan adalah senyawa yang mampu meningkatkan respon imun dan daya tahan tubuh udang terhadap pe-

nyakit (Kordi, 2010). Peningkatan imun pada udang dapat dilakukan dengan pemberian komponen mikrobial seperti  $\beta$ -glukan dan lipopolisakarida (LPS) atau sel bakteri yang telah dimatikan (Ridlo & Pramesti, 2009). Namun imunostimulan tersebut memiliki harga yang relatif mahal, sehingga diperlukan alternatif imunostimulan lain. Salah satu sumber imunostimulan adalah dari rumput laut. *Sargassum* sp. yang merupakan salah satu jenis alga coklat yang tumbuh dengan mudah dan memiliki proses pemanenan yang tidak sulit (Muslimin & Sari, 2017). *Sargassum* sp. mengandung kartenoid, laminarin, alginat, fucoidan, phlorotanin, dan senyawa fenolik sebagai sumber antioksidan. Senyawa lain dalam *Sargassum* sp. berupa Na-alginat telah terbukti mampu meningkatkan sistem imun non-spesifik udang vaname (Arina, 2023). Penelitian Yudiati *et al.* (2016) mengungkapkan aplikasi Na-alginat *Sargassum siliquosum* pada udang vaname dapat mengaktifkan sel dan respon imun humoral dan ekspresi gen terkait kekebalan tubuh. Pemberian suplementasi Na-alginat *Sargassum* sp. dengan dosis 2 g/kg pakan dan penambahan vitamin C mampu melindungi udang vaname terhadap WSSV (Darmawan *et al.*, 2023).

Pengaplikasian Na-alginat pada larva udang dapat dilakukan melalui pakan buatan, pakan alami dan lingkungan. Aplikasi Na-alginat melalui pakan alami lebih efektif dilakukan untuk larva udang. Hal ini dikarenakan ukuran pakan alami sesuai dengan bukaan mulut larva, mudah dicerna tubuh larva karena memiliki enzim pencernaan, mengandung nutrient yang tinggi, dan bergerak aktif sehingga menarik perhatian larva untuk memangsanya (Yudiati *et al.*, 2023). Salah satu pakan alami yang dapat digunakan sebagai pakan larva udang adalah *Artemia* sp. (Perdana *et al.*, 2021). *Artemia* sp. dapat mengambil makanan dari sekitar media hidupnya dalam bentuk partikel mikroorganik (*non selective filter feeders*) dan dapat diperkaya dengan nutrisi tertentu (Sedjati *et al.*, 2022), sehingga dapat digunakan sebagai media pemberi imunostimulan. Pengaplikasian imunostimulan berupa Na-alginat melalui pakan alami seperti *Artemia* sp. disebut dengan metode bioenkapsulasi. Bioenkapsulasi adalah penyampaian suatu zat melalui organisme hidup yang kemudian digunakan sebagai makanan bagi organisme target (Widihastuti *et al.*, 2023). Penelitian terkait bioenkapsu-

lasi telah dilakukan salah satunya adalah Yudiati *et al.* (2023) mengungkapkan bahwa pengkayaan artemia dengan alginat 400-800 ppm dapat mempengaruhi pertumbuhan dan ketahanan stress salinitas PL *L. vannamei*. Selain itu, Widiastuti *et al.* (2023) melaporkan bahwa kombinasi  $10^8$  CFU/ml *B. subtilis* dan 0,4 g/l Na-alginat pada bioenkapsulasi artemia dapat meningkatkan total hemosit dan kelangsungan hidup larva udang vaname yang terinfeksi *V. parahaemolyticus*. Berdasarkan potensi Na-alginat dari riset sebelumnya sebagai pendukung, maka perlu dilakukan penelitian terkait Na-alginat sebagai bahan enkapsulasi pakan alami terhadap larva udang vaname untuk mengetahui efektifitas terhadap sistem pertahanan tubuh larva udang terhadap infeksi *white spot syndrome virus* (WSSV).

## 1.2 Tujuan

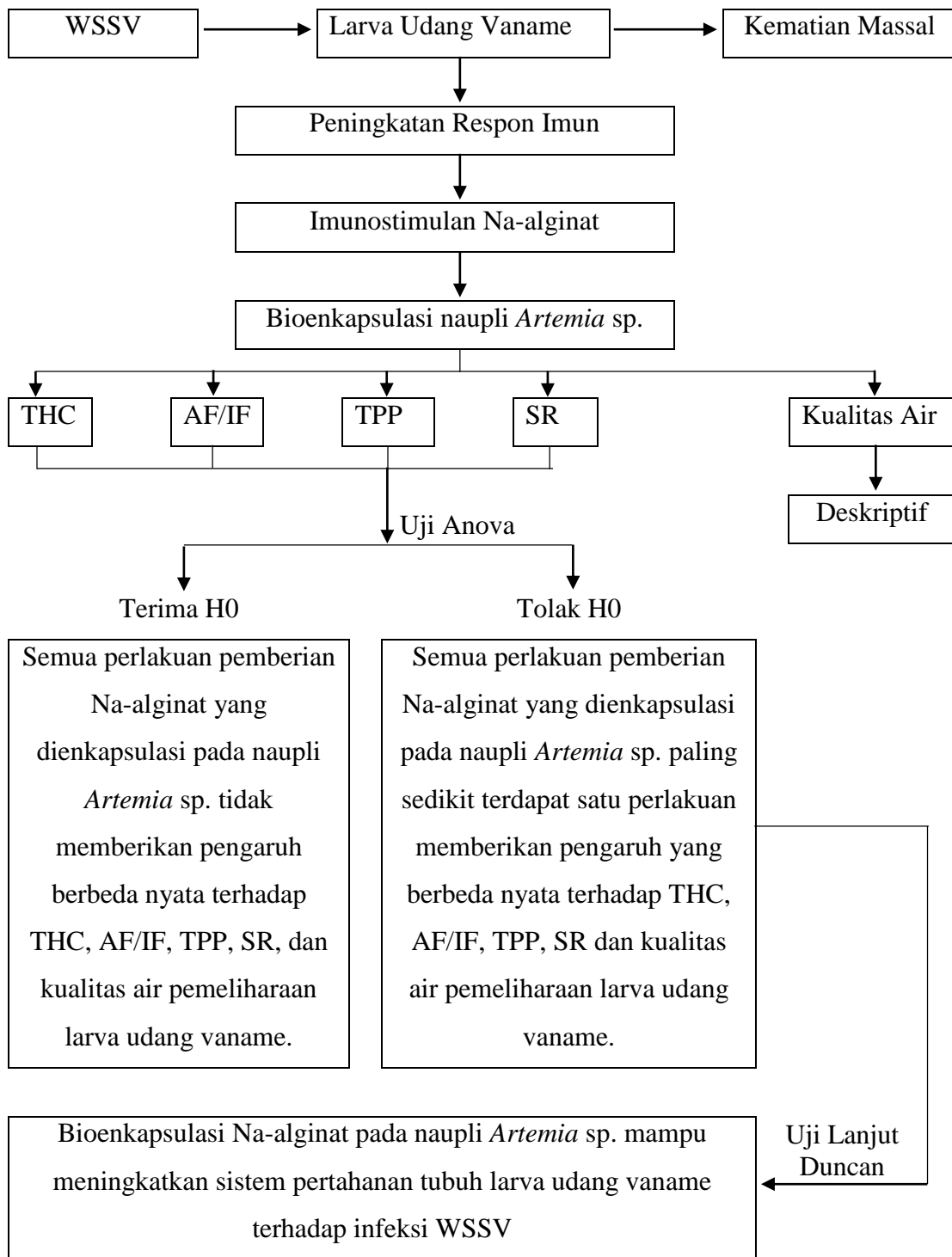
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. terhadap sistem imun non-spesifik larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang di infeksi *white spot syndrome virus* (WSSV).

## 1.3 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai informasi mengenai penggunaan Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. untuk meningkatkan sistem pertahanan tubuh larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) terhadap infeksi *white spot syndrome virus* (WSSV).

