

**UJI PATOGENISITAS BAKTERI PENGHASIL ALGINAT LYASE *Bacillus cereus* PTF PADA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) MELALUI APLIKASI OLIGOSAKARIDA ALGINAT *Sargassum* sp.**

**Skripsi**

**Oleh**

**NI PUTU DIVA MAHARANI  
NPM 2114111038**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

**UJI PATOGENISITAS BAKTERI PENGHASIL ALGINAT LYASE *Bacillus cereus* PTF PADA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) MELALUI APLIKASI OLIGOSAKARIDA ALGINAT *Sargassum* sp.**

**Oleh**

**NI PUTU DIVA MAHARNI**

**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  
2025**

## ABSTRAK

### UJI PATOGENISITAS BAKTERI PENGHASIL ALGINAT LYASE *Bacillus cereus* PTF PADA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) MELALUI APLIKASI OLIGOSAKARIDA ALGINAT *Sargassum* sp.

Oleh

NI PUTU DIVA MAHARANI

*Bacillus cereus* PTF merupakan bakteri simbion yang ditemukan pada *Sargassum* sp. dan diketahui memiliki aktivitas alginat lyase, enzim yang mampu menghidrolisis alginat menjadi oligosakarida alginat (OSA). OSA memiliki potensi sebagai imunostimulan alami untuk meningkatkan ketahanan tubuh udang, khususnya dalam budidaya udang vaname (*Litopenaeus vaname*). Upaya pencegahan penyakit pada udang umumnya dilakukan melalui pemberian imunostimulan, dan salah satu sumber alami yang menjanjikan adalah rumput laut seperti *Sargassum* sp. karena kandungan alginatnya. Penelitian ini bertujuan untuk menguji patogenesis bakteri *B. cereus* PTF yang telah dicampurkan dalam larutan alginat terhadap udang vaname. Uji dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan lima perlakuan (P1–P5), yaitu variasi konsentrasi bakteri sebesar  $10^2$ ,  $10^4$ ,  $10^6$ , dan  $10^8$  CFU/ml yang dicampur dalam 50 ml larutan alginat per kilogram pakan. OSA diberikan secara oral sebanyak 50 ml/kg pakan kepada udang vaname dengan bobot awal rata-rata  $5,26 \pm 0,07$  gram. Hasil pengamatan selama 21 hari menunjukkan bahwa tidak terdapat kematian maupun gejala klinis pada seluruh kelompok perlakuan, termasuk pada dosis tertinggi ( $10^8$  CFU/ml). Seluruh perlakuan menghasilkan *Survival Rate* (SR) udang sebesar 100%, sehingga nilai  $LD_{50}$  tidak dapat ditentukan. Berdasarkan hasil tersebut, *B. cereus* PTF dinyatakan tidak bersifat patogenik terhadap udang vaname dan dinilai aman serta berpotensi sebagai agen pembentuk OSA dari *Sargassum* sp.

Kata Kunci: *Bacillus cereus* PTF, Imunostimulan, *Litopenaeus vannamei*, *Sargassum* sp.

## ABSTRACT

### **PATOGENICITY TEST OF ALGINATE LYASE PRODUCING BACTERIUM *Bacillus cereus* PTF ON PACIFIC WHITE SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*) THROUGH APPLICATION OF ALGINATE OLIGOSACCHARIDES FROM *Sargassum* sp.**

By

**NI PUTU DIVA MAHARANI**

*Bacillus cereus* PTF is a symbiotic bacterium isolated from *Sargassum* sp., known to possess alginat lyase activity, an enzyme capable of hydrolyzing alginate into alginate oligosaccharides (OSA). OSA has potential as a natural immunostimulant to enhance the immune response of shrimp, particularly in the cultivation of *Litopenaeus vannamei* (Pacific white shrimp). Disease prevention in shrimp farming is commonly carried out through the administration of immunostimulants, and seaweeds such as *Sargassum* sp., which contain alginate, represent a promising natural source. This study aimed to evaluate the pathogenicity of *B. cereus* PTF incorporated into an alginate solution and administered to *L. vannamei*. The pathogenicity test was conducted using a Completely Randomized Design with five treatment groups (P1–P5), involving varying concentrations of *B. cereus* PTF at  $10^2$ ,  $10^4$ ,  $10^6$ , and  $10^8$  CFU/ml, mixed into 50 ml of alginate solution per kilogram of feed. The alginate oligosaccharide mixture was administered orally at a dose of 50 ml/kg feed to shrimp with an average initial weight of  $5,26 \pm 0,07$  grams. Observations over 21 days revealed no mortality or clinical symptoms in any of the treatment groups, including the highest bacterial concentration ( $10^8$  CFU/ml). All treatments resulted in a 100% survival rate (SR), and thus the LD<sub>50</sub> value could not be determined. These results indicate that *B. cereus* PTF is non-pathogenic to *L. vannamei* and is safe and suitable for use as a microbial agent in the production of alginate oligosaccharides (OSA) from *Sargassum* sp.

**Keywords:** *Bacillus cereus* PTF, Immunostimulant, *Litopenaeus vannamei*, *Sargassum* sp.

Judul Skripsi

: UJI PATOGENISITAS BAKTERI  
PENGHASIL ALGINAT LYASE *Bacillus*  
*cereus* PTF PADA UDANG VANAME  
(*Litopenaeus vannamei*) MELALUI  
APLIKASI OLIGOSAKARIDA ALGINAT  
DARI *Sargassum* sp.

Nama Mahasiswa

: Ni Putu Diva Maharani

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114111038

Program Studi

: Budidaya Perairan

Fakultas

: Pertanian



1. Komisi Pembimbing

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

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

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

Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si.  
NIP. 199001282019032018

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

A large, stylized handwritten signature in black ink, appearing to read 'Munti'.

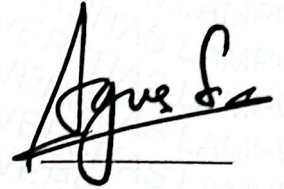
Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.  
NIP. 198309232006042001

## MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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

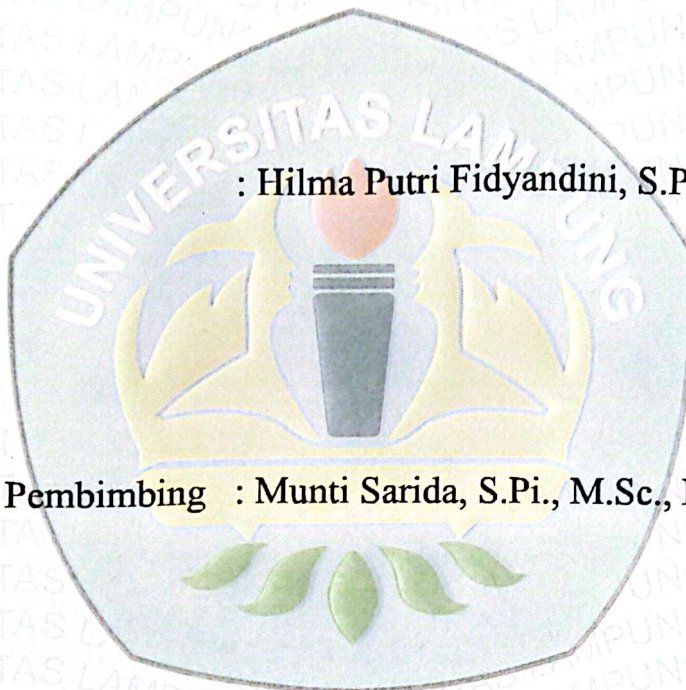


Sekretaris

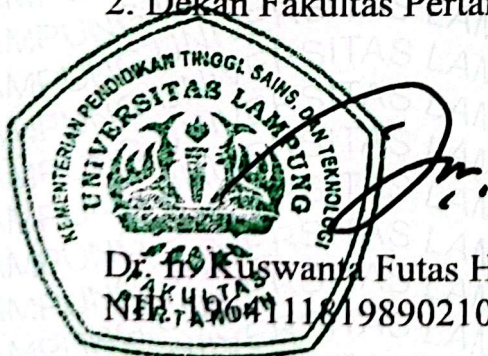
: Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si.



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



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi: 17 Juni 2025



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN

Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telp (0721) 704946 Fax (0721) 770347

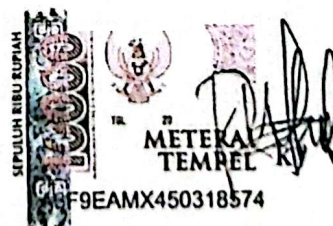
PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi yang berjudul “Uji Patogenisitas Bakteri Penghasil Alginat Lyase *Bacillus cereus* PTF Pada Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Melalui Aplikasi Oligosakarida Alginat Dari *Sargassum* sp.” tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur fabrikasi, falsifikasi, plagiat dan konflik kepentingan saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Bandar Lampung, 12 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan



Ni Putu Diva Maharani  
NPM. 2114111038

## RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Ni Putu Diva Maharani yang dilahirkan di Kota Metro pada tanggal 23 Mei 2003, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak I Made Purwanta dan Ibu Selvi Ardian Febrianti. Penulis memulai pendidikan formal dari Taman Kanak-Kanak (TK) Dente Teladas yang diselesaikan pada 2009, Sekolah Dasar (SD) Xaverius 3 Bandar Lampung pada 2015, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Seputih Raman pada 2018, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Kota Gajah pada 2021.

Penulis melanjutkan Pendidikan ke jenjang starata-1 (S1) sebagai mahasiswi Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN pada tahun 2021. Selama menjadi mahasiswi, penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Biologi Organisme Akuakultur (2022/2023), Ikhtiologi Ikan (2023/2024), dan Immunologi Ikan (2024/2025). Penulis melaksanakan program Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada tahun 2024 bulan Januari – Februari di Desa Kunjir, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan. Penulis melakukan Praktik Umum (PU) pada tahun 2024 bulan Juli – Agustus di Balai Riset Budidaya Air Tawar dan Penyuluhan Perikanan Bogor (BRPBATPP) dengan judul “Teknik Pembenihan Ikan Nilem (*Osteochilus hasselti*) Dengan Metode Semi Alami Di Intsalasi Riset Plasma Nutfah Perikanan Air Tawar Cijeruk, Bogor, Jawa Barat”. Penulis melakukan penelitian dan menyelesaikan tugas akhir dalam bentuk skripsi pada tahun 2025 dengan judul “Uji Patogenisitas Bakteri Penghasil Alginat Lyase *Bacillus cereus* PTF Pada Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Melalui Aplikasi Oligosakarida Alginat Dari *Sargassum* sp.”.

## **PERSEMBAHAN**

*Om Awignam Astu Namō Siddham*, segala puji dan syukur penulis haturkan pada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis diberi kekuatan dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan sesuai kemampuan yang telah diberikan. Oleh karena itu, dengan bangga dan hormat penulis persembahkan skripsi ini kepada:

Bapak I Made Purwanta dan Ibu Selvi Ardian Febrianti. Terima kasih atas doa dan dukungan serta kasih sayang yang diberikan untuk menyelesaikan skripsi ini.

Keluarga besar dan rekan-rekan yang bersedia memberikan motivasi serta dukungan yang diberikan.