## 1.4 Kerangka Pikir

Pada tahap pembenihan (*hatchery*) larva udang memiliki sistem pertahanan tubuh yang rendah. Sehingga, larva udang rentan terinfeksi penyakit *white spot disease* atau bintik putih yang dapat menyebabkan SR rendah. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan sistem pertahanan tubuh larva udang vaname yaitu dengan memberikan imunostimulan melalui pakan yang dienkapsulasi Na-alginat. Kerangka pikir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir

## 1.5 Hipotesis

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Bioenkapsulasi Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. terhadap *total haemocyte count* (THC) larva udang vaname :

$H_0$  : semua  $\tau_i = 0$

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

$H_1$  : minimal ada satu  $\tau_i \neq 0$

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

- b. Bioenkapsulasi Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. terhadap aktifitas fagositosis (AF) dan indeks fagositosis (IF) larva udang vaname :

$H_0$  : semua  $\tau_i = 0$

Semua perlakuan bioenkapsulasi Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap aktifitas fagositosis (AF) dan indeks fagositosis (IF) larva udang vaname.

$H_1$  : minimal ada satu  $\tau_i \neq 0$

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

- c. Bioenkapsulasi Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. terhadap total protein plasma (TPP) larva udang vaname :

$H_0$  : semua  $\tau_i = 0$

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

$H_1$  : minimal ada satu  $\tau_i \neq 0$

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

d. Bioenkapsulasi Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. terhadap *survival rate* (SR) larva udang vaname :

$H_0$  : semua  $\tau_i = 0$

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

$H_1$  : minimal ada satu  $\tau_i \neq 0$

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

e. Bioenkapsulasi Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. terhadap kualitas air media pemeliharaan larva udang vaname :

$H_0$  : semua  $\tau_i = 0$

Semua perlakuan bioenkapsulasi Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kualitas air media pemeliharaan larva udang vaname.

$H_1$  : minimal ada satu  $\tau_i \neq 0$

Minimal ada satu perlakuan bioenkapsulasi Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kualitas air media pemeliharaan larva udang vaname.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

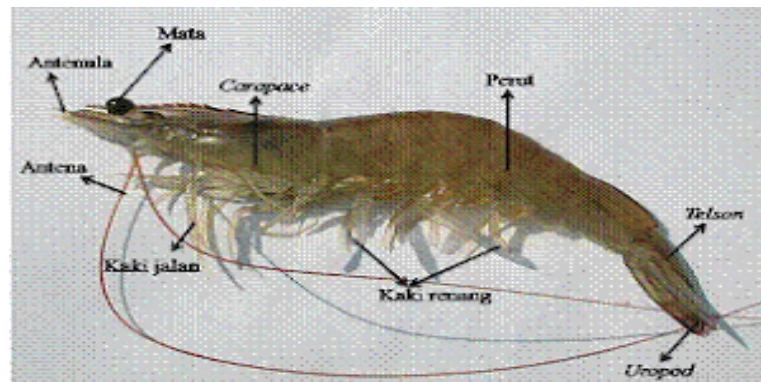
#### 2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Udang Vaname

Klasifikasi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) menurut Wyban dan Sweeney (1991) yaitu sebagai berikut :

Filum	: Arthropoda
Kelas	: Malacostraca
Ordo	: Decapoda
Famili	: Penaeidae
Genus	: <i>Penaeus</i>
Sub genus	: <i>Litopenaeus</i>
Spesies	: <i>Litopenaeus vannamei</i>

Udang vaname memiliki tubuh berbuku-buku dan memiliki aktifitas berganti kulit luar (*moulting*). Tubuh udang vaname terdiri dari dua bagian utama, yaitu kepala udang yang bergabung dengan bagian dada (*cephalothorax*) dan perut (*abdomen*). Kepala udang (*cephalothorax*) dibungkus oleh lapisan kitin yang berfungsi sebagai pelindung. Bagian ini terdiri dari *antennule*, *antenna*, *mandibula*, dua pasang *maxiliped* dan lima pasang kaki jalan (*peripoda*) atau kaki sepuluh (*decapoda*). Bagian perut udang (*abdomen*) terdiri dari enam segmen. Bagian ini terdiri dari lima pasang kaki renang dan sepasang uropoda yang berbentuk seperti kipas. Panjang udang vaname betina dapat mencapai 24 cm dan udang vaname jantan 20 cm. Udang vaname memiliki warna tubuh transparan (bening) dengan bintik-bintik kemerahan, berkulit licin dan halus (Nadif, 2016). Morfologi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dapat

dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Morfologi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)  
Sumber : Lama (2019)

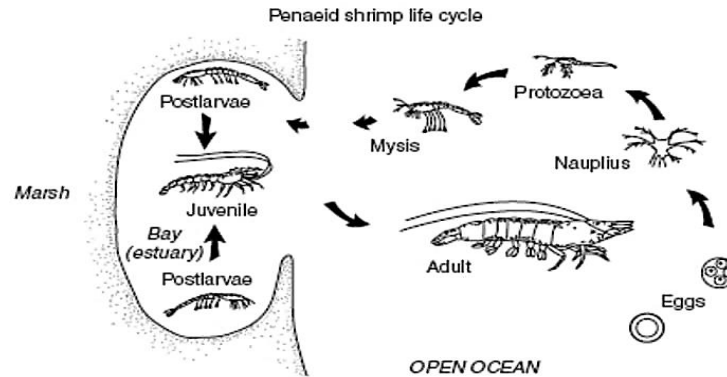
### 2.1.2 Habitat Udang Vaname

Habitat udang vaname yaitu perairan pantai, laut dan estuari dengan substrat berpasir atau berlumpur pada kedalaman 10-30 m. udang vaname bergerak dan membenamkan diri ke dalam lumpur (Harahap *et al.*, 2017). Hidup pada kisaran salinitas yang luas (*euryhaline*) yaitu 2-40 ppt. Udang vaname termasuk hewan katadromus, udang bermigrasi ke daerah bersalinitas tinggi untuk dapat matang kelamin, kawin dan bertelur kemudian kembali ke daerah estuari untuk bertumbuh (Lama *et al.*, 2020).

### 2.1.3 Siklus Hidup Udang Vaname

Stadia udang vaname diawali dari stadia nauplius dengan ukuran 0,32-0,58 mm, sistem pencernaan belum sempurna dan masih memiliki cadangan makanan berupa kuning telur (*egg yolk*). Pada stadia nauplius mengalami metamorfosis sebanyak 6 kali dengan interval waktu 2-3 hari. Stadia selanjutnya yaitu zoea berukuran 1,05-3,30 mm. Pada stadia ini udang mulai mengalami pergantian kulit luar (*moulting*). Pada stadia zoea *moulting* terjadi sekitar 4-5 hari sebanyak 3 kali yaitu zoea 1, zoea 2, zoea 3. Stadia mysis berukuran 3,50-4,80 mm dengan ciri-ciri memiliki ekor kipas (*uropoda*) dan ekor (*telson*). Stadia post larva memiliki bentuk seperti udang dewasa

(Effendi *et al.*, 2021). Gambar siklus hidup udang vaname dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Siklus hidup udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)  
Sumber : Effendi *et al.* (2021)

#### 2.1.4 Pakan dan Kebiasaan Makan Udang Vaname

Udang vaname aktif mencari makan di malam hari (*nocturnal*) pada dasar perairan (*benthic*) dan tergolong hewan *omnivorous scavenger* (pemakan segala). Pakan yang dimakan berupa plankton, alga bentik, detritus, dan bahan organik lainnya menyesuaikan makanan yang tersedia di lingkungannya (Sari & Ikbal, 2020). Jenis pakan alami yang dapat diberikan yaitu *Artemia* sp. karena memiliki kandungan nutrisi yang tinggi (Putri *et al.*, 2020). Udang akan tumbuh dan berkembang bergantung dengan asupan nutrisi pakan yang diberikan selama proses pemeliharaan (Sari & Ikbal, 2020).

## 2.2 *Artemia* sp.

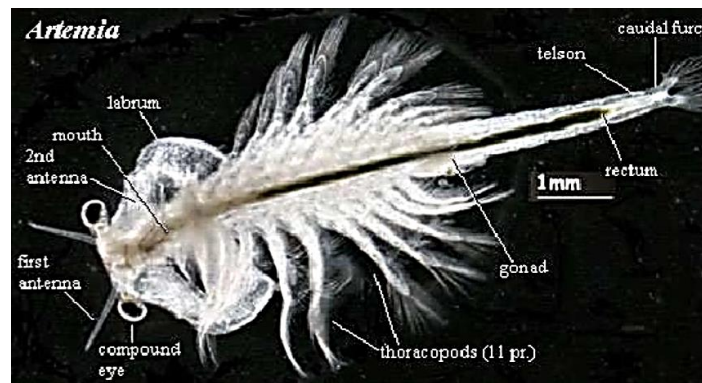
### 2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi *Artemia* sp.