Keluarga Besar Perikanan dan Kelautan,

serta

Almamater tercinta, Universitas Lampung

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, karena atas Rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “Uji Patogenisitas Bakteri Penghasil Alginat Lyase *Bacillus cereus* PTF Pada Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Melalui Aplikasi Oligosakarida Alginat Dari *Sargassum* sp.” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan di Universitas Lampung

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M. P. selaku Dekan FP Unila;
2. Munti Sarida, S. Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan sekaligus Dosen Penguji Utama;
3. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P. selaku Ketua Program Studi Budidaya Perairan sekaligus Dosen Pembimbing Utama;
4. Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing Pembantu/Sekretaris;
5. HETI Unila yang telah mendanai penelitian yang diberikan;
6. Kedua orang tua saya, Bapak I Made Purwanta dan Ibu Selvi Ardian Febrianti.

Bandar Lampung, 25 Agustus 2025

Ni Putu Diva Maharani

## DAFTAR ISI

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                | iii |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                              | v   |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                             | vi  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                           | vii |
| <b>I PENDAHULUAN</b> .....                             | 1   |
| 1.1 Latar Belakang .....                               | 1   |
| 1.2 Tujuan .....                                       | 2   |
| 1.3 Manfaat Penelitian .....                           | 2   |
| 1.4 Kerangka Pikir .....                               | 2   |
| 1.5 Hipotesis Penelitian .....                         | 5   |
| <b>II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                       | 7   |
| 2.1 Udang Vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) ..... | 7   |
| 2.1.1 Klasifikasi .....                                | 7   |
| 2.1.2 Morfologi .....                                  | 7   |
| 2.1.3 Habitat dan Siklus Udang Vaname .....            | 8   |
| 2.2 Alga Cokelat ( <i>Sargassum</i> sp.) .....         | 9   |
| 2.2.1 Klasifikasi .....                                | 9   |
| 2.2.2 Morfologi .....                                  | 10  |
| 2.2.3 Kandungan Nutrisi .....                          | 11  |
| 2.2.4 Habitat dan Persebaran .....                     | 12  |
| 2.3 Alginat .....                                      | 12  |
| 2.4 Alginat Lyase .....                                | 13  |
| 2.5 Bakteri <i>Bacillus cereus</i> .....               | 14  |
| 2.5.1 Klasifikasi .....                                | 14  |
| 2.5.2 Morfologi .....                                  | 14  |
| 2.6 Imunostimulan .....                                | 15  |
| <b>III METODE PENELITIAN</b> .....                     | 17  |
| 3.1 Waktu dan Tempat .....                             | 17  |
| 3.1.1 Waktu Penelitian .....                           | 17  |
| 3.1.2 Tempat Penelitian .....                          | 17  |
| 3.2 Bahan dan Alat .....                               | 17  |
| 3.2.1 Bahan .....                                      | 17  |
| 3.2.3 Alat .....                                       | 18  |

|                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3 Rancangan Penelitian .....                                                              | 19        |
| 3.4 Prosedur Penelitian.....                                                                | 21        |
| 3.4.1 Persiapan Wadah Media Pemeliharaan .....                                              | 21        |
| 3.4.2 Persiapan Udang Uji .....                                                             | 21        |
| 3.4.3 Suplementasi Pakan Uji .....                                                          | 21        |
| 3.4.4 Sterilisasi Alat dan Bahan .....                                                      | 22        |
| 3.4.5 Pembuatan Suspensi Bakteri <i>Bacillus cereus</i> PTF .....                           | 22        |
| 3.4.6 Ekstraksi Algiant.....                                                                | 22        |
| 3.4.7 Uji Patogensitas <i>Bacillus cereus</i> PTF .....                                     | 22        |
| 3.5 Parameter Penelitian.....                                                               | 23        |
| 3.5.1 <i>Survival Rate</i> (SR) .....                                                       | 23        |
| 3.5.2 <i>Mean Time to Death</i> (MTD) .....                                                 | 23        |
| 3.5.3 Gejala Klinis .....                                                                   | 24        |
| 3.6 Analisis Data.....                                                                      | 25        |
| <b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                                        | <b>26</b> |
| 4.1 Hasil.....                                                                              | 26        |
| 4.1.1 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) Oligosakarida<br>Alginat .....  | 26        |
| 4.1.2 <i>Survival Rate</i> (SR) .....                                                       | 28        |
| 4.1.3 <i>Mean Time to Death</i> (MTD) dan <i>Lethal Dosage 50</i> (LD <sub>50</sub> ) ..... | 29        |
| 4.1.4 Gejala Klinis .....                                                                   | 29        |
| 4.2 Pembahasan .....                                                                        | 30        |
| <b>V SIMPULAN DAN SARAN.....</b>                                                            | <b>34</b> |
| 5.1 Simpulan.....                                                                           | 34        |
| 5.2 Saran .....                                                                             | 34        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                                  | <b>35</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                                                        | <b>43</b> |

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                                                                         | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Bahan penelitian.....                                                                                      | 17      |
| 2. Alat penelitian .....                                                                                      | 18      |
| 3. Skor gejala klinis.....                                                                                    | 24      |
| 4. Profil FTIR identifikasi gugus fungsi oligosakarida alginat.....                                           | 28      |
| 5. Skor dan tingkat keparahan gejala klinis udang vaname setelah perlakuan bakteri <i>B. cereus</i> PTF ..... | 30      |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                                                                                                                        | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Kerangka pikir penelitian.....                                                                                                                             | 4       |
| 2. Morfologi udang vaname .....                                                                                                                               | 8       |
| 3. Siklus hidup udang vaname .....                                                                                                                            | 9       |
| 4. Morfologi <i>Sargassum</i> sp. ....                                                                                                                        | 10      |
| 5. Morofologi <i>Bacillus cereus</i> .....                                                                                                                    | 14      |
| 6. Susunan rancangan penelitain .....                                                                                                                         | 20      |
| 7. Profil <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) oligoasakarida alginat<br>dengan kepadatan $10^2$ , $10^4$ , $10^6$ , dan $10^8$ CFU/ml ..... | 27      |
| 8. SR udang vaname diberi bakteri <i>B. cereus</i> PTF selama 21 hari .....                                                                                   | 29      |
| 9. Gejala klinis udang vaname setelah diberi bakteri <i>B. cereus</i> PTF. ....                                                                               | 30      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran                                                                                                  | Halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Analisis ragam <i>Survival Rate</i> (SR).....                                                          | 44      |
| 2. Jumlah kematian udang selama uji patogensitas bakteri <i>B. cereus</i> PTF (ekor)                      | 44      |
| 3. <i>Mean Time to Death</i> (MTD) udang setelah diuji patogenesisitas bakteri <i>B. cereus</i> PTF ..... | 46      |
| 4. Gejala Klinis udang vaname setelah diuji patogenesisitas bakteri <i>B. cereus</i> PTF                  | 47      |
| 5. Nilai gejala klinis udang vaname setelah diuji bakteri <i>B. cereus</i> PTF .....                      | 47      |
| 6. Dokumentasi penelitian.....                                                                            | 49      |

# I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Udang merupakan salah satu komoditas utama sektor perikanan di Indonesia yang memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional. Salah satu jenis udang budidaya yang paling banyak diekspor adalah udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Berdasarkan data Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya (DJPB, 2021), produksi udang vaname di Indonesia mencapai 884,939 ton pada tahun 2021. Sementara itu, data terbaru dari Badan Pusat Statistik (BPS, 2025) menunjukkan peningkatan produksi menjadi 1.368,542 ton pada tahun 2023, dari sebelumnya 1.172,633 ton pada tahun 2022. Peningkatan ini menunjukkan potensi besar dalam pengembangan komoditas udang vaname.

Namun demikian, dalam praktiknya, budidaya udang vaname masih menghadapi tantangan serius, terutama terkait serangan penyakit yang disebabkan oleh bakteri maupun virus. Beberapa penyakit utama yang menyerang udang vaname antara lain vibriosis (oleh bakteri *Vibrio* sp.), serta penyakit akibat infeksi virus seperti WSSV (*White Spot Syndrome Virus*) dan IMNV (*Infectious Myonecrosis Virus*) (Daniel & Sari, 2023). Salah satu pendekatan untuk meningkatkan ketahanan tubuh udang terhadap patogen adalah melalui pemberian imunostimulan, khususnya yang bersumber dari bahan alami.

Salah satu imunostimulan alami yang menjanjikan adalah oligosakarida alginat (OSA), yaitu hasil degradasi enzimatis polisakarida alginat. Alginat ini banyak ditemukan pada rumput laut cokelat seperti *Sargassum* sp., yang diketahui kaya akan senyawa bioaktif termasuk alginat, fucoidan, dan phlorotannin. Alginat merupakan polisakarida struktural yang terdapat di dinding sel bagian dalam alga cokelat, dan dapat dikonversi menjadi OSA dengan aktivitas imunomodulator, antioksidan, dan antimikroba. Penelitian oleh Subaryono et al. (2017) menunjuk-

kan bahwa OSA dari *Sargassum crassifolium* mampu menginduksi sel limfosit yang berperan penting dalam sistem imun udang.

Produksi OSA secara alami dapat dilakukan melalui pemecahan enzimatik menggunakan enzim alginat lyase. Enzim ini diproduksi oleh berbagai jenis bakteri yang umumnya diisolasi dari lingkungan laut, termasuk dari alga cokelat (Wong et al., 2000). Penelitian oleh Safitri (2023) berhasil mengidentifikasi bakteri *Bacillus cereus* PTF, yang diisolasi dari *Sargassum polycystum* di Perairan Lampung, sebagai penghasil enzim alginat lyase. Meskipun *B. cereus* PTF menunjukkan potensi dalam produksi OSA, hingga saat ini belum diketahui tingkat patogenisitasnya terhadap udang vaname. Hal ini penting untuk dikaji, mengingat penggunaan mikroorganisme dalam pembuatan bahan tambahan pakan seperti OSA harus dipastikan aman dan bebas dari risiko patogenik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan uji patogenisitas bakteri *B. cereus* PTF terhadap udang vaname, guna memastikan keamanannya sebelum digunakan dalam sistem budi daya.

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat patogenisitas bakteri penghasil enzim alginat lyase, *Bacillus cereus* PTF dalam bentuk oligosakarida alginat hasil ekstraksi dari *Sargassum* sp. pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

## 1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan informasi bagaimana bakteri *Bacillus cereus* PTF dalam budi daya udang vaname serta mendukung pemanfaatan oligosakarida alginat *Sargassum* sp. sebagai imunostimulan alami yang aman dan berkelanjutan.