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

Filum	: Arthropoda
Kelas	: Branchiopoda
Ordo	: Anostraca
Famili	: Artemiidae

Genus : *Artemia*  
 Spesies : *Artemia* sp.

Tubuh *Artemia* sp. terbagi menjadi 3 bagian yaitu kepala, thorax atau thoracopoda dan abdomen (Gambar 4). Pada bagian kepala artemia memiliki sepasang antennule, antenna dan mata. Pada bagian thorax terdapat 11 pasang kaki atau thoracopoda. Pada artemia jantan terdapat penis dan pada artemia betina terdapat uterus. *Artemia* sp. pada fase naupli memiliki panjang 400-500 mikron dan berat 0,002 mg. Ukuran *Artemia* sp. dewasa yaitu sekitar 11-13 mm dengan berat tubuh 3 mg (KKP, 2016). Morfologi *Artemia* sp. dapat dilihat pada Gambar 4.

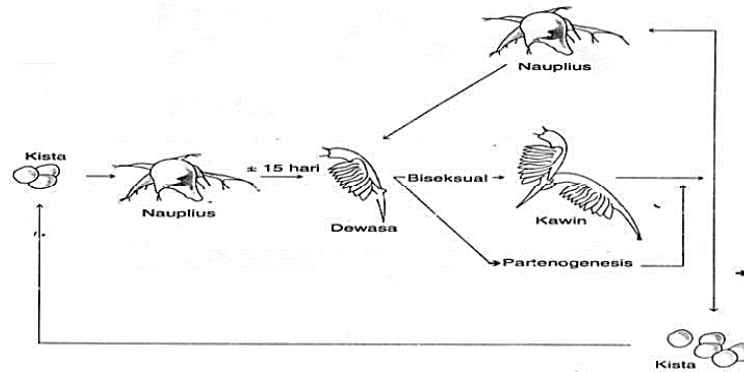


Gambar 4. Morfologi *Artemia* sp.  
 Sumber : Ruwaida (2010)

### 2.2.2 Siklus Hidup *Artemia* sp.

Siklus hidup *Artemia* sp. dimulai setelah menetasnya kista. Setelah 15-20 jam kista akan menetas menjadi embrio dan menjadi naupli yang berwarna orange hingga kecoklatan setelah beberapa jam kemudian. Pada fase naupli *Artemia* sp. sudah bisa berenang bebas. Setelah 12 jam naupli *Artemia* sp. akan mengalami *moulting* dan memasuki tahap larva stadia II. Pada fase ini *Artemia* sp. baru mulai makan, pakan yang dimakan pada fase ini berupa makanan atau partikel dengan ukuran lebih kecil dari 50 mikron. Naupli *Artemia* sp. akan mengalami *moulting* sebanyak 15 kali sebelum memasuki fase dewasa. *Artemia* sp. dapat hidup selama 6 bulan setelah menetas dari kis-

ta. *Artemia* dewasa dapat menghasilkan 30 naupli atau kista dalam satu kali masa produksi dengan interval 5-7 hari (KKP, 2016). Siklus hidup *Artemia* sp. dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Siklus hidup *Artemia* sp.

Sumber : Isnansetyo & Kurniastuty (1995)

### 2.2.3 Pakan dan Kebiasaan Makan *Artemia* sp.

*Artemia* sp. merupakan zooplankton yang dapat mengambil makanan dari sekitar media hidupnya dalam bentuk partikel mikroorganik (*non selective filter feeder*), sehingga dapat diperkaya dengan nutrisi tertentu. Jenis pakan yang dimakan oleh *Artemia* sp. yaitu detritus dan ganggang renik seperti *euglena*, *Dunaliella salina* dan *Cladophora* sp. (Monica, 2021).

### 2.3 White Spot Syndrome Virus (WSSV)

*White spot syndrome virus* (WSSV) disebabkan oleh virus SEMBV (*Systemic Ectodermal and Mesodermal Baculovirus*) golongan virus berbahan genetik DNA berbentuk batang (Khofifah *et al.*, 2023). Virus ini memiliki bentuk batang lonjong, terbungkus kapsul memiliki nukleokapsid berbentuk silinder (Farida, 2019), panjang *virion* 210-380 nm dan lebar 70-167 nm (Suram, 2017). WSSV menyebabkan penyakit *white spot disease* atau bercak putih pada udang. Target utama serangan WSSV yaitu jaringan ektodermal dan mesodermal (Farida, 2019). Jaringan yang diserang berupa insang, kaki renang (*pleiopod*), kaki jalan (*pereiopod*), jantung, lambung, epitel

kutikula tubuh, jaringan hematopoietik, organ limfoid, kelenjar antenal, dan organ lainnya (Yanti *et al.*, 2017). WSSV menular melalui jalur vertikal yaitu menyebar melalui induk ke anak dan melalui jalur horizontal yaitu kontak langsung dengan udang yang terinfeksi (Farida, 2019).

Serangan WSSV pada udang dapat menyebabkan kematian hingga 100% dalam jangka waktu 2-10 hari setelah gejala klinis muncul (Yanti *et al.*, 2017). Gejala klinis yang timbul yaitu terdapat bercak putih pada bagian krapas, tubuh berwarna merah muda sampai merah kecoklatan, berat tubuh udang berkurang, dan pengurangan nafsu makan (Farida, 2019). Selain itu, gejala klinis yang timbul berupa perubahan tingkah laku yaitu penurunan aktifitas renang, berenang tidak terarah, dan berenang pada satu sisi saja (Desrina & Sarjito, 2017). Udang vaname terinfeksi WSSV dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Udang vaname terinfeksi WSSV  
Sumber : Farida (2019)

#### **2.4 Penyakit pada Larva Udang Vaname**

Penyakit merupakan kendala utama pengembangan usaha budidaya karena dapat menurunkan produksi udang akibat angka kematian yang tinggi. Keberadaan penyakit pada budi daya udang disebabkan kurang optimalnya peneglolaan pakan, pengelolaan induk, dan pengelolaan air yang kurang baik (Khofifah *et al.*, 2023). Penyakit utama pada budi daya udang vaname pada saat pembenihan maupun pembasaran dapat dise-

babkan oleh infeksi virus dan bakteri. Serangan penyakit paling berbahaya dan menimbulkan kerugian bagi petambak adalah serangan virus seperti *white spot syndrome virus* (WSSV), *yellowhead virus* (YHV), *taura syndrome virus* (TSV), *infectious myonecrosis virus* (IMNV), dan *infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus* (IHHNV) (Lilisuriani, 2020). *White spot* merupakan penyakit yang disebabkan oleh WSSV yang dapat menyebabkan kematian hingga 100% pada stadia larva (Yanti *et al.*, 2017). Gejala klinis udang yang terserang WSSV adalah terdapat bercak putih pada bagian krapas, tubuh berwarna merah muda sampai merah kecoklatan, berat tubuh udang berkurang, dan pengurangan nafsu makan (Farida, 2019).

## 2.5 Respon Imun Non-spesifik pada Udang

Krustase atau udang tidak memiliki respon imun spesifik (*adaptive*), krustase hanya bergatung pada respon imun non-spesifik (*innate*). Respon imun non-spesifik terdiri dari respon seluler dan humoral. Dalam respon seluler hemosit berperan dalam sistem pertahanan tubuh terhadap patogen (virus, bakteri, protozoa, dan metazoa). Hemosit juga berperan untuk mengeluarkan partikel asing dari *hemocoel* melalui beberapa proses seperti fagositosis, enkapsulasi, dan agregasi nodular (Wahjuningrum *et al.*, 2006). Selain itu, berperan dalam penyembuhan luka melalui aktivitas *cellular clumping*. Hemosit juga membawa dan melepaskan *prophenoloxidase system* (prpPO). Jumlah hemosit tersebut bervariasi berdasarkan spesies, respon terhadap infeksi, stres lingkungan, aktivitas endokrin, siklus molting, seks, fase perkembangan, status reproduksi dan nutrisi. Pada respon humoral terdapat enzim phenoloxidase (PO) dalam hemolim yang berfungsi terhadap proses pengenalan benda asing pada sistem pertahanan krustase (Manoppo & Kolopita, 2014). Pada respon ini terdapat beberapa bagian yaitu komplemen yang diproduksi oleh neutrophil dan magrofag. Komplemen memiliki peran dalam respon inflamasi dan proteksi infeksi. Interferon merupakan glikoprotein yang dihasilkan limfosit dan berperan sebagai pertahanan terhadap infeksi virus. *Antimicrobial peptides* (AMP) berfungsi sebagai respon kerusakan akibat bakteri gram-positif, bakteri gram-negatif dan fungi. Aktifitas lisozim berfungsi sebagai faktor pertahanan seluler dan mampu memecah dinding sel patogen. Lisozim dapat meli-

sis dinding sel bakteri gram positif dan negatif dengan bantuan komplemen hingga dapat dikenali oleh sel-sel fagosit (Rahim *et al.*, 2020).