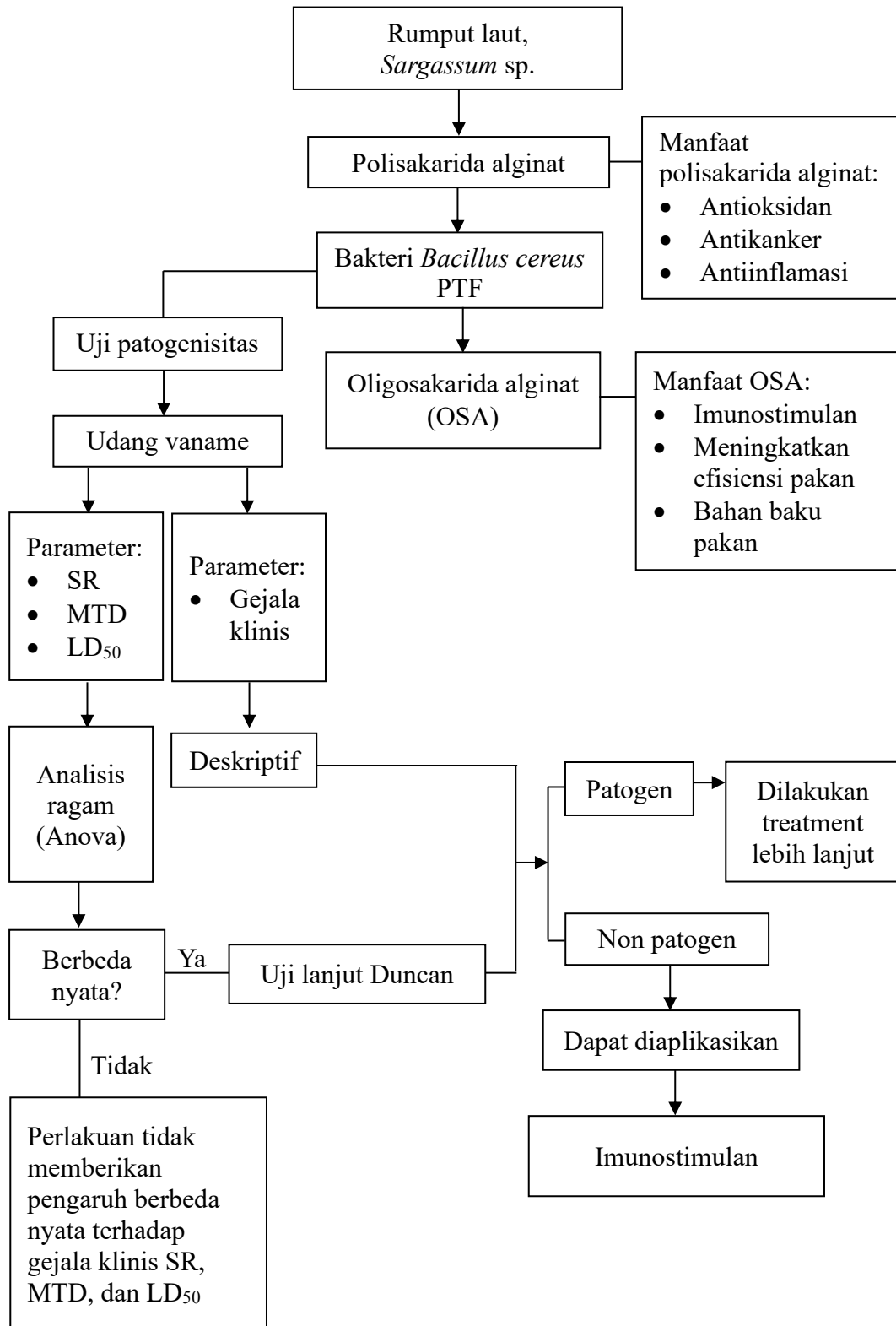
## 1.4 Kerangka Pikir

Udang vaname merupakan salah satu komoditas perikanan utama di Indonesia dengan nilai ekspor tinggi. Namun, produksi udang vaname mengalami penurunan akibat berbagai faktor, salah satunya adalah serangan penyakit seperti

vibriosis yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio* sp. Salah satu upaya untuk meningkatkan ketahanan tubuh udang terhadap infeksi patogen adalah dengan penggunaan imunostimulan alami yang aman dan ramah lingkungan.

Oligosakarida alginat (OSA) yang berasal dari rumput laut *Sargassum* sp. telah diidentifikasi sebagai calon imunostimulan karena adanya senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai imunomodulator, antioksidan, dan antimikroba. OSA dapat diperoleh melalui proses degradasi enzimatik dari polisakarida alginat dengan bantuan enzim alginat lyase. Salah satu jenis bakteri yang menghasilkan enzim ini adalah *B. cereus* PTF yang diisolasi dari *Sargassum polycystum* (Safitri, 2023).

Namun, sebelum bakteri ini digunakan secara luas untuk produksi oligosakarida alginat dalam sistem budi daya, perlu dikaji terlebih dahulu tingkat patogenisitasnya terhadap udang vaname. Hal ini penting untuk memastikan bahwa bakteri tersebut tidak menimbulkan risiko penyakit pada organisme budidaya, melalui pengamatan terhadap gejala klinis, nilai *Survival Rate*, *Mean Time to Death*, dan *Lethal Dosage*<sub>50</sub>. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat patogenisitas *B. cereus* PTF terhadap udang vaname sebagai langkah awal menuju pengembangan imunostimulan berbasis OSA yang aman dan efektif. Kerangka pikir penelitian ini dapat dilihat melalui diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir Penelitian

## 1.5 Hipotesis Penelitian

### a. *Survival Rate* (SR)

$$H_0: \tau_i = 0$$

Semua perlakuan dosis bakteri *Bacillus cereus* PTF tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap *survival rate* (SR) udang vaname.

$$H_1: \tau_i \neq 0$$

Setidaknya terdapat satu perlakuan dosis bakteri *Bacillus cereus* PTF yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap *survival rate* (SR) udang vaname.

### b. *Mean Time to Death*

$$H_0: \tau_i = 0$$

Semua perlakuan dosis bakteri *Bacillus cereus* PTF tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap *mean time to death* (MTD) udang vaname.

$$H_1: \tau_i \neq 0$$

Setidaknya terdapat satu perlakuan dosis bakteri *Bacillus cereus* PTF yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap *mean time to death* (MTD) udang vaname.

### *Lethal Dosage* (LD<sub>50</sub>)

$$H_0: \tau_i = 0$$

Semua perlakuan dosis bakteri *Bacillus cereus* PTF tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap *lethal dosage* (LD<sub>50</sub>) udang vaname.

$$H_1: \tau_i \neq 0$$

Setidaknya terdapat satu perlakuan dosis bakteri *Bacillus cereus* PTF yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap *lethal dosage* (LD<sub>50</sub>) udang vaname.

c. Gejala Klinis

$$H_0: \tau_i = 0$$

Semua perlakuan dosis bakteri *Bacillus cereus* PTF tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap gejala klinis udang vaname.

$$H_1: \tau_i \neq 0$$

Setidaknya terdapat satu perlakuan dosis bakteri *Bacillus cereus* PTF yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap gejala klinis udang vaname.

## II TINJAUAN PUSTAKA

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

#### 2.1.1 Klasifikasi

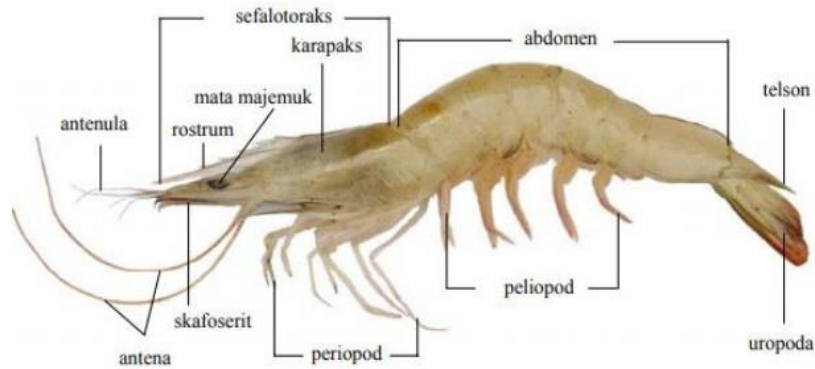
Klasifikasi udang vaname menurut Boone (1931), adalah sebagai berikut:

|             |                                           |
|-------------|-------------------------------------------|
| Filum       | : Arthropoda                              |
| Kelas       | : Crustacea                               |
| Subkelas    | : Malacostraca                            |
| Ordo        | : Decapoda                                |
| Subordo     | : Natantia                                |
| Infraordo   | : Penaeidea                               |
| Superfamili | : penaeodea                               |
| Famili      | : Penaidae                                |
| Genus       | : <i>Penaeus</i>                          |
| Subgenus    | : <i>Litopenaeus</i>                      |
| Spesies     | : <i>Litopenaeus vannamei</i> Boone, 1931 |

#### 2.1.2 Morfologi

Secara morfologis, tubuh udang vaname terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu cephalon-thorax (kepala dan badan yang dilindungi oleh karapaks), abdomen (perut yang tersusun atas segmen atau ruas), dan ekor. Bagian kepala memiliki antenula, antena, mandibula, serta sepasang maxillae. Pada ruas tubuh pertama hingga kelima terdapat sepasang kaki renang yang disebut pleopoda (swimmeret), berfungsi sebagai alat berenang dengan bentuk pendek dan ujung yang ditutupi rambut halus (setae). Sementara pada ruas keenam terdapat uropoda dan telson yang berperan sebagai kemudi. Selain itu, bagian abdomen juga dilengkapi sepasang uropod berbentuk menyerupai ekor yang membentuk kipas

dan, bersama telson, berfungsi menjaga keseimbangan saat berenang (Effendi et al., 2021). Morfologi udang vaname dapat dilihat pada Gambar 2.



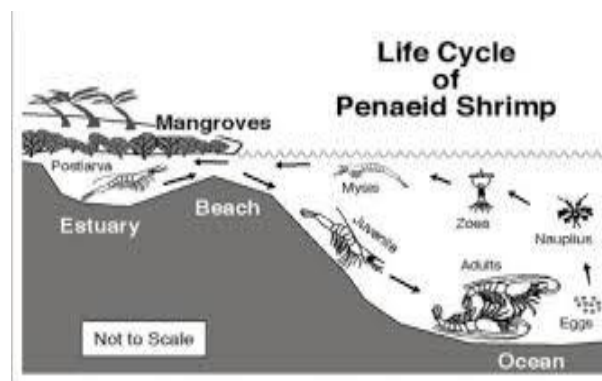
Gambar 2. Morfologi udang vaname  
Sumber: Devi (2020)

Bagian kepala udang dilengkapi dengan antenna, antennula, rostrum, mata, karapas, serta dua pasang maxillae (rahang bawah) dan mandibula yang berfungsi menghancurkan makanan keras. Dua pasang maxillae tersebut berperan dalam membantu mengantarkan makanan menuju mandibula (Prayugi, 2014). Pada bagian perut, terdapat lima pasang kaki berjalan (*periopoda*), lima pasang kaki renang (*pleopoda*), serta segmen tubuh yang terdiri atas ruas 1–3 yang disebut *tergum* dan ruas 4–6 yang disebut *pleuron*. Selain itu, bagian ini juga memiliki *telson* dan *uropoda* (struktur mirip ekor).