Peningkatan respon imun pada udang dapat dilihat dari *total haemosit count* (THC), aktifitas fagositosis/indeks fagositosis (AF/IF), total protein plasma (TPP), dan *survival rate* (SR). Menurut Van de Braak *et al.* (2002), nilai THC udang normal yaitu  $10^4$  sel/ml. Menurut Safitri (2020), nilai IF >1 menunjukkan kalsium alginat mempunyai kemampuan imunostimulan. Nilai 1 menandakan jumlah sel yang difagosit berbanding lurus dengan sel yang memfagosit.

## 2.6 Imunostimulan

Imunostimulan adalah kumpulan dari senyawa biologi sintesis yang mampu meningkatkan respon imun non-spesifik. Imunostimulan dapat meningkatkan daya tahan terhadap penyakit infeksi karena berperan dalam mengaktifkan mekanisme pertahanan non-spesifik, *cell mediated immunity*, dan respon imun spesifik. Dalam budidaya perairan imunostimulan menjadi salah satu senyawa yang bermanfaat untuk pengendalian penyakit (Sakai, 1999). Penggunaan imunostimulan alami efektif mengendalikan penyakit, aman bagi konsumen dan ramah lingkungan (Kordi, 2010). Salah satu bahan alami sebagai bahan imunostimulan adalah alga laut seperti alga coklat (*Sargassum* sp.). *Sargassum* sp. memiliki kandungan asam alginat sebagai pemicu imunitas pada hewan akuatik untuk mencegah infeksi penyakit (Mulyadi *et al.*, 2019). Pada sistem imun udang imunostimulan dapat meningkatkan hemosit, sehingga udang memiliki daya tahan tubuh yang kuat (Himzanah *et al.*, 2023).

Na-alginat merupakan senyawa polisakarida yang terdapat pada dinding sel alginofit, yang tersusun atas asam guluronat dan manuronat, dengan ikatan 1,4  $\beta$ -D-asam manuronat dan  $\alpha$ -L-guluronat. Na-alginat memiliki sifat sebagai pembentuk gel untuk meningkatkan viskositas. Sehingga dapat digunakan untuk menstabilkan campuran, dispersi dan emulsi. Dalam industri tekstil, digunakan sebagai zat tambahan pewarna tekstil. Selain itu, digunakan dalam pembuatan kapsul lunak dan dikonsumsi sebagai



minuman untuk menurunkan kadar gula dalam darah (Mushollaeni & Rusdiana, 2011). Senyawa polisakarida ini memiliki bioaktivitas sebagai anti-tumor, anti-inflamasi, imunologi, dan anti-virus (Ridlo & Pramesti, 2009).

Dalam bidang perikanan penggunaan alginat dari ekstrak *Sargassum* sp. telah banyak dilakukan untuk meningkatkan respon imun ikan dan udang. Menurut Isnansetyo *et al.* (2014) alginat *Sargassum* sp. mampu meningkatkan ketahanan non-spesifik ikan lele (*Clarias batrachus*). Selain itu, sodium alginat komersial dan ekstrak kasar *Sargassum* sp. dapat memodulasi sistem imun pada udang penaeid. Alginat yang terkandung dalam *Sragassum* sp. mampu meningkatkan sistem ketahanan udang vaname dan resisten terhadap bakteri patogen (Irvansyah, 2022).

## **2.7 Bioenkapsulasi**

Bioenkapsulasi merupakan proses penyisipan suatu zat melalui organisme hidup yang kemudian digunakan sebagai makanan bagi organisme target (Widihastuti *et al.*, 2023). Bioenkapsulasi memiliki fungsi sebagai upaya pengkayaan nutrisi (*enrichment*) menggunakan bahan tambahan untuk memperbaiki mutu (kualitas) dan jumlah (kuantitas) dari pakan hidup (Sedjati *et al.*, 2022). Salah satu manfaat bioenkapsulasi pada pakan hidup yaitu sebagai imunostimulan untuk meningkatkan respon imun terhadap serangan patogen, bagi ikan maupun krustasea yang memakannya (Immanuel, 2016). Organisme yang dapat digunakan sebagai vektor untuk meningkatkan respon imun adalah *Artemia* sp. (Santos *et al.*, 2019). *Artemia* sp. memiliki kemampuan mengambil makanan dari sekitar media hidupnya dalam bentuk partikel mikroorganik (*non selective filter feeders*) (Sedjati *et al.*, 2022), sehingga dapat digunakan sebagai media pemberi imunostimulan. Bahan yang dapat dienkapsulasi ke dalam pakan alami yaitu suplemen, obat-obatan dan senyawa bioaktif (Sedjati *et al.*, 2022).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

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

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat yang digunakan pada penelitian

No.	Alat	Dimensi	Keterangan
1.	Akuarium	30x40x30 cm <sup>3</sup>	Wadah pemeliharaan larva udang vaname
2.	Akuarium	15x15x20 cm <sup>3</sup>	Wadah pengkayaan pakan alami
3.	Wadah Plastik	1,5 l	Wadah penetasan <i>Artemia</i> sp.
4.	Mikroskop	-	Pengamatan
5.	Instalasi aerasi	-	Sumber oksigen hewan uji
6.	Timbangan digital	-	Untuk menimbang bahan
7.	Selang siphon	-	Pembersih wadah pemeliharaan
8.	Kamera	-	Alat dokumentasi kegiatan
9.	Termometer	-	Pengukur suhu air
10.	pH meter	-	Pengukur pH air
11.	Refraktometer	-	Pengukur salinitas air
12.	<i>Tissue</i>	-	Pembersih alat
13.	<i>Pestel</i>	-	Alat gerus
14.	Waring	40x50 cm <sup>3</sup>	Menutup permukaan wadah pemeliharaan
15.	Ember	5 l	Menampung <i>Artemia</i> sp.
16.	<i>Hand counter</i>	-	Alat penghitungan manual
17.	<i>Scoopnets</i>	5x5 cm <sup>3</sup>	Untuk mengambil hewan uji
18.	Pipet tetes	3 ml	Mengambil dan meneteskan larutan
19.	<i>Microplate</i>	96 sumur	Wadah uji TPP

Tabel 1. Alat yang digunakan pada penelitian (lanjutan)

No.	Bahan	Dimensi	Keterangan
20.	Alat tulis	-	Mencatat data
21.	Do meter	-	Mengukur Do air
22.	Lampu	5 watt	Pencahayaan penetasan <i>Artemia</i> sp.
23.	Inkubator	-	Menginkubasi
24.	<i>Sentrifuge</i>	-	Memisahkan partikel zat ( <i>supernatan</i> )
25.	Spektrofotometer	-	Mengukur absorbansi uji
26.	<i>Freezer</i>	-	Menyimpan sampel
27.	<i>Haemacytometer</i>	7x14x2 cm <sup>2</sup>	Mengamati darah uji THC
28.	Kaca preparat	25,4x76,2 mm	Meletakkan objek yang akan diamati

### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Bahan yang digunakan pada penelitian