### 2.1.3 Habitat dan Siklus Udang Vaname

Menurut Sugeng et al. (2004), udang vaname berasal dari perairan Amerika Latin yang beriklim subtropis. Di lingkungan alaminya, spesies ini hidup pada kedalaman sekitar 70 meter. Udang vaname bersifat *nocturnal* atau aktif pada malam hari, serta memiliki toleransi salinitas yang luas (*euryhaline*), yaitu antara 2 – 40 ppt. Namun, udang akan mati jika terpapar suhu di bawah 15°C atau di atas 33°C selama 24 jam. Pola hidupnya tergolong *catadromous*, yaitu mampu beradaptasi di dua lingkungan. Udang dewasa memijah di laut lepas, sementara larva dan juvenil bermigrasi menuju wilayah pesisir atau ekosistem mangrove yang dikenal sebagai daerah estuari atau *nursery ground*.

Menurut Wyban & Sweeney (1991), siklus hidup udang vaname dimulai dari telur yang dilepaskan oleh induk betina, kemudian melalui beberapa tahap perkembangan, yaitu *naupli*, *zoea*, *mysis*, dan *postlarva*. Secara alami, udang vaname tersebar di wilayah perairan Pasifik bagian timur, khususnya di barat Meksiko, Amerika Tengah, dan Amerika Selatan, dengan suhu laut sekitar 20°C. Tahap *nauplius* terdiri dari enam sub-tahapan yang berlangsung sekitar 46–50 jam, dengan ukuran tubuh 0,32–0,58 mm. Selanjutnya, tahap *zoea* terbagi menjadi tiga sub-tahapan yang memakan waktu sekitar 4 hari, berukuran 1,05–3,30 mm. Pada tahap *mysis*, yang juga terdiri dari tiga sub-tahapan dengan durasi 4–5 hari, bentuk tubuh mulai menyerupai udang dewasa. Mysis bersifat planktonis dan bergerak mundur dengan membengkokkan tubuhnya. Memasuki tahap *postlarva*, bentuknya sudah menyerupai udang dewasa. Pada fase larva ini, pleopoda yang ditumbuhi rambut halus (*setae*) telah berkembang sebagai alat renang. Postlarva bersifat bentik, yaitu hidup di dasar perairan, dengan plankton sebagai sumber pakan utama. Siklus hidup udang vaname dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Siklus hidup udang vaname  
Sumber: Wyaban & Sweeney (1991)

## 2.2 Alga Cokelat (*Sargassum* sp.)

### 2.2.1 Klasifikasi

Menurut Dawes (1981), *Sargassum* sp. di klasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Divisi : Thallophyta

|         |                        |
|---------|------------------------|
| Kelas   | : Phaeophyceae         |
| Ordo    | : Fucales              |
| Famili  | : Sargassaceae         |
| Genus   | : <i>Sargassum</i>     |
| Spesies | : <i>Sargassum</i> sp. |

*Sargassum* sp. adalah salah satu jenis alga cokelat (*Phaeophyta*) berukuran besar yang banyak ditemukan di perairan tropis, dengan tingkat kelimpahan dan sebaran yang luas, termasuk hampir di seluruh wilayah laut Indonesia. Secara umum, pemanfaatan dan budidaya *Sargassum* sp. masih belum optimal, meskipun sejumlah penelitian melaporkan bahwa alga ini mengandung nutrisi penting, seperti protein dan mineral esensial, dalam kadar yang cukup tinggi (Thadani et al., 2019).

### 2.2.2 Morfologi

Jenis *Sargassum* sp. memiliki thallus dengan panjang berkisar 20–200 cm dan berwarna cokelat kekuningan hingga kehijauan. Warna cokelat pada alga ini disebabkan oleh dominasi pigmen *fucoxanthin*, *klorofil a* dan *c*,  $\beta$ -karoten, serta berbagai jenis *xantofil* lainnya (Lutfiawan et al., 2015). Istilah *thallus* digunakan untuk menyebut organisme yang tidak memiliki pembagian jelas antara akar, batang, dan daun, serta tidak memiliki jaringan pengangkut seperti *xilem* dan *floem* pada tubuhnya. Morfologi *Sargassum* sp. dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Morfologi *Sargassum* sp.  
Sumber: Arguelles (2022)

Pada *Sargassum*, bagian *holdfast*, *stipe*, dan *blade* secara berturut-turut dapat dianalogikan sebagai akar, batang, dan daun pada tumbuhan tingkat tinggi. *Holdfast* berfungsi menempelkan tubuh *Sargassum* pada substrat keras, seperti batu atau karang, agar tidak terbawa arus laut. Substrat berupa kerikil atau tanah tidak sesuai untuk pertumbuhan *Sargassum* karena tidak cukup kuat menahan tubuhnya dari terpaan arus. *Stipe* berperan menopang dan menegakkan tubuh *Sargassum*, sedangkan *blade* berfungsi sebagai organ fotosintesis. Selain itu, *Sargassum* memiliki *bladder*, yaitu struktur berbentuk menyerupai butiran anggur kecil yang berisi udara, membantu *Sargassum* mengapung di permukaan air sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung lebih optimal (Luthfiawan et al., 2015)

*Sargassum* memiliki sekitar 400 spesies yang tersebar di seluruh dunia. Di antaranya terdapat 12 spesies yang telah teridentifikasi, yaitu *Sargassum duplicatum*, *Sargassum hystrix*, *Sargassum echinocarpum*, *Sargassum gracilimum*, *Sargassum obtusifolium*, *Sargassum binderi*, *Sargassum polycystum*, *Sargassum crassifolium*, *Sargassum microphyllum*, *Sargassum aquofillum*, *Sargassum vulgare*, dan *Sargassum polyceratium* (Pakidi & Suwono, 2016).

### 2.2.3 Kandungan Nutrisi

*Sargassum* sp. diketahui memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, terutama protein dan mineral. Spesies *Sargassum duplicatum* mengandung senyawa bioaktif seperti alkaloid, triterpenoid, steroid, saponin, fenol, dan flavonoid (Azizah et al., 2017). Senyawa *fucoidan* yang terdapat pada *Sargassum* sp. memiliki berbagai bioaktivitas, antara lain sebagai antikanker, antiaterosklerosis, antiinflamasi, antikoagulan, imunomodulator, dan antioksidan. Secara umum, komponen gizi utama pada rumput laut meliputi karbohidrat, protein, lemak, dan abu. Beberapa jenis rumput laut juga dilaporkan mengandung vitamin A, B1, B2, B6, B12, dan C, serta mineral penting seperti kalium (K), kalsium (Ca), natrium (Na), fosfor (P), zat besi (Fe), dan yodium (I) (Anas, 2022).

Alga cokelat mengandung asam alginat, silosa, serta dua jenis *fucoidan* dengan kadar sulfat yang berbeda, dan empat jenis polisakarida yang memiliki

komposisi gula serta sulfat hampir serupa (Basmal et al., 2013). Pemanfaatan rumput laut cokelat telah lama dilakukan, antara lain sebagai antibakteri, antioksidan, dan imunostimulan (Widodo et al., 2015).

Seluruh spesies rumput laut cokelat mengandung alginat, meskipun kadarnya bervariasi. Pemanfaatan alginat didasari oleh tiga sifat utama, yaitu: kemampuannya meningkatkan viskositas larutan ketika dilarutkan dalam air; kemampuannya membentuk gel, yang terjadi apabila larutan natrium alginat ditambahkan garam kalsium (Ca); serta kemampuannya membentuk film dari natrium atau kalsium alginat, maupun serat dari kalsium alginat (Subaryono, 2010).

#### 2.2.4 Habitat dan Persebaran

*Sargassum* sp. merupakan salah satu genus alga cokelat (*Phaeophyceae*) yang melimpah dan tersebar luas di perairan tropis, termasuk Indonesia. Alga ini tumbuh di perairan jernih dengan substrat dasar berupa batu karang, karang mati, batuan vulkanik, atau struktur masif lainnya di dasar laut. Habitatnya mencakup zona intertidal, subtidal, hingga daerah tubir yang memiliki ombak besar dan arus kuat. *Sargassum* sp. bersifat perenial, dapat tumbuh sepanjang tahun, dan ditemukan di berbagai perairan pada setiap musim (Muslimin & Sari, 2017).

### 2.3 Alginat

Alginat merupakan kelompok polisakarida yang terdapat pada dinding sel alga cokelat, dengan kadar mencapai sekitar 40% dari total berat kering, dan berperan penting dalam mempertahankan struktur jaringan alga. Senyawa ini termasuk dalam bahan *phycocolloid* yang berfungsi sebagai pengental, penstabil, pengemulsi, serta pembentuk lapisan tipis pada minyak. Alginat ditemukan pada semua jenis alga cokelat (*Phaeophyta*) dan menjadi salah satu komponen utama penyusun selnya (Rasyid, 2010).

Alginat adalah polisakarida yang diperoleh melalui ekstraksi rumput laut cokelat, seperti *Sargassum* sp. dan *Turbinaria* sp. Menurut Jayanudin et al. (2014), alginat pada rumput laut berbentuk asam alginat yang bersifat larut dalam air. Dalam proses ekstraksi, asam alginat dikonversi menjadi natrium alginat yang juga larut dalam air. Peningkatan suhu selama proses ekstraksi akan meningkatkan

tingkat konversi, sehingga jumlah asam alginat yang berubah menjadi natrium alginat semakin besar.

Saat ini, alginat banyak dimanfaatkan secara luas di berbagai bidang, baik pangan maupun nonpangan. Dalam sektor perikanan, alginat dari *Sargassum* sp. digunakan untuk meningkatkan respons imun pada ikan atau udang. Penelitian Mudiarti et al. (2023) menunjukkan bahwa penambahan ekstrak alginat dapat memperbaiki kualitas pakan, sehingga mampu meningkatkan laju pertumbuhan udang vaname. Sementara itu, hasil penelitian Darmawan et al. (2023) melaporkan bahwa natrium alginat dari *Sargassum* sp. dapat meningkatkan ketahanan udang vaname yang telah terinfeksi *white spot syndrome virus* (WSSV).

## 2.4 Alginat Lyase

Alginat lyase, atau yang dikenal juga sebagai alginase, adalah enzim yang mengkatalisis pemecahan alginat melalui mekanisme eliminasi  $\beta$  pada ikatan glikosil 4-O, sehingga menghasilkan senyawa *4-deoxy-L-erythro-hex-4-enepiranosiluronat* di ujung gugus nonreduksi dari oligosakarida yang terbentuk. Enzim ini dapat dihasilkan oleh berbagai organisme, termasuk bakteri tanah, bakteri laut, dan moluska (Wong et al., 2000).

Alginase adalah enzim pendegradasi alginat yang berasal dari alga cokelat, dihasilkan melalui proses degradasi alginat yaitu hidrokoloid dalam sistem koloid yang dipengaruhi polimer organik di dalam air, seperti yang ditemukan pada rumput laut *Sargassum* sp. dan *Turbinaria* sp. Proses degradasi alginat secara enzimatik dinilai lebih efisien karena mampu menghasilkan berat molekul yang seragam tanpa mengubah struktur serta memberikan efek yang diinginkan (Cheng et al., 2020).

Bakteri pendegradasi alginat yang bersimbiosis dengan alga memiliki kemampuan menghasilkan enzim khusus dengan memanfaatkan komponen seluler alga tempat mereka menempel. Bakteri ini berinteraksi dengan rumput laut untuk menggunakan alginat sebagai sumber karbon dan energi (Tavafi et al., 2017). Beberapa jenis bakteri diketahui mampu menghasilkan enzim alginat lyase, salah satunya adalah *Bacillus halosaccharovorans* sLJ-3 (Wang et al., 2017).