No.	Bahan	Kandungan	Keterangan
1.	Larva udang vaname	-	Hewan uji
2.	Naupli <i>Artemia</i> sp.	-	Pakan hewan uji
3.	Na-alginat	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> O <sub>6</sub> NA	Bahan enkapsulasi
4.	Air laut	-	Media pemeliharaan hewan uji
5.	WSSV	-	Virus ujiantang
6.	Alkohol 70%	70% etil alkohol dan 30% air	Sterilisasi alat
7.	Metanol	CH <sub>3</sub> OH	Pengujian AF/IF
8.	Giemsa 10%	Eosin, <i>methylene blue</i> , dan azure	Pewarnaan AF/IF
9.	PBS	Sodium chloride, phosphate buffer, potassium chloride	Antikoagulan
10.	NACL fisiologis 0,85%	-	Larutan pembilas preparasi AF/IF
11.	<i>Bovine serum albumin</i>	583 residu asam amino	Standar uji TPP
12.	<i>Raegen bradford</i>	<i>Coomassie brilliant blue</i> (CBB) G-250. Etanol, dan asam fosfat	Pengujian TPP
13.	Na sitrat 2%	-	Antikoagulan

### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan metode eksperimental untuk menganalisis pengaruh pemberian Na-alginat dari ekstrak *Sargassum* sp. melalui bioenkapsulasi pada pakan alami berupa *Artemia* sp. terhadap sistem pertahanan tu-

buh larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan membandingkan perlakuan dan kontrol. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 kali ulangan. Dosis pengkayaan Na-alginat pada pakan alami mengacu pada penelitian Yudiati *et al.* (2023). Perlakuan yang digunakan yaitu :

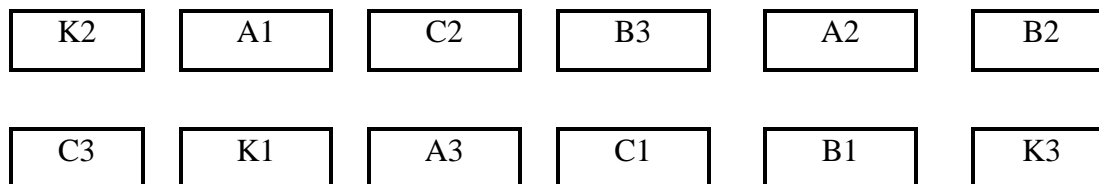
K : Dosis 0 ml/L (Naupli *Artemia* sp. tanpa pengkayaan Na-alginat)

A : Dosis 12 ml/L (Naupli *Artemia* sp. diperkaya 12 ml Na-alginat/liter air)

B : Dosis 24 ml/L (Naupli *Artemia* sp. diperkaya 24 ml Na-alginat/liter air)

C : Dosis 36 ml/L (Naupli *Artemia* sp. diperkaya 36 ml Na-alginat/liter air)

Berikut penempatan wadah pemeliharaan larva udang vaname :



Gambar 7. Tata letak wadah pemeliharaan larva udang vaname

Keterangan :

K1, K2, K3 : Perlakuan K dan 1, 2, 3 merupakan ulangan

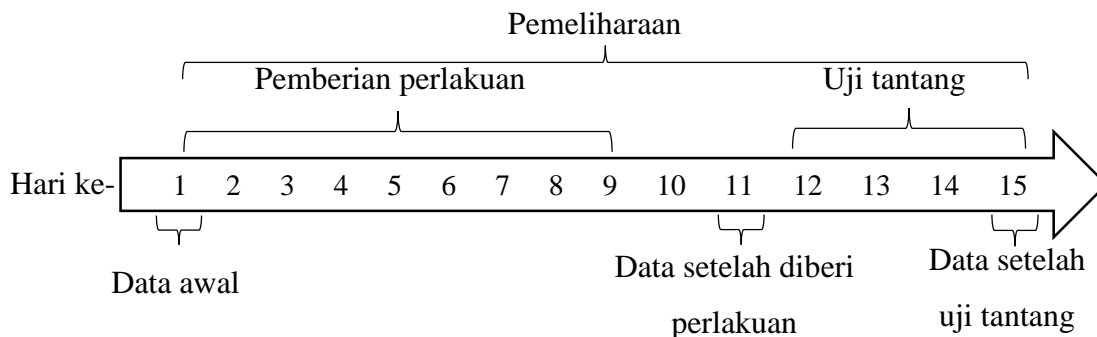
A1, A2, A3 : perlakuan A dan 1, 2, 3 merupakan ulangan

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

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

Penelitian ini berlangsung selama 15 hari masa pemeliharaan. Pemberian perlakuan berupa imunostimulan Na-alginat dengan dosis yang berbeda melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. diberikan 3 hari sekali yaitu pada hari ke-3, 6, dan 9. Pada hari ke-12 dilakukan uji tantang dengan *white spot syndrome virus* (WSSV), kemudian dilakukan pengamatan selama 3 hari. Pengambilan data awal berupa THC, AF/IF, TPP, SR dan data kualitas air dilakukan sebelum diberi perlakuan yaitu pada hari ke-1. Pengambilan data kedua berupa THC, AF/IF, TPP, SR dan data kualitas air dilakukan setelah diberi perlakuan yaitu pada hari ke-11. Pengambilan data ke 3 beru-

pa THC, AF/IF, TPP, SR, gejala klinis dan data kualitas air dilakukan setelah uji tantang yaitu pada hari ke-15. *Time line* penelitian disajikan pada Gambar 8 berikut :



Gambar 8. *Time line* penelitian

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Ekstraksi Na-Alginat

Na-alginat diperoleh dari proses ekstraksi rumput laut coklat (*Sargassum* sp.). Rumput laut *Sargassum* dijemur hingga kering, *Sargassum* sebanyak 2 kg direndam 1% HCL selama 1 jam dan dibilas air mengalir. Dalam wadah perebusan diisi air 60 liter dan 1,2 kg soda ash, kemudian *Sargassum* direbus selama 1 jam dengan suhu 60°C. *Sargassum* disaring menggunakan kain blacu agar didapatkan air/ekstrak *Sargassum*. Ekstrak ditambahkan KCl 750 ml dan didiamkan 30 menit untuk dilakukan pemucatan. Ekstrak ditambahkan 10% HCl agar pH turun hingga mencapai pH 2-3 dan didiamkan 30 menit. Ekstrak dinetralkan dengan soda api sampai pH 7.

#### 3.4.2 Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan untuk menentukan lama waktu perendaman naupli *Artemia* sp. yang dienkapsulasi Na-alginat. Dosis Na-alginat yang digunakan yaitu 24 ml Na-alginat/1 liter air dengan lama perendaman 1 jam (sampel A), 2 jam (sampel B) dan 4 jam (sampel C). Wadah yang digunakan berupa akuarium sebanyak 3 buah. Wadah disterilisasi menggunakan sabun dan dibilas, kemudian dikeringkan. Wadah diisi air laut sebanyak 1 liter ditambahkan Na-alginat sesuai dosis dan diberi aerasi.

*Artemia* sp. yang telah ditetaskan dipanen. Naupli *Artemia* sp. dimasukan ke dalam wadah enkapsulasi dan direndam sesuai dengan waktu perendaman yang sudah ditentukan. Naupli *Artemia* sp. diambil menggunakan *plankton net* dan dimasukan ke dalam tabung *eppendorf* sebanyak 1,5 ml. Naupli *Artemia* sp. digerus menggunakan *pestle* dan dilakukan *centrifuge* selama 15 menit. Hasil *centrifuge* berupa supernatan diambil menggunakan spuit sebanyak 2 ml. Supernatan dimasukan ke dalam botol sampel dan dilakukan uji FTIR. Uji FTIR dilakukan dengan mengirim sampel ke UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT), Universitas Lampung. Uji tersebut dilakukan untuk melihat kandungan Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. yang telah dienkapsulasi Na-alginat dengan lama waktu perendaman yang berbeda.

### **3.4.3 Persiapan Wadah Pemeliharaan Udang**

Wadah pemeliharaan yang digunakan adalah akuarium dengan volume 35 liter berjumlah 12 buah. Wadah dicuci menggunakan sabun dan dibilas dengan air bersih, kemudian dikeringkan. Wadah disusun sesuai dengan tata letak yang telah dirancang. Wadah diisi air laut sebanyak 25 liter dan diberi aerasi. Selama masa pemeliharaan dilakukan pergantian air setiap tiga hari sekali sebanyak 30%. Pergantian air dilakukan menggunakan selang sipon yang diberi *scoopnets* pada salah satu ujung selang.

### **3.4.4 Masa Adaptasi dan Pemeliharaan Udang**

Larva udang vaname yang digunakan pada penelitian ini berasal dari *hatchery* Citra Larva Cemerlang (CLC) Kalianda pada stadia PL7. Larva udang kemudian diaklimatisasi terlebih dahulu selama 3 hari untuk penyesuaian terhadap lingkungan dan jenis pakan yang diberikan yaitu *Artemia* sp. Hewan uji baru mulai diberi perlakuan pada stadia PL10 sampai PL25. Larva udang vaname dipelihara selama 15 hari dengan padat tebar 50 ekor/liter air (Yudiati *et al.*, 2023).

### **3.4.5 Penetasan *Artemia* sp.**

*Artemia* sp. sebagai pakan uji ditetaskan pada media air laut bersalinitas 30-32 ppt, suhu 29°-31° C, dan pH berkisar 8 (Aliyas & Samsia, 2019). Penetasan *Artemia* sp.

menggunakan wadah krucut dengan volume 1,5 liter sebanyak 4 buah. Wadah dibersihkan menggunakan sabun dan dibilas dengan air bersih, kemudian wadah dikeringkan. Wadah diletakan pada rak kayu yang telah diberi lampu pada bagian atasnya. Wadah diisi air laut sebanyak 1 liter. Kista *Artemia* sp. ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam wadah penetasan, kemudian diberi aerasi. Setelah 24 jam dilakukan pemanenan artemia menggunakan *plankton net*.

#### **3.4.6 Bioenkapsulasi Na-Alginat pada Naupli *Artemia* sp.**

Bioenkapsulasi Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. dilakukan dengan cara perendaman. Wadah yang digunakan adalah akuarium berjumlah 4 buah. Wadah disterilisasi dengan cara dicuci menggunakan sabun kemudian dibilas air bersih dan dikeringkan. Wadah diisi air laut sebanyak 1 liter. Na-alginat dengan dosis yang telah ditentukan dimasukkan ke dalam wadah perendaman dan diberi aerasi. Kemudian naupli *Artemia* sp. yang telah ditetaskan diambil menggunakan *plankton net* dengan ukuran *mesh* 100 mikron dan dimasukkan ke dalam wadah perendaman. Lama perendaman naupli *Artemia* sp. pada larutan Na-alginat sesuai dengan hasil uji FTIR (Lampiran 1). Setelah direndam naupli *Artemia* sp. diambil menggunakan *plankton net* dan dibilas air laut lalu diberikan pada larva udang.

#### **3.4.7 Perlakuan Penelitian**

Naupli *Artemia* sp. yang diberikan kepada larva udang vaname setiap kali makan sebanyak 20-60 ekor/larva udang vaname (SNI 8678-4, 2021). Frekuensi pemberian pakan yaitu sebanyak empat kali sehari (SNI 8678-4, 2021) pada pukul 07.00; 13.00; 19.00 dan 01.00 WIB. Pakan dengan perlakuan berupa artemia yang dienkapsulasi Na-alginat diberikan tiga hari sekali pada pukul 13.00 WIB.

#### **3.4.8 Uji Tantang**

Uji tantang dilakukan untuk melihat respon imun udang terhadap suatu patogen seperti bakteri atau virus. Larva udang yang telah diberi pakan naupli *Artemia* sp. yang dienkapsulasi Na-alginat diharapkan mampu meningkatkan respon imun. Uji tantang

menggunakan WSSV yang diperoleh dari Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara. Udang yang positif terinfeksi WSSV diambil organ insang, kaki renang (*pleiopod*), kaki jalan (*pereiopod*), lambung, jaringan hematopoietik, organ limfoid, kelenjar antenal (Yanti *et al.*, 2017) untuk memperoleh isolat WSSV. Sebanyak 1 gram organ udang digerus menggunakan mortar sampai halus. Hasil gerusan dilarutkan dalam 9 ml PBS. Larutan di *sentrifuge* dengan kecepatan 3.500 rpm 20 menit. Hasil supernatan disaring dengan kertas *milipore* 0,45  $\mu\text{m}$  dan *syring*. Larutan virus diencerkan sebanyak 100 $\times$  menggunakan PBS. Ujiantang dilakukan pada hari ke-12 dengan metode perendaman. Perendaman dilakukan dalam 1 liter larutan virus dengan konsentrasi 1 ml virus/liter air dan kepadatan virus 20  $\mu\text{g/ml}$  (Wahjuningrum *et al.*, 2006). Pada hari ke-15 dilakukan pengambilan hemolim dan dilakukan pengamatan berupa gejala klinis larva udang vaname.

### **3.5 Parameter Penelitian**

Parameter yang diamati selama penelitian yaitu parameter respon imun yang meliputi *total haemocyte count* (THC), aktifitas fagositosis (AF), indeks fagositosis (IF), total protein plasma (TPP), dan *survival rate* (SR). Parameter lainnya yang diamati yaitu gejala klinis, dan kualitas air.

#### **3.5.1 Parameter Respon Imun**

##### **3.5.1.1 Total Haemocyte Count (THC)**

*Total haemocyte count* (THC) larva udang dihitung sebanyak tiga kali selama penelitian yaitu pada hari ke-1, 11, dan 15. Perhitungan THC dilakukan dengan menyiapkan 0,3 gram larva udang ditambahkan 0,5 ml Na sitrat 2% lalu digerus menggunakan *pestle* di dalam tabung *eppendorf* hingga tubuh larva hancur. Cairan tubuh dalam *eppendorf* dihomogenkan dengan cara menggoyangkan tangan membentuk angka delapan. Kemudian dilakukan *centrifuge* dengan kecepatan 3.500 rpm selama 10 menit. Hasil *centrifuge* berupa supernatan kemudian diteteskan ke atas *haemocytometer* dan dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100 kali. Jumlah



hemosit kemudian dihitung (Hamsah, 2017). *Total haemocyte count* (THC) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{THC} = \Sigma \text{ sel} \times \frac{1}{\text{vol. hitung}} \times \text{FP}$$

Keterangan :

FP : Faktor pengenceran

### 3.5.1.2 Aktifitas Fagositosis/Indeks Fagositosis (AF/IF)

Aktifitas fagositosis/indeks fagositosis (AF/IF) larva udang dihitung sebanyak tiga kali selama penelitian yaitu pada hari ke-1, 11, dan 15. Hemolim sebanyak 25  $\mu\text{l}$  dimasukkan ke dalam mikrotube, ditambahkan 25  $\mu\text{l}$  suspensi bakteri *Staphylococcus aureus*, kemudian dihomogenkan dengan menggoyangkan mikrotube membenuk angka 8. Hasil campuran diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang. Larutan diambil 25  $\mu\text{l}$  untuk dibuat apusan di atas gelas preparat. Preparat dikering anginkan. Preparat ditetaskan metanol dan dikeringkan kembali. Selanjutnya dilakukan perwarnaan preparat dengan giemsa 10% selama 20 menit. Preparat dibilas menggunakan akuades dan dikeringkan. Preparat ditetaskan minyak imersi dan diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 100x. Nilai AF dan IF dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Berger & Jarcova, 2012) :

$$AF = \frac{\Sigma \text{Sel Fagosit}}{\Sigma \text{Seluruh Sel Hemosit}} \times 100\%$$

$$IF = \frac{\Sigma \text{Bakteri yang Difagosit}}{\Sigma \text{Sel yang Memfagosit}}$$

### 3.5.1.3 Total Protein Plasma (TPP)

Total protein plasma (TPP) larva udang vaname dihitung sebanyak tiga kali selama penelitian yaitu pada hari ke-1, 11, dan 15 di Balai Besar Perikanan Budi Daya Laut (BBPBL) Lampung. Perhitungan TPP dilakukan dengan cara hemolim diambil sebanyak 5  $\mu\text{l}$  ke dalam 96 *well microplate*, ditambahkan 250  $\mu\text{l}$  *Reagen Bradford* dan di-

inkubasi selama 10 menit. Pengukuran kadar protein dilakukan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang (OD) 630 nm. Standar kadar protein dibuat menggunakan *bovine serum albumin* (BSA) dengan konsentrasi 0, 100, 250, 500, 1.000, dan 2.000 µg/ml (Arina, 2023).