## 2.5 Bakteri *Bacillus cereus*

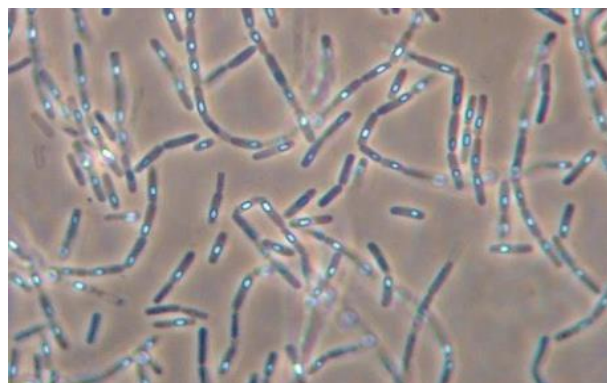
### 2.5.1 Klasifikasi

*Bacillus cereus* memiliki klasifikasi sebagai berikut (Frankland & Frankland, 1887):

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| Divisi  | : Bacteria               |
| Phylum  | : Bacillota              |
| Class   | : Bacilli                |
| Ordo    | : Bacillales             |
| Familia | : Bacillaceae            |
| Genus   | : <i>Bacillus</i>        |
| Species | : <i>Bacillus cereus</i> |

### 2.5.2 Morfologi

*Bacillus cereus* adalah bakteri berbentuk batang besar yang tergolong Gram positif dan bersifat fakultatif aerob. Bakteri ini termasuk dalam genus *Bacillus*, yaitu organisme uniseluler yang motil (*flagellated*), mampu membentuk spora, dan memiliki bentuk batang pendek yang umumnya tersusun membentuk rantai panjang. Secara umum, ukurannya berkisar 1,0  $\mu\text{m}$  untuk lebar dan 3–5  $\mu\text{m}$  untuk panjang. *Bacillus cereus* hidup secara aerob fakultatif dan bersifat relatif tidak berbahaya, serta dapat ditemukan di tanah, air, dan udara (Salaki, 2011). Morfologi *Bacillus cereus* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Morofologi *Bacillus cereus*  
Sumber: Manikome (2022)

Secara mikroskopis, hasil pewarnaan Gram terhadap *Bacillus cereus* menunjukkan sel berwarna ungu, menandakan bahwa bakteri ini tergolong Gram positif dan berbentuk basil (batang panjang) (Indrawati & Rizki, 2017). Berdasarkan karakter morfologi koloni isolat PTF, bakteri ini memiliki warna krem dengan bentuk bulat tidak beraturan, permukaan datar hingga cembung, serta tepian yang halus dan sedikit bergerigi (Safitri et al., 2023). Temuan ini sejalan dengan pernyataan Moritania et al. (2019) yang menyebutkan bahwa *Bacillus cereus* merupakan bakteri Gram positif dengan koloni berbentuk bulat, berwarna putih susu, tepian halus, dan elevasi datar. Kehadiran bakteri ini pada rumput laut *Sargassum* sp. dimungkinkan karena kesamaan habitat, yakni lingkungan laut, serta kemampuannya bertahan pada kondisi dengan kadar NaCl tinggi, berkisar 2–25% (Tripathi et al., 2022).

## 2.6 Imunostimulan

Imunostimulan adalah senyawa yang berfungsi meningkatkan sistem kekebalan ikan maupun udang sehingga mampu melawan serangan penyakit. Dalam kegiatan akuakultur, penggunaannya menjadi salah satu alternatif untuk menekan pemakaian antibiotik sekaligus mendukung praktik budidaya berkelanjutan. Senyawa ini bekerja dengan mengaktifkan mekanisme pertahanan nonspesifik, imunitas yang dimediasi sel (*cell-mediated immunity*), serta respon imun spesifik. Selain itu, imunostimulan dapat meningkatkan ketahanan terhadap penyakit infeksi melalui penguatan mekanisme pertahanan spesifik (Sakai, 1999).

Imunostimulan merupakan bahan kimia yang mampu mengaktifkan sel darah putih (leukosit), sehingga meningkatkan ketahanan organisme terhadap serangan berbagai agen penyakit seperti virus, bakteri, jamur, dan parasit. Pada udang, imunostimulan yang masuk ke dalam tubuh akan merangsang *haemosit* untuk melakukan degranulasi dan melepaskan berbagai jenis protein, antara lain *binding molecule* seperti  $\beta$ -glucan-binding protein ( $\beta$  G-BP), lipopolysaccharide-binding protein (LPS-BP), dan peptidoglycan-binding protein (PG-BP); *coagulation factors* seperti transglutaminase; *prophenoloxidase-related factors* seperti *prophenoloxidase activating enzyme*, *prophenoloxidase*, dan *peroxinectin*; *protein*

*inhibitors* seperti  $\alpha$ 2-macroglobulin; serta zat antimikroba seperti penaeidin dan lectin (Hidayat, 2017).

Bahan alami yang berpotensi digunakan sebagai imunostimulan salah satunya adalah rumput laut, khususnya alga cokelat (*Sargassum* sp.). Alga cokelat mengandung senyawa kimia yang menjadi sumber alginat, di mana alginat tersebut mampu meningkatkan sistem kekebalan tubuh udang vaname serta memperkuat resistensinya terhadap serangan bakteri patogen (Cheng et al., 2004). Pemberian imunostimulan pada udang diketahui tidak menimbulkan efek samping dan efektif diaplikasikan pada organisme yang tidak memiliki sel memori dalam sistem imunnya, sehingga dapat merangsang dan mengoptimalkan respons imun nonspesifik (Darwantin et al., 2016). Sistem kekebalan pada udang sendiri sangat bergantung pada mekanisme pertahanan nonspesifik sebagai benteng utama melawan infeksi (Lee & Shiau, 2004).

### III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

##### 3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2024 – Februari 2025.

##### 3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### 3.2 Bahan dan Alat

##### 3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Bahan penelitian

| No | Bahan                                       | Konsentrasi   | Merek       | Kegunaan                                               |
|----|---------------------------------------------|---------------|-------------|--------------------------------------------------------|
| 1  | <i>Sargassum</i> sp.                        | -             | -           | Mengasilkan oligosakarida alginat dan bakteri simbion. |
| 2  | Udang vaname                                | -             | -           | Hewan uji.                                             |
| 3  | <i>Bacillus cereus</i> PTF                  | -             | -           | Isolat bakteri.                                        |
| 4  | Akuades                                     | -             | -           | Bahan pelarut untuk mencampurkan bahan-bahan kimia.    |
| 5  | <i>Tryptic soy agar</i> (TSA)               | 500 g         | Millipore   | Menumbuhkan dan mengembangbiakkan bakteri.             |
| 6  | KCL                                         | $\geq 99,5\%$ | Repack merk | Digunakan untuk pemucatan                              |
| 7  | HCl                                         | -             | -           | Untuk bahan maserasi.                                  |
| 8  | Soda ash (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) | -             | -           | Untuk menghasilkan Na alginat.                         |
| 9  | Soda api                                    | -             | -           | Untuk menetralkan larutan.                             |
| 10 | Alkohol                                     | 95 %          | -           | Sebagai antiseptik                                     |
| 11 | Spiritus                                    | -             | -           | Untuk bahan bakar bunsen.                              |

Tabel 1. Bahan penelitian

| No | Bahan                | Konsentrasi | Merek          | Kegunaan                 |
|----|----------------------|-------------|----------------|--------------------------|
| 12 | Larutan PBS          | -           | -              | Untuk pengenceran        |
| 13 | Pakan pelet komersil | Feng Li 2   | Matahari sakti | Sebagai pakan udang uji. |

### 3.2.3 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Alat penelitian

| No | Alat                     | Konsentrasi | Merek                   | Kegunaan                                             |
|----|--------------------------|-------------|-------------------------|------------------------------------------------------|
| 1  | Timbangan digital        | 0,0001 g    | Sojiky                  | Menimbang bahan yang digunakan.                      |
| 2  | Gelas ukur               | 100 ml      | Onemed                  | Menakar volume larutan yang digunakan.               |
| 3  | Autoklaf                 | 206 kPa     | GEA                     | Sterilisasi alat dan bahan.                          |
| 4  | Spatula                  | -           | -                       | Mengambil bahan.                                     |
| 5  | Erlenmeyer               | 1 L         | Duran 1000 mL           | Pencampuran larutan dan bahan serta menyimpan media. |
| 6  | <i>Hot plate stirrer</i> | -           | DLAB MS-H280-Pro        | Menghomogenkan larutan.                              |
| 7  | Vortex                   | -           | DLAB                    | Menghomogenkan sampel.                               |
| 8  | Tabung reaksi            | 20 ml       | Pyrex                   | Kultur bakteri.                                      |
| 9  | Cawan petri              | 15 cm       | Labotiq                 | Kultur bakteri.                                      |
| 10 | Jarum ose                | 10 $\mu$ l  | -                       | Mengambil dan menanam bakteri.                       |
| 11 | Bunsen                   | -           | -                       | Mensterilkan peralatan pada saat kultur bakteri      |
| 12 | Inkubator                | -           | B-One                   | Menyimpan sampel dan bakteri                         |
| 13 | Mikropipet               | -           | DLAB                    | Memindahkan larutan sampel.                          |
| 14 | Spektrofotometer         | -           | B-One                   | Mengukur nilai absorbansi                            |
| 15 | Centrifuge               | -           | -                       | Memisahkan cairan dengan padatan                     |
| 16 | Shaker                   | -           | Orbital Shaker KJ-201BD | Menghomogenkan larutan atau sampel.                  |
| 17 | Panci                    | -           | Supra                   | Wadah perendaman <i>Sargassum</i> sp.                |
| 18 | Kompur                   | -           | Rinnai                  | Merebus ekstrak.                                     |

Tabel 2. Alat penelitian

| No | Alat                | Konsentrasi | Merek      | Kegunaan                                             |
|----|---------------------|-------------|------------|------------------------------------------------------|
| 19 | pH meter            | -           | Muramaru   | Mengukur pH pada larutan dan wadah pemeliharaan.     |
| 20 | Termometer          | -           | -          | Mengukur suhu pada larutan dan wadah pemeliharaan.   |
| 21 | Kontainer 15 L      | 15 L        | Shinpo     | Wadah pencampuran alginat dan bakteri.               |
| 22 | Kontainer 45 L      | 45 L        | Shinpo     | Wadah pemeliharaan udang uji.                        |
| 23 | Kontainer 150 L     | -           | Shinpo     | Wadah aklimatisasi udang uji.                        |
| 24 | Label               | -           | T&J        | Memberi nama atau kode pada sampel.                  |
| 25 | Alumunium foil      | -           | Best Fresh | Menutup tabung reaksi dan erlenmeyer.                |
| 26 | Plastik wrap        | -           | Klinpak    | Menutup tabung reaksi dan cawan petri.               |
| 27 | Plastik tahan panas | -           | Keju MG    | Membungkus tabung reaksi dan cawan petri.            |
| 28 | Kapas               | -           | Onemed     | Menahan uap air pada tabung reaksi.                  |
| 29 | Kain kasa           | -           | Onemed     | Membungkus kapas pada tabung reaksi.                 |
| 30 | Aerasi              | -           | -          | Meningkatkan kadar oksigen dalam media pemeliharaan. |

### 3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan yaitu menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap. Percobaan penelitian ini terdiri dari 5 perlakuan dan 3 ulangan. Berikut perlakuan dan rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini:

- P1 : Pemberian pakan tanpa penambahan alginat + *Bacillus cereus* PTF 0 CFU/ml/kg pakan (kontrol)
- P2 : Pemberian pakan ditambah 50 ml OSA *Bacillus cereus* PTF 10<sup>2</sup> CFU/ml/kg pakan
- P3 : Pemberian pakan ditambah 50 ml OSA *Bacillus cereus* PTF 10<sup>4</sup> CFU/ml/kg pakan

P4 : Pemberian pakan ditambah 50 ml OSA *Bacillus cereus* PTF  $10^6$  CFU/ml/kg pakan

P5 : Pemberian pakan ditambah 50 ml OSA *Bacillus cereus* PTF  $10^8$  CFU/ml/kg pakan

Model rancangan acak lengkap pada penelitian ini sebagai berikut:

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

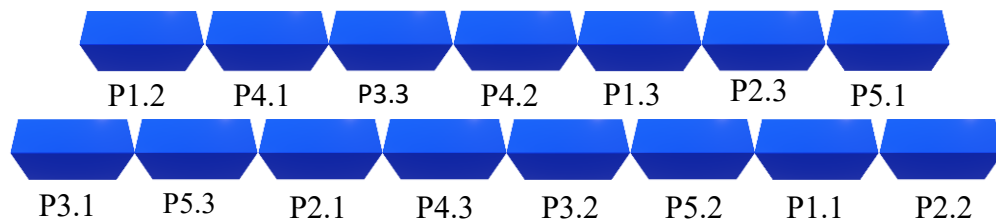
Keterangan

$Y_{ij}$  : Pengamatan pada perlakuan ke-i ulangan ke-j       $i$  : perlakuan

$\mu$  : Rataan umum       $j$  : ulangan

$\varepsilon_{ij}$  : Galat percobaan perlakuan ke-i ulangan ke-j

Susunan rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Susunan rancangan penelitian

Keterangan:

P1.1, P1.2, dan P1.3 : Perlakuan P1 (kontrol) dan 1, 2, 3 merupakan ulangan

P2.1, P2.2, dan P2.3 : Perlakuan P2 dan 1, 2, 3 merupakan ulangan

P3.1, P3.2, dan P3.3 : Perlakuan P3 dan 1, 2, 3 merupakan ulangan

P4.1, P4.2, dan P4.3 : Perlakuan P4 dan 1, 2, 3 merupakan ulangan

P5.1, P5.2, dan P5.3 : Perlakuan P5 dan 1, 2, 3 merupakan ulangan

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Persiapan Wadah Media Pemeliharaan

Kontainer berkapasitas 45 L berukuran  $54 \times 36,5 \times 28,5 \text{ cm}^3$  digunakan sebagai wadah pemeliharaan, masing-masing diisi 15 L air laut dengan total 15 unit. Wadah dibersihkan menggunakan spons, dibilas dengan air mengalir, dan dikeringkan. Air laut untuk pemeliharaan disterilkan terlebih dahulu di dalam bak penampungan semen berukuran  $100 \times 130 \times 70 \text{ cm}^3$  menggunakan kaporit selama 24 jam, kemudian dinetralkan dengan penambahan 2 g natrium tiosulfat selama 24 jam. Selanjutnya, air laut yang telah diaerasi dimasukkan ke dalam kontainer. Selama penelitian, air pemeliharaan tidak diganti secara keseluruhan.

#### 3.4.2 Persiapan Udang Uji

Kontainer berukuran  $54 \times 36,5 \times 28,5 \text{ cm}^3$  berisi 15 L air digunakan sebagai wadah pemeliharaan, dengan setiap kontainer ditebar 10 ekor udang vaname berbobot rata-rata  $5,26 \pm 0,07 \text{ g}$ . Kepadatan tersebut berada dalam kisaran 500 – 1000 ekor/ $\text{m}^3$  atau setara 7 – 15 ekor per 15 L (FAO, 2001; SNI 01-7246.1-2006). Udang diperoleh dari PT. Central Pertiwi Bahari, kemudian diaklimatisasi selama 15 – 30 menit dan diadaptasikan selama 3 hari. Pakan pelet komersial diberikan tiga kali sehari, yaitu pada pukul 07.00, 15.00, dan 20.00 WIB, dengan *feeding rate* sebesar 3%.

#### 3.4.3 Suplementasi Pakan Uji

Suplementasi dilakukan dengan menambahkan oligosakarida alginat *Sargassum* sp. pada pakan udang selama 3 hari. Pakan yang digunakan merupakan pakan komersial merek Matahari Sakti (Feng Li 2) berbentuk pelet, dengan kandungan protein 40%, lemak 7%, serat 3%, abu 13%, dan air 10%. Pakan perlakuan disemprot menggunakan larutan oligosakarida alginat sebanyak 50 ml/kg pakan dengan dosis kepadatan bakteri *Bacillus cereus* PTF masing-masing  $10^2$ ,  $10^4$ ,  $10^6$ , dan  $10^8 \text{ CFU/ml}$ . Setelah penyemprotan, pakan dikeringkan selama 1 jam dan disimpan dalam wadah kering tertutup. Pakan tersebut diberikan kepada udang vaname selama masa pemeliharaan selama 21 hari.

#### 3.4.4 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi alat dan bahan dilakukan menggunakan autoklaf untuk mencegah pertumbuhan serta pencemaran mikroorganisme yang tidak diinginkan. Sebelum proses sterilisasi, alat dan bahan dibungkus menggunakan kertas HVS, dilapisi plastik tahan panas, kemudian dimasukkan ke dalam autoklaf dan disterilkan pada suhu 121 °C selama 30 menit.

#### 3.4.5 Pembuatan Suspensi Bakteri *Bacillus cereus* PTF

Peremajaan bakteri dilakukan dengan mengambil isolat *B. cereus* PTF menggunakan jarum ose, kemudian digoreskan pada media TSA dan diinkubasi selama 24 jam. Isolat *B. cereus* PTF diperoleh dari penelitian sebelumnya oleh Safitri (2023). Setelah bakteri tumbuh pada media TSA, kultur dipanen melalui sentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 30 menit untuk memisahkan supernatan dan endapan. Supernatan dibuang, sedangkan endapan bakteri dibilas dua kali menggunakan larutan PBS. Kepadatan sel bakteri kemudian diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm.

#### 3.4.6 Ekstraksi Algiant

*Sargassum* sp. yang telah dikeringkan dan dihaluskan ditimbang sesuai kebutuhan, kemudian direndam dalam larutan HCl 1% dengan perbandingan 1:2 selama 60 menit. Setelah proses perendaman, *Sargassum* sp. ditiriskan dan dibilas dengan air bersih. Ekstraksi dilakukan menggunakan larutan soda abu 2% ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) melalui perebusan pada suhu 60 °C selama 60 menit, kemudian ekstrak disaring menggunakan kain blacu. Ekstrak yang diperoleh ditambahkan larutan KCl 0,13 M dan dibiarkan selama 30 menit, kemudian ditambahkan HCl 10% hingga pH mencapai 2 – 3 dan dibiarkan kembali selama 30 menit. Selanjutnya, ekstrak dinetralkan menggunakan larutan NaOH hingga pH 7 – 8 (Setyawan et al., 2021).

#### 3.4.7 Uji Patogensitas *Bacillus cereus* PTF

Uji patogenisitas *B. cereus* PTF dilakukan menggunakan metode LD<sub>50</sub> (*Lethal Dosage 50*) untuk menentukan dosis isolat bakteri yang bersifat patogen

terhadap udang vaname. Nilai LD<sub>50</sub> digunakan sebagai indikator tingkat keganasan patogen. Setiap perlakuan terdiri atas sepuluh ekor udang uji per kontainer, dengan lima perlakuan dan tiga ulangan. Pengujian dilakukan dengan menambahkan *B. cereus* PTF ke dalam pakan udang pada dosis 50 ml OSA/kg pakan dengan kepadatan 10<sup>2</sup>, 10<sup>4</sup>, 10<sup>6</sup>, dan 10<sup>8</sup> CFU/ml. Udang uji dipelihara dalam kontainer selama 21 hari untuk mengamati respons gejala klinis.

### 3.5 Parameter Penelitian

#### 3.5.1 *Survival Rate* (SR)

*Survival rate* (%) merupakan tingkat kelangsungan hidup udang pada awal penebaran dan jumlah yang hidup ketika populasi di akhir masa pemeliharaan. SR dihitung menggunakan rumus dari Costa et al. (2000), yaitu:

$$SR = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

Keterangan:

SR : Tingkat kelangsungan hidup udang (%)

No : Jumlah udang pada awal pemeliharaan (ekor)

Nt : Jumlah udang pada akhir pemeliharaan (ekor)

#### 3.5.2 *Mean Time to Death* (MTD)

*Mean Time to Death* (MTD) pada uji patogenesis dapat dihitung menggunakan rumus berdasarkan Istiqomah et al. (2006) sebagai berikut:

$$MTD = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

Keterangan:

MTD : *Mean Time to Death* (rerata waktu kematian)

a<sub>i</sub> : Waktu kematian pada jam ke-i (jam)

b<sub>i</sub> : Jumlah udang yang mati pada jam ke-i (ekor)

### ***Lethal Dosage (LD<sub>50</sub>)***

*Lethal Dosage 50 (LD<sub>50</sub>)* pada uji patogensitas dapat dihitung menggunakan rumus berdasarkan Reed & Muench (1938) sebagai berikut:

$$\text{Log Ld}_{50} = a - \frac{(b - 50)}{(b - c)}$$

Keterangan:

- a : Log bakteri di atas 50 %
- b : % mortalitas di atas 50 %
- c : % mortalitas di bawah 50%

### **3.5.3 Gejala Klinis**

Pengamatan gejala klinis dilakukan dengan memeriksa perubahan abnormal yang terjadi pada udang uji. Pengamatan dilakukan setiap 6 jam sekali untuk mendeteksi adanya gejala klinis setelah pemberian pakan perlakuan. Gejala klinis diamati berdasarkan perubahan nafsu makan, perubahan warna tubuh, serta perilaku udang, khususnya pola pergerakan berenang. Pemberian kode dilakukan berdasarkan tingkat infeksi yang memengaruhi morfologi udang. Skoring gejala klinis mengacu pada metode yang telah dimodifikasi dari Amrillah et al. (2015) dan Rahmawati (2017). Skor gejala klinis menunjukkan tingkat keparahan infeksi pada udang di setiap perlakuan, dan detail skoring dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Skor gejala klinis

| Skor   | Gejala klinis                                                                                                                            |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Skor 1 | Infeksi ringan yang dicirikan belum adanya perubahan morfologi yang terlihat selain perubahan tingkah laku yang tidak normal pada udang. |
| Skor 2 | Infeksi sedang yang dicirikan adanya perubahan warna pada bagian tubuh udang.                                                            |
| Skor 3 | Infeksi berat yang dicirikan adanya ekor geripis dan antenna serta mata yang rusak.                                                      |
| Skor 4 | Infeksi sangat berat yang dicirikan seluruh tubuh udang mengalami kerusakan dan terjadi kematian.                                        |

Kategori Tingkat Keparahan pada udang yaitu sebagai berikut:

|                                                |                            |
|------------------------------------------------|----------------------------|
| Parah ( $X > M + STDEV$ )                      | : $X > 23,6$               |
| Cukup Parah ( $M - STDEV \leq X \leq +STDEV$ ) | : $10,66 \leq X \leq 23,6$ |
| Tidak Parah ( $X < M - STDEV$ )                | : $X < 10,66$              |

### 3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil uji patogenisitas bakteri *B. cereus* PTF terhadap udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) terdiri dari data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif meliputi pengamatan terhadap gejala klinis yang diamati secara visual, seperti perubahan perilaku dan morfologi udang. Sementara itu, data kuantitatif mencakup nilai *survival rate* (SR), *mean time to death* (MTD), dan *lethal dosage 50%* (LD<sub>50</sub>). Data kuantitatif tersebut akan ditabulasi menggunakan Microsoft Excel dan dianalisis secara deskriptif.