#### **3.5.1.4 Survival Rate (SR)**

Tingkat kelangsungan hidup atau *survival rate* (SR) larva udang vaname dihitung sebelum (hari ke-11) dan setelah uji tantang (hari ke-15). *Survival rate* (SR) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$SR = \left( \frac{N_t}{N_o} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

SR : Tingkat kelangsungan hidup atau *survival rate* (%)

$N_t$  : Jumlah larva udang pada akhir penelitian (ekor)

$N_o$  : Jumlah larva udang pada awal penelitian (ekor)

#### **3.5.1.5 Gejala Klinis**

Gejala klinis diamati setelah dilakukan uji tantang menggunakan WSSV dengan indikator berupa pergerakan, respon larva terhadap pakan dan warna tubuh larva udang. Gejala klinis dinilai dalam skala 1-5. Skala 1 menunjukkan larva memiliki pergerakan pasif hingga aktif pada skala 5. Skala 1 menunjukkan respon pakan buruk dan 5 baik. Skala 1 menunjukkan warna tubuh kemerahan secara keseluruhan dan skala 5 warna tubuh bening atau transparan.

#### **3.5.2 Kualitas Air**

Pengukuran kualitas air dilakukan untuk mengetahui kondisi media budi daya larva udang selama penelitian berlangsung. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali yaitu pada hari ke-1, 7, dan 15. Parameter yang diukur yaitu suhu, pH, DO, dan salinitas air.

### **3.6 Analisis Data**

Data hasil pengamatan berupa data kuantitatif seperti THC, AF/IF, TPP dan SR larva udang vaname akan dianalisis Anova dengan tingkat kepercayaan 95% menggunakan SPSS. Apabila hasil menunjukkan berbeda nyata, maka akan dilakukan uji lanjut Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%. Adapun data kualitatif seperti kualitas air dan gejala klinis akan dianalisis secara deskriptif.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Bioenkapsulasi Na-alginat pada naupli *Artemia* sp. mampu meningkatkan *total haemocyte count* (THC) sebagai salah satu parameter sistem imun non-spesifik larva udang vaname. Pemberian Na-alginat belum mampu memberikan perlindungan terhadap infeksi WSSV yang menyerang larva udang.

### 5.2 Saran

Dalam kegiatan budi daya pada stadia post larva disarankan untuk melakukan pemberian imunostimulan Na-alginat melalui bioenkapsulasi pada naupli *Artemia* sp. untuk meningkatkan imun non-spesifik larva udang vaname.

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah dosis Na-alginat sehingga diharapkan mampu meningkatkan respon imun udang terhadap serangan patogen.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Afsharnasab, M., Ahangarzade, M., Hoshmand, H., Morteseai, S. S. R., Mohamedidost, M., Solimani, J., Benaderkhashan, R., & Soori, M. 2016. *Evaluation of The Immunity Factors (THC, TPP, PO, SOD, POD) of Shrimp Fed With The Yeast Saccharomyces cerevisiae Compared to Shrimp Fed Without Yeast*. Iranian Fisheries Science Research Institute. Khuzestan. 52 hlm.
- Agustinus, N. S., Santoso, P., & Liufeto, F. C. 2023. Pengaruh perbedaan suhu dan salinitas terhadap pertumbuhan post larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan*, 3(2): 84-89.
- Amanah, B. 2017. *Respon Imun Humoral Udang Putih (Litopenaeus vannamei, Boone 1931) pada Pemberian Simbiotik dengan Kandungan Probiotik (Bacillus sp. D2.2.)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 60 hlm.
- Anwar, & Safitri, D. A. 2024. Identifikasi infeksi virus pada benur udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Provinsi Bali. *Jurnal Salamata*, 6(1): 7-12.
- 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.
- Arina, C. 2023. *Profil Hematologi dan Histologi Udang Vaname Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) dalam Uji Lapang Suplementasi Imunostimulan Alginat Sarsassum sp.*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 41 hlm.
- Ardiansyah, A., Rahmatia, R., & Amrullah, A. 2023. Respon imun larva udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) dengan bioenkapsulasi vitamin C pada *Artemia salina*. *Jurnal Galung Tropika*, 12(1): 35-44.
- Asnawi, A., Luhur, E. S., & Suryawati, S. H. 2021. Model permintaan ekspor udang olahan Indonesia oleh pasar Jepang, Amerika Serikat dan Uni Eropa pendekatan error correction model (ECM). *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 16(2): 193–206.

- Aulia, A. M. S., Budi, D. S., Fasya, A. H., Kenconoajati, H., & Azhar, M. H. 2019. Deteksi virus pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Balai Karantina Ikan, Pengendalian Mutu, dan Keamanan Hasil Perikanan Surabaya. *Journal of Aquacultur Science*, 4(2): 83-90.
- Berger, J., & Jarcova, M. 2012. Phagocytosis of insect haemocytes as a new alternative model. *Journal of Applied Biomedicine*, 10: 35-40.
- Bougis, P. 1979. *Marine Plankton Ecology*. American Elsevier Publishing Company. New York.
- Darmawan, M., Setyawan, A., Juliasih, N. L. G. R., & Fidyandini, H. P. 2023. Efektivitas perlindungan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) terhadap infeksi *white spot syndrome virus* (WSSV) dengan suplementasi natrium alginate *Sargassum* sp. dari perairan Lampung dan kombinasi dengan vitamin C. *Journal of Tropical Marine Science*, 6(1): 11-22.
- Darwanti, K., Sidik, R., & Mahasri, G. 2016. Efisiensi penggunaan imunostimulan dalam pakan terhadap laju pertumbuhan, respon imun dan kelulushidupan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 18(2): 121-17.
- Desrina, R. L., & Sarjito. 2017. Keberadaan white spot syndrome virus (WSSV) pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di pertambakan Kota Pekalongan. *Journal of Aquakultur Management and Technology*, 6(3): 276-283.
- Effendi, I., Simanjuntak, A. M., & Sahibuddin, M. Q. 2021. *Standard Operasional dan Prosedur (SOP) Budidaya Udang Putih (Litopenaeus vannamei) Kepulauan Seribu*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 27 hlm.
- Farida, E. R. 2019. *Efektivitas Ekstrak Daun Mangrove Avicenia alba (Tomlinson, 1986) dalam Mencegah Bakteri Vibrio harveyi (Johnson & Shunk, 1936) pada Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) (Boone, 1931)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 76 hlm.
- Farida, R. 2019. *Deteksi White Spot Syndrome Virus pada Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) di Tambak Masyarakat Gampong Paya Kameng Kecamatan Masjid Raya Kabupaten Aceh Besar*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Banda Aceh. 49 hlm.
- Hamsah. 2017. *Kinerja Pertumbuhan, Respon Imun dan Resistensi Larva Udang Vaname yang Diberi Pseudoalteromonas piscicida dan Mannanoligosakarida melalui Bioenkapsulasi Artemia sp.* (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 85 hlm.

- Harahap, F. R., Kardhinata, E. H., & Mutia, H. 2017. Inventarisasi jenis udang di perairan Kampong Nipah Kecamatan Perbaungan Kabupaten Serdang Berdagai Sumatera Utara. *Jurnal BioLink*, 3(2): 92-102.
- Himzanah, S. S., Rudi, M., Prasetyo, H., & Hartana, N. S. 2023 Perbandingan imunostimulan yang berbeda terhadap gambaran darah udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di tambak PT Suri Tani Pemuka. *Journal of Indonesia Tropical Fisheries*, 6(2): 110-122.
- Immanuel, G. 2016. Bioencapsulation of brine shrimp *Artemia* nauplii with probionts and their resistance against *Vibrio* pathogens. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 11(4): 323-330.
- Irvansyah, M. 2022. *Uji Lapang Imunostimulan Alginat Sragassum sp. dengan Frekuensi Berbeda terhadap Produksi Udang Vaname Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) di Tambak PT Puji Dewanto Farm, Bakauheni, Lampung Selatan*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 40 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.). *Journal Aquacultura Indonesiana*, 15(1): 14-20.
- Isnansetyo, A., & Kurniastuty. 1995. *Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton*. Kanisius. Yogyakarta. 97 hlm.
- KKP (Kementerian Kelautan dan Perikanan). 2016. *Petunjuk Teknis Budidaya Artemia*. Jakarta. 28 hlm.
- KKP (Kementerian Kelautan dan Perikanan). 2024. *KKP Siap Genjot Produksi Udang di 2024*. <https://news.republika.co.id/berita/s5eks7451/kkp-siap-genjot-produksi-udang-di-2024>. Diakses pada: 18 Juli 2024.
- Khofifah, A., Abida, I. W., & Khusnah, A. 2023. Pemeriksaan WSSV (white spot syndrome virus) dengan uji PCR (polymerase chain reaction) pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di UPT Laboratorium Kesehatan Ikan dan Lingkungan, Pasuruan Jawa Timur. *Jornal Juvenil*, 4(2): 142-151.
- Kordi, K. 2010. *Budi Daya Biota Akuatik untuk Pangan, Kosmetik, dan Obat-obatan*. Penerbit Andi. Yogyakarta. 226 hlm.
- Lama, A. W. H. 2019. *Oprimasi Padat Tebar terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) dengan Sistem Resirkulasi*. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah. Makasar. 48 hlm.