## V SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Selama 21 hari masa pemeliharaan, pemberian bakteri *B. cereus* PTF melalui pakan dengan kepadatan  $10^2$ ,  $10^4$ ,  $10^6$ , dan  $10^8$  CFU/ml tidak menyebabkan kematian pada udang vaname. Meskipun tingkat kelangsungan hidup (SR) pada semua perlakuan tetap 100%, bakteri ini memiliki potensi sebagai patogen, yang ditunjukkan oleh munculnya gejala klinis cukup parah pada udang uji.

### 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk durasi masa pemeliharaan yang lebih lama untuk mengetahui efek jangka panjang pemberian bakteri *B. cereus* PTF terhadap udang vaname, dan pengamatan histologi untuk menunjukkan patogenesis *B. cereus* PTF.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrillah, A. M., Widyanti, S., & Kilawati, Y. (2015). Dampak stress salinitas terhadap prevalensi *White Spot Syndrome Virus* (WSSV) dan *Survival Rate* udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) pada kondisi terkontrol. *Research Journal of Life Science*, 2(1), 110–123.  
<https://rjls.ub.ac.id/index.php/rjls/article/view/47>
- Anas, A. (2022). Rumput laut coklat *Sargassum* sp. dari Tanjung Pallete Perairan Teluk Bone: analisis komposisi proksimat, mineral, asam amino dan asam lemak (No Publikasi 25747)[Skripsi, Universitas Hasanuddin Makassar]. Repository Universitas Hasanuddin Makassar.  
<http://repository.unhas.ac.id:443/id/eprint/25747>
- Arguelles, E. DLR. (2022). Preliminary studies on the potential antioxidant and antidiabetic activities of *Sargassum* sp. *C. agardh* (*Phaeophyceae, Ochrophyta*). *Jordan Journal of Biological Sciences*, 15(3), 449–456.  
<http://dx.doi.org/10.54319/jjbs/150314>
- Arshad, S., Ahmad, A., Purwadhi, A. P., V, B. M., Saputra, D. K., & Buwono, N. R. (2017). Studi kegiatan budidaya pembesaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan persiapan penerapan sistem pemeliharaan berbeda. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 9(1), 1–14.  
<http://dx.doi.org/10.20473/jipk.v9i1.7624>
- Azizah, S. K. N., Dewi, E. N., & Fahmi, A. S. (2017). Potensi ekstrak kasar alga coklat (*Sargassum* sp.) dan daun teh (*Camellia sinensis*) dalam menghambat oksidasi pada udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) segar selama penyimpanan dingin. *Saintek Perikanan*, 13(1), 45–51.  
<https://doi.org/10.14710/ijfst.13.1.45-51>
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). SNI 01-7246.1-2006 Produksi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)—Bagian 1: Benih. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Basmal, J., Utomo, B. S. B., Tazwir, Murdinah, I., Wikanta, T., Marraskuranto, & Kusumawati, R. (2013). *Membuat Alginat Dari Rumput laut Sargassum*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. Penebar Swadaya.

- Boone, L. (1931). Anomuran, macruran crustacea from Panama and canal Zone. *Bulletin of The American Museum of Natural History*, 63(2), 137 – 189.  
<https://isopods.nhm.org/pdfs/13727/13727.pdf>
- Boussil, S., Talibi, Z. E. A., Pierre, G., Michaud, P., Modafar, C. E., & Delattre, C. (2020). Use of alginate extracted from Moroccan brown algae to stimulate natural defense in date palm roots. *Molecules*, 25(3), 720.  
<https://doi.org/10.3390/molecules25030720>
- BPS (Badan Pusat Statistik). (2017). Statistik Sumber Daya Laut dan Pesisir. Badan Pusat Statistik. Jakarta. 352 hlm.  
<https://www.bps.go.id/id/publication/2017/12/21/c2451f58814e91d71124d541/statistik-sumber-daya-laut-dan-pesisir-2017.html>
- Cheng, W., Liu, S. H., Yeh, S. T., & Chen, J. C. (2004). The immune stimulatory effect of sodium alginate on the white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its resistance against *Vibrio alginolyticus*. *Fish Shellfish Immunol*, 17(1), 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2003.11.004>
- Cheng, D., Jiang, C., Xu, J., & Mao, X. (2020). Characteristics and applications of Alginate lyases: A review. *International Journal Biology Macromol*, 1(164), 1304–1320. [10.1016/j.ijbiomac.2020.07.199](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.199).
- Costa, P. F. E., Narciso, L., & Fonseca, L. C. D. (2000). Growth, survival and fatty acid profile of nereis diversicolor (O. F. Muller, 1776) fed on six different diets. *Bulletin of Marine Science* 67(1), 337–343.
- Daniel, K., & Sari, P. D. W. (2023). Feeding management of vannamei shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) with immunostimulant addition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1273(1), Article 012046.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1273/1/012046>
- 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 alginat *Sargassum* sp. dari perairan Lampung dan kombinasi dengan vitamin c. *Journal of Tropical Marine Science*, 6(1), 11–22.  
<http://dx.doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v6i1.3819>
- Darwantin, K., Sidik, R., & Mahasri, G. (2016). Efisiensi penggunaan imunostimulan dalam pakan terhadap laju pertumbuhan, respon imun dan kelulus-hidupan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 18(2), 123–140.  
<https://doi.org/10.20473/jbp.v18i2.2016.123-139>
- Dawes, C. (1981). Marine Botany (Second edition). John Wiley and Sons, Inc.  
<https://www.wiley.com/en-us/Marine+Botany%2C+2nd+Edition-p-9780471192084>

- Devi, S. (2020). Pengaruh pemberian multi asam amino terlarut terhadap percepatan metamorfosis benih udang vaname (*Litopenaeus vannamei*. Boone, 1931) (No Publikasi 2758)[Skripsi, Universitas Hasanuddin Makassar]. Repository Universitas Hasanuddin Makassar. Universitas Hasanuddin.
- Dewi, Y., Robin., Prasetyo, E., Febrianti, D., & Kurniawan, A. (2020). Aktivitas selulotik dan patogenisitas *Bacillus cereus*\_TSS4 dari serasah daun mangrove. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 9(1), 8 – 17. DOI: [10.13170/depik.9.1.12748](https://doi.org/10.13170/depik.9.1.12748)
- Effendi, I., Simanjuntak, A. M., & Sahibuddin, M. Q. (2021). *Standar Operasional dan Prosedur (SOP) Budidaya Udang Putih (Litopenaeus vannamei) Kepulauan Seribu*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor. Bogor. 28 hlm.  
[https://sustainability.ipb.ac.id/wpcontent/uploads/2021/11/SOP\\_Budidaya\\_Udang\\_di\\_Laut-1.pdf](https://sustainability.ipb.ac.id/wpcontent/uploads/2021/11/SOP_Budidaya_Udang_di_Laut-1.pdf)
- FAO. (2001). *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. FAO Fisheries Technical Paper No. 361. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Frankland, G. C., & Frankland, P. F. (1887). Studies on some new micro-organisms obtained from air. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London. B*, 178, 257–287.
- Hidayat, R. P., Suwarno., & Mahasri, G. (2017). Evaluasi pemberian crude protein *Zoothamnium panei* terhadap laju pertumbuhan, respon imun dan kelulus-hidupan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Tambak. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 19(2), 111–132.  
<https://doi.org/10.20473/jbp.v19i2.2017.111-126>
- Hidayat, K. W., Nabilah, I. A., Nurazizah, S., & Gunawan, B. I. (2019). Pembesaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di PT. Dewi Laut Aquaculture Garut Jawa Barat. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 8(3), 1–6. <https://doi.org/10.20473/jafh.v8i3.12931>
- Indrawati, I., & Rizki, A, F. M. (2017). Potensi ekstrak buah nuni (*Antidesma bunius* L) sebagai antibakteri dengan bakteri uji *Salmonella thypimurium* dan *Bacillus cereus*. *Jurnal Biodjati*, 2(2), 138–148.  
<https://doi.org/10.15575/biodjati.v2i2.1309>
- Istiqomah, I., Isnansetyo, A., Triyanto, Nitimulyo, K. H., & Murdjani, M. (2006). Patogenisitas *Vibrio fluvialis* 24SK terhadap kerapu tikus (*Cromileptes altivelis*). *Jurnal Perikanan*, 8(1), 17–24. <https://doi.org/10.22146/jfs.159>
- Jacinda, A. K., & Yustiati, A. (2021). Transfer gen pada komoditas udang budidaya. *Journal of Fisheries and Marine Science*, 5(1), 29–40.

- Jayanudin, J., Lestari, A.Z., & Nurbayanti, F. (2014). Pengaruh suhu dan rasio pelarut ekstraksi terhadap rendemen dan viskositas natrium alginat dari rumput laut cokelat (*Sargassum* sp.). *Jurnal Integrasi Proses*, 5(1), 51–55. <https://dx.doi.org/10.36055/jip.v5i1.35>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2023). Profil Pasar Udang. Direktorat Jenderal Penguatan Daya Saing Produk Kelautan dan Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. 22 hlm.
- Knudsen, N. R., Ale, M. T., & Meyer, A. S. (2015). Seaweed hydrocolloid production: an update on enzyme assisted extraction and modification technologies. *Marine Drugs*, 13(6), 3340–3359. <http://dx.doi.org/10.3390/md13063340>.
- Lallo, R., Moonsamy, G., Ramchuran, S., Gorgens, J., & Gardiner, N. Competitive exclusion as a mode of action of an novel *Bacillus cereus* aquaculture biological agent. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, 50(6), 563–570. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765x.2010.02829.x>
- Lee, M. H., & Shiau, S. Y. (2004). Vitamin E requirements of juvenile grass shrimp, *Panaeus monodon*, and effects on non-specific immune responses. *Fish and Shellfish Immunology*, 16(4), 475–485. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2003.08.005>
- Luthfiawan, M., Karnan., & Japa, L. (2015). Analisis pertumbuhan *Sargassum* sp. dengan sistem budidaya yang berbeda di Teluk Ekas Lombok Timur sebagai bahan pengayaan mata kuliah ekologi tumbuhan. *Jurnal Biologi Tropis*, 15(2), 135–144. <https://doi.org/10.29303/jbt.v15i2.202>
- Manikome, N. (2022). Isolat bakteri *Bacillus cereus* Frank. dari tanah pada beberapa Kawasan (studi kasus Minahasa Tenggara dan Minahasa Selatan). *Journal of Science and Technology*, 2(2), 196–206. <https://doi.org/10.51135/justevol2issue2page196-206>
- Mentari, V. A., Handika, G., & Maulina, S. (2018). Perbandingan gugus fungsi dan morfologi permukaan karbon aktif dari pelepah kelapa pohon sawit menggunakan activator asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) dan asam nitrat (HNO<sub>3</sub>). *Jurnal Teknik Kimia*, 7(1). 15–20. <https://doi.org/10.32734/jtk.v7i1.1629>.
- Muahiddah, N., & Sulystyaningsih, N. D. (2021). Analisis hasil ekstraksi *Sargassum* sp. dari Teluk Ekas, pemicu peningkatan produksi rumput laut, Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi Dan Budidaya Perairan*, 19 (1), 131–142. <https://doi.org/10.32663/ja.v19i1.1689>.
- Mudiarti, L., Setiyowati, D., Kursitianto, N., & Alimin, N. (2023). Pengaruh penambahan alginat dalam pakan terhadap performa pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

*Jurnal Ilmiah Jurusan Budidaya Perairan*, 8(1), 13–19.  
<https://ojs.uho.ac.id/index.php/JMA/article/view/28413/17400>.

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.  
<http://dx.doi.org/10.15578/jra.12.3.2017.221-230>

Moritania, R., Effendi, I., & Feliatra, F. (2019). Isolation and antagonism of bacteria test of biota in the mangrove ecosystem Kayu Ara River Siak Regency. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 2(3), 190–196.  
<https://media.neliti.com/media/publications/296105-isolation-and-antagonism-of-bacteria-tes-20e5b50f.pdf>

Pakidi, C. S., & Suwono, H. S. (2016). Potensi dan pemanfaatan bahan aktif alga coklat *Sargassum* sp. Maros: Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau. *Electronic Journal Muhammadiyah University of Makassar*, 5(2), 488–498.  
<https://journal.unismuh.ac.id/index.php/octopus/article/view/720/pdf>

Prayugi, I.T. (2014). Respon pertumbuhan kultur sel limfoid udang vaname (*Penaeus vannamei*) pada media yang berbeda (No Publikasi 26307)[Skripsi, Universitas Airlangga Surabaya]. Repository Universitas Airlangga Surabaya. <https://repository.unair.ac.id/26307/>

Rahmawati, E. (2017). Ketahanan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931) yang diberi probiotik *Bacillus* sp. d2.2 terhadap infeksi *Vibrio alginolyticus* [Skripsi, Universitas Lampung].

Rasyid, A. (2010). Ekstraksi natrium alginat dari alga coklat *Sargassum echinocarphum*. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 36(3), 393–400.  
[https://www.academia.edu/14982738/EKSTRAKSI\\_NATRIUM\\_ALGINAT\\_DARI\\_ALGA\\_COKLAT\\_Sargassum\\_echinocarphum\\_oleh\\_ABDULLAH\\_RASYID\\_Pusat\\_Penelitian\\_Oseanografi\\_LIPI](https://www.academia.edu/14982738/EKSTRAKSI_NATRIUM_ALGINAT_DARI_ALGA_COKLAT_Sargassum_echinocarphum_oleh_ABDULLAH_RASYID_Pusat_Penelitian_Oseanografi_LIPI).

Ringø, E., Olsen, R. E., Gifstad, T. Ø., Dalmo, R. A., Amlund, H., Hemre, G. I., & Bakke, A. M. (2010). Probiotic use in aquaculture: A review. *Aquaculture Nutrition*, 16(2), 117–136.  
[https://www.researchgate.net/publication/227344739\\_Prebiotics\\_in\\_aquaculture\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/227344739_Prebiotics_in_aquaculture_A_review)

Reed, L. J., & Muench, H. (1938). A simple method of estimating fifty per cent endpoints. *American Journal of Epidemiology*, 27(3), 493–497.  
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a118408>

Safitri, Y. B. (2023). Studi Bakteri Simbion *Sargassum* sp. Penghasil Alginat Lyase dari Perairan Lampung (No Publikasi 69462)[Tesis, Universitas Lampung]. Digilib Unila.

- Safitri, Y. B., Setyawan, A., Juliasih, N. L. G. R., Widiastuti, E. L., & Susanto, G. N. (2023). Isolasi, karakterisasi, dan identifikasi bakteri endofit *Sargassum* sp. penghasil enzim alginat lyase. *Journal of Tropical Marine Science*, 6(1), 38–44. <http://dx.doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v6i1.3732>
- Sahara, R., Herawati, V. E., & Sudaryono, A. (2015). Pengaruh penambahan tepung alga coklat (*Sargassum* sp.) dalam pakan terhadap pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan benih lele (*Clarias* sp.). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 4(2), 1–8. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jamt>
- Sakai, M. (1999). Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture*, 172(1-2), 63–92. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00436-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00436-0)
- Salaki, C. L. (2011). Isolasi dan karakterisasi bakteri *indigenus* (*Bacillus cereus* Frank) sebagai agensia pengendali hayati hama kubis. *Eugnia*, 17(1), 10–15. <https://doi.org/10.35791/eug.17.1.2011.94>
- Setiyaningsih, L., Widarni., Lusiastuti, A. M., & Yuhana, M. (2017). Pengaruh pemberian mikrokapsul probiotik *Bacillus cereus* P22 dan *Staphylococcus lentus* L1k pada pakan terhadap kinerja pertumbuhan, respons imun, dan resistensi ikan lele, *Clarias gariepinus* Burchell 1822 yang diinfeksi *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 17(2), 143–154 <https://doi.org/10.32491/jii.v17i2.354>
- Setyawan, A., Hudaidah, S., & Fidyandini, H. P. (2021) Evaluasi suplementasi alginate *Sargassum* dari perairan lampung dalam menanggulangi penyakit white spot pada udang vaname *Litopenaeus vannamei*. Laporan Penelitian DIPA Fakultas Universitas Lampung. <https://repository.lppm.unila.ac.id/36044/1/Laporan%20Penelitian%20Alginat%20Agus%20Setyawan.pdf>
- Shahkar, E., Yun, H., Park, G., Jang, I. K., Kim, S. K., Katya, K., & Bai, S. C. (2014). Evaluation of optimum dietary protein level for juvenile whitelag shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Crustacean Biology*, 34(5), 552–228. <http://dx.doi.org/10.1163/1937240X-00002267>
- Subaryono, S. (2010). Alginates modification and the prospective uses of their product. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 5(1), 1–7. <http://dx.doi.org/10.15578/squalen.v5i1.40>
- Subaryono. S., Paranginangin, R., Suhartono, M. T, & Zakaria, F. R. (2017). Aktivitas imunodulator oligosakarida alginat (OSA) yang dihasilkan dari alginat asal *Sargassum crassifolium*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1), 63–73. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v20i1.16434>
- Sugeng., Sutikno. E., Triyono., Adiwijaya, D., Ariawan, I. K., Subiyanto., Prayitno, H., Soelistinarto. D., Raharjo, S. P., Leksono, P. D. C., Herman.,

- Supramono, A., Andrat, I. K., & Poniran. (2004). Petunjuk Teknis Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vammamei*) Intensif yang Berkelanjutan. Departemen Kelautan dan Perikanan, Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Balai Besar Pengembangan. Jakarta. 33 hlm.
- Sunar, S. M. (2015). Pengukuran kadar natrium alginat dari alga cokelat spesies *Sargassum* sp. sebagai bahan dasar pembuatan bahan cetak kedokteran gigi (*Irreversible hydrocolloid/Dentan impression material*) (No Publikasi 776243530)[Skripsi, Universitas Hasanuddin]. Repository Universitas Hasanuddin.
- Surur, M. (2018). Pengaruh pemberian pakan tersuplementasi ekstrak sodium alginat terhadap respon imun udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). [Skripsi, UNISU JEPARA]. Eprints Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara.  
[https://eprints.unisnu.ac.id/view/creators/MISBAHUS\\_SURUR=3A141280000088=3A=3A.default.html](https://eprints.unisnu.ac.id/view/creators/MISBAHUS_SURUR=3A141280000088=3A=3A.default.html)
- Tavafi, H., Ali, A. A., Ghadam, P., & Gharavi, S. (2017). Screening of alginate lyase producing bacteria and optimization of media compositions for extracellular alginate lyase production. *Iran Biomed Journal*, 21(1), 48–56. <https://doi.org/10.6091/21.1.48>
- Thadhani, V. M., Lobeer, A., Zhang, W., Irfath, M., Su, P., Edirisinghe, N., & Amaratunga, G. (2019). Comparative analysis of sugar and mineral content of *Sargassum* spp. collected from different coasts of Sri Lanka. *Journal of Applied Phycology*, 31(4), 2643–2651.  
<https://doi.org/10.1007/s10811-019-01770-4>
- Tripathi, S., Yadav, S., Sharma, P., Purchase, D., Syed, A., & Chandra, R. (2022). Plant growth promoting strain *Bacillus cereus* (RCS-4 MZ520573.1) enhances phytoremediation potential of *Cynodon dactylon* L. in distillery sludge. *Environmental Research*, 208, 112–709.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112709>
- Wang, M., Chen, L., Zhang, Z., Wang, X., Qin, S., & Yan, P. (2017). Screening of alginate lyase – excreting microorganisms from the surface of brown algae. *AMB Express*, 7(1), 74. <https://doi.org/10.1186/s13568-017-0361-x>
- Widodo, W., Pinandoyo, & Herawati, V. E. (2015). Optimalisasi penambahan tepung rumput laut cokelat (*Sargassum* sp.) yang berbeda dalam paka terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan juvenil udang windu (*Penaeus monodon*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 4(2), 9–17. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jamt>
- Wong, T. Y., Preston, L. A., & Schiller, N. L. (2000). Alginate lyase: review of major sources and enzyme characteristics, structure-function analysis,

biological roles, and application. *Annual Review Microbiology*, 54, 289–340. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.54.1.289>

Wyban, J., & Sweeney, J. N. (1991). Intensive shrimp production technology: The oceanic institute manual. The Institute.

Yustianti, Y., Ibrahim, M.N., & Ruslaini, R. (2013). Pertumbuhan dan sintasan larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) melalui substitusi tepung ikan dengan tepung usus ayam. *Jurnal Mina Laut Indonesia*, 1(1): 93–103.

Yeh, S. T., Lee, C. S., & Chen, J. C. (2006). Administration of hot-water extract of brown seaweed *Sargassum duplicatum* via immersion and injection enhances the immune resistance of white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 20(3), 332–345. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2005.05.008>