- Lama, A. W. H., Darmawati., & Wahyu, F. 2020. Optimasi padat tebar terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan sistem resirkulasi. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 9(1): 48-52.
- Lilisuriani. 2020. Serangan penyakit virus pada udang di tambak tanpa memperlihatkan gejala klinis. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 9(1): 25-32.
- Manoppo, H., dan Kolopita M. E. F. 2014. Respon imun krustase. *Jurnal Budidaya Perairan*, 2(2): 22-26.
- Monica, T. 2021. *Pengkayaan Artemia sp. Beku dengan Vitamin C, Taurin dan Kombinasi untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Larva Udang Vaname (Litopenaeus vannamei)*. (Tesis). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 53 hlm.
- Mulyadi, Nur, I., & Iba, W. 2019. Uji fitokimia ekstrak bahan aktif rumput laut *Sargassum* sp. *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*, 3(1): 22-25.
- Mushollaeni, W., & Rusdiana, E. 2011. Karakteristik natrium alginate dari *Sargassum* sp., *Turbinaria* sp. dan *Padina* sp.. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 22(1): 26-32.
- Muslimin, & Sari, W. K. P. 2017. Budidaya rumput laut *Sargassum* sp. dengan metode kantong pada beberapa tingkat kedalaman di dua wilayah perairan berbeda. *Jurnal Riset Akuakultur*, 12(3): 221-230.
- Nadhif, M. 2016. *Pengaruh Pemberian Probiotik pada Pakan dalam Berbagai Konsentrasi Terhadap Pertumbuhan dan Mortalitas Udang Vaname (Litopenaeus vannamei)*. (Skripsi). Universitas Airlangga. Surabaya. 97 hlm.
- Perdana, P. A., Lumbessy, S. Y., & Setyono, B. D. H. 2021. Pengkayaan pakan alami *Artemia* sp. dengan *Chaetoceros* sp. pada budidaya post larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Marine Research*, 10(2): 252-258.
- Putri, T., Supono, & Putri, B. 2020. Pengaruh jenis pakan buatan dan alami terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 8(2): 176-192.
- Rahim, N., Wulan, S., & Zainuddin, E. N. 2020. Potensi ekstrak *Ulva reticulata* dalam meningkatkan aktivitas lisozim dan diferensiasi hemosit pada udang windu (*Penaeus monodon*). *Jurnal Aquafish Saintek*, 1(1): 1-9.
- Rahma, H. N., Prayitno, S. B., & Haditomo, A. H. C., 2014. Infeksi *white spot syndrome virus* (WSSV) pada udang windu (*Penaeus monodon* Fabr.) yang

dipelihara pada slinitas media yang berbeda. *Journal of Aquacultur Management and Technology*, 3(3): 25-34.

- Ridlo, A., & Pramesti, R. 2009. Aplikasi ekstrak rumput laut sebagai agen imunostimulan system pertahanan non spesifik pada udang (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Ilmu Kelautan*, 14(3): 133-137.
- Romadhon, M. F. 2023. *Uji Konsistensi Struktur dan Sifat Natrium Alginat Sargassum sp. dengan Waktu Penyimpanan Berbeda serta Pengaruh Bioaktivitas dan Keamanan Terhadap Udang Vaname (Litopenaeus vannamei)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 44 hlm.
- Ruwaida, D. G. 2010. *Uji Toksisitas Senyawa Hasil Isolasi Rumput Mutiara (Hedyotis corymbosa (L.) Lamk.) dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BST)*. (Skripsi). Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 75 hlm.
- Safitri, Y. B. 2020. *Suplementasi Kalsium (Ca) Alginat Sargassum sp. dari Perairan Lampung pada Pakan untuk Meningkatkan Respon Imun Non-spesifik Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) (Boone, 1931)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 67 hlm.
- Sakai, M. 1999. Current research status of fish immunostimulants. *Journal Aquaculture*, 172(1): 63-92.
- Santos, H. M., Tsai, C. Y., Yanuaria, C. A., Tayo, L. L., Vo, D. D., Mariatulqabthiah, A. R., & Chuang, K. P. 2019. Effects of sodium alginate-fed Pacific white shrimps, *Litopenaeus vannamei*, on toll-like receptors and *Vibrio alginolyticus* infection. *Aquaculture Research*, 50(4): 1384-1392.
- Sari, N. I., & Ikbal, M. 2020. Frekuensi pemberian pakan alami jenis *Chaetoceros* sp. yang dipupuk cairan rumen terhadap perkembangan sintasan larva udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) stadia zoea sampai mysis. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 9(1): 1-9.
- Sedjati, S., Yudiati, E., Supriyanti, E., Azhar, N., & Yulian, C. V. A. 2022. Bioenkapsulasi naupli artemia dengan *Spirulina* sp. dan resistensinya terhadap bakteri *Vibrio* spp. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(1): 79-86.
- Serina, D., Dahlia, Ardiansyah, K., Syahriadi, & Mega, D. A. U. 2022. Aplikasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam) dalam Media Pemeliharaan untuk Meningkatkan Imunitas Non Spesifik Larva Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931). *Prosiding Semnas Politani Pangkep Vol 3 Multifunctional Agriculture for Food, Renewable Energy, Water, and Air Security*. Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan, Pangkep.

- Setyawan, A., Lestari, K. I., & Adiputra, Y. T. 2024. Suplementasi *fucoidan padina* dari perairan Lampung untuk meningkatkan respon imun udang vannamei. *Journal of Tropical Marine Science*, 7(1): 64-70.
- SNI 8678-4-2021. 2021. *Udang Vaname (Litopenaeus vannamei, Boone 1931) – Bagian 4 : Produksi benih*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Suram, A. 2017. *Deteksi Virus WSSV (White Spot Syndrome Virus) pada Udang Vannamei (Litopenaeus vannamei)*. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah. Makasar. 46 hlm.
- Takwin, B. A., Setyawan, D. N., & Azhar, F. 2022. Pengaruh pemberian ekstrak daun jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) terhadap sistem imun udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang diinfeksi bakteri *Vibrio harveyi*. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 5(2): 598-609.
- Van de Braak, C. B. T., Botterblom, M. H. A., Huisman, E. A., Rombout, J. H. W. M., & van der Knaap, W. P. W. 2002. Preliminary study on haemocyte response to white spot syndrome virus infection in black tiger shrimp *Panaeus monodon*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 51(2): 149-155.
- Wahjuningrum, D., Sholeh, S. H., & Nuryati, S. 2006. Pencegahan infeksi virus White Spot Syndrom Virus (WSSV) pada udang windu *Panaeus monodon* dengan cairan ekstrak pohon mangrove (CEPM) *Avicennia* sp. dan *Sonneratia* sp. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 5(1): 65-75.
- Widihastuti, A., Mahasri, G., & Satyantini, W. H. 2023. Bioencapsulation artemia with *Bacillus subtilis* and sodium alginate on total hemocyte and survival rate of *Litopenaeus vannamei* infected with *Vibrio parahaemolyticus*. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 25(1): 8-14.
- Wyban, A. J., dan Sweeney, J. N. 1991. *Intensive Shrimp Production Technology*. The Oceanic Institute. USA. 20 hlm.
- Yanti, M. E. G., Herliany, N. V., Negara, B. F., & Utami, M. A. F. 2017. Deteksi molekuler white spot syndrome virus (WSSV) pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di PT. Hasfam Inti Sentosa. *Jurnal Enggano*, 2(2): 156-169.
- Yudiati, E., Isnansetyo, A., Murwantoko, Ayuningtyas, Triyanto, & Handayani, C. R. 2016. Innate immunestimulating and immune genes up-regulating activities of three types of alginate from *Sargassum siliquosum* in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish and Shellfish Immunology*, 5(54): 46-53.

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